



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής
αρχιτεκτονικής**



Φοιτητής: Μωυσίδης Ευάγγελος
A.M. : 51204041

Επιβλέπων καθηγητής

Ιωάννης Γελεγένης
Καθηγητής

Συνεπιβλέπων καθηγητής

Γεώργιος Τσεκούρας
Επίκουρος καθηγητής

ΑΘΗΝΑ – ΑΙΓΑΛΕΩ, Ιούνιος 2021



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING**

Diploma Thesis

Residential nzeb (nearly zero energy building) design with elements of bioclimatic architecture



**Student: Moysidis Evangelos
Registration Number: 51204041**

Supervisor

**Ioannis Gelegenis
Professor**

Co-Supervisor

**Georgios Tsekouras
Assistant Professor**

ATHENS – EGALEO, June 2021

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Γελεγένης Ιωάννης, Καθηγητής	Τσεκούρας Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής	Κονταξής Παναγιώτης, Λέκτορας Εφαρμογών

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ (Μωυσίδης Ευάγγελος),
Ιούνιος, 2021**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μωυσίδης Ευάγγελος του Παρασκευά, με αριθμό μητρώου 51204041 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών
Μωυσίδης Ευάγγελος



Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κ. Γελεγένη Ιωάννη και τον Κ. Γεώργιο Τσεκούρα, για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν στην καθοδήγηση μου και στη συμπλήρωση των γνώσεων μου, επάνω στο αντικείμενο αυτής της διπλωματικής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου και ειδικά το Βαγγέλη Ρέτζιο, καθώς και την οικογένεια μου για τη στήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης αρχίζουν να παίρνουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην σημερινή εποχή, η οποία χαρακτηρίζεται από το αντίκτυπο της ύπαρξης του ανθρώπου στο περιβάλλον. Αν και πρόκειται για σχετικά νέα κατηγορία κτηρίου, τα μηδενικής κατανάλωσης ή αλλιώς near zero energy buildings (“nzeb”) αποτελούν κτήρια βιώσιμα τόσο για τους ανθρώπους που τα χρησιμοποιούν, όσο και για το περιβάλλον. Πρακτικά, ένα “nzeb” παρουσιάζει μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο, δηλαδή όση ενέργεια εισέρχεται σε αυτό περίπου, τόση εξέρχεται, άρα πρόκειται για ένα κτήριο που παίρνει ταυτόχρονα τη θέση τόσο του καταναλωτή, όσο και του παραγωγού.

Παράλληλα, ένα σημείο κλειδί για τα κτήρια αυτά είναι η ελαχιστοποιημένη κατανάλωση ενέργειας, η οποία μπορεί να οφείλεται εν μέρει στη χρήση αποδοτικού εξοπλισμού, αλλά κυρίως στο σωστό σχεδιασμό του κτηρίου. Σε ό,τι αφορά το σωστό σχεδιασμό ενός κτηρίου με γνώμονα την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, προτείνεται στην παρούσα διπλωματική εργασία η ενσωμάτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στα “nzeb”, καθώς και με ποιους τρόπους μπορεί να συμβεί αυτό και σε ποιο βαθμό αντίστοιχα.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί αντικείμενο μελέτης από τα αρχαία κιόλας χρόνια, όμως δε συνδέεται ακόμα πλήρως με τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα εν λόγω κτήρια αποτελούν μια νέα κατηγορία η οποία αναπτύσσεται και θα μπορούσε μελλοντικά να συνδέεται με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική.

Μέσα από τα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα αναλυθούν εκτενέστερα οι δύο παραπάνω έννοιες, ενώ ακόμα θα παρουσιασθεί και θεωρητικός σχεδιασμός ο οποίος θα τις ενσωματώνει. Το αποτέλεσμα του σχεδιασμού είναι ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, το οποίο, σε σχέση με ένα απλό “nzeb”, είναι καλύτερα προσαρμοσμένο στον περιβάλλοντα χώρο του, γεγονός που οδηγεί στη μειωμένη ενεργειακή ανάγκη, στη μείωση των εκπομπών ρύπων και στην εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης για όσους περνούν τον χρόνο τους σε αυτό.

Λέξεις – κλειδιά

Κτήριο μηδενικής κατανάλωσης, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Κτήριο, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Ηλιακή ενέργεια, Προστασία περιβάλλοντος, Μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο, Βιοκλιματική ανάλυση

ABSTRACT

Zero Energy Buildings (ZEBs) are beginning to take on an increasingly important role in the present age, an age characterized by the impact of human existence on the environment. Although a relatively new building category, Near Zero Energy Buildings ("nzeb") are sustainable buildings for both the people who use them and the environment. Practically speaking, a "nzeb" has a zero-energy balance, meaning that the amount of energy that enters it, is approximately the amount of energy that exits from it, therefore, it is a building that simultaneously takes the place of both the consumer and the producer.

At the same time, a key point for these buildings is the minimized energy consumption, which may be due partly to the use of efficient equipment, but mainly to the correct design of the building. Regarding the proper design of a building with the aim to minimize energy consumption, what is proposed in the present dissertation, is the integration of bioclimatic architecture in "nzeb", as well as the ways that this can happen, and to what extent, respectively.

Bioclimatic architecture has been a subject of study since ancient times, but it is not yet fully associated with zero energy buildings. As mentioned above, these buildings form a new category that is currently developing and could be inextricably linked to bioclimatic architecture in the future.

Through the chapters of this dissertation, the two above-mentioned concepts will be analyzed in more detail, while a theoretical design which will incorporate them will be presented. The result of the design is a zero-energy building with elements of bioclimatic architecture which, compared to a simple "nzeb", is better adapted to its surroundings, thus leading to reduced energy needs, reduced emissions and better living conditions for those who spend their time inside of it.

Keywords

Zero energy building, Bioclimatic architecture, Building, Renewable energy sources, Solar energy, Environmental protection, Zero energy balance, Bioclimatic analysis

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	9
Σκοπός και στόχοι	10
Μεθοδολογία	10
Καινοτομία	10
Δομή.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Η ενεργειακή κατάσταση στον Ελληνικό κτηριακό τομέα	12
1.1 Κατηγοριοποίηση κτηρίων στην Ελλάδα	12
1.2 Γενικά στατιστικά στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων στα κτήρια της Ελλάδας.....	14
1.3 Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Αρχιτεκτονική και βιοκλιματική αρχιτεκτονική	18
2.1 Η κλασική αρχιτεκτονική	18
2.2 Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική	19
2.2.1 Τι είναι βιοκλιματική αρχιτεκτονική.....	19
2.2.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην αρχαιότητα	20
2.2.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός τον περασμένο αιώνα.....	20
2.2.4 Βιοκλιματικός σχεδιασμός στη σημερινή εποχή	22
2.3 Ο συνδυασμός κλασικής και βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής κατά τον σχεδιασμό.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης	25
3.1 Γενικά για τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης.....	25
3.2 Παραδείγματα κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Η βιοκλιματική κατοικία στην Ελληνική αγορά	33
4.1 Τι παρατηρείται στην πράξη.....	33
4.2 Τι ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Τεχνολογίες της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής	39
5.1 Περιβάλλον χώρος και μικροκλίμα	39
5.1.1 Η χρήση βλάστησης στους εξωτερικούς χώρους	39
5.1.2 Η χρήση σωστών υλικών και επικαλύψεων	41
5.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης	42
5.2.1 Σύστημα άμεσου κέρδους.....	43
5.2.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης	44
5.2.3 Ηλιακός χώρος.....	47
5.2.4 Θερμοσιφωνικό πανέλο.....	48
5.2.5 Τοιχοποιία με διάφανη μόνωση.....	49
5.3 Φυσικός δροσισμός.....	50
5.3.1 Ηλιοπροστασία	50
5.3.2 Χρώμα και υφή εξωτερικών χώρων	52
5.3.3 Επάρκεια θερμικής μάζας.....	52
5.3.4 Θερμομόνωση.....	52
5.3.5 Φυσικός αερισμός.....	53
5.3.6 Νυχτερινή ακτινοβολία.....	55
5.3.7 Διαμόρφωση μικροκλίματος.....	56
5.4 Φυσικός φωτισμός.....	58
5.4.1 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και φυσικός φωτισμός.....	59
5.4.2 Σχεδιασμός ανοιγμάτων	61
5.4.3 Επιλογή υαλοπινάκων και ηλιοενισχυτικών διατάξεων	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: Θεωρητικός σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης στην Αθήνα.....	68
6.1 Βιοκλιματική ανάλυση και βιοκλιματικά διαγράμματα	68
6.1.1 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay	72
6.1.2 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni.....	74
6.1.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Szokolay	76
6.1.4 Πίνακες Mahoney	77
6.2 Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης	77
6.3 Αρχική ανάλυση κατασκευής σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής	79
6.3.1 Τοποθεσία και κλιματικά δεδομένα	79
6.3.2 Βιοκλιματική ανάλυση	81
6.3.3 Σχεδιασμός κατοικίας	92
6.4 Αποτελέσματα.....	148
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: Επιπτώσεις της χρήσης “nzeb” στο περιβάλλον και συμπεράσματα	150
Βιβλιογραφία-Αναφορές-Διαδικτυακές πηγές.....	152

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή εποχή όπου επιβεβαιώνεται η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειες της αλόγιστης χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας, ο άνθρωπος έχει στρέψει το ενδιαφέρον του στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και στη δημιουργία τεχνολογιών οι οποίες θα εκμεταλλεύονται κατά το δυνατόν περισσότερο τη διαθέσιμη ενέργεια. Πράγματι, τα τελευταία χρόνια είναι έντονη η προσπάθεια που γίνεται για την εξοικονόμηση της ενέργειας και της ορθολογικής χρήσης της σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως για παράδειγμα στις μετακινήσεις, στον κτηριακό και στο βιομηχανικό τομέα.

Όσον αφορά τον κτηριακό τομέα, η κατανάλωση ενέργειας αφορά πολύ μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας παγκοσμίως, αφού ο άνθρωπος περνά πολύ μεγάλο χρόνο της ζωής του μέσα σε κτήρια. Επομένως είναι υψίστης πλέον σημασίας να γίνεται εξοικονόμηση και σωστή αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας στα κτήρια, καθώς επίσης η καταναλισκόμενη αυτή ενέργεια να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές κατά το δυνατόν, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αλλοίωση και καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος.

Μια σύγχρονη άποψη κατοικίας φιλικής προς το περιβάλλον είναι τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (near zero energy buildings ‘nzeb’), τα οποία στοχεύουν στην κατά το δυνατό ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη των ήδη μικρών αναγκών. Τα ‘nzeb’ δεν θυσιάζουν την άνεση και τις σωστές συνθήκες διαβίωσης στον βωμό της εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά αντιθέτως είναι εξοπλισμένα με σύγχρονο εξοπλισμό υψηλής απόδοσης και χτισμένα βάσει υψηλών προδιαγραφών πράγμα που αυξάνει γενικότερα το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων τους. Τα σύγχρονα αυτά κτήρια μπορούν να πετύχουν ακόμα ευκολότερα το στόχο τους εάν ενσωματώσουν τεχνικές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στο σχεδιασμό τους.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση μέσω παραδειγμάτων των κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης και των κλασικών μεθόδων βιοκλιματικού σχεδιασμού, καθώς εν τέλει το συνδυασμό των δυο με στόχο την πιο αποδοτική και πιο ομαλή λειτουργία των ‘nzeb’. Ο πυρήνας των παρακάτω κεφαλαίων αφορά τελικά το σχεδιασμό μιας κατοικίας μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία από τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, καθώς και τη διεξαγωγή συμπερασμάτων για την εφαρμογή αυτή.

Σκοπός και στόχοι

Ο στόχος της διπλωματικής εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει στον αναγνώστη αφενός την ευεργετική επίδραση της ύπαρξης των “nzeb” στο φυσικό περιβάλλον και την αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας και αέριων ρύπων που αυτά επιφέρουν, αφετέρου την περαιτέρω βελτίωση αυτών των κτηρίων μέσω της ενσωμάτωσης τους με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Βάσει των παραπάνω ο στόχος της παρούσης δεν συμπεριλαμβάνει τον παράγοντα του κόστους για τις βιοκλιματικές επεμβάσεις, διότι αφενός η εστίαση γίνεται στην επίδραση αυτών σε ένα πιο “φυσικό τρόπο ζωής”, αφετέρου δεν απευθύνεται σε όλους τους αγοραστές παρά μόνο σε αυτούς που επιθυμούν το συγκεκριμένο τρόπο ζωής.

Μεθοδολογία

Σε αρχικό στάδιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο τόσο των “nzeb”, όσο και της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος που αυτές οι δυο έννοιες μπορούν να συνεργαστούν στην πράξη, μέσω του βασικού σχεδιασμού ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης, με στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού. Χρησιμοποιήθηκε κυρίως η βιοκλιματική ανάλυση, προκειμένου να υπάρξουν ορισμένες προτάσεις για βιοκλιματικές προσθήκες. Έπειτα, πραγματοποιήθηκαν βασικοί υπολογισμοί για ορισμένα σημεία κλειδιά, όπως το μέγεθος των νότιων ανοιγμάτων, η σκίαση αυτών, η μόνωση και άλλα. Στη συνέχεια, από την υπολογισθείσα κατάλληλη ποσότητα μόνωσης, προέκυψαν οι συντελεστές θερμικής διαπερατότητας του κελύφους, βάσει των οποίων υπολογίσθηκαν και οι απώλειες για την ψύξη και τη θέρμανση. Έτσι προέκυψαν αποτελέσματα για την κατανάλωση ενέργειας, τα οποία συγκρίθηκαν πριν και μετά τις βιοκλιματικές προσθήκες.

Καινοτομία

Το αντικείμενο το οποίο πραγματεύεται η εργασία, αρχίζει να αναπτύσσεται τα τελευταία μόνο χρόνια στον κόσμο και θα μπορούσε να ειπωθεί πως είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Για παράδειγμα στην Ελλάδα, βάση του νομικού πλαισίου τα “nzeb” θα απαιτούνται υποχρεωτικά από το 2021 και έπειτα. Παγκοσμίως υπάρχουν ήδη αρκετά παραδείγματα όπως παρουσιάζεται και στο κεφάλαιο 3 της διπλωματικής εργασίας παρόλα αυτά η πλειονότητα των κτηρίων απέχει πολλά χρόνια ακόμα από τα “zeb”. Η πρόταση για συνδυασμό των κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι κάτι καινοτόμο, το οποίο θα είχε αρκετό ενδιαφέρον στην πράξη λόγω των αντίστοιχων επιδόσεων σε σύγκριση με απλά κτήρια.

Δομή

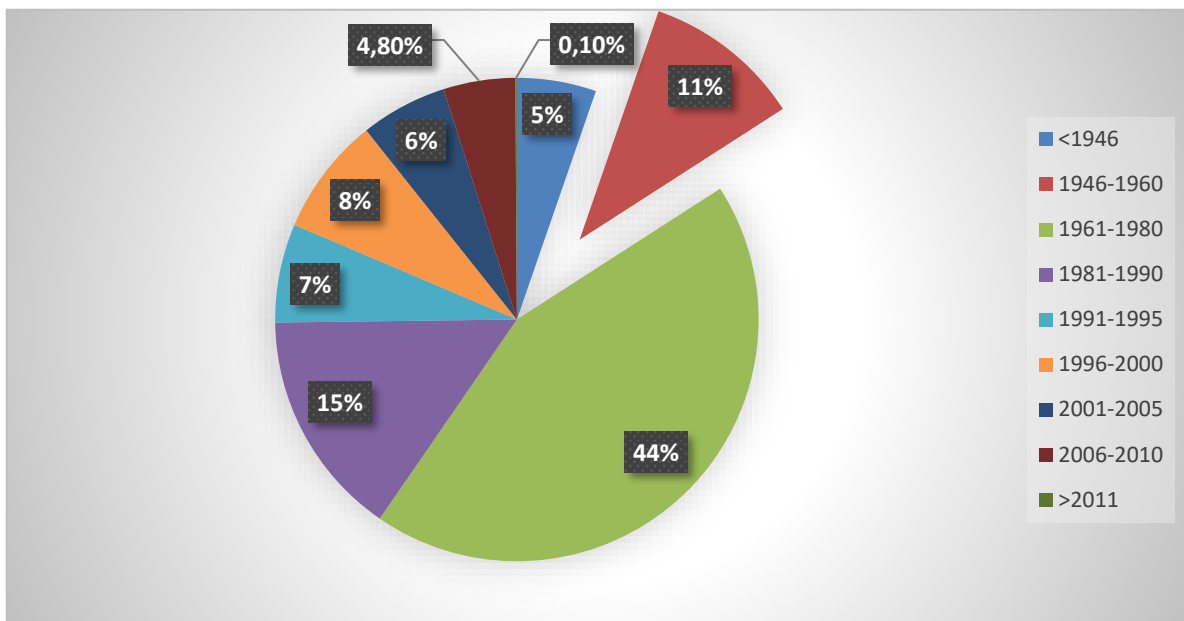
Παρακάτω παρουσιάζονται 7 κεφάλαια τα οποία περιγράφουν εκτενέστερα όσα ειπώθηκαν παραπάνω. Αναλυτικότερα στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατάσταση του ελληνικού κτηριακού τομέα. Στο δεύτερο και τρίτο γίνεται ανάλυση των όρων «βιοκλιματική αρχιτεκτονική» και «κτήριο μηδενικής κατανάλωσης» αντίστοιχα. Στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας προσδιορίζεται η βιοκλιματική κατοικία στην ελληνική αγορά καθώς και οι τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αντίστοιχα. Τέλος στα κεφάλαια έξι και επτά παρουσιάζεται ο θεωρητικός σχεδιασμός μιας κατοικίας ‘‘nzeb’’ με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής σε επιλεγμένη τοποθεσία και τα συμπεράσματα του σχεδιασμού αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Η ενεργειακή κατάσταση στον Ελληνικό κτηριακό τομέα

1.1 Κατηγοριοποίηση κτηρίων στην Ελλάδα

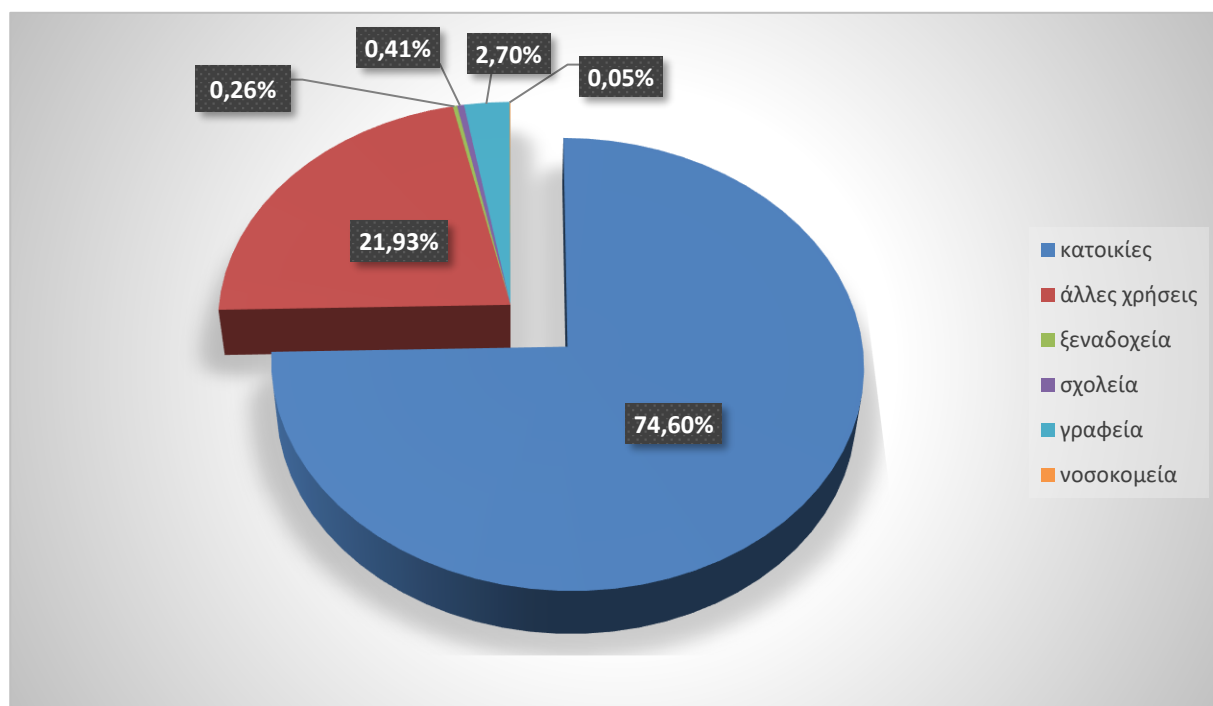
Η κατάσταση που επικρατεί στον Ελλαδικό χώρο όσον αφορά τα κτήρια είναι διαφορετική από περιοχή σε περιοχή, όμως κατά μέσο όρο ο κύριος όγκος των κτηρίων είναι παλαιά με κακή ενεργειακή συμπεριφορά και με ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις αρκετών χρόνων με χαμηλές αποδόσεις.

Στο διάγραμμα 1.1 κατηγοριοποιούνται τα ελληνικά κτήρια σύμφωνα με τη χρονολογία κατασκευής τους και είναι φανερό ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 20-25% των υπάρχοντων κτηρίων είναι χτισμένα μετά το 1990 και που μπορεί να θεωρηθεί πως έχουν σχετικά καλή ενεργειακή συμπεριφορά, όμως ακόμα και από αυτά, ένα ακόμα μικρότερο σύνολο εκτιμάται πως είναι χτισμένα με τα σωστά υλικά κατασκευής, αποδοτικό εξοπλισμό και με τεχνολογίες αξιοποίησης του μικροκλίματος του περιβάλλοντα χώρου [1].



Διάγραμμα 1.1 Κατανομή του ελληνικού κτηριακού αποθέματος με βάση την χρονολογία κατασκευής [1]

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση με βάση τη χρήση, το μεγαλύτερο ποσοστό των υπάρχοντων κτηρίων καταλαμβάνουν οι κατοικίες (74,6%) και στη συνέχεια τα κτήρια του τριτογενή και εμπορικού τομέα [2]. Στο διάγραμμα 1.2 φαίνονται αναλυτικά τα ποσοστά που κατέχει κάθε τύπος κτηρίου στο συνολική μάζα. Η ετικέτα «άλλες χρήσεις» αφορά το βιομηχανικό τομέα, εκκλησίες, αθλητικές εγκαταστάσεις, εσωτερικούς χώρους πάρκινγκ κ.α.



Διάγραμμα 1.2 Κατανομή του ελληνικού κτηριακού αποθέματος με βάση την χρήση του κτηρίου [2]

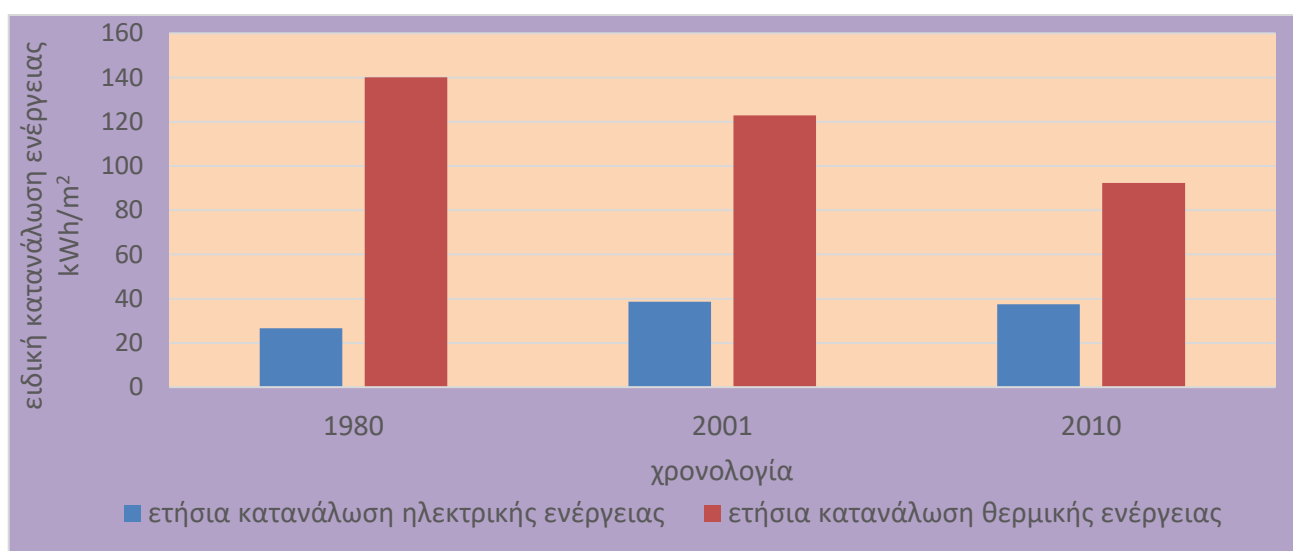
Όσο αφορά τα κτήρια μονοκατοικιών, τα περισσότερα αυτών είναι χτισμένα πριν το 1980 και αυτά είναι συνολικά σε αριθμό 1.566.309 εκ των οποίων το 100% δεν έχει επαρκή ή και καθόλου μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και το 77% δεν έχει επαρκή ή και καθόλου μόνωση οροφής σύμφωνα με τις απαιτήσεις ελάχιστης μόνωσης που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Επίσης το 38% του συνόλου αυτού διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης παλαιάς τεχνολογίας [2].

Κτήρια μονοκατοικιών τα οποία χτίστηκαν από το 1981 έως και το 2001 ανέρχονται σε αριθμό 542.167 από τα οποία το 15% δεν έχουν επαρκή ή και καθόλου μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και μόλις το 3,5% δεν έχουν επαρκή ή και καθόλου μόνωση στην οροφή σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις μόνωσης που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Επίσης το 3,5% του συνόλου αυτού διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης παλαιάς τεχνολογίας [2].

Είναι ξεκάθαρο ότι όσο περνάει ο χρόνος τα κτήρια και ειδικότερα τα κτήρια κατοικιών χτίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καταναλώνουν ολοένα και λιγότερη ενέργεια ως αποτέλεσμα της εφαρμογής διαφόρων θεσμικών πλαισίων και της γενικότερης προσπάθειας του ανθρώπου να εναρμονιστεί με το φυσικό περιβάλλον. Τα αντίστοιχα κτήρια κατοικιών που χτίστηκαν τη δεκαετία 2001 -2010 είναι περίπου 359.648 και εκτιμάται πως ένα μεγάλο ποσοστό αυτών είναι επαρκώς μονωμένο σύμφωνα με τα αντίστοιχα όρια που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ [2].

1.2 Γενικά στατιστικά στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων στα κτήρια της Ελλάδας

Τη δεκαετία 1995-2005 στην Ελλάδα, τη μεγαλύτερη αύξηση στη ζήτηση ενέργειας είχε ο τομέας των κτηρίων έναντι όλων των υπολοίπων τομέων όπως των μετακινήσεων, του βιομηχανικού, του τριτογενή τομέα κ.α. Αυτή η αύξηση ήταν φυσιολογική, αφού εκείνη την δεκαετία υπήρξε σχετική ανάπτυξη στην Ελλάδα, ενώ ταυτόχρονα η εξέλιξη της τεχνολογίας επέβαλε στην καθημερινότητα των ανθρώπων επιπλέον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό για την κάλυψη διαφόρων αναγκών, αυξάνοντας έτσι τη συνολική κτηριακή κατανάλωση και το βιοτικό επίπεδο αντίστοιχα [2]. Όσο αφορά τις μονοκατοικίες, οι οποίες αφορούν και το βασικό αντικείμενο των παρακάτω κεφαλαίων παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1.3 στατιστικά στοιχεία καταναλώσεων ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για μονοκατοικίες για τρεις διαφορετικές χρονολογίες.



Διάγραμμα 1.3 Ετήσια κατανάλωση ειδικής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε μονοκατοικίες για τρεις διαφορετικές χρονολογίες [2]

Η θερμική ενέργεια που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 1.3 αφορά κτήρια με κεντρική θέρμανση και λέβητα πετρελαίου, η οποία παρατηρείται πως μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Αυτό είναι αναμενόμενο εφόσον με το πέρασμα του χρόνου χρησιμοποιούνται όλο και πιο σύγχρονα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, καθώς επίσης όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 1.1 από το 1980 και έπειτα τα κτήρια είχαν ολοένα και καλύτερη θερμομόνωση οδηγώντας έτσι σε μειωμένες ανάγκες θερμικής ενέργειας.

Ακριβώς το αντίθετο συμβαίνει με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Σε αυτό οδήγησε κυρίως η εκτεταμένη χρήση κλιματιστικών ή και άλλων συσκευών, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν πολύ εκείνη την περίοδο (1995-2005).

Σε αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε την περίοδο 2010-2012, δηλαδή την περίοδο που ξεκίνησε η οικονομική κρίση στην Ελλάδα παρατηρήθηκε πως για την περιοχή της Αθήνας η σχετική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά ήταν πολύ υψηλή σε σύγκριση με άλλες παρόμοιες πόλεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Για την ακρίβεια η σχετική κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας στα νοικοκυριά βρέθηκε παρόμοια με αυτή της Αυστρίας [3]!

Δεδομένης της οικονομικής κρίσης το πρόβλημα αυτό επιδεινώθηκε, αφού σύμφωνα με την ίδια έρευνα την υψηλότερη σχετική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσίαζαν τα νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα και αυτή αφορούσε τη θέρμανση χώρων. Σε ακραίες περιπτώσεις καταγράφηκαν καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχούσαν στο 120% του εισοδήματος του νοικοκυριού, την ίδια στιγμή που σε αντίστοιχες πόλεις παγκοσμίως τα νοικοκυριά ξόδευαν το 40% του εισοδήματος για τα λειτουργικά τους έξοδα συμπεριλαμβανομένου του ενοικίου [3]!

Αυτό ήταν αναμενόμενο, εφόσον το πετρέλαιο θέρμανσης είναι πλέον ακριβή λύση και δεδομένου πως μόνο το 50% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν πρόσβαση στο φυσικό αέριο (σε συγκεκριμένες μόνο πόλεις) οι περισσότεροι Έλληνες και κυρίως όσοι είχαν χαμηλότερα εισοδήματα στράφηκαν στη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης. Μάλιστα υπήρξε μείωση κατά 9% το 2011 σε σχέση με το 2010 στην κατανάλωση πετρελαίου στην Ελλάδα. Η μείωση τα έτη 2011-2012 και 2012-2013 ήταν ακόμα μεγαλύτερη 13.5% και 17.2% αντίστοιχα [3].

Το αποτέλεσμα για εκείνη την περίοδο στην Ελλάδα ήταν πως το 10-19% των νοικοκυριών δεν θερμαινόταν επαρκώς και γενικότερα το 20-29% αυτών αντιμετώπιζαν το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας δηλαδή δεν μπορούσαν να αποκτήσουν την απαραίτητη ενέργεια που ήταν απαραίτητη για τη διατήρηση ενός καλού βιοτικού επιπέδου λόγω οικονομικής δυσχέρειας, δεδομένου πως από το 2010 και μετά αυξήθηκε η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος. Η αύξηση αυτή (μαζί με τους νέους εισερχόμενους φόρους) ήταν της τάξης του 12,8% ετήσια. Έτσι όλα αυτά οδήγησαν ένα 20-30% των νοικοκυριών να αδυνατούν εν τέλει να πληρώσουν τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος [3].

Για το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στην Ελλάδα δεν ήταν υπεύθυνη μόνο η οικονομική κρίση αλλά και η λανθασμένη χρήση της ενέργειας από τα παλαιάς τεχνολογίας κτήρια. Παρόλο που η σχετική κατανάλωση των νοικοκυριών της Αθήνας ήταν παρόμοια με αυτή της Αυστρίας, το 10-19% αυτών δεν θερμαινόταν επαρκώς [3], πόσο μάλλον αν ληφθεί υπόψη και το θερμότερο κλίμα της Ελλάδας! Επομένως γίνεται ξεκάθαρο πως τα παλαιάς τεχνολογίας κτήρια έχουν υψηλά κόστη λειτουργίας.

1.3 Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Πίσω στο 2002, το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 16ης Δεκεμβρίου εξέδωσαν την οδηγία 2002/91/EK «Ενεργειακή απόδοση κτηρίων», η οποία έδινε γενικές κατευθύνσεις στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκειμένου να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια. Κατά κύριο λόγο η οδηγία αυτή προέβλεπε την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων (ΠΕΑ), τον καθορισμό των ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων για τα νέα κτήρια, συστάσεις για οικονομικά αποδεκτές βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης, την τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και την τακτική επιθεώρηση των εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού [4].

Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έπρεπε να εναρμονιστούν με την οδηγία αυτήν μέχρι τον Ιανουάριο του 2006, ενώ υπήρχε και δοκιμαστική περίοδος για κάθε χώρα τριών ετών (μέχρι το 2009 δηλαδή) για την πλήρη ισχύ και εφαρμογή του αντίστοιχου νομοθετικού πλαισίου. Η Ελλάδα πέρασε αυτήν την οδηγία στο εθνικό της δίκαιο δημιουργώντας αντίστοιχα το νόμο 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (EPBD-energy performance of buildings directive) ο οποίος με τις διατάξεις του εναρμόνισε την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ο νόμος 3661/2008 απαιτούσε μεταξύ άλλων την έκδοση του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτηρίων (KENAK), ο οποίος και εκδόθηκε στις 9 Απριλίου του 2010 (Φ.Ε.Κ 407/9.4.2010) [4].

Ο KENAK έχει σαν στόχο να διαμορφώσει ένα πλαίσιο αρχών και να καθορίσει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Ουσιαστικά στοχεύει στη μείωση της καταναλισκόμενης συμβατικής ενέργειας στα κτήρια για θέρμανση, κλιματισμό, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, καθώς και φωτισμό διατηρώντας ταυτόχρονα συνθήκες άνετης διαβίωσης στο κτήριο [4].

Οι βασικότερες αναφορές του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων είναι ο ορισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων, ο καθορισμός των ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη των νέων ή των ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων, καθώς και των ελάχιστων προδιαγραφών όσο αφορά τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, το σχεδιασμό του κτηρίου και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του κελύφους, ο καθορισμός του περιεχομένου της μελέτης ενεργειακής απόδοσης (Μ.Ε.Α), καθώς και η μορφή του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α) και τέλος καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων.

Στην συνέχεια με την έκδοση αναλυτικών τεχνικών οδηγιών από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) βασισμένων στις νομοθεσίες, ολοκληρώθηκε η εναρμόνιση της Ελλάδας στην αρχική οδηγία [4].

Αργότερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της παγκόσμιας εμπειρίας πάνω σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια, η αρχική Ευρωπαϊκή κοινοτική οδηγία αναθεωρήθηκε και αντικαταστάθηκε πλήρως από την οδηγία 2010/31/ΕΕ. Στην καινούργια οδηγία έχουν γίνει κάποιες αναθεωρήσεις σε κάποια σημεία σε σχέση με την πρώτη οδηγία. Η Ελλάδα εναρμονίστηκε με τη νέα οδηγία μέσω του νόμου 4122/2013. Ένα πολύ ενδιαφέρον σημείο του νέου αυτού νόμου που θεσπίστηκε, αποτελεί το άρθρο 9 με τίτλο «Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης» στο οποίο αναφέρεται πως από την 1.1.2021 όλα τα νέα κτήρια θα πρέπει να είναι κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας [4].

Αναμένεται άμεσα η έκδοση νέου ΚΕΝΑΚ, η οποία είναι ήδη σε διαβούλευση αυτήν τη στιγμή [5], ο οποίος θα καταργεί τον παλιό και θα αναφέρει αναλυτικότερα το γενικό νέο πλαίσιο γύρω από τα νέα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, καθώς επίσης και η έκδοση των αντίστοιχων τεχνικών οδηγιών από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος για την αναλυτικότερη περιγραφή των αναγκαίων προδιαγραφών κατασκευής των νέων κτηρίων που θα χτίζονται μετά το 2021.

Συμπερασματικά η ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων και ειδικά των κατοικιών στην Ελλάδα δεν είναι καλή, αφενός διότι τα περισσότερα κτήρια είναι παλαιά και αφετέρου λόγω οικονομικών δυσχερειών οι κάτοικοι τους πολλές φορές δεν μπορούν να αποκτήσουν τα απαραίτητα ποσά ενέργειας. Από πλευράς νομοθεσίας μόνο ο ΚΕΝΑΚ αναλαμβάνει δράση αυτήν τη στιγμή όμως και πάλι αυτός απευθύνεται σε νέα κτήρια ή ριζικά ανακαινιζόμενα. Όλα τα υπόλοιπα παλαιά κτήρια παραμένουν καταβόθρες ενέργειας έχοντας αρνητικό έτσι αντίκτυπο στην παγκόσμια προσπάθεια που γίνεται για την προστασία του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Αρχιτεκτονική και βιοκλιματική αρχιτεκτονική

2.1 Η κλασική αρχιτεκτονική

Σε γενικότερη κλίμακα η τέχνη της αρχιτεκτονικής έχει ως αντικείμενο το σχεδιασμό όλων των κτιστών υποδομών στο περιβάλλον. Αρχιτεκτονική σε κτηριακό επίπεδο είναι η τέχνη της ικανοποίησης των ανθρώπινων αναγκών μέσα στο χώρο μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού και την επιλογή των κατάλληλων υλικών κατασκευής. Το κάθε κτήριο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τη ζωή που περιέχει. Η ζωή από μόνη της χωρίς το κτήριο είναι μια ζωή άστεγη και με ακάλυπτες ανάγκες, ενώ και το κτήριο από μόνο του αποτελεί απλά ένα άδειο οικοδόμημα. Η αρχιτεκτονική είναι αυτή που δίνει πνοή στη σχέση κτηρίου-ζωής μέσω του σχεδιασμού. Η κλασική αρχιτεκτονική δίνει βασικά έμφαση σε παράγοντες όπως αισθητική, εργονομία, λειτουργικότητα καθώς και εμφάνιση του χώρου [6].

Ένας αρχιτέκτονας κατά το σχεδιασμό του χώρου λαμβάνει υπόψη σοβαρά τον παράγοντα της ζωής που θα εγκατασταθεί στο νέο κτήριο και έτσι πλέον αυτός σχεδιάζει χώρους αρχιτεκτονικούς και όχι γεωμετρικούς λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργίες που πρόκειται να πραγματοποιούνται σε αυτόν καθώς και τον αντίστοιχο εξοπλισμό ο οποίος θα εγκατασταθεί. Η αισθητική τελικά έρχεται ως αποτέλεσμα της επιτυχούς προσπάθειας του σχεδιαστή-αρχιτέκτονα να ικανοποιήσει τις πολλαπλές ανάγκες του χρήστη [7].

Φυσικά ο ρόλος της αρχιτεκτονικής δεν περιορίζεται μόνο στο εσωτερικό του κτηρίου, αλλά λαμβάνει μέρος και στον εξωτερικό σχεδιασμό του κελύφους και μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις ο σχεδιασμός αυτός λαμβάνει μορφή τέχνης, δηλαδή χωρίς το σχήμα ή τη μορφή να παίζει κάποιο συγκεκριμένο ρόλο σε κάτι.

Αξίζει να αναφερθεί ένα ακραίο παράδειγμα εδώ: Στην περίπτωση της όπερας του Σύνδνεϋ (εικόνα 2.1) ο εξωτερικός σχεδιασμός του κτηρίου δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο λόγο που έχει φτιαχτεί με αυτόν τον τρόπο, απλώς ο σχεδιαστής του έκρινε πως έπρεπε να σχεδιαστεί έτσι. Με αυτό το παράδειγμα γίνεται εύκολα κατανοητό ότι στον κλασικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και σε αντίθεση με το βιοκλιματικό σχεδιασμό, η σχεδίαση του κελύφους σχεδιάζεται προκειμένου να “αρέσει”.



Εικόνα 2.1 Η όπερα του Σύδνεϋ [8]

2.2 Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική

2.2.1 Τι είναι βιοκλιματική αρχιτεκτονική

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι ουσιαστικά μια προέκταση της αρχιτεκτονικής, η οποία δίνει μεγάλη έμφαση στην εναρμόνιση του κτηρίου με το γύρω περιβάλλον και το αντίστοιχο μικροκλίμα και λαμβάνει υπόψη τις έννοιες της οικολογίας της βιωσιμότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Δηλαδή χρησιμοποιώντας κατάλληλα υλικά και έξυπνες τεχνικές κατασκευής σχεδιάζεται ένα κτήριο, το οποίο από τη μια πλευρά είναι απολύτως λειτουργικό και άνετο για τους χρήστες του και από την άλλη είναι εναρμονισμένο με το φυσικό του περιβάλλον, με την έννοια ότι αξιοποιεί τις συνθήκες του μικροκλίματος για να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξασφαλίζει συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης με τη χρήση όσο το δυνατόν περισσότερο παθητικών συστημάτων δροσισμού και θέρμανσης.

Επιγραμματικά οι βασικές αρχές της βιοκλιματικής σχεδίασης οι οποίες λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό της κατασκευής και αφορούν τόσο το κέλυφος, όσο και το εσωτερικό και οι οποίες θα αναλυθούν πλήρως στο κεφάλαιο 5 είναι:

- Ο σωστός ηλιασμός του κτηρίου
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα
- Τεχνικές φυσικού δροσισμού
- Τεχνικές φυσικού φωτισμού

Κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες χωρίζεται σε πολλές μικρότερες υποκατηγορίες, οι οποίες πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά μία προς μία κατά το σχεδιασμό του κτηρίου.

2.2.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην αρχαιότητα

Από τα αρχαία κιόλας χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού στις κατοικίες του, προκειμένου να προστατευθεί από το κρύο και τη ζέστη. Ειδικότερα στην αρχαία Ελλάδα ο Σωκράτης το 440 π.Χ. έκανε αναφορά για το ηλιακό σπίτι και έδωσε οδηγίες κατασκευής του οι οποίες αναφέρονται στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, καθώς επίσης και ο Ιπποκράτης με το έργο του «περί αέρων, υδάτων και τόπων» έθεσαν τις βάσεις για τη σύγχρονη έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής [9].

Υπάρχουν αναφορές πως οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν φυτά για δροσισμό και τοποθετούσαν πάνω από τα νότια ανοίγματα προεξοχές, οι οποίες ήταν σωστά μελετημένες ώστε να παρέχουν σκιασμό κατά τους θερινούς μήνες, ενώ ταυτόχρονα να επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει τους χειμερινούς μήνες στο χώρο. Επίσης αντί για προεξοχές υπάρχουν αναφορές πως πάνω από τα νότια ανοίγματα έβαζαν πολλές φορές και κληματαριά, η οποία το καλοκαίρι εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το χειμώνα το φύλλωμα έπεφτε και ο χώρος θερμαινόταν από τα ηλιακά κέρδη και όλα αυτά με παράλληλη παραγωγή σταφυλιού [9]!

Από ανασκαφές και άλλες αναφορές, είναι γνωστό ότι στην αρχαία Ελλάδα τα σπίτια είχαν συγκεκριμένη δομή, ήταν ορθογώνια κτίσματα με δωμάτια γύρω από μια ακάλυπτη αυλή, η οποία και αποτελούσε την κύρια πηγή φυσικού φωτισμού και αερισμού [9].

Συμπερασματικά στην αρχαία Ελλάδα κατά κύριο λόγο χτίζονταν κατοικίες με έξυπνο τρόπο, προκειμένου να εξασφαλίζεται η άνεση των εσωτερικών χώρων με λίγες ή και καθόλου τεχνητές παρεμβάσεις, κυρίως δηλαδή με τη βοήθεια του φυσικού περιβάλλοντος.

2.2.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός τον περασμένο αιώνα

Τον 19 αι. μ.Χ. πολλά κτήρια σχεδιάστηκαν με βιοκλιματικές αρχές σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Αρχικά στα ελληνικά νησιά οι παραδοσιακές κατοικίες εντάσσουν αρκετά χαρακτηριστικά βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στο κέλυφος τους. Στην εικόνα 2.2 στην οποία φαίνονται παραδοσιακοί οικισμοί στη νήσο Νίσυρο, τα κτίσματα είναι λευκά βαμμένα ώστε να μην απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων. Αυτό το παράδειγμα δείχνει την προσπάθεια του ανθρώπου να εναρμονίσει την κατοικία του με το αντίστοιχο κλίμα. Αντίστοιχα το 1950-1960 στη Σέριφο, αλλά και γενικότερα στις Κυκλάδες σκέπαζαν τις ταράτσες με χρώμα ως θερμομόνωση για την προστασία από την υπερθέρμανση (εικόνα 2.3).

Χαρακτηριστικές επίσης είναι οι περιπτώσεις υπόσκαφων κατοικιών οι οποίες φτιάχτηκαν έτσι ώστε να προστατεύουν τον εσωτερικό χώρο από τις έντονες καιρικές συνθήκες (εικόνα 2.4). Επιπλέον στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά σχολεία, τα οποία χτίστηκαν γύρω στο 1900-1950 και είναι έξυπνα χτισμένα

Σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

με τη νότια πλευρά παράλληλα τοποθετημένη στον άξονα ανατολής δύσης, με πολλά ανοίγματα στο νότο και με ελάχιστα ή και καθόλου στο βορρά. Έτσι εξασφαλιζόταν φυσικός φωτισμός και αύξηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου κατά τους χειμερινούς μήνες.

Όλα τα παραπάνω παραδείγματα συνιστούν ότι στο παρελθόν οι κατοικίες στην Ελλάδα ως επί το πλείστον σχεδιάζονταν με βάση τη βιοκλιματική λογική και ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν είναι καινούργια έννοια.



Εικόνα 2.2 Παραδοσιακός οικισμός στη Νίσυρο [10]



Εικόνα 2.3 Οικισμός στη Σέριφο, όπου έχει τοποθετηθεί χόμα στα δώματα των κατοικιών για θερμομόνωση [11]



Εικόνα 2.4 Υπόσκαφο παραδοσιακό οίκημα στη Σαντορίνη [12]

2.2.4 Βιοκλιματικός σχεδιασμός στη σημερινή εποχή

Στην σημερινή εποχή είναι πολύ έντονο πλέον το αποτύπωμα του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον και έτσι αυτός έχει στρέψει την προσοχή του περισσότερο από ποτέ στην εξοικονόμηση ενέργειας γενικά, αλλά και στον κτηριακό τομέα με τη βοήθεια των συνεχώς αναπτυσσόμενων τεχνολογιών και μεθόδων του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Ειδικότερα στην Ελλάδα, λόγω του κλίματος της που χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας και ψυχρούς καλοκαιρινούς ανέμους η εφαρμογή βιοκλιματικών τεχνολογιών είναι αποτελεσματική και αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Στη σημερινή εποχή κυρίως τα κτήρια κατοικιών στην Ελλάδα εφαρμόζουν αρχές βιοκλιματικής σχεδίασης, ενώ την τελευταία δεκαετία έχει αρχίσει η εφαρμογή και στο βιομηχανικό κτηριακό τομέα. Στον τριτογενή τομέα το μεγαλύτερο ποσοστό αφορά κτήρια γραφείων και κτήρια του εκπαιδευτικού τομέα. Βασικός ο ρόλος της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια η οποία, εκτός από τη δημιουργία νέων μεθόδων σχεδιασμού κτηρίων, συνέβαλε και στη μείωση του κόστους κάποιων βιοκλιματικών τεχνολογιών.

Στην εικόνα 2.5 φαίνεται ένα παράδειγμα κτηρίου το οποίο έχει ανοίγματα στο νότο (παθητικό ηλιακό σύστημα-φυσικός φωτισμός) καλυμμένα με εξωτερικά ρυθμιζόμενα σκίαστρα, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων το καλοκαίρι και να μεγιστοποιούνται τα θερμικά ηλιακά κέρδη τον χειμώνα μειώνοντας έτσι την καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, εφόσον ο σχεδιασμός αυτός επιτρέπει επαρκή φυσικό φωτισμό.

Στην εικόνα 2.6 φαίνεται μια μονοκατοικία στην περιοχή της Ξάνθης η οποία έχει ανοίγματα στο νότο, καθώς και ηλιακό χώρο ή αλλιώς θερμοκήπιο (παθητικό ηλιακό σύστημα-φυσικός φωτισμός). Αυτό αποτελεί παράδειγμα κατοικίας που συναντάται συχνότερα πλέον σήμερα.

Στο εξωτερικό υπάρχουν κάποια πολύ σημαντικά παραδείγματα εφαρμογής βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής σε κτήρια του τριτογενή τομέα. Ένα σημαντικό επίτευγμα αποτελεί το αθλητικό κέντρο στο Σκάνθορπ του Ηνωμένου Βασιλείου (εικόνα 2.7) του οποίου ο σχεδιασμός μόνο κόστισε 15 εκατομμύρια και έχει γίνει με βάση την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Το κέντρο μέσω τεχνολογιών εναρμόνισης με το μικροκλίμα της περιοχής καταφέρνει να καλύψει όλες τις ανάγκες του σε φωτισμό και αερισμό από το φυσικό περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα και το 80% των θερμικών αναγκών του από τον ήλιο [13].

Το κτήριο συνολικής έκτασης 5000 m² πετυχαίνει μειωμένες θερμικές απώλειες χάρη στην αποτελεσματική μόνωση του, το αεροστεγές κέλυφος του και την ανάκτηση θερμότητας από το σύστημα εξαερισμού. Επιπλέον το σύστημα ψύξης και θέρμανσης καταναλώνει βιομάζα ως καύσιμο [14].



Εικόνα 2.5 Κτήριο με αρχές βιοκλιματικής σχεδίασης [15]



Εικόνα 2.6 Μονοκατοικία με στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ξάνθη [16]



Εικόνα 2.7 Το αθλητικό κέντρο του Σκάνθορπ στο Ηνωμένο βασίλειο [17]

2.3 Ο συνδυασμός κλασικής και βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής κατά τον σχεδιασμό

Κατά το σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτηρίου η αρχιτεκτονική φροντίζει ώστε αυτό να είναι λειτουργικό, φιλόξενο, άνετο προς τον κάτοικο του και όμορφο-εντυπωσιακό εξωτερικά, ενώ η βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι αυτή που φροντίζει, ώστε το κτήριο να αξιοποιεί τα στοιχεία του περιβάλλοντος για να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση. Παρόλο που η βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι προέκταση της αρχιτεκτονικής, πρόκειται για δυο διαφορετικά αντικείμενα, το καθένα με τους δικούς του στόχους και τα δικά του εργαλεία.

Σε ένα σύγχρονο βιοκλιματικό κτήριο οι έννοιες της αρχιτεκτονικής και της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους αποτελώντας μαζί το συνολικό σχεδιασμό του κτηρίου. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα όμορφο, πλήρως λειτουργικό και εντυπωσιακό κτίσμα, το οποίο ενσωματώνει “μυστικά” του βιοκλιματικού σχεδιασμού, τα οποία ελαχιστοποιούν την κατανάλωση ενέργειας χωρίς πολλές φορές να γίνονται αντιληπτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης

3.1 Γενικά για τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης

Στο παρελθόν έχουν δημιουργηθεί σε αρκετές χώρες ανάλογα και με το εκάστοτε νομικό πλαίσιο κατηγορίες κτηρίων χαμηλής κατανάλωσης στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα και τη γενική βιωσιμότητα.

Ως επακόλουθο της εξέλιξης, τα “nzeb” είναι η νέα κατηγορία κτηρίων χαμηλής κατανάλωσης ή μηδενικής κατανάλωσης όπως αναφέρει και ο όρος η οποία θα επιβληθεί σε μεγάλο μέρος της παγκόσμιας κοινότητας, με την κάθε χώρα έπειτα να ορίζει και ποσοτικά, τις προϋποθέσεις και τα ακριβή χαρακτηριστικά που αυτά θα πρέπει να πληρούν. Δεδομένου πως αποτελούν σχετικά νέα κατηγορία κτηρίου, δεν υπάρχει ακόμα σαφής ορισμός, καθώς ακόμα είναι υπό διαμόρφωση.

Με βάση τη διεθνή ορολογία είναι κτήρια πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ταυτόχρονα χαμηλής κατανάλωσης, τα οποία ενσωματώνουν στο σχεδιασμό τους τεχνολογίες αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ο σκοπός τους είναι να παράγουν ποσά ενέργειας ελεύθερα ρύπων ίσα ή μεγαλύτερα από αυτά που καταναλώνουν από συμβατικές πηγές ενέργειας. Τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης αποτελούν μια σύγχρονη άποψη για το οικολογικό κτήριο, η οποία συνεχώς αναπτύσσεται και αποδεικνύει τη συλλογική προσπάθεια του ανθρώπου να ελαχιστοποιήσει το ίχνος του στο φυσικό περιβάλλον.

Παγκοσμίως είναι πολλές οι εφαρμογές των “nzeb”, κυρίως σε χώρες όπου αυτό απαιτείται υποχρεωτικά από το νομικό τους πλαίσιο. Στην Ελλάδα αντίστοιχα με το νόμο 4122/2013, μέσω του οποίου αυτή εναρμονίστηκε με τη νέα οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συγκεκριμένα με το άρθρο 9 θεσπίζεται πως από την 1/1/2021 θα πρέπει κάθε νέο κτήριο να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Επομένως, σήμερα υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές “nzeb” στη χώρα καθώς δεν επιβάλλεται υποχρεωτικά από τη νομοθεσία. Επιπροσθέτως στην Ελλάδα κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν υπάρχει νομικό πλαίσιο που να ορίζει ελάχιστες απαιτήσεις.

Κάποια από τα βασικά στοιχεία κλειδιά του σχεδιασμού στα κτήρια “nzeb”, προκειμένου αυτά να καταναλώνουν όσο το δυνατό λιγότερη ενέργεια είναι τα εξής:

- Η άριστη μόνωση
- Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- Σύστημα εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας
- Αποδοτικό σύστημα θέρμανσης χώρων
- Σύστημα τοπικής παραγωγής ενέργειας ελεύθερης ρύπων

Όσον αφορά το σύστημα θέρμανσης αυτό προτιμάται να είναι αντλία θερμότητας, η οποία καταναλώνει ηλεκτρικό ρεύμα, οπότε θα είναι δυνατή η απευθείας κατανάλωση από το σύστημα παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σε αυτό πολύ σημαντικό ρόλο έχει ο συντελεστής ταυτοχρονισμού της παραγωγής ενέργειας με αυτόν της κατανάλωσης, εφόσον όσο μεγαλύτερος είναι αυτός, τόσο μικρότερη είναι και η ανάγκη για συσσώρευση ενέργειας.

Όπως γίνεται αντιληπτό το κόστος ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης θα είναι ελαφρώς αυξημένο συγκριτικά με αυτό ενός συμβατικού.

Δεν τονίζεται σε κάποιο σημείο μέχρι στιγμής στους διεθνείς ορισμούς η χρήση βιοκλιματικών τεχνικών στο σχεδιασμό των “nzeb”, παρόλα αυτά αξίζει να τονισθεί πως ο συνδυασμός των δυο θα έχει ως αποτέλεσμα ένα αρκετά αποδοτικότερο “nzeb”, με ελαχιστοποιημένη στο μέγιστο δυνατό βαθμό τη χρήση τεχνικών μέσων κλιματισμού και θέρμανσης, αλλά και με το αντίστοιχο κόστος φυσικά.

3.2 Παραδείγματα κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην Ελλάδα υπάρχουν πολύ λίγες περιπτώσεις κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης, οι οποίες και δεν είναι καταγεγραμμένες, για αυτό όλα τα παραδείγματα που θα παρουσιασθούν είναι από άλλες χώρες της Ευρώπης.

1. Κατοικία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας Ebner [18]

Η κατοικία αυτή χτίστηκε στο “Judendorf” της Αυστρίας το 2014 σύμφωνα με τα πρότυπα παθητικού κτηρίου. Ο στόχος αυτής της κατασκευής ήταν η μειωμένη χρήση ενέργειας, καθώς και η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ενώ ταυτόχρονα κατά την κατασκευή δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στη χρήση δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, όπως ξύλο ή ακόμα και άχυρο.

Πρόκειται για μονοκατοικία με εμβαδόν 160 m². Οι τοίχοι και η οροφή του σπιτιού αποτελούνται από άχυρο πάχους 70 cm τοποθετημένο ανάμεσα σε ξύλινες σανίδες, στα παράθυρα έχουν τοποθετηθεί τριπλά τζάμια για τη μείωση των θερμικών απωλειών, ενώ το δάπεδο της κατοικίας αποτελείται από 50 cm ειδικό μονωτικό χαλίκι κάτω από μια πλάκα μπετόν.

Η συγκεκριμένη κατοικία θερμαίνεται με καυστήρα ξύλου-πέλλετ και διαθέτει σύστημα ανάκτησης θερμότητας στο σύστημα εξαερισμού με ποσοστό ανάκτησης θερμότητας 86%. Οι ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης καλύπτονται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τους ηλιακούς συλλέκτες που διαθέτει το κτήριο και οι οποίοι έχουν συνολικά 8m² εμβαδό. Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του κελύφους του κτηρίου φαίνεται στον πίνακα 3.1.



Εικόνα 3.1 Η κατοικία Ebner στην Αυστρία [18]

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ
ΤΟΙΧΟΙ	0,065 W/m ² .K
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	0,86 W/m ² .K
ΟΡΟΦΗ (στην σοφίτα)	0,065 W/m ² .K
ΔΑΠΕΔΟ(στο υπόγειο)	0,11 W/m ² .K

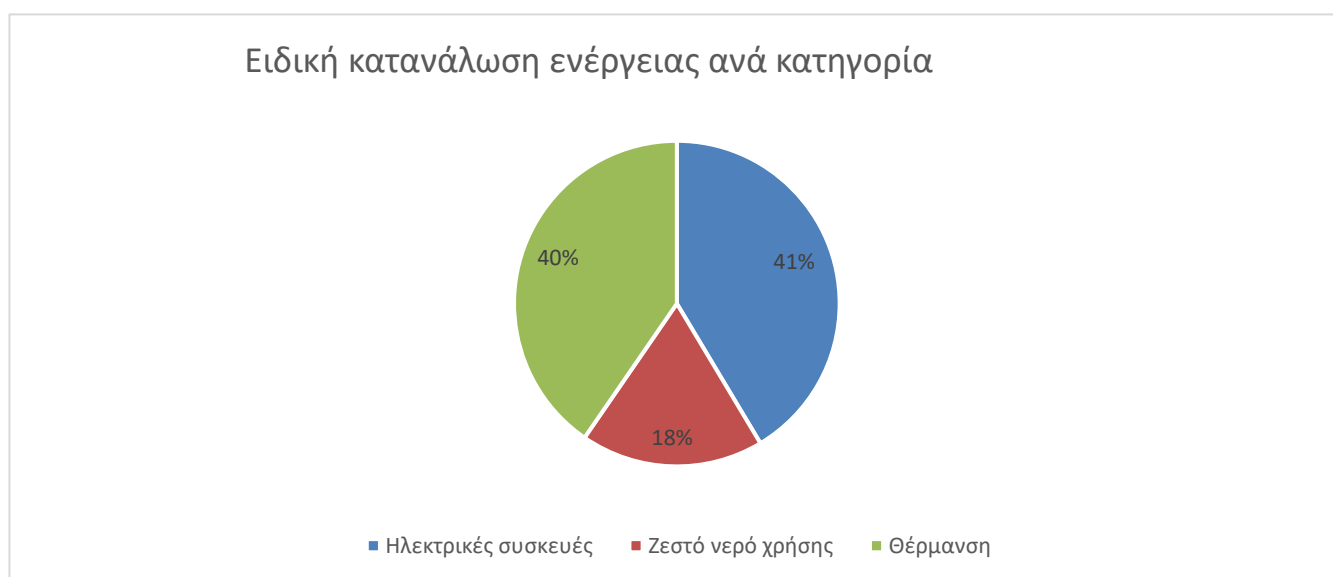
Πίνακας 3.1 Συντελεστές θερμικής διαπερατότητας

Η τελική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση δεν μετρήθηκε, αλλά υπολογίσθηκε. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον πίνακα 3.2. Η ετήσια ειδική εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα είναι 10,4kg.CO₂/m².year. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή ενέργεια) στη συνολική ενεργειακή ζήτηση της κατοικίας είναι 48%. Η συγκεκριμένη κατοικία καταναλώνει 42% λιγότερη ενέργεια συγκρινόμενη με τις ισχύουσες απαιτήσεις για την τελική ενεργειακή ζήτηση.

Συμπερασματικά φαίνεται πως και στην πράξη ένα κτήριο “nzeb”, όπως και αυτό της προκειμένης περίπτωσης, ενσωματώνει τεχνολογίες αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και δίνει έμφαση στη μείωση της ροής θερμότητας διαμέσου του κελύφους του.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	16,0 kWh/ m ² .year
ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	7,3 kWh/ m ² .year
ΨΥΞΗ	0,0 kWh/ m ² .year
ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	Συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία των ηλεκτρικών συσκευών
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	Συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία των ηλεκτρικών συσκευών
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	16,4 kWh/ m ² .year
ΣΥΝΟΛΟ	39,7 kWh/ m². year
ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	85,9 kWh/ m².year

Πίνακας 3.2 Ειδική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία



Διάγραμμα 3.1 Ειδική κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας Ebner ανά κατηγορία

2. Κατοικία χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης Maison Hanau [18]

Το συγκεκριμένο κτήριο είναι χτισμένο στην ανατολική Γαλλία και συγκεκριμένα στην πόλη Σελεστά. Πρόκειται για μονοκατοικία με εμβαδόν 178m² η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού συστήματος που διαθέτει και είναι το δεύτερο κτήριο στην Γαλλία που έχει πιστοποίηση BEPOS. Η πιστοποίηση αυτή είναι για τα σπίτια που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από αυτήν που παράγουν. Η κατασκευή αποτελείται από άλφα μπλόκ (αφρώδες μπετό/cellular-concrete) με μόνωση πολυστερίνης.

Η οροφή και το δάπεδο διαθέτουν ενισχυμένη μόνωση με ενδιάμεση πολυστερίνη και επιπλέον 8 εκατοστά μόνωση πολυουρεθάνης. Στα ανοίγματα του κτηρίου είναι τοποθετημένοι διπλοί υαλοπίνακες για μειωμένη θερμική ροή. Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των επιμέρους τμημάτων της κατασκευής φαίνεται στον πίνακα 3.3.

Όσον αφορά το σύστημα θέρμανσης, η κατοικία είναι εξοπλισμένη με λέβητα συμπύκνωσης αερίου και η θερμότητα μεταφέρεται στο εσωτερικό του σπιτιού μέσω συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης έχουν τοποθετηθεί 4m² ηλιακών συλλεκτών στη σκεπή, ενώ ο λέβητας συμπύκνωσης λειτουργεί βοηθητικά στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στην περίπτωση μειωμένης ηλιοφάνειας. Η κατοικία έχει σύστημα εξαερισμού μονής ροής με αισθητήρες υγρασίας για τη διατήρηση της σωστής ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του κτηρίου είναι το φωτοβολταϊκό σύστημα που διαθέτει, το οποίο έχει συνολικά εμβαδό 51 m² και μέγιστη ισχύ 8 kW_p.

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ
ΤΟΙΧΟΙ	0,160-0,166 W/m ² .K
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	1,28 W/m ² .K
ΟΡΟΦΗ	0,108-0,127 W/m ² .K
ΔΑΠΕΔΟ	0,112 W/m ² .K

Πίνακας 3.3 Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας

3.Μονοκατοικία σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης στην Ιρλανδία [18]

Σε αυτήν την περίπτωση δεν πρόκειται για ένα νεόκτιστο κτήριο εξοπλισμένο εξ αρχής με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας για εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά αντιθέτως για ένα κτήριο χτισμένο την δεκαετία του 1950, το οποίο αναβαθμίστηκε-ανακαινίσθηκε πλήρως και πλέον ανήκει στην οικογένεια των κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης.

Αναλυτικότερα το αρχικό σπιτικό περιλάμβανε τρεις κρεβατοκάμαρες, ενώ πλέον διαθέτει 2 ορόφους και τέσσερις κρεβατοκάμαρες συνολικού εμβαδού 160m². Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές δόμησης επιτεύχθηκαν εκπληκτικά αποτελέσματα στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας της τάξης του 90% και περισσότερο. Η μονοκατοικία αυτή βρίσκεται στο Δουβλίνο, πρωτεύουσα της Ιρλανδίας.

Τα τοιχώματα του αρχικού κτηρίου τα οποία αποτελούνται από τσιμεντόλιθους πλάτους 230 mm, μονώθηκαν με 150 mm διογκωμένης πολυστερίνης από την εξωτερική μεριά. Σε κάποια σημεία όπου χρειάστηκε προσθήκη νέων δομικών στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν μπλοκ παρόμοια με τους τσιμεντόλιθους, αλλά με θερμική αγωγιμότητα περίπου 10 φορές μικρότερη.

Ως αποτέλεσμα προκύπτει μείωση των θερμικών απωλειών, αλλά και θερμογεφυρών σε ποσοστό έως 80%, ενώ επιπλέον προστέθηκε εξωτερικά η ίδια μόνωση 150mm διογκωμένης πολυστερίνης όπως και στα υπόλοιπα αυθεντικά τοιχώματα του κτηρίου.

Το κτήριο διαθέτει κεραμοσκεπή και το επίπεδο που διαχωρίζει τη σοφίτα από το υπόλοιπο σπίτι (δάπεδο σοφίτας) τροποποιήθηκε, είναι αεροστεγές και μονωμένο θερμικά με ένα συνδυασμό από αφρώδες θερμομονωτικό υλικό φυτικής προέλευσης πάχους 110 mm και από πάνω μόνωση κυτταρίνης πάχους 250 mm. Το δάπεδο του κτηρίου, το οποίο στην αρχή ήταν ξύλινο αιωρούμενου τύπου (κάτω από τα ξύλα υπήρχε κενό), αντικαταστάθηκε με τσιμεντένιο δάπεδο, το οποίο μονώθηκε με 300 mm διογκωμένης πολυστερίνης. Στα ανοίγματα τοποθετήθηκαν τριπλά τζάμια και οι πόρτες αντικαταστάθηκαν με αντίστοιχες χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας.

Ένα από τα αποτελέσματα της αναβάθμισης είναι η αυξημένη αεροστεγανότητα, η οποία μάλιστα αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στη μείωση των θερμικών απωλειών. Πιο συγκεκριμένα μετά την αναβάθμιση η ροή αέρα είναι μόλις 1,23 ACH (Air Changes per Hour-Αλλαγές όγκου αέρα χώρου ανά ώρα) σε πίεση 50 Pascal. Οι τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας που επιτεύχθηκαν φαίνονται στον πίνακα 3.4.

ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ
ΤΟΙΧΟΙ	0,145-0,19 W/m ² .K
ΠΑΡΑΘΥΡΑ	0,9 W/m ² .K
ΟΡΟΦΗ	0,13 W/m ² .K
ΔΑΠΕΔΟ	0,11-0,14 W/m ² .K

Πίνακας 3.4 Συντελεστές θερμικής διαπερατότητας για τα διάφορα στοιχεία του κτηρίου

Όπως ήδη έχει αναφερθεί σημαντικό ρόλο στα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης παίζει η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η συνεισφορά αυτή στην συνολική κατανάλωση είναι περίπου 30% και προέρχεται από ηλιακό θερμικό συλλέκτη, με 20 σωλήνες κενού και 300 λίτρα δεξαμενή ζεστού νερού για αποθήκευση της συλλεγόμενης ενέργειας.

Το συγκεκριμένο κτήριο έχει κατά 56% καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά από αυτήν που απαιτείται από τα εθνικά ενεργειακά πρότυπα της Ιρλανδίας (η σύγκριση αυτή έγινε μεταξύ των καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου και ενός αντίστοιχου κτηρίου αναφοράς του οποίου τα δομικά στοιχεία έχουν τους μέγιστους επιτρεπόμενους δείκτες θερμικής αγωγιμότητας που ορίζει η αντίστοιχη νομοθεσία της Ιρλανδίας).

Η τελική χρήση ενέργειας ανά κατηγορία φαίνεται στον πίνακα 3.5.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	10,7 kWh/ m ² .year
ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	12,2 kWh/ m ² .year
ΨΥΞΗ	0,0 kWh/ m ² .year
ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	4,0 kWh/ m ² .year
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	4,5 kWh/ m ² .year
ΣΥΝΟΛΟ	31,4 kWh/ m². year
ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	47,1 kWh/ m².year

Πίνακας 3.5 Τελική χρήση ενέργειας ανά κατηγορία (ο συντελεστής πρωτογενούς ενέργειας για το φυσικό αέριο είναι 1,1, ενώ για τον ηλεκτρισμό είναι 2,58)

Τέλος η κατοικία εξοπλίστηκε με υπερσύγχρονο λέβητα συμπύκνωσης φυσικού αερίου 25kW και ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, ενώ στο σύστημα εξαερισμού τοποθετήθηκε εναλλάκτης ανάκτησης θερμότητας με απόδοση ανάκτησης 91%.

Συνολικά το project της αναβάθμισης του παλαιού αυτού κτηρίου σε μηδενικής κατανάλωσης κόστισε περίπου 170.000 ευρώ, αλλά είναι πλήρως συμφέρουσα επιλογή τόσο οικονομικά, εφόσον η απόσβεση θα γίνει σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα και η απόδοση κεφαλαίου είναι σχετικά υψηλή, αλλά και περιβαλλοντικά, εφόσον μια τέτοια αναβάθμιση μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στη ατμόσφαιρα και την κατανάλωση ενέργειας γενικότερα.



Διάγραμμα 3.2 Ειδική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία της μονοκατοικίας στο Δουβλίνο



Εικόνα 3.2 Κατοικία Maison HANAU στη Γαλλία [18]



Εικόνα 3.3 Μονοκατοικία μηδενικής κατανάλωσης στο Δουβλίνο της Ιρλανδίας [18]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Η βιοκλιματική κατοικία στην Ελληνική αγορά

4.1 Τι παρατηρείται στην πράξη

Καταρχάς με τον όρο βιοκλιματικό κτήριο εννοείται ένα κτήριο, το οποίο ενσωματώνει στο σχεδιασμό του στοιχεία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, αλλά ο όρος αυτός στην Ελλάδα συνδέεται στενά και με τα κτήρια που έχουν χτιστεί σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, όχι αδίκως βέβαια, αφού όπως θα παρουσιασθεί παρακάτω αυτός απαιτεί τη “χρήση” βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής σε ένα μικρό βαθμό.

Η βιοκλιματική κατοικία έχει πλέον μπει για τα καλά στην ελληνική αγορά, αφού υπάρχουν πλέον και τα αντίστοιχα νομικά πλαίσια όπως λέχθηκε και παραπάνω. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί τι νοείται ως βιοκλιματική κατοικία χτισμένη σύμφωνα με τα ελληνικά δεδομένα, δηλαδή σε ποιες παραμέτρους θα πρέπει να υπόκειται ή ποιες προϋποθέσεις θα πρέπει να πληρεί έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό αυτής, τόσο οι ελληνικοί κανονισμοί όσο και οι ιδιαιτερότητες του ελληνικού κλίματος. Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις παλαιών κτηρίων-κατοικιών στα οποία έχουν εφαρμοστεί τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού, όμως ο κυρίως όγκος αποτελείται από νέα κτήρια.

Αρχικά δίνεται μεγάλη σημασία στον προσανατολισμό του κτηρίου μέσα στο οικόπεδο, έτσι ώστε ο διαμήκης άξονας του κτηρίου να είναι παράλληλος με τη νοητή γραμμή που ενώνει την ανατολή με τη δύση. Επίσης, δίνεται μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό των ανοιγμάτων, έτσι ώστε αυτά να βρίσκονται κυρίως στη νότια μεριά και σε μικρό βαθμό στο βορρά, προκειμένου να παρέχεται φυσικός φωτισμός και αερισμός πέραν της θέρμανσης των χώρων αυτών από τα ηλιακά κέρδη. Επιπλέον, η σκίαση των ανοιγμάτων είναι σημαντική για τα ελληνικά δεδομένα, λόγω της ισχυρής ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες.

Όσον αφορά τα δομικά στοιχεία του κτηρίου, τα οποία αποτελούν μέρος των παθητικών ηλιακών συστημάτων, επιλέγονται τα υλικά κατασκευής τους με προσοχή έτσι ώστε να έχουν τη σωστή θερμοχωρητικότητα, αλλά και θερμοπερατότητα. Αντίστοιχα, θα πρέπει να επιλέγονται σωστά και οι υαλοπίνακες, καθώς και η θερμομόνωση του κελύφους, έτσι ώστε να προσφέρουν μειωμένες θερμικές απώλειες.

Συνήθως επιλέγεται για σύστημα θέρμανσης αντλία θερμότητας, κατά κύριο λόγο τύπου αέρα-αέρα αλλά και γεωθερμική, ανάλογα με το αντίστοιχο κλίμα της ελληνικής περιοχής και δύναται να συνδυάζεται με ηλιακούς συλλέκτες για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Για τα ελληνικά δεδομένα συνήθως δεν χρησιμοποιούνται παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, όπως τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος trombe, ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο και ηλιακή καμινάδα, με εξαιρέσεις φυσικά (σε ελληνικές περιοχές με πολύ ψυχρό κλίμα). Αντίθετα συχνά τοποθετείται φύτευση στα δώματα που με το σωστό σχεδιασμό τους παρέχεται επιπλέον θερμομόνωση, μείωση του θορύβου και της σκόνης, καθώς και δροσισμού μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών.

Ακόμα συχνή είναι και η γενικότερη φύτευση γύρω από το κτήριο, η οποία προσφέρει σκίαση το καλοκαίρι, καθώς και καθοδήγηση των ψυχρών καλοκαιρινών ανέμων στα ανοίγματα του κελύφους στοιχεία σημαντικά δεδομένης της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες στην Ελλάδα.

Ένα παράδειγμα κατοικίας με αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι χτισμένο στην περιοχή της Μαλεσίνας στον νομό Φθιώτιδας. Η συγκεκριμένη κατοικία είναι κτισμένη το 1989 και έχει εμβαδόν 226,3m². Συνολικά οι θερμαινόμενοι χώροι του κτηρίου αυτού έχουν εμβαδό 180,8m², ενώ συνολικά υπάρχουν δύο όροφοι και το υπόγειο [19].

Στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων η κατοικία αυτή διαθέτει σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους, καθώς και ενσωματωμένο θερμοκήπιο 2 ορόφων στο κέλυφος. Στο σχεδιασμό του κτηρίου συμπεριλαμβάνονται επιπλέον η σκίαση των ανοιγμάτων, η σκίαση και ο αερισμός του θερμοκηπίου στοιχεία που συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό. Επίσης λόγω του κατάλληλου σχεδιασμού είναι δυνατός ο διαμπερής και ο κατακόρυφος νυχτερινός αερισμός για την αποβολή ανεπιθύμητων θερμικών φορτίων κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι [19].

Η μόνωση είναι πάχους 10 εκατοστών τύπου υαλοβάμβακα σε όλους τους εξωτερικούς τοίχους, ενώ στην οροφή είναι 10 εκατοστά τύπου διογκωμένης πολυστερίνης. Το θερμοκήπιο στο ισόγειο είναι σε επαφή με το καθιστικό, ενώ στον όροφο είναι σε επαφή με το υπνοδωμάτιο.



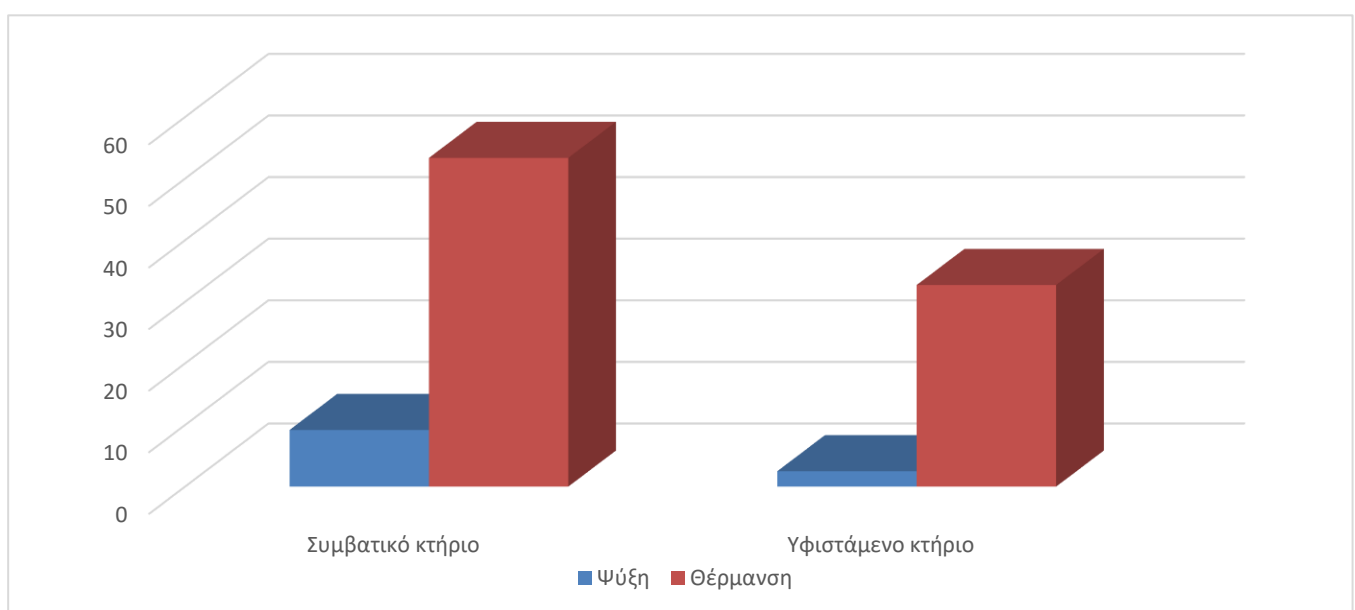
Εικόνα 4.1 Βιοκλιματική κατοικία στη Μαλεσίνα [19]



Εικόνα 4.2 Εσωτερική άποψη θερμοκηπίου [19]

Η επικοινωνία με τους εσωτερικούς χώρους γίνεται με τη χρήση εσωτερικών παραθύρων τα οποία κατά την εποχή του χειμώνα είναι ανοιχτά κατά τη διάρκεια της ημέρας και κλείνουν τη νύχτα, ενώ την καλοκαιρινή περίοδο είναι μονίμως κλειστά [19].

Μέσω του σωστού σχεδιασμού το κτήριο αυτό πετυχαίνει κατά περίπου 38% μειωμένη χρήση τελικής ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, ενώ αντίστοιχα παρατηρείται μείωση περίπου 11% στην ενέργεια που καταναλώνεται για δροσισμό σε σχέση με μια αντίστοιχη συμβατική κατασκευή (διάγραμμα 4.1). Παρόλο που πρόκειται για ένα παλαιό κτήριο χτισμένο πριν την εφαρμογή του KENAK, αυτό αποτελεί ένα πολύ καλό παράδειγμα βιοκλιματικού σχεδιασμού ακόμα και για τα σημερινά δεδομένα [19].



Διάγραμμα 4.1 Καταναλώσεις τελικής ενέργειας σε (kWh/m²) για θέρμανση και ψύξη σε μια συμβατική κατοικία και στην υφιστάμενη [19]

4.2 Τι ορίζει ο ΚΕΝΑΚ

Όλα όσα παρουσιάστηκαν παραπάνω (συμπεριλαμβανομένου και του παραδείγματος) αφορούν το τι παρατηρείται στην πράξη. Ας εξετασθεί τώρα και η “θεωρία” την οποία αποτελεί ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ώστε να δημιουργηθεί μια πληρέστερη εικόνα για τη βιοκλιματική κατοικία στην Ελλάδα, αλλά και να τεκμηριωθούν έτσι και όλα όσα ειπώθηκαν παραπάνω.

Το άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ είναι αυτό που ασχολείται με τις ελάχιστες προδιαγραφές των κτηρίων και χωρίζεται σε 3 παραγράφους. Η πρώτη παράγραφος περιγράφει τις ελάχιστες προδιαγραφές για τον σχεδιασμό του κτηρίου [20].

Ελάχιστες προδιαγραφές σχεδιασμού του κτηρίου από την 1^η παράγραφο του ΚΕΝΑΚ [20]

- 1) Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτηρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών συνθηκών
- 2) Διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος
- 3) Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού
- 4) Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού)
- 5) Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των παθητικών ηλιακών συστημάτων όπως : άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος-θερμοκήπιο και άλλα.
- 6) Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού
- 7) Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού
- 8) Ηλιοπροστασία

Η δεύτερη παράγραφος του άρθρου 8 του ΚΕΝΑΚ πραγματεύεται το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Αναλυτικότερα, σε αυτήν την παράγραφο αναφέρονται οι μέγιστες τιμές που θα πρέπει να λαμβάνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο ξεχωριστά ανάλογα με την κλιματική ζώνη (πίνακας 4.1). Μέγιστες τιμές καθορίζονται και για το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου σε συνάρτηση με το λόγο εμβαδού F προς όγκο V του κτηρίου και την κλιματική ζώνη (πίνακας 4.2). Ταυτόχρονα σε αυτήν την παράγραφο, γίνεται παραπομπή στην αντίστοιχη οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος για τον ορθό τρόπο υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας για το εκάστοτε κτήριο [20].

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι 4 διαφορετικές κλιματικές ζώνες, στις οποίες χωρίζεται η Ελλάδα και οι οποίες λαμβάνονται υπόψη από τον ΚΕΝΑΚ σε όλη του την έκταση [20].

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜ-ΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _D	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _W	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U _{DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _G	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U _{WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοιγμάτα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ)	U _F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 4.1 Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας [20]

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

Πίνακας 4.2 Μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτηρίου [20]

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

Πίνακας 4.3 Οι τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας [20]

Στην τρίτη και τελευταία παράγραφο του ΚΕΝΑΚ, αναφέρονται οι ελάχιστες προδιαγραφές του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτηρίου. Συνοπτικά αναγράφονται στην παρακάτω λίστα κάποιες από αυτές, οι οποίες αφορούν μόνο κτήρια κατοικιών [20]:

- Κάθε κεντρική κλιματιστική μονάδα που εγκαθίσταται στο κτήριο με παροχή νωπού αέρα $\geq 60\%$ θα πρέπει να επιτυγχάνει ποσοστό ανάκτησης θερμότητας τουλάχιστον 50%
- Όλα τα δίκτυα διανομής της κεντρικής θέρμανσης ή της εγκατάστασης ψύξης ή του ζεστού νερού χρήσης θα πρέπει να διαθέτουν επαρκή θερμομόνωση (σύμφωνα με την αντίστοιχη ΤΟΤΕΕ)
- Οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα, που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους θα πρέπει να είναι θερμομονωμένοι με πάχος μονωτικού υλικού 40mm, ενώ για διέλευση από εσωτερικούς χώρους απαιτείται θερμομόνωση πάχους 30mm με την αντίστοιχη αγωγιμότητα του θερμομονωτικού υλικού να είναι $\lambda=0,040 \text{ W/m.K}$
- Σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια, είναι υποχρεωτική η κάλυψη τουλάχιστον του 60% των ετήσιων αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Τεχνολογίες της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής

5.1 Περιβάλλον χώρος και μικροκλίμα

Η σωστή σχεδίαση των εξωτερικών χώρων μιας κατοικίας είναι ύψιστης σημασίας, διότι έτσι διαμορφώνεται το σωστό μικροκλίμα και αρκετές τεχνολογίες του βιοκλιματικού σχεδιασμού βασίζονται σε αυτό.

Η χρησιμοποίηση βλάστησης καθώς και η σωστή επιλογή των επιφανειακών υλικών κατά τη διαμόρφωση των εξωτερικών χώρων του κτηρίου (δώματα, εξωτερικές τοιχοποιίες και αυλές ή λοιποί εξωτερικοί χώροι) συμβάλλουν, αφενός στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης του γύρω περιβάλλοντος και αφετέρου στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.

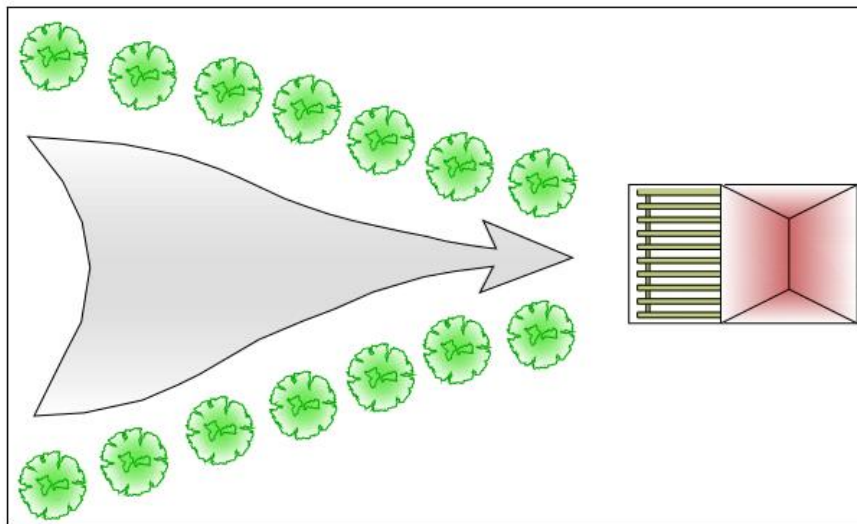
5.1.1 Η χρήση βλάστησης στους εξωτερικούς χώρους

Η σωστή τοποθέτηση της βλάστησης σε έναν εξωτερικό χώρο βοηθάει στον έλεγχο της ανεμοροής, όμως είναι δύσκολη υπόθεση αν σκεφτεί κανείς πως για κάθε διαφορετική περίοδο του έτους χρειάζεται η εφαρμογή διαφορετικών στρατηγικών. Κατάλληλη δεντροστοιχία μπορεί να τροποποιεί την πορεία του ανέμου να αλλάζει τη ροή του, καθώς και να ρυθμίζει την ταχύτητα και την ένταση του.

Συνήθως οι απώλειες αερισμού λόγω των ανέμων που χτυπούν το κτήριο είναι σε μια φυσιολογική μέρα σχεδόν το 1/3 των συνολικών θερμικών απωλειών, ενώ μέρες με ισχυρούς ανέμους το αντίστοιχο ποσοστό ανέρχεται μέχρι και στο 50% [21]. Οι θερμικές απώλειες είναι ανάλογες με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου, επομένως μια μικρή μεταβολή στον άνεμο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών τον χειμώνα.

Αντίστοιχα το καλοκαίρι μια συστοιχία δέντρων κατάλληλα τοποθετημένη, οδηγεί τους βορινούς ανέμους στα ανοίγματα του κτηρίου (σχήμα 5.1), ενώ είναι πιθανή και η αύξηση της ταχύτητας των ανέμων έχοντας έτσι μειωμένες ανάγκες για δροσισμό. Βλάστηση χρησιμοποιείται κατά κόρον για την προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία.

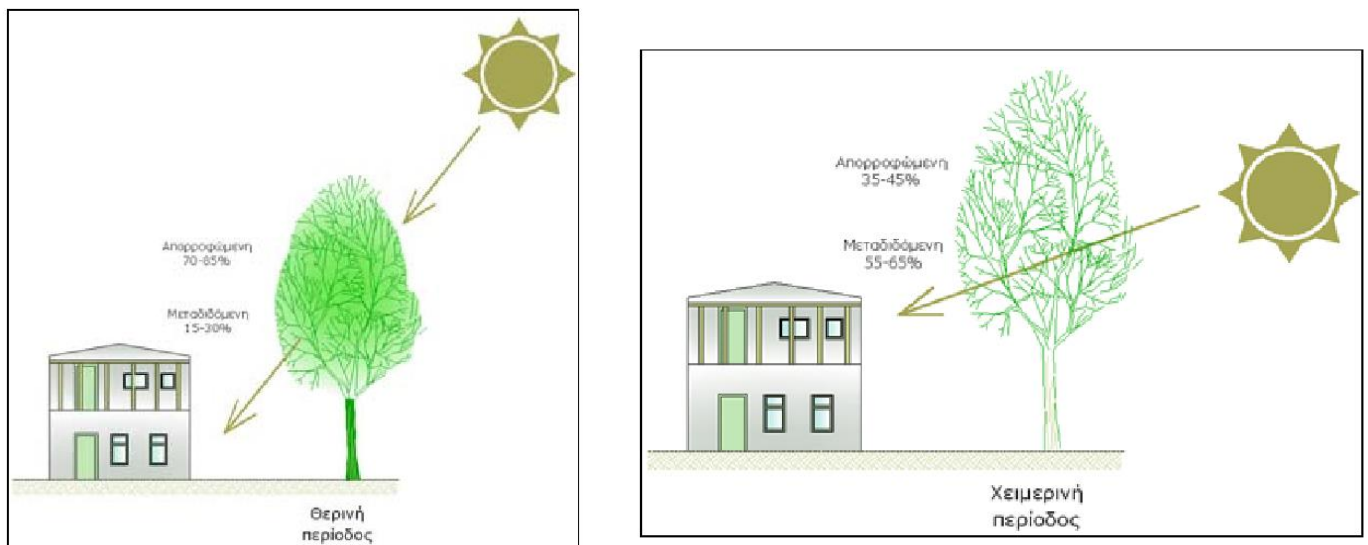
Ακόμα και δέντρα χωρίς φύλλωμα εμποδίζουν κατά 40-80% τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το είδος του φυτού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις εκάστοτε ανάγκες σκιασμού, ενώ, αν απαιτείται σκιασμός μόνο το καλοκαίρι μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυλλοβόλα δέντρα (σχήμα 5.2) [21].



Σχήμα 5.1 Κατάλληλος τρόπος φύτευσης για οδήγηση δροσερού ανέμου προς το κτήριο το καλοκαίρι [21]

Τέλος η ηχοπροστασία είναι ένα από τα πλεονεκτήματα της φύτευσης, καθώς ο ήχος μειώνεται λόγω απορρόφησης, ανάκλασης και διάχυσης πάνω στους κορμούς και στο φύλλωμα, ενώ ταυτόχρονα τα δέντρα ως γνωστόν καθαρίζουν τον αέρα και μειώνουν τη σκόνη βελτιώνοντας έτσι και την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Πάρα πολλά είναι και τα οφέλη σε ένα φυτεμένο δώμα, τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι η μείωση των φορτίων θέρμανσης κατά 30% και τα φορτία ψύξης κατά 10% αντίστοιχα (για τον τελευταίο όροφο) και η συγκράτηση του βρόχινου νερού και η καθυστέρηση της απορροής του [22].



Σχήμα 5.2 Χρήση φυλλοβόλου δέντρου για τη σκίαση μόνο το καλοκαίρι [21]

5.1.2 Η χρήση σωστών υλικών και επικαλύψεων

Το είδος των υλικών επίστρωσης παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο με την τοποθέτηση βλάστησης σε ένα χώρο και επηρεάζει άμεσα τόσο το θερμικό, όσο και το οπτικό περιβάλλον. Εάν χρησιμοποιηθούν ανοιχτόχρωμα υλικά και με μεγάλη ανακλαστικότητα, τότε αποφεύγεται η υπερθέρμανση αλλά αυξάνεται η πιθανότητα θάμβωσης, ενώ αντίθετα με σκουρόχρωμα υλικά προκύπτει υπερθέρμανση επιφανειών, αλλά μειώνεται η πιθανότητα θάμβωσης, οπότε πρέπει να γίνει η σωστή επιλογή στο χρώμα.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.1 ένα από τα καταλληλότερα υλικά επίστρωσης του εδάφους είναι το γρασίδι, το οποίο έχει ταυτόχρονα χαμηλό συντελεστή εκπομπής και χαμηλή ανακλαστικότητα στη ακτινοβολία του ήλιου. Έρευνα έχει δείξει πως για την Αθήνα τη θερινή περίοδο παρατηρήθηκε διαφορά στην επιφανειακή θερμοκρασία έως και ~35 °C μεταξύ ασφάλτου και γρασιδιού [23].

Ιδανικά υλικά εξωτερικών επιστρώσεων είναι τα ψυχρά. Ο όρος ψυχρά υλικά σημαίνει υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και με μικρή θερμοχωρητικότητα. Χαρακτηριστικά των ψυχρών υλικών είναι ότι εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει και έχουν σχετικά μικρό συντελεστή ανάκλασης.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να επιλέγεται σωστά το ψυχρό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και να δίνεται προσοχή, ώστε η χρήση αυτών να μην προκαλεί οπτική ή θερμική όχληση στα γύρω κτήρια. Ο σωστός συνδυασμός ψυχρών υλικών και φύτευσης οδηγεί στη δημιουργία ενός πολύ ευνοϊκού μικροκλίματος το καλοκαίρι. Τελικά όσο αφορά το σχεδιασμό των εξωτερικών χώρων δεν υπάρχουν αποκλειστικές λύσεις, καθώς κάθε διαφορετικός συνδυασμός προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση επηρεάζει άλλες παραμέτρους της οπτικής και θερμικής άνεσης.

Υλικό δαπέδου	Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία	Συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας
Ασφαλτος	0,05-0,26 (*)	0,95
Σχιστόπλακες	0,08-0,10	0,90
Κυβόλιθοι γρανίτη γκρι	0,27 (*)	
Μάρμαρο λευκό	0,53 (*)	
Πλάκες τσιμέντου γκρι	0,34 (*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό γκρι	0,38 (*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό (βοτσαλωτό) -με τεχνολογία ψυχρών υλικών	0,87-0,90	0,82-0,84
Προϊόντα τσιμέντου (κυβόλιθοι)- με τεχνολογία ψυχρών υλικών	0,10-0,35	0,90
Προϊόντα ξύλου-σανίδες	0,30-0,40	0,95
Κεραμικά πλακίδια, κόκκινα	0,21(*)	
Γρασίδι και βλάστηση	0,15-0,30	0,67-0,69
Χώμα –άμμος (στεγνό)	0,25-0,30	0,90
Νερό	0,10-0,47	0,96

Πίνακας 5.1 Ιδιότητες υλικών που χρησιμοποιούνται σε δαπεδοστρώσεις (οι τιμές με αστερίσκο προέρχονται από επιτόπιες μετρήσεις στη Θεσσαλονίκη) [23]

5.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης είναι εκείνα τα συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και ταυτόχρονα δεν χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα, αλλά αντίστοιχα βασίζονται στη φυσική ροή της θερμότητας. Είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται πλέον κατά κόρο σε καινούργια κτήρια, αφού αποτελούν βασικό κομμάτι του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και μετατροπή αυτής σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο συλλογής στο χώρο αποθήκευσης και στο χώρο που επρόκειτο να θερμανθεί.

Αναλυτικότερα η λειτουργία του παθητικού συστήματος έχει ως εξής: η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στον υαλοπίνακα του ανοίγματος και σε εκείνο το σημείο ένα ποσοστό της ακτινοβολίας ανακλάται ξανά προς το περιβάλλον, ένα ποσοστό διαπερνά τον υαλοπίνακα (αφορά την ορατή ακτινοβολία) και η υπόλοιπη ακτινοβολία απορροφάται από τον υαλοπίνακα όπου στη συνέχεια αυτός ακτινοβολεί ένα μέρος της ενέργειας που απορρόφησε ξανά προς το περιβάλλον και το υπόλοιπο προς τον εσωτερικό χώρο.

Το ορατό τμήμα της ακτινοβολίας που έχει διαπεράσει το τζάμι είναι μικρού μήκους κύματος και πέφτει πάνω στα δομικά στοιχεία του εσωτερικού χώρου αυξάνοντας τη θερμοκρασία τους έχοντας ως αποτέλεσμα αυτά μετά να εκπέμπουν ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (υπέρυθρη ακτινοβολία).

Όπως είναι γνωστό η υπέρυθη ακτινοβολία δεν μπορεί να διαπεράσει τον υαλοπίνακα, οπότε ζεσταίνει έτσι τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου. Ταυτόχρονα με όλα αυτά συμβαίνει και αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία ως επακόλουθο της θερμοχωρητικότητάς τους.

Οι κατηγορίες που χωρίζονται τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι οι εξής :

- Σύστημα άμεσου κέρδους (υαλοστάσιο με ανατολικό προσανατολισμό)
- Τοίχος θερμικής αποθήκευσης
- Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)
- Θερμοσιφωνικό πάνελ (αεροσυλλέκτης)
- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

5.2.1 Σύστημα άμεσου κέρδους

Το σύστημα άμεσου κέρδους είναι και το πιο συνηθισμένο και ουσιαστικά πρόκειται για την δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από τα ανοίγματα των κτηρίων. Έτσι πλέον το ίδιο το κτήριο αποτελεί το συλλέκτη, την αποθήκη και το διανομέα θερμότητας ταυτόχρονα. Τα δομικά υλικά κατασκευής θα πρέπει να έχουν αρκετή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, προκειμένου να μεγιστοποιούνται οι θερμικές απολαβές από τον ήλιο.

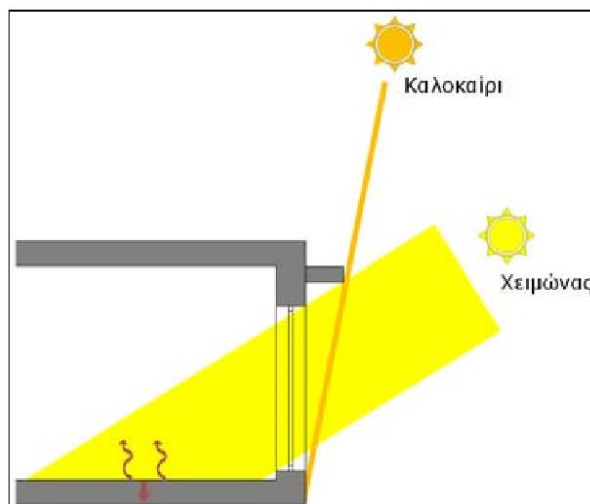
Ανάλογα με τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν η αποθηκευμένη θερμότητα μπορεί να αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με μια χρονική καθυστέρηση ώστε για παράδειγμα η θερμότητα που αποθηκεύτηκε ένα μεσημέρι του χειμώνα να αποδοθεί τη νύχτα στον εσωτερικό χώρο, ώστε να συμβάλλει στη μείωση της ανάγκης για θέρμανση. Επιπλέον τους θερινούς μήνες κατά τη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύεται θερμότητα στα δομικά στοιχεία του κτηρίου και τη νύχτα με τη βοήθεια του νυκτερινού αερισμού αποφορτίζεται από αυτά. Πολύ προσοχή πρέπει να δοθεί κατά το σχεδιασμό. Μεγάλα ανοίγματα αυξάνουν τον κίνδυνο θάμβωσης και μείωση της ιδιωτικότητας.

- **Κριτήρια σχεδιασμού του ανοίγματος [21]**

Αρχικά θα πρέπει να γίνει σχεδιασμός (προσανατολισμός και ηλιοπροστασία ανοίγματος) ώστε να εισέρχεται στο κτήριο η ακτινοβολία το χειμώνα και να αποτρέπεται το καλοκαίρι. Τα νότια ανοίγματα με απόκλιση μέχρι 30° δέχονται περίπου το 90% της ημερήσιας ακτινοβολίας επομένως χρειάζεται σωστή ηλιοπροστασία για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση το καλοκαίρι. Στα ανοίγματα των υπόλοιπων προσανατολισμών, παρόλο που έχουν μικρή συμβολή στη θέρμανση του εσωτερικού χώρου, χρειάζεται η τοποθέτηση ηλιοπροστασίας για τον έλεγχο των θερμικών κερδών το καλοκαίρι.

Επιπλέον στο σχεδιασμό μπορούν να συμπεριληφθούν ανακλαστήρες, οι οποίοι τοποθετούνται εξωτερικά του κτηρίου και αυξάνουν την ακτινοβολία που φθάνει στο άνοιγμα έως και 40%. Ανακλαστικές επιφάνειες-επιστρώσεις μπορούν να τοποθετηθούν και εσωτερικά του κτηρίου για τον έλεγχο της ακτινοβολίας πάνω στα δομικά στοιχεία, όπου σε αυτά θα γίνει η μετατροπή της ορατής ακτινοβολίας σε υπέρυθη καθώς και η αποθήκευση αυτής. Όσο αφορά την κατανομή των ανοιγμάτων ρυθμίζεται έτσι ώστε να διανέμεται η θερμότητα σε όλο τον εσωτερικό χώρο και να προκύπτει συμμετρικός φυσικός φωτισμός (θα εξετασθεί ο φυσικός φωτισμός παρακάτω).

Το υλικό του υαλοπίνακα (πλαίσιο και τζάμι) θα πρέπει να εμφανίζει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ενώ για την ακόμα καλύτερη λειτουργία και απόδοση του συστήματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται κινητή μόνωση για τη νύχτα, ειδικά όταν πρόκειται για μεγάλο εμβαδό ανοίγματος. Ακόμα και τα κλασικά ρολά προσφέρουν μείωση στις νυκτερινές απώλειες έως και 30% και οι κουρτίνες 5%. Τελικά με το σωστό σχεδιασμό των ανοιγμάτων μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση από 30% έως 100%.



Σχήμα 5.3 Η αρχή λειτουργίας ενός ηλιακού συστήματος άμεσου κέρδους [21]

- **Κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη [21]**

Ένας γενικός κανόνας για το σχεδιασμό της αποθήκης θερμότητας είναι πως χρειάζεται τετραπλάσια θερμική μάζα για να αποθηκεύσει την ίδια ποσότητα θερμότητας, εάν αυτή θερμαίνεται μέσω του αέρα και όχι απευθείας από τον ήλιο. Το δάπεδο ξεχωρίζει όταν πρόκειται για θερμική αποθήκευση, διότι δέχεται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, όμως όταν καλύπτεται με χαλιά ή άλλα έπιπλα παρεμποδίζεται η σωστή μετάδοση και αποθήκευση της θερμότητας.

Όσο αφορά τα υλικά κατασκευής των δομικών στοιχείων τα οποία θα λειτουργούν σαν θερμική αποθήκη θα πρέπει να έχουν υψηλή τιμή θερμοχωρητικότητας, ενώ όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του δομικού στοιχείου, τόσο μικρότερες διακυμάνσεις θα έχει η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου. Το σκυρόδεμα έχει την καλύτερη απόδοση σαν υλικό όταν πρόκειται για παθητικά συστήματα, αλλά το νερό έχει τη βέλτιστη συμπεριφορά.

Τέλος το μέγεθος της επιφάνειας των δομικών στοιχείων καθώς και το πάχος της θερμικής αποθήκης παίζουν σημαντικό ρόλο. Σημειώνεται εδώ πως μόνο τα πρώτα 10 εκατοστά πάχους της θερμικής αποθήκης παίζουν ρόλο στη θερμική αποθήκευση κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά το πάχος έτσι και αλλιώς προσφέρει σταθερότητα στη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου. Γενικότερα προτιμάται η θερμική μάζα να διανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια και όχι σε μεγάλο πάχος.

5.2.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ουσιαστικά ο συνδυασμός τοίχου και υαλοπίνακα σε μια κατασκευή, η οποία ουσιαστικά είναι μέρος του κτηριακού κελύφους. Χρησιμοποιείται αρκετά συχνά κυρίως σε χώρες με ψυχρό κλίμα, διότι είναι αποτελεσματική κατασκευή για τη μείωση αναγκών θέρμανσης. Η κατασκευή έχει ως εξής: υπάρχει κανονικά ένα άνοιγμα με υαλοπίνακα όπως και στο σύστημα άμεσου κέρδους μόνο που σε αυτήν την περίπτωση ακριβώς πίσω από τον υαλοπίνακα (με

ένα μικρό διάκενο ~ 5-10 εκατοστών) βρίσκεται ένα δομικό στοιχείο με κατάλληλη θερμοχωρητικότητα. Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το γυαλί και προσπίπτει επάνω στον τοίχο προσδίδοντάς του έτσι θερμική ενέργεια την οποία αυτός αποθηκεύει λόγω της θερμοχωρητικότητάς του. Στη συνέχεια ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος η αποθηκευμένη θερμότητα μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο με αγωγιμότητα, μεταφορά ή και ακτινοβολία. Αναλόγως της κατασκευής ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης διακρίνεται σε:

- Ηλιακό τοίχο μη θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού)
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe-Michelle)

Το διάκενο αέρος προσφέρει επιπλέον μόνωση μεταξύ του τοίχου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Όσο μεγαλύτερη απορροφητικότητα εμφανίζει η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, τόσο περισσότερη θερμότητα θα απορροφά και για αυτό συνήθως είναι βαμμένη με μαύρο χρώμα. Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι κατασκευασμένος είτε από κλασσικά υλικά τοιχοποιίας, όπως μπετό, τσιμεντόλιθους, πέτρα και άλλα, είτε από δοχεία κατασκευασμένα από πλαστικό, μέταλλο ή μπετό, τα οποία περιέχουν νερό.

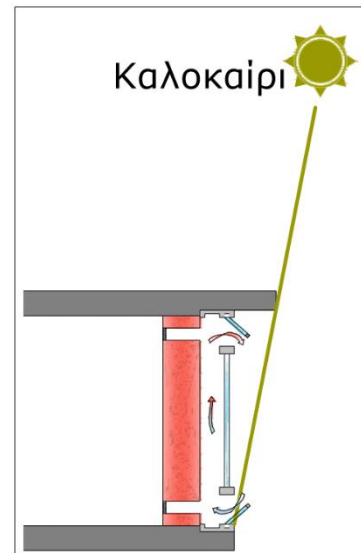
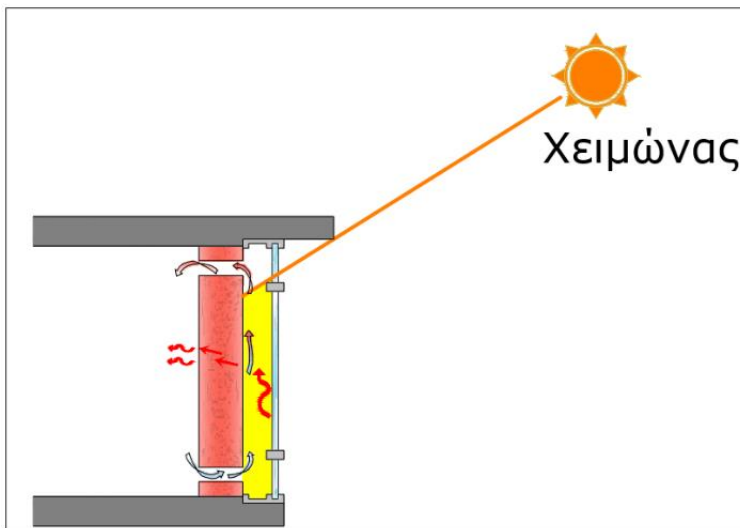
Για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος προτείνεται το βάθος του θερμαινόμενου χώρου να μην ξεπερνάει 4,5 με 6 μέτρα ώστε να είναι αποτελεσματική η θέρμανση του χώρου [21]. Η διαφορά μεταξύ του απλού ηλιακού τοίχου και του τοίχου Trombe-Michelle είναι ότι στο δεύτερο υπάρχουν θυρίδες στο πάνω και στο κάτω μέρος του τοίχου, ώστε ο θερμός αέρας που δημιουργείται στο διάκενο μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου (ο οποίος είναι ελαφρύς και κινείται προς τα πάνω) να πηγαίνει από τις πάνω θυρίδες στον εσωτερικό χώρο και από τις κάτω να μπαίνει ταυτόχρονα κρύος αέρας από τον εσωτερικό χώρο.

Έτσι ο εσωτερικός χώρος εκτός από την ακτινοβολία του τοίχου και την αγωγιμότητα θερμαίνεται και μέσω μεταφοράς σε αυτήν την περίπτωση. Αντίθετα στον απλό ηλιακό τοίχο ο χώρος θερμαίνεται από την ακτινοβολία του τοίχου και από αγωγιμότητα. Κατά τη νύχτα τον χειμώνα οι θυρίδες πρέπει να κλείνουν προκειμένου να εμποδίζεται η αντίστροφη λειτουργία άρα και οι απώλειες θερμότητας.

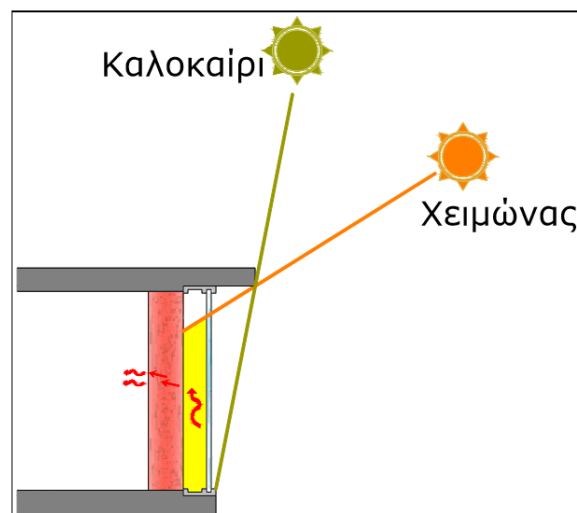
Το βασικό πλεονέκτημα του τοίχου Trombe-Michelle έναντι του απλού ηλιακού τοίχου είναι η επιπλέον πρόσδοση θερμότητας και η άμεση παραγωγή θερμού αέρα κατά την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτόν, καθώς και η συνέχιση αυτής μέχρι και 3 ώρες μετά το σκιασμό [21]. Χρειάζεται οπωσδήποτε ηλιοπροστασία του ανοίγματος για την αποφυγή της υπερθέρμανσης κατά τους θερινούς μήνες. Επιπλέον σε συνδυασμό με την ηλιοπροστασία πρέπει να έχουν προβλεφθεί ανοιγόμενα τμήματα του υαλοστασίου (π.χ. φεγγίτες), ώστε το καλοκαίρι να υπάρχει αερισμός και αποβολή της συλλεγόμενης θερμότητας. Στην περίπτωση που υπάρχουν θυρίδες το καλοκαίρι παραμένουν κλειστές.

Όσον αφορά την κατασκευή του τοίχου θερμικής αποθήκευσης το πάχος του τοίχου παίζει καθοριστικό ρόλο, ιδίως στην περίπτωση που δεν υπάρχουν θυρίδες. Όσο αυξάνει το πάχος του τοίχου, η χρήση θυρίδων γίνεται επιτακτική, ενώ ταυτόχρονα με το πάχος αυξάνει και η σταθερότητα της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η χρήση διπλού υαλοπίνακα μειώνει αρκετά τις θερμικές απώλειες, ενώ στην περίπτωση ψυχρών κλιμάτων είναι επιτακτική η χρήση κινητής μόνωσης για το άνοιγμα την νύχτα.

Ειδικά για την περίπτωση του τοίχου Trombe-Michelle υπάρχει η δυνατότητα φυσικού αερισμού απλά ανοίγοντας έναν φεγγίτη στο υαλοστάσιο του ανοίγματος (εφόσον υπάρχει) και ένα παράθυρο από τη βορινή μεριά του κτηρίου και τις κάτω θυρίδες του τοίχου. Έτσι ο ζεστός αέρας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα ανεβαίνει προς τα πάνω και εξέρχεται από το φεγγίτη στο περιβάλλον και αναγκαστικά εισέρχεται καινούργιος αέρας από την κάτω θυρίδα του τοίχου και έτσι υπάρχει βεβαιασμένη ροή αέρα (φαινόμενο καμινάδας).



Σχήμα 5.4 Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (Τοίχος Trombe-Michelle) [21]



Σχήμα 5.5 Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης [21]

5.2.3 Ηλιακός χώρος

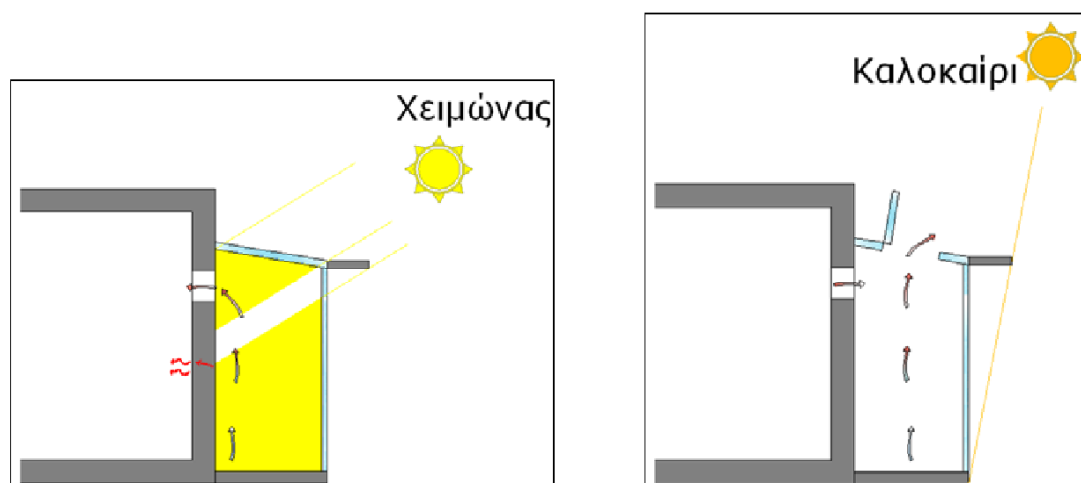
Ο ηλιακός χώρος ή αλλιώς θερμοκήπιο είναι μια γυάλινη κατασκευή με μεγάλα υαλοστάσια, η οποία προσαρτάται στο κέλυφος του κτηρίου και είναι μη θερμαινόμενη με νότιο προσανατολισμό, η οποία θερμαίνεται όταν υπάρχει ήλιος (φαινόμενο του θερμοκηπίου) και δίνει θερμότητα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου. Το θερμοκήπιο μπορεί είτε απλά να προσαρτηθεί εξωτερικά στο κτηριακό περίβλημα, είτε να μπει εσωτερικά στο κέντρο του κτηρίου και να φωτίζεται κανονικά από πάνω, είτε να ενσωματωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους με το κτήριο και ένα υαλοστάσιο στο νότο.

Η βασική λειτουργία του ηλιακού χώρου έχει ως εξής: η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στο γυάλινο περίβλημα του, ένα μέρος αυτής διαπερνά το γυαλί και προσπίπτει έτσι η χαμηλού μήκους κύματος ακτινοβολία στα εσωτερικά σημεία (δάπεδο) του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να τους αυξάνει τη θερμοκρασία και αυτά με τη σειρά τους να ακτινοβολούν υπέρυθρη ακτινοβολία. Έτσι θερμαίνεται ο αέρας που υπάρχει εγκλωβισμένος μέσα στο θερμοκήπιο, ο οποίος είτε με φυσική ροή διαμέσου θυρίδων στο πάνω και κάτω μέρος του διαχωριστικού τοίχου, είτε με εξαναγκασμένη ροή (χρήση ανεμιστήρων) φτάνει τελικά στον εσωτερικό χώρο για να το ζεστάνει.

Επιπλέον ο διαχωριστικός τοίχος θερμαίνεται και αυτός, εφόσον η φωτεινή ακτινοβολία προσπίπτει και σε αυτόν, επομένως μπορεί να λειτουργεί σαν ηλιακός τοίχος και προσδίδει επιπλέον θερμότητα σύμφωνα με όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τον ηλιακό τοίχο. Μπορεί να θεωρηθεί πως ηλιακός χώρος είναι ένας συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και ηλιακού τοίχου. Αξίζει να σημειωθεί εδώ πως όλα τα ηλιακά παθητικά συστήματα θέρμανσης που έχουν εξετασθεί παραπάνω βασίζονται ακριβώς στην ίδια αρχή λειτουργίας, απλά υπάρχουν διαφορές πάνω στην εφαρμογή της κάθε τεχνολογίας.

Σημαντικό πλεονέκτημα του θερμοκηπίου είναι επίσης η λειτουργία του σαν μόνωση, αφού σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας έχει υψηλότερη θερμοκρασία από αυτή του περιβάλλοντος. Σε πολύ ψυχρά κλίματα είναι απαραίτητη η χρήση κινητής μόνωσης για το διαχωριστικό τοίχο, καθώς σε κάποιες περιπτώσεις τη νύχτα μπορεί να αυξηθούν οι θερμικές απώλειες λόγω του θερμοκηπίου (πέφτει πολύ χαμηλά η θερμοκρασία του θερμοκηπίου και ο διαχωριστικός τοίχος εξυπακούεται ότι δεν είναι μονωμένος).

Για τη σωστή λειτουργία του θερμοκηπίου πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του, η οποία μπορεί να προκύψει ακόμα και τη χειμερινή περίοδο λόγω της μεγάλης έκτασης των υαλοστασίων. Ειδικά για τη θερινή περίοδο χρειάζεται απαραίτητα ηλιοπροστασία καθώς επίσης να έχει γίνει πρόβλεψη για να αποσπώνται κάποια κομμάτια του για αερισμό.



Σχήμα 5.6 Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια [21]

5.2.4 Θερμοσιφωνικό πανέλο

Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι ουσιαστικά ένας ηλιακός συλλέκτης, ο οποίος ζεσταίνει αέρα. Το πανέλο αυτό δε διαθέτει θερμική μάζα και προσαρτάται στο κέλυφος του κτηρίου είτε υπό κλίση, είτε κατακόρυφα όπου στην πρώτη περίπτωση καταλαμβάνει αρκετό χώρο, ενώ στη δεύτερη προσαρμόζεται όμορφα στο κέλυφος. Η κατασκευή του περιλαμβάνει μια μεταλλική επιφάνεια μαύρου χρώματος και ένα υαλοπίνακα τοποθετημένο σε απόσταση περίπου 2-5 εκατοστά [21].

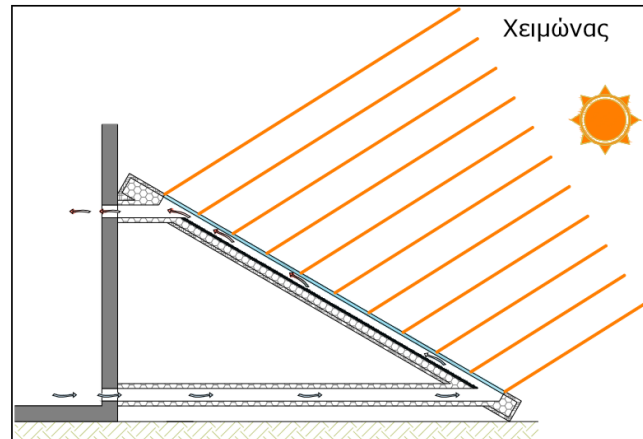
Προκειμένου να επικοινωνεί με τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου στο πάνω και κάτω μέρος του υπάρχουν θυρίδες, οι οποίες είναι ρυθμιζόμενες (σχήμα 5.7) και τοποθετούνται σε όλο το μήκος του πανέλου (20-30 εκατοστά). Όλη η κατασκευή είναι μονωμένη και επειδή έτσι είναι θερμικά απομονωμένη από το κτήριο, εντάσσεται στα συστήματα απομονωμένου κέρδους.

Επιπλέον η απόδοση του πανέλου μεγιστοποιείται με τη χρήση διπλού υαλοπίνακα, ειδικά σε περιοχές με ψυχρά κλίματα [21].

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού, δηλαδή ο αέρας που υπάρχει μέσα στο πανέλο θερμαίνεται και γίνεται ελαφρύτερος, με αποτέλεσμα να εξέρχεται από τις επάνω θυρίδες του πανέλου και να εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Ταυτόχρονα από τις κάτω θυρίδες εισέρχεται κρύος αέρας, ο οποίος με τη σειρά του θερμαίνεται και επαναλαμβάνεται συνεχώς αυτός ο κύκλος.

Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι κατάλληλο για χώρους που χρειάζονται άμεσα θέρμανση, όπως χώρους γραφείων ή σχολεία. Κατά τη θερινή περίοδο οι θυρίδες πρέπει να είναι κλειστές και το πανέλο να σκιάζεται, ενώ επιπλέον οι θυρίδες πρέπει να είναι κλειστές και τις χειμωνιάτικες νύχτες, προκειμένου να αποφευχθεί η θέρμανση του πανέλου κατά τη νύχτα (αντίστροφη λειτουργία από την προκαθορισμένη).

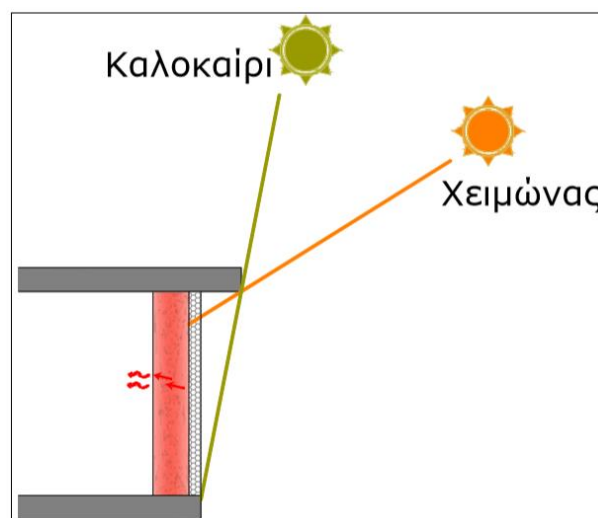
Σαν τεχνολογία το πανέλο εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συστήματα άμεσου κέρδους, όπως το ότι αποδίδει θερμότητα άμεσα, αποφεύγεται ο κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα με υαλοπίνακες (χαρακτηριστικό συστημάτων άμεσου κέρδους), καθώς και η υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο και οι αυξημένες θερμικές απώλειες τη νύχτα. Η κατασκευή και η λειτουργία του έχει πολλά κοινά με το θερμικό τοίχο και τον ηλιακό χώρο.



Σχήμα 5.7 Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου [21]

5.2.5 Τοιχοποιία με διάφανη μόνωση

Πρόκειται για ένα ηλιακό τοίχο χωρίς θυρίδες, όμως αντί για τζάμι εξωτερικά τοποθετείται διαφανής μόνωση. Το αποτέλεσμα είναι ακριβώς το ίδιο με τον ηλιακό τοίχο μόνο που σε αυτήν την περίπτωση προκύπτουν μεγαλύτερες θερμικές απολαβές. Στον ηλιακό τοίχο ο υαλοπίνακας από τη μια έχει μεγάλη διαπερατότητα από το φως όμως, από την άλλη έχει πολλές θερμικές απώλειες, ενώ αντίθετα η διαφανής μόνωση είναι λιγότερο διαφανής, αλλά με μειωμένες θερμικές απώλειες. Βασικό πλεονέκτημα σε σχέση με τον απλό ηλιακό τοίχο είναι πως τη νύχτα δεν χρειάζεται η τοποθέτηση της κινητής μόνωσης για τη μείωση των απωλειών.



Σχήμα 5.8 Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση [21]

5.3 Φυσικός δροσισμός

Κατά τους θερινούς μήνες όπου κυριαρχούν υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και η ηλιακή ακτινοβολία είναι ισχυρή, σημαντικότατο ρόλο παίζει ο φυσικός δροσισμός, ο οποίος αποτρέπει με διάφορους τρόπους, όπως θα παρουσιασθεί παρακάτω, την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τους εκπεμπόμενους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα και φροντίζοντας ταυτόχρονα για τη διατήρηση της θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους. Με τη βοήθεια του φυσικού δροσισμού μειώνονται επίσης οι εκπομπές χλωροφθορανθράκων, αφού μειώνονται και οι ανάγκες για κλιματισμό και κλιματιστικά γενικότερα.

Ο φυσικός δροσισμός λαμβάνει υπόψη αρχικά την ηλιοπροστασία του κτηρίου και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων και μετά την απομάκρυνση της περιττής θερμότητας. Τα αντικείμενα στα οποία δίνεται προσοχή κατά τη βιοκλιματική σχεδίαση, ώστε να προκύπτουν μειωμένες ανάγκες για ψύξη (φυσικός δροσισμός) είναι οι εξής:

- Ηλιοπροστασία
- Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών
- Επάρκεια θερμικής μάζας
- Θερμομόνωση
- Φυσικός αερισμός
- Νυχτερινή ακτινοβολία
- Διαμόρφωση μικροκλίματος

Σημειώνεται εδώ πως κάποια από τα παραπάνω αναφέρθηκαν και στην παράγραφο 5.1 «Περιβάλλον χώρος και μικροκλίμα», όμως αυτό είναι λογικό, αφού για παράδειγμα η δημιουργία μικροκλίματος βοηθάει στο φυσικό δροσισμό, αλλά αφορά ταυτόχρονα το σχεδιασμό του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου. Παρακάτω θα αναλυθούν ξεχωριστά όλες αυτές οι τεχνικές φυσικού δροσισμού.

5.3.1 Ηλιοπροστασία

Το καλοκαίρι όπου οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές και η ηλιακή ακτινοβολία έντονη, το κτήριο απορροφά πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας με κίνδυνο υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων. Για αυτό κρίνεται επιτακτική η σκίαση του κελύφους του κτηρίου και ειδικά των ανοιγμάτων του. Στην Ελλάδα είναι απαραίτητη η σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ το Μάιο, το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο χρειάζεται μόνο κατά τις μεσημεριανές ώρες.

Επομένως ο σωστός σχεδιασμός της σκίασης στοχεύει στην αποτελεσματική σκίαση το καλοκαίρι και ταυτόχρονα στο να μη μειώνονται τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα, ούτε να παρεμποδίζεται ο φυσικός φωτισμός.

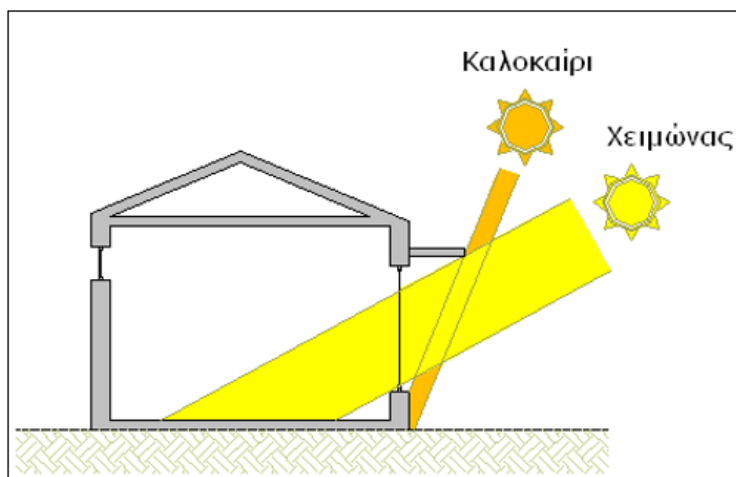
Ο ολικός σκιασμός του κτηρίου μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε χαμηλό κτήριο με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων σε σωστές θέσεις. Συνήθως στην πράξη συναντάται η μεμονωμένη σκίαση των ανοιγμάτων. Πρέπει η σκίαση στα ανοίγματα να είναι εξωτερική (πετάσματα, περσίδες και άλλα), διότι η εσωτερική σκίαση (χρήση κουρτινών ή περσίδων) απαλλάσσει το χώρο από τον κίνδυνο θάμβωσης, αλλά δεν προστατεύει από την υπερθέρμανση.

Για ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό τα καταλληλότερα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, διότι τους καλοκαιρινούς μήνες που το ύψος του ηλίου είναι μεγάλο παρέχεται σκίαση, ενώ το χειμώνα λόγω του χαμηλού ύψους του ήλιου οι ακτίνες εισβάλλουν στο χώρο (σχήμα 5.9).

Όπως γίνεται αντιληπτό το μήκος του οριζόντιου σκιάστρου πρέπει να υπολογισθεί και είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή λειτουργία του συστήματος σκίασης. Για τα ανοίγματα στην ανατολή και τη δύση συνήθως προτιμώνται κατακόρυφες ρυθμιζόμενες σκιάσεις (π.χ. ρολά), διότι αυτά χρειάζονται σκίαση μόνο κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου. Για τα αντίστοιχα ανοίγματα που βρίσκονται σε νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό, πρέπει να γίνεται ένας συνδυασμός κατακόρυφων και οριζόντιων περσίδων με τη μορφή εσχάρας.

Άλλα κριτήρια που αφορούν στην κατασκευή των σκιάστρων, όπως για παράδειγμα το υλικό κατασκευής τους, θα πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά. Το υλικό κατασκευής θα πρέπει να μην έχει πολύ μεγάλη θερμοχωρητικότητα, διότι θα αποθηκεύει θερμότητα, την οποία θα ακτινοβολήσει αργότερα αυξάνοντας τη θερμοκρασία του γύρω χώρου.

Η επιλογή του σωστού σκιάστρου κρίνεται με βάση αρκετούς παράγοντες, κάποιοι από τους οποίους είναι το κόστος, η εξωτερική εμφάνιση, καθώς και η χρήση του κτηρίου. Η βέλτιστη επιλογή είναι η κινητή σκίαση, διότι προσαρμόζεται εύκολα στις εκάστοτε συνθήκες και έτσι μεγιστοποιούνται τόσο η μείωση των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι, όσο και η μεγιστοποίηση αυτών το χειμώνα.



Σχήμα 5.9 Σκίαση νότιου ανοίγματος με οριζόντιο σκίαστρο [21]

5.3.2 Χρώμα και υφή εξωτερικών χώρων

Εξίσου σημαντική τεχνική για τη μείωση των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι είναι η κατάλληλη επιλογή των υλικών επίστρωσης και των χρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στις εξωτερικές επιφάνειες. Ένα σκούρο δώμα μπορεί να παρουσιάζει θερμοκρασία έως και 32 °C μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος, ενώ αντίστοιχα δώμα βαμμένο με ασβέστη παρουσιάζει 1°C μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτήν του περιβάλλοντος [21]. Γενικά όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 5.1 του κεφαλαίου αυτού συνιστάται η χρήση ανοιχτών χρωμάτων και γενικά ψυχρών υλικών ή η επίστρωση με ανακλαστικές επιφάνειες.

5.3.3 Επάρκεια θερμικής μάζας

Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων της κατασκευής, τόσο περισσότερη θερμότητα απορροφούν αυτά κατά τη διάρκεια μιας ζεστής ημέρας βοηθώντας έτσι στη διατήρηση της θερμοκρασιακής ισορροπίας στους εσωτερικούς χώρους. Έπειτα κατά τις νυχτερινές ώρες με τη βοήθεια του αερισμού τα δομικά στοιχεία αποφορτίζονται θερμικά και πλέον είναι ξανά έτοιμα να απορροφήσουν θερμότητα μέσα στην επόμενη ημέρα. Αυτή η τεχνική παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη μείωση των θερμικών φορτίων, παρόλα αυτά πολλές είναι οι περιπτώσεις νεόκτιστων κτηρίων στην Ελλάδα (κυρίως κατοικιών), κατασκευασμένων με δομικά υλικά μικρής θερμοχωρητικότητας (σιδερένιο με τοίχους από γυψοσανίδα).

Οι υπόσκαφες κατασκευές αποτελούν σωστό παράδειγμα (αν και λίγο ακραίο) για να γίνει κατανοητή η σημαντικότητα της θερμοχωρητικότητας. Το έδαφος γύρω από μια υπόσκαφη κατασκευή έχει πάρα πολύ μεγάλη τιμή θερμοχωρητικότητας, με αποτέλεσμα ακόμα και το μήνα Αύγουστο, να μην παρατηρούνται εσωτερικές θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 26°C και οι μόνες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας να είναι εποχιακές.

5.3.4 Θερμομόνωση

Η εφαρμογή θερμομόνωσης δεν είναι χρήσιμη μονάχα το χειμώνα, αλλά αντιθέτως έχει πολύ μεγάλο έργο και τη θερινή περίοδο. Όταν υπάρχει μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, τότε δημιουργείται ροή θερμότητας προς τον εσωτερικό χώρο. Μια σωστά μελετημένη θερμομόνωση μειώνει σε σημαντικό βαθμό τη ροή. Είναι σημαντικό η μόνωση να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων, ώστε το κέλυφος του κτηρίου να είναι προστατευμένο από τη θερμότητα και να μην απορροφά μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας κατά την θερινή περίοδο. Η εξωτερική μόνωση λειτουργεί ικανοποιητικά και το χειμώνα. Με την εξωτερική μόνωση προστατεύεται επίσης το κέλυφος του κτηρίου από τα φυσικά φαινόμενα και τη φθορά.

5.3.5 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την ποιότητα του αέρα αυτών και την υγεία των ατόμων που περνούν τις ώρες τους σε αυτούς. Με τη βοήθεια του φυσικού αερισμού, μειώνεται η θερμοκρασία του χώρου και έτσι διευκολύνεται και η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του αέρα, βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο και τα επίπεδα θερμικής άνεσης.

Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτήριο εξαρτάται κυρίως από τη διεύθυνση κατά την οποία πνέουν οι άνεμοι στην περιοχή και το τι κατασκευαστικές ρυθμίσεις διαθέτει το κτήριο. Υπάρχουν πολλές τεχνικές με τις οποίες μπορεί να δημιουργηθεί φυσική ροή αέρος εσωτερικά του κτηρίου, όπως θα παρουσιασθεί παρακάτω. Εξωτερικά του κτηρίου, ο άνεμος μπορεί να ελεγχθεί με την κατάλληλη φύτευση βλάστησης και να οδηγηθεί στα ανοίγματα του κτηρίου. Σε περιοχές με πολύ υψηλή θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος πρέπει να αποφεύγεται εντελώς ο ημερήσιος αερισμός και να μεγιστοποιείται κατά το περισσότερο δυνατόν ο νυχτερινός. Επίσης τονίζεται πως ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη λειτουργία του κτηρίου (π.χ. σχολείο, δημόσιο κτήριο ή κτήριο γραφείων και άλλα). Χρήσιμο είναι να εξετασθούν εδώ μία μία όλες οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις που συμβάλλουν στη δημιουργία φυσικής ροής του αέρα εσωτερικά του κτηρίου.

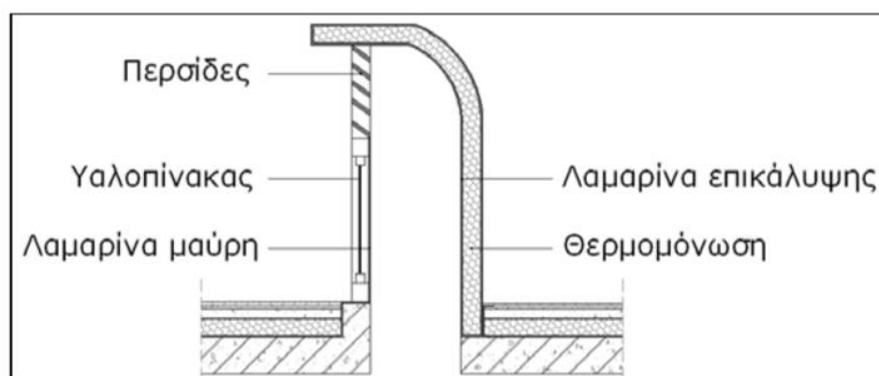
5.3.5.1 Η ηλιακή καμινάδα

Η ηλιακή καμινάδα είναι ίσως και η βασικότερη τεχνολογία και αυτή που συναντάται συχνότερα στην πράξη, διότι είναι πολύ αποτελεσματική στη δημιουργία ροής αέρα και την απαγωγή της θερμότητας από το χώρο. Η κατασκευή της είναι αρκετά απλή. Πρόκειται για μια «καμινάδα», η οποία στη μία από τις τέσσερις πλευρές της έχει τζάμι, ώστε να εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία και πάνω πάνω υπάρχουν θυρίδες για τον έλεγχο της ροής αέρα.

Όπως εισέρχεται το φως κατά τη διάρκεια της ημέρας, χτυπά στην εσωτερική της πλευρά, η οποία είναι μαύρου χρώματος και απορροφά θερμότητα ακτινοβολώντας ξανά εντός της καμινάδας θερμαίνοντας έτσι τον αέρα που υπάρχει εκεί. Με βάση το φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού, ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και εξέρχεται της καμινάδας, ενώ ταυτόχρονα εισέρχεται νέος αέρας από την κάτω μεριά αυτής, ο οποίος προέρχεται από το εσωτερικό του κτηρίου. Έτσι δημιουργείται ροή αέρος, η οποία όπως ήδη αναφέρθηκε είναι άκρως ευεργετική. Η μεγαλύτερη απόδοση της ηλιακής καμινάδας παρατηρείται για νότιο προσανατολισμό.

Αντίστοιχα για νυχτερινό αερισμό η ηλιακή καμινάδα θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Η λειτουργία της σε αυτήν την περίπτωση είναι λίγο διαφορετική, δηλαδή οι θυρίδες όλη τη διάρκεια της ημέρας παραμένουν κλειστές και έτσι αποθηκεύεται θερμότητα

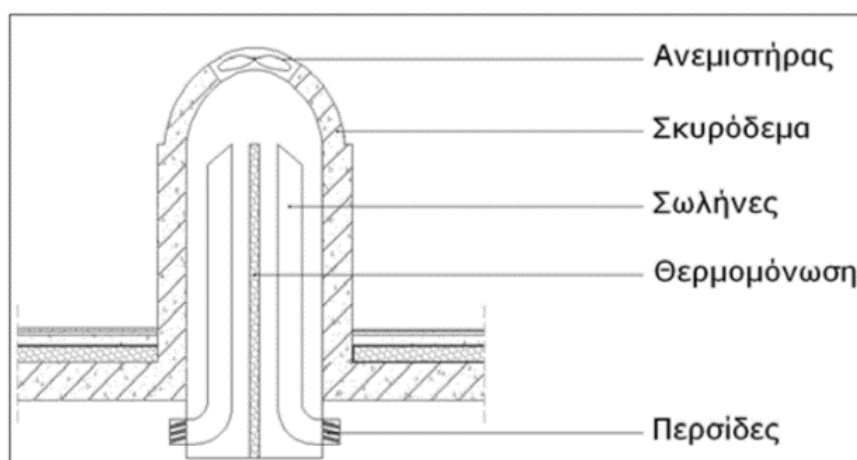
στην ίδια την καμινάδα. Μόλις πέσει η νύχτα ανοίγουν οι θυρίδες και ο αέρας θερμαίνεται από τη θερμότητα που είχε αποθηκεύσει κατά τη διάρκεια της ημέρας η καμινάδα. Ως αποτέλεσμα προκύπτει ροή αέρα τη νύχτα με απουσία του ηλίου.



Σχήμα 5.10 Τομή ηλιακής καμινάδας [21]

5.3.5.2 Η καμινάδα αερισμού

Η καμινάδα αερισμού έχει ακριβώς τον ίδιο στόχο με την ηλιακή καμινάδα αερισμού, όμως αυτό που αλλάζει εδώ είναι ότι η ροή του αέρα δημιουργείται εξαναγκασμένα από ανεμιστήρα και όχι από κάποιο φυσικό φαινόμενο.



Σχήμα 5.11 Καμινάδα αερισμού [21]

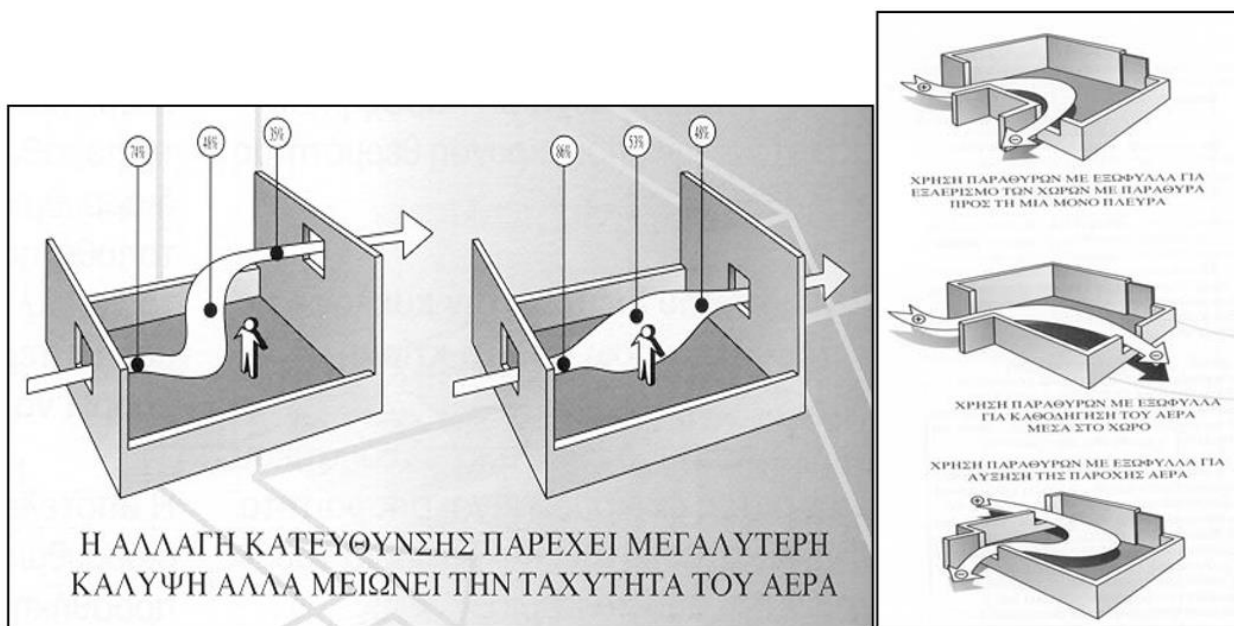
5.3.5.3 Αεριζόμενο κέλυφος

Όπως γίνεται αντιληπτό και από τον όρο, πρόκειται για διπλό κέλυφος με κάποιο κενό ανάμεσα ώστε να περνάει ο εξωτερικός αέρας και να απάγει θερμότητα. Στο τελικό σημείο (εκεί που εξέρχεται ο ζεστός αέρας) και στο αρχικό σημείο (εκεί που εισέρχεται ο δροσερός αέρας) υπάρχουν θυρίδες για τον έλεγχο της ροής του αέρα, είτε αυτό αφορά την ταράτσα, είτε τους εξωτερικούς τοίχους. Ειδικά μεγάλη είναι η σημασία του κατά τους θερινούς μήνες όπου λόγω της ύπαρξης του μειώνεται η θερμική επιβάρυνση της πλάκας και των δομικών στοιχείων γενικότερα, αλλά και κατά τους χειμερινούς μήνες, αφού αποτελεί πολύ καλή θερμομόνωση.

Ειδικά για γυάλινες κατασκευές η αντίστοιχη κατασκευή με δύο υαλοπίνακες και κενό ανάμεσα, ώστε να διέρχεται αέρας λέγεται τεχνική διπλής επιδερμίδας. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συνήθως σε μεγαλύτερης κλίμακας κτήρια και όχι σε μονοκατοικίες ή γενικότερα μικρές κατασκευές [21].

5.3.5.4 Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων

Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων σε συνδυασμό με τη διεύθυνση που πνέουν οι άνεμοι της περιοχής είναι καθοριστικής σημασίας για τη μεγιστοποίηση της ροής του αέρα διαμέσου των εσωτερικών χώρων. Κάποιοι βασικοί κανόνες για τη σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων είναι οι εξής: θα πρέπει να τοποθετούνται ανοίγματα σε περισσότερους από έναν προσανατολισμούς. Όταν η ροή του αέρα αλλάζει κατευθύνσεις μέσα στο χώρο, τότε ο δροσισμός είναι αποτελεσματικότερος. Τα ανοίγματα θα πρέπει να τοποθετούνται αντικριστά, προκειμένου να διευκολύνεται ο διαμετρικός αερισμός, ενώ επίσης δεν πρέπει τα δύο ανοίγματα που είναι τοποθετημένα αντικριστά να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, αλλά σε δυο διαφορετικά, ώστε να δροσίζεται κυρίως το επίπεδο ζώης.



Σχήμα 5.12 Παρουσίαση της ροής του αέρα σύμφωνα με τη διάταξη των ανοιγμάτων στον χώρο [21]

5.3.6 Νυχτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων και κυρίως το δώμα ακτινοβολούν προς τον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας και ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο. Μάλιστα όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός και η ατμόσφαιρα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία. Η θερμική μόνωση του δώματος όμως είναι προφανές πως μπορεί να εμποδίσει την αποδέσμευση της θερμότητας που έχει αποθηκευμένη μέσα του και για αυτόν το λόγο χρησιμοποιούνται κατασκευές που αξιοποιούν το φαινόμενο αυτό της νυχτερινής ακτινοβολίας, προκειμένου να αποδεσμεύσουν επιπλέον θερμότητα από το κτήριο.

5.3.6.1 Ο μεταλλικός ακτινοβολητής

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής είναι μια κατασκευή η οποία βελτιώνει την απομάκρυνση της περιττής θερμότητας με βασική αρχή λειτουργίας τη νυκτερινή ακτινοβολία. Είναι ουσιαστικά μια διπλή μεταλλική πλάκα με μεγάλη ανακλαστικότητα, η οποία τοποθετείται πάνω ακριβώς από το δώμα και κατά τις νυκτερινές ώρες ακτινοβολεί μεγάλα ποσά ενέργειας, με αποτέλεσμα να έχει σχετικά χαμηλή επιφανειακή θερμοκρασία. Ανάμεσα στις δυο μεταλλικές επιφάνειες υπάρχουν αυλάκια μέσα από τα οποία διοχετεύεται ο θερμός αέρας των εσωτερικών χώρων και ερχόμενος σε επαφή με την κρύα μεταλλική επιφάνεια ψύχεται και οδηγείται ξανά μέσα στο κτήριο. Όλο το σύστημα είναι μονωμένο θερμικά από την κάτω πλευρά. Το σύστημα αυτό λειτουργεί πολύ αποδοτικά σε περιοχές όπου το κλίμα είναι πάρα πολύ θερμό και ξηρό ταυτόχρονα [21].

5.3.6.2 Κινητή μόνωση

Όπως γίνεται αντιληπτό και από τον όρο, πρόκειται για μια μόνωση, η οποία τοποθετείται και αφαιρείται εύκολα με κάποιο μηχανισμό (ή και χειροκίνητα σε κάποιες περιπτώσεις), προκειμένου να βελτιστοποιείται η ροή θερμότητας ανάλογα με τις εκάστοτε θερμικές ανάγκες του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα κατά τη θερινή περίοδο η μόνωση μένει κλειστή κατά τη διάρκεια της ημέρας προστατεύοντας το κέλυφος από τη θερμότητα, ενώ το βράδυ παραμένει ανοικτή, ώστε να ακτινοβολεί ελεύθερα το δώμα προς τον ουράνιο θόλο. Αντίστοιχα τη χειμερινή περίοδο η μόνωση είναι ανοικτή κατά τη διάρκεια της ημέρας για τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών και κλειστή τη νύχτα για τη μείωση των θερμικών απωλειών [21].

5.3.6.3 Λευκή οροφή

Η πιο απλή μορφή προστασίας από τις ηλιακές ακτίνες είναι η άσπρη βαφή του δώματος (λευκό χρώμα ή και ασβέστης), η οποία απορροφά πολύ μικρή ποσότητα θερμότητας. Έτσι η θερμοκρασία της πλάκας παραμένει χαμηλή και ψύχεται ευκολότερα την νύχτα.

5.3.7 Διαμόρφωση μικροκλίματος

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η διάπλαση ενός σωστού μικροκλίματος είναι πολύ σημαντική. Η φύτευση δωματίων, η γενικότερη χρήση βλάστησης, καθώς και η χρήση νερού αποτελούν βασικές έννοιες για το σωστό σχεδιασμό του. Αρκετά διαδεδομένη είναι η φύτευση του δώματος, η οποία είναι άκρως ευεργετική τόσο για το ίδιο το κτήριο, όσο και για τη θερμική άνεση των ατόμων. Μια πράσινη στέγη βελτιώνει το μικροκλίμα τους θερινούς μήνες, εφόσον η βλάστηση απορροφά ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ ταυτόχρονα παράγεται οξυγόνο και φιλτράρεται η σκόνη.

Αρκεί μόνο να αναφερθεί πως η φύτευση στο δώμα μπορεί να ρίξει τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου κατά 3 -10 °C και σαν αποτέλεσμα προκύπτει μια συντριπτική μείωση των αναγκών κλιματισμού [21]. Επιπλέον η φύτευση παρέχει μηχανική και θερμική προστασία στην τσιμεντένια πλάκα του κτηρίου, ενώ ακόμα ελαττώνει τα επίπεδα θορύβου μειώνοντας έτσι και την ηχορύπανση. Πολλαπλά είναι τα οφέλη από μια ολόκληρη γειτονιά με φυτεμένα δώματα.



Εικόνα 5.1 Φυτεμένο δώμα

Η κατασκευή είναι λίγο περίπλοκη και αποτελείται από πολλά διαφορετικά στρώματα, τα οποία θα πρέπει να τοποθετούνται με τη σωστή σειρά. Κάτω κάτω τοποθετείται μόνωση και έπειτα μια ειδική μεμβράνη, η οποία παρέχει επιπλέον προστασία από το νερό και την υγρασία. Η τρίτη στρώση αποτελείται από ένα ειδικό δίχτυ, το οποίο εμποδίζει τις ρίζες των φυτών να διεισδύσουν στα κατώτερα στρώματα και να καταστρέψουν τη θερμομόνωση.

Το επόμενο στρώμα που τοποθετείται είναι ειδικά σχεδιασμένο για να συγκρατεί το νερό της βροχής ή το νερό άρδευσης το καλοκαίρι και μετά ένα ειδικό “ύφασμα”, το οποίο συγκρατεί το χώμα και όλα τα στερεά υλικά και επιτρέπει στο νερό να διέρχεται.

Τέλος τοποθετείται ένα στρώμα, το οποίο περιέχει συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Όλα αυτά τα στρώματα τελικά έχουν πάχος περίπου 10-20 cm [21].

Ακόμα μια τεχνική είναι η χρήση νερού. Όπως είναι γνωστό κατά τη διαδικασία εξάτμισης του νερού απορροφάται θερμότητα, οπότε δημιουργείται δροσισμός. Είναι κατάλληλη για ζεστά και ξηρά κλίματα. Σε σύγχρονες κατασκευές τοποθετούνται μικρές δεξαμενές με νερό σε συγκεκριμένες θέσεις, ώστε ο θερμός αέρας να διέρχεται πάνω από αυτές πριν εισέλθει στο κτήριο, με αποτέλεσμα ψυχρότερο αέρα διερχόμενο από τους εσωτερικούς χώρους. Χρήσιμο είναι να συνδυασθεί η χρήση δεξαμενών νερού με τη χρήση ηλιακής καμινάδας.

5.4 Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός αποτελεί ένα πολύ μεγάλο κομμάτι του βιοκλιματικού σχεδιασμού και συνεισφέρει αρκετά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού έχει σαν στόχο την παροχή της απαιτούμενης ποσότητας φωτός για την εκτέλεση των εκάστοτε εργασιών (ανάλογα τον τύπο κτηρίου), να συμβάλλει στη σωστή κατανομή του φωτός για να αποφεύγεται έτσι η θάμβωση και να εξασφαλίζεται η οπτική άνεση και τέλος να βοηθά στη θέρμανση των χώρων μεγιστοποιώντας τα ηλιακά κέρδη. Κατά τη διάρκεια της ημέρας επειδή η φωτεινότητα μεταβάλλεται συνεχώς δεν μπορεί να μετρηθεί με τους συνηθισμένους φωτομετρικούς όρους. Για αυτόν το λόγο κατά το σχεδιασμό χρησιμοποιείται ο συντελεστής φυσικού φωτός (DF ή daylight factor) ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$DF = E_1 / E_2$$

E_1 = ο φωτισμός σε συγκεκριμένο σημείο του εσωτερικού χώρου

E_2 = ο αντίστοιχος φωτισμός στην οριζόντια επιφάνεια στην ύπαιθρο

Άρα το αποτέλεσμα είναι ένας σταθερός σχεδόν όρος DF με τον οποίο δημιουργείται πλήρης εικόνα (μένει σταθερός αφού όταν μειώνεται ο εξωτερικός φωτισμός μειώνεται και ο εσωτερικός ανάλογα άρα το πηλίκο των δυο όρων είναι σταθερό) [21]. Ο σχεδιασμός των συστημάτων φυσικού φωτισμού λαμβάνει υπόψη αρκετούς παράγοντες μερικοί από τους οποίους είναι η περιοχή που βρίσκεται το κτήριο, καθώς και οι συνθήκες που επικρατούν εκεί, η χρήση του κτηρίου (π.χ. σχολείο, γραφείο, νοσοκομείο κ.α.), η διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου στον οποίο βρίσκεται καθώς και τα εξωτερικά εμπόδια που τυχόν υπάρχουν (π.χ. διπλανά κτήρια). Τα στάδια του σχεδιασμού έχουν ως εξής [21]:

- Σχεδιασμός κτηρίου, στον οποίο αποφασίζεται το σχήμα που θα έχει το κτήριο και ο προσανατολισμός του, καθώς επίσης τη διαμόρφωση των εξωτερικών και εσωτερικών χώρων. Αυτό το στάδιο λαμβάνει μέρος πριν την κατασκευή του κτιρίου, αφορά δηλαδή τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.
- Σχεδιασμός ανοιγμάτων (μέγεθος και ακριβής θέση). Αυτό το στάδιο λαμβάνει μέρος μετά την κατασκευή του κτηριακού σκαριού ή γενικά μπορεί να διαμορφωθεί και, αφού έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή, σε αντίθεση με το πρώτο στάδιο (π.χ. μετά από 5 χρόνια λειτουργίας μπορεί να αποφασιστεί να ανοιχτεί ένα καινούργιο άνοιγμα κάπου ή να κλείσει κάποιο άλλο, ενώ δεν μπορεί να αλλάξει το σχήμα του κτηρίου ή ο προσανατολισμός).
- Επιλογή των υαλοπινάκων καθώς και των συστημάτων ελέγχου της ακτινοβολίας. Το στάδιο αυτό συνήθως λαμβάνει χώρα πριν την ολοκλήρωση του κτηρίου (στο στάδιο που τοποθετούνται πόρτες παράθυρα), αλλά μπορεί επίσης να τροποποιηθεί ακόμη και μετά από χρόνια λειτουργίας του κτηρίου.

Παρακάτω θα αναλυθούν όλα τα προαναφερθέντα στάδια.

5.4.1 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και φυσικός φωτισμός

Κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτηρίου λαμβάνονται υπόψη αρκετές παράμετροι, οι οποίες θα συνεισφέρουν στο φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων αργότερα για όλη τη διάρκεια ζωής του. Αρχικά αποφασίζεται ο προσανατολισμός που θα έχει το κτήριο. Ο νότιος προσανατολισμός είναι και ο καλύτερος, διότι σε ετήσια βάση δέχεται και την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, άρα από αυτόν εισέρχεται και το περισσότερο φυσικό φως. Επομένως, μεγάλα ανοίγματα θα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό. Παρόλα αυτά πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στη σκίαση, διότι τους θερινούς μήνες μπορεί να υπάρξει πρόβλημα υπερθέρμανσης στα ανοίγματα νότιου προσανατολισμού.

Όσον αφορά το φωτισμό και τα ανοίγματα στο βορρά είναι αποτελεσματικά, όχι όμως όσο τα νότια ανοίγματα. Παρόλο που το φως στο βόρειο προσανατολισμό είναι μειωμένο, διότι δεν υπάρχει άμεση ακτινοβολία όπως στη νοτιά, αλλά διάχυτη μόνο, παρατηρείται μεγάλη σταθερότητα, καθώς επίσης και η καλύτερη κατανομή του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με όλους τους άλλους προσανατολισμούς. Επιπλέον δεν υπάρχει κίνδυνος για θάμβωση και έτσι το βορεινό φως είναι κατάλληλο για εκθέσεις, βιβλιοθήκες και άλλους χώρους, όπου απαιτείται σταθερό και ποιοτικά καταμεμημένο φως.

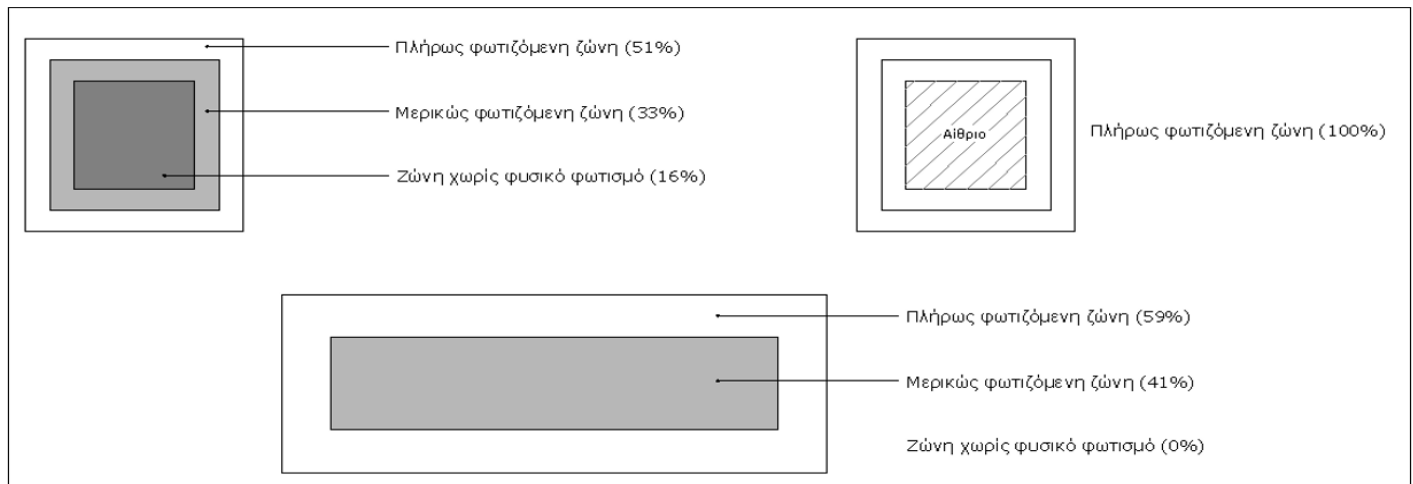
Ο ανατολικός και δυτικός προσανατολισμός αποτελούν τις χειρότερες επιλογές για το φυσικό φωτισμό, διότι έχουν μεγάλη αστάθεια στην ένταση τόσο ημερήσια, όσο και διεποχιακά, ενώ δημιουργούνται και άμεσα προβλήματα θάμβωσης. Στη συνέχεια αποφασίζεται το σχήμα του κτηρίου το οποίο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη σωστή κατανομή του φυσικού φωτός. Ακόμα και αν υπάρχουν δυο αντιδιαμετρικά ανοίγματα στο ίδιο δωμάτιο, θα υπάρχει μια πιο σκοτεινή περιοχή στο κέντρο του δωματίου, εάν το μήκος του είναι πολύ μεγάλο. Γενικά θεωρείται πως τα 13 μέτρα είναι το βέλτιστο μήκος για ένα χώρο με αντιδιαμετρικά ανοίγματα προκειμένου να φωτίζεται επαρκώς [21].

Η κάτοψη του κτηρίου θα πρέπει να είναι ορθογώνιου σχήματος ή εν πάσει περίπτωση τέτοιου σχήματος, ώστε κάθε χώρος να μην απέχει πολύ από τον εξωτερικό τοίχο και επομένως και κάποιο άνοιγμα. Για παράδειγμα σε κτήριο τετράγωνης διατομής το κέντρο του απέχει αρκετά από κάποιον εξωτερικό τοίχο και εκεί δημιουργείται κατά πάσα πιθανότητα σκοτεινή περιοχή. Στη συνέχεια δίνεται προσοχή στη διάταξη των εσωτερικών χώρων και στη χρήση κατασκευών που βοηθούν στο φυσικό φωτισμό.

Εσωτερικά σε μεγάλα κτήρια υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης αίθριου και έτσι προκύπτει άριστη ποιότητα φωτισμού. Σε ένα αίθριο χρησιμοποιούνται πιο ανακλαστικά υλικά στα ψηλότερα σημεία του, ώστε να ανακλάται το φως και να φτάνει μέχρι τους χαμηλούς ορόφους.

Γενικά στην κατασκευή του αίθριου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πως ο σωστός φωτισμός των χώρων δεν θα πρέπει να βασίζεται στην ύπαρξη του αίθριου και πως υπάρχει απλά για να βελτιώνει την υπάρχουσα φωτεινότητα.

Επίσης προτείνεται να μην χρησιμοποιούνται σκούρα υλικά για την επίστρωση του δαπέδου στο αίθριο, καθώς επίσης στα πιο ψηλά σημεία του αίθριου να υπάρχουν λιγότερα και μικρότερα ανοίγματα, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος θάμβωσης μιας και η φωτεινότητα στα ψηλά σημεία είναι μεγαλύτερη. Τέλος θα πρέπει ο σκελετός του αίθριου να προκαλεί όσο το δυνατό λιγότερη σκίαση.



Σχήμα 5.13 Τρεις διαφορετικές κατόψεις και επίπτωση της καθεμίας στην κατανομή του φυσικού φωτός στο χώρο [21]

Όσον αφορά την εσωτερική σχεδίαση των χώρων αξίζει να αναφερθεί πως όσο περισσότεροι τοίχοι υπάρχουν ανάμεσα στους χώρους, τόσο χειρότερη κατανομή φωτός γίνεται, αφού εμποδίζεται έτσι η ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο βάθος του χώρου, χωρίς αυτό να είναι πάντα απαραίτητο. Σε βαθύτερους χώρους θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ανοιχτά χρώματα με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης. Σαν γενικός κανόνας ορίζονται οι εξής συντελεστές ανάκλασης [21]:

- Οροφή → 70-85%
- Κατακόρυφες επιφάνειες → 40-70%
- Δάπεδο → 15-40%

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί και η συμβολή της διαμόρφωσης των εξωτερικών χώρων στο φυσικό φωτισμό. Στη σχεδίαση των εξωτερικών χώρων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με υψηλό συντελεστή ανάκλασης, κάποια από τα οποία φαίνονται στον πίνακα 5.2. Η βλάστηση δε βοηθά στο φυσικό φωτισμό, αφού δρα αντίθετα από αυτόν (απορροφά και διαχέει την ακτινοβολία του ήλιου).

Υλικό	Συντελεστής Ανάκλασης (%)	Υλικό	Συντελεστής Ανάκλασης (%)
Άσφαλτος	10	Πέτρα	5-50
Αλουμίνιο (γυαλιστερό)	70-85	Εφυαλωμένα πλακίδια (άσπρα)	60-90
Σκυρόδεμα	30-50	Χιόνι	60-75
Γυαλί διαυγές	7	Γρασίδι σκούρο πράσινο	10
Γυαλί ανακλαστικό	20-40	Γρασίδι ξεραμένο	35
Γυαλί με επικάλυψη καθρέφτη	80-90	Μέση φύτευση	25
Ξύλο	5-40		

Πίνακας 5.2 Ενδεικτικές τιμές συντελεστή ανάκλασης διαφόρων υλικών [21]

5.4.2 Σχεδιασμός ανοιγμάτων

Τα ανοίγματα διακρίνονται σε πλευρικά ανοίγματα, ανοίγματα οροφής, διαφανείς τοίχους, οροφές και αίθρια-φωταγωγούς. Καθένας από τους παραπάνω τύπους ανοιγμάτων προσφέρει φωτισμό με διαφορετικά χαρακτηριστικά, οπότε η επιλογή θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες φωτισμού.

5.4.2.1 Πλευρικά ανοίγματα

Κατά το σχεδιασμό των πλευρικών ανοιγμάτων, τα οποία είναι και τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα αποφασίζονται-υπολογίζονται οι εξής παράμετροι:

- Το μέγεθος του ανοίγματος
- Η θέση του ανοίγματος
- Το σχήμα του ανοίγματος
- Η επιλογή πολλών μικρότερων ανοιγμάτων αντί ενός μεγάλου.

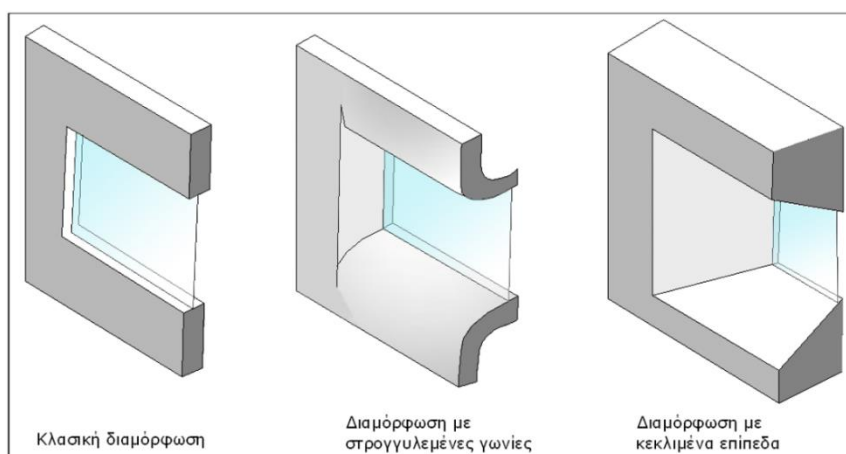
Το μέγεθος του ανοίγματος εξαρτάται κυρίως από το εμβαδό του χώρου που πρέπει να φωτιστεί. Ένας εμπειρικός κανόνας λέει πως ένα άνοιγμα με επιφάνεια ίση με το 20% του εμβαδού του φωτιζόμενου χώρου επαρκεί για τον ικανοποιητικό φυσικό φωτισμό του, ενώ ταυτόχρονα οι θερμικές απώλειες το χειμώνα και τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι είναι σχετικά μειωμένα [21]. Η θέση του ανοίγματος από την άλλη ρυθμίζει και αυτή με τη σειρά της την κατανομή του φωτός. Όσο πιο ψηλά τοποθετείται ένα άνοιγμα, τόσο πιο εύκολα φτάνει το φως στα πίσω σημεία του χώρου.

Στη συνέχεια κατά το σχεδιασμό του σχήματος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως τα «οριζόντια» ανοίγματα (μεγάλη αναλογία πλάτους προς ύψος) προσφέρουν σταθερότερη φωτεινή ροή και μειωμένο κίνδυνο θάμβωσης [21].

Αντίθετα τα «κατακόρυφα» ανοίγματα (μικρή αναλογία ύψους προς πλάτος) παρουσιάζουν αστάθεια στην παροχή της παρεχόμενης φωτεινότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας και μάλιστα με αυξημένο κίνδυνο θάμβωσης, παρόλα αυτά όμως προσφέρουν αποτελεσματικότερα φως στα απομακρυσμένα σημεία στο βάθος του χώρου.

Ένας ακόμα γενικός κανόνας λέει πως εάν το βάθος του φωτιζόμενου χώρου ξεπερνά το ύψος του ανοίγματος κατά 2,5 φορές, τότε ο χώρος δεν φωτίζεται επαρκώς [21]. Τέλος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως, όσα περισσότερα ανοίγματα χρησιμοποιούνται, τόσο καλύτερη κατανομή του φυσικού φωτός γίνεται, ενώ στην περίπτωση μεγάλου βάθους του χώρου χρειάζεται οπωσδήποτε η χρήση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν προσανατολισμούς με βέλτιστο την τοποθέτηση αντιδιαμετρικών ανοιγμάτων.

Προκειμένου να μειωθεί η θάμβωση, χρησιμοποιούνται συνήθως πλαίσια στα ανοίγματα με στρογγυλεμένες γωνίες, ώστε η μετάβαση από τη φωτεινή περιοχή στη σκοτεινή περιοχή του τοίχου να γίνει πιο ομαλά (Σχήμα 5.14).



Σχήμα 5.14 Διαμόρφωση πλαισίου ανοίγματος για τη βελτίωση της οπτικής άνεσης [21]

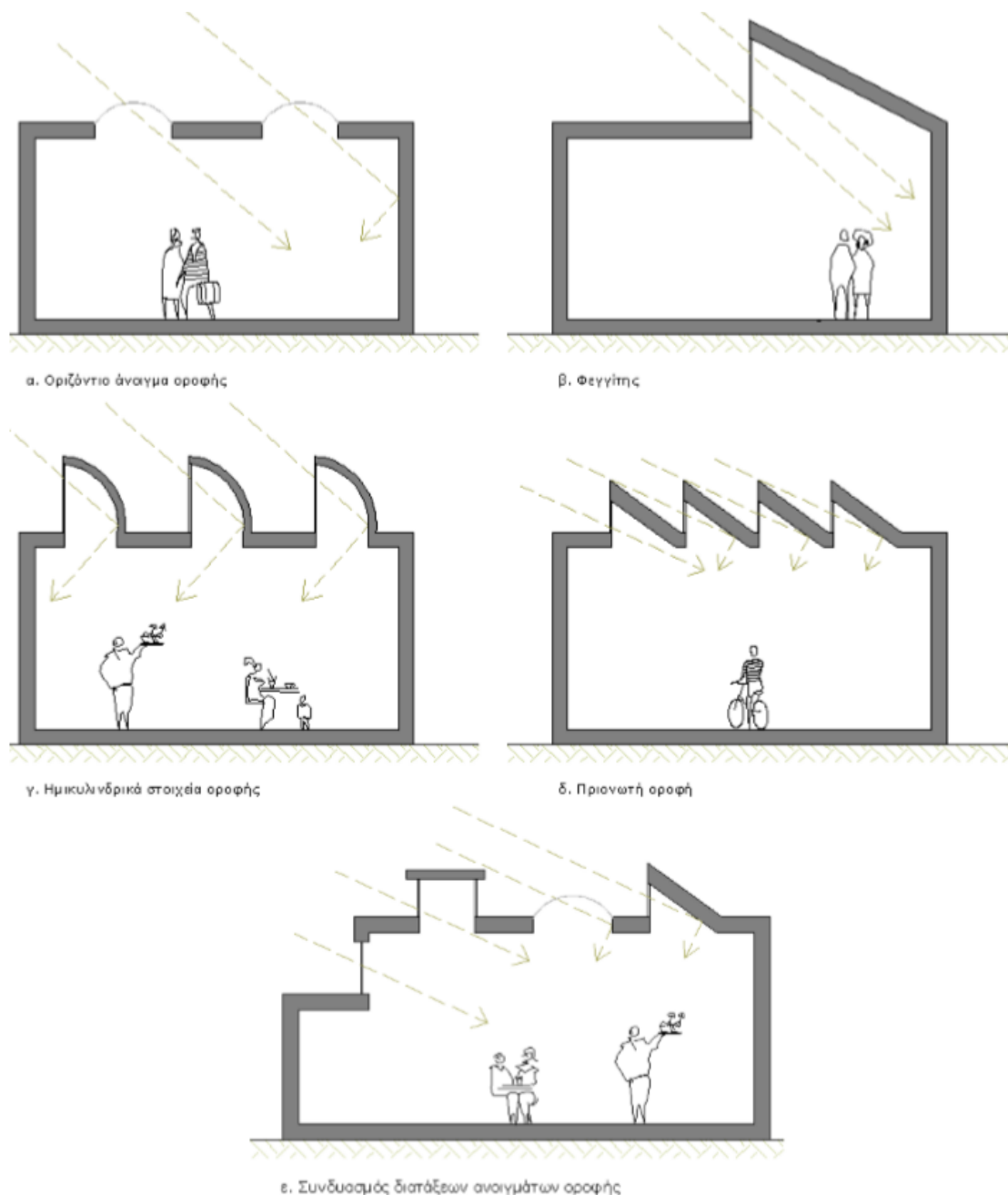
5.4.2.2 Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής χρησιμοποιούνται σε μονοκατοικίες ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφης κατασκευής και προσφέρουν ικανοποιητικά ποσά φωτισμού, κατά κύριο λόγο περισσότερα από τα αντίστοιχα των πλευρικών ανοιγμάτων και ταυτόχρονα, γίνεται πολύ καλή κατανομή του φωτός στο χώρο, αφού αυτός φωτίζεται από ψηλά.

Σε γενικές γραμμές τα ανοίγματα οροφής χρησιμοποιούνται σαν βοηθητικές κατασκευές για το φωτισμό και πρέπει πάντοτε να συνδυάζονται με πλευρικά ανοίγματα, ώστε να υπάρχει οπτική επαφή με το γύρω επίγειο περιβάλλον. Τα ανοίγματα οροφής διακρίνονται σε οριζόντια ή ελαφρώς κεκλιμένα, φεγγίτες, ημικυλινδρικά, πριονωτά ή και συνδυασμό όλων.

Η πιο συνηθισμένη κατασκευή στην οροφή είναι οριζόντια ανοίγματα, τα οποία έχουν πολλά πλεονεκτήματα, αλλά χρειάζεται πολύ μεγάλη προσοχή στις ηλιοπροστατευτικές διατάξεις για την προστασία του χώρου από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία (ανεπιθύμητα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και οπτική θάμβωση), γεγονός που αποτελεί αδυναμία για αυτόν τον τύπο ανοίγματος αν σκεφτεί κανείς πως η ηλιοπροστασία οριζοντίων ανοιγμάτων, συνήθως αποφεύγεται για τεchnικοοικονομικούς λόγους.

Η λύση στα προβλήματα αυτά είναι ο φεγγίτης ή η πριονωτή οροφή, διατάξεις οι οποίες παρά το γεγονός πως δεν επιτρέπουν στην άμεση ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο, μπορούν να συνδυαστούν με κατακόρυφα πετάσματα για πλήρη ηλιοπροστασία το καλοκαίρι.



Σχήμα 5.15 Κατηγορίες ανοιγμάτων οροφής [21]

5.4.2.3 Διαφανείς τοίχοι και οροφές

Όταν προβλέπεται στο σχεδιασμό, αν κάποιος τοίχος ή ακόμα και κομμάτι της οροφής λειτουργεί σαν σύστημα φυσικού φωτισμού, τότε χρησιμοποιούνται διαφανή ή ημιδιαφανή υλικά στην κατασκευή τους. Συνήθως χρησιμοποιούνται ακρυλικά, πολυκαρβονικά ή υαλοϋφάσματα. Στους τοίχους συνήθως χρησιμοποιούνται υαλότουβλα, ενώ σε οροφές παρατηρούνται συχνότερα υαλοπίνακες ή ακόμα και διαφανή μόνωση. Το πάχος ενός διαφανούς τοίχου κυμαίνεται μεταξύ 5 και 30 cm [21]. Λόγω της ημιδιαφάνειας των χρησιμοποιούμενων υλικών το φως διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο και ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος θάμβωσης. Για αυτό και τα ημιδιαφανή υλικά πλεονεκτούν έναντι των διαφανών.

Όπως είναι αναμενόμενο, δεν μπορούν όλες οι επιφάνειες να είναι κατασκευασμένες από διαφανή και ημιδιαφανή υλικά, διότι αυξάνονται και οι θερμικές απώλειες παράλληλα με την αύξηση της επιφάνειας των διαφανών υλικών. Εξάίρεση αποτελεί η περίπτωση όπου χρησιμοποιηθεί διαφανής μόνωση, όπου τότε από τη μια πλευρά προκύπτει μειωμένη διείσδυση του φυσικού φωτός, αλλά από την άλλη μειώνονται κατά πολύ οι θερμικές απώλειες σε σύγκριση με τη χρήση υαλοπινάκων. Ενδεικτικά αναφέρεται πως με τη χρήση διαφανούς μόνωσης η διαπερατότητα λαμβάνει τιμές από 0,73 έως 0,82, ενώ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας από 0,8 έως 1,1 W/m².k [21].

5.4.3 Επιλογή υαλοπινάκων και ηλιοενισχυτικών διατάξεων

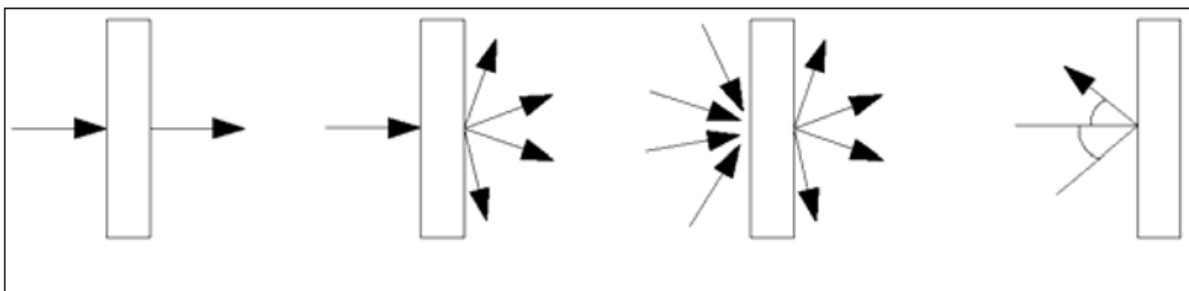
5.4.3.1 Επιλογή υαλοπινάκων

Γενικότερα υπάρχουν αρκετοί τύποι υαλοπινάκων και πρέπει να γίνει η σωστή επιλογή ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.16, κάθε διαφορετικός τύπος υαλοπίνακα διαχειρίζεται διαφορετικά το φυσικό φως. Μια καλή λύση, αλλά συνάμα ακριβή, είναι ο πρισματικός υαλοπίνακας, ο οποίος αποτελείται από πριονωτές λεπτές ‘‘φέτες’’ φτιαγμένες από ακρυλικό υλικό, οι οποίες τοποθετούνται στο κενό ενός διπλού υαλοπίνακα για προστασία. Η τελική διάταξη ανακατευθύνει το φως που εισέρχεται στο χώρο και το οδηγεί στο πίσω μέρος του χώρου, όπου συνήθως δεν φωτίζεται επαρκώς. Βασικό πλεονέκτημα είναι πως το καλοκαίρι παρέχεται ηλιοπροστασία, χωρίς να υφίσταται μείωση η αντίστοιχη χειμερινή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται γενικά και ο κίνδυνος θάμβωσης.

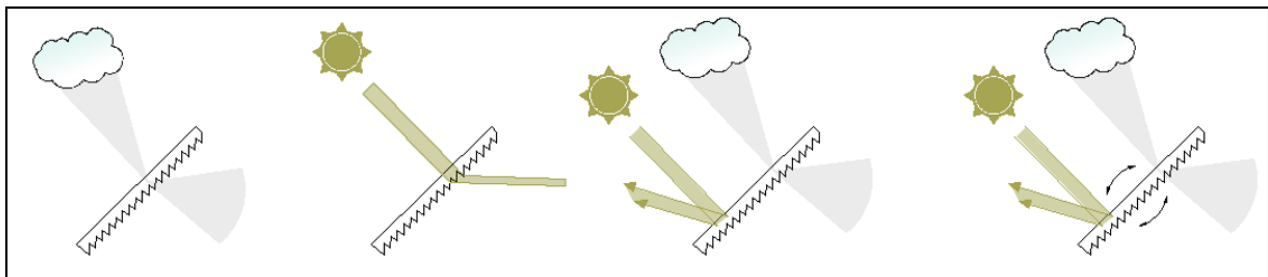
Αντίστοιχη είναι και η λειτουργία των υαλοπινάκων με ειδική επεξεργασία λέιζερ, οι οποίοι ουσιαστικά είναι λεπτά ακρυλικά στρώματα τα οποία έχουν επεξεργαστεί με ακτίνες λέιζερ και φέρουν πλέον παράλληλες εγκοπές, οι οποίες λειτουργούν σαν καθρέπτης και ανακατευθύνουν το φως προς τα πάνω (συνήθως το οδηγούν προς την οροφή). Όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.2, το

ειδικό αυτό τζάμι είναι διαπερατό στο ορατό φως, επομένως υπάρχει ορατότητα για αυτό και χρησιμοποιείται κυρίως σε πλευρικά ανοίγματα.

Ένα ακόμα είδος υαλοπίνακα αποτελούν οι ολογραφικοί υαλοπίνακες, οι οποίοι έχουν και αυτοί παρόμοιες συμπεριφορές με τους δυο προηγούμενους τύπους που παρουσιάστηκαν. Αυτοί ενσωματώνουν μια ειδική μεμβράνη, η οποία φέρει λεπτές λωρίδες, οι οποίες όμως ανακατευθύνουν μονάχα την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει με μία συγκεκριμένη γωνία. Η ακτινοβολία που προσπίπτει σε οποιαδήποτε άλλη γωνία διαπερνά άθικτη τον υαλοπίνακα. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως επιλεκτικά σκίαστρα, τα οποία δεν επιτρέπουν τη διέλευση της άμεσης ακτινοβολίας αλλά μόνο της διάχυτης (Σχήμα 5.18).



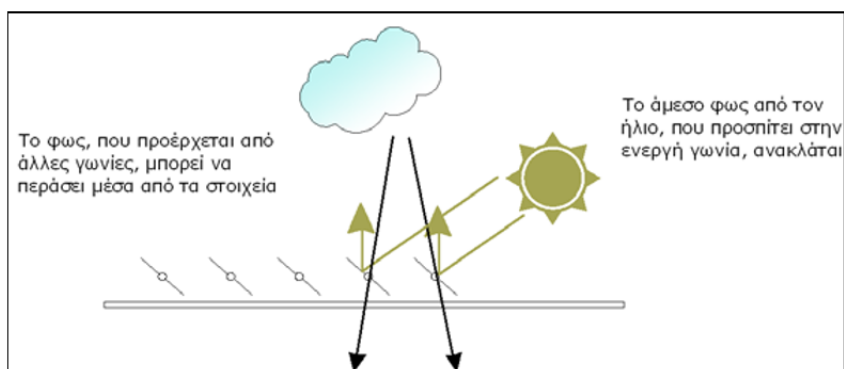
Σχήμα 5.16 Διαφορετικοί τύποι υαλοπίνακα διαχειρίζονται διαφορετικά το φως [21]



Σχήμα 5.17 Λειτουργίες του πρισματικού υαλοπίνακα [21]



Εικόνα 5.2 Υαλοπίνακας επεξεργασμένος με λέιζερ [21]



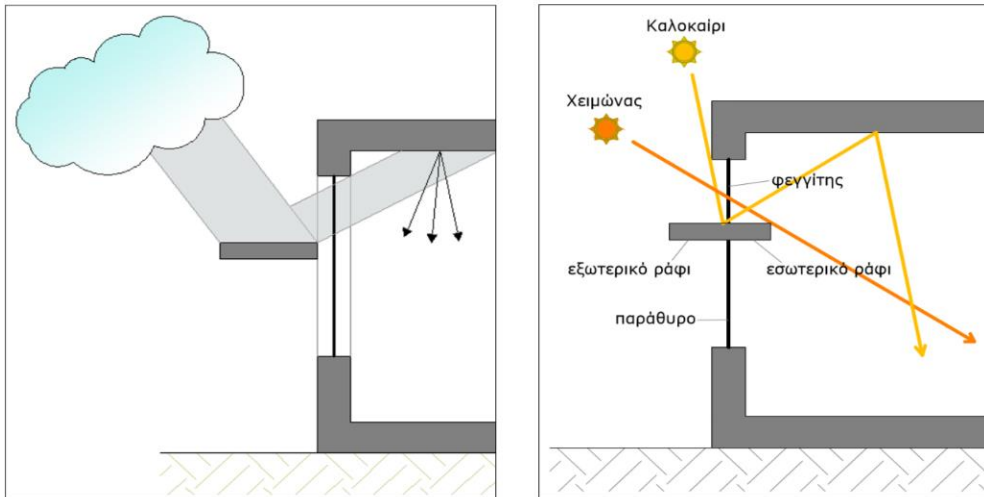
Σχήμα 5.18 Λειτουργία ολογραφικού υαλοπίνακα ως επιλεκτικού σκίαστρου [21]

5.4.3.2 Φωτοενισχυτικές διατάξεις

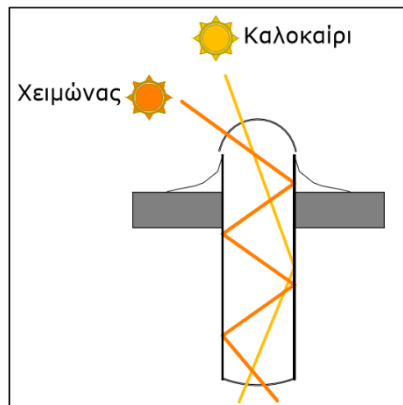
Πολλές από τις ηλιοενισχυτικές διατάξεις λειτουργούν και ως ηλιοπροστασία όταν αυτό είναι αναγκαίο. Όσον αφορά διατάξεις εξωτερικά εφαρμοζόμενες υπάρχουν τα ράφια φωτισμού, τα οποία όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.19, τοποθετούνται συνήθως ανάμεσα στο ανώτερο και κατώτερο σημείο του ανοίγματος και αντανακλούν το φως προς την οροφή του εσωτερικού χώρου λόγω της ανακλαστικής επίστρωσης που διαθέτει το ράφι στην πάνω πλευρά του. Η κάτω μεριά του ραφιού είναι και αυτή επικαλυμμένη με ανακλαστική επιφάνεια και έτσι ανακλά την ακτινοβολία που προέρχεται από το έδαφος προς τον εσωτερικό χώρο. Ταυτόχρονα παρέχεται σκίαση και αποκλεισμός της άμεσης ακτινοβολίας το καλοκαίρι από το οπτικό πεδίο των ατόμων που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο.

Άλλη διάταξη που χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη είναι οι ανακλαστήρες. Οι ανακλαστήρες είναι περσίδες με ανακλαστική την επάνω επιφάνεια τους, οι οποίοι τοποθετούνται είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά του χώρου και αυξάνουν την ποσότητα του φωτός που εισβάλει στο χώρο δημιουργώντας ταυτόχρονα σκίαση, όποτε αυτή είναι απαραίτητη και προστασία από τη θάμβωση. Εάν τοποθετηθούν ανακλαστήρες στο ταβάνι ή γενικότερα μέσα στον εσωτερικό χώρο (έπειτα από την απαραίτητη μελέτη φυσικά), τότε θα φτάσει ευκολότερα το φως στα σκοτεινότερα σημεία βαθιά στο χώρο.

Μια διάταξη που έχει μεγάλο ενδιαφέρον και χρησιμοποιείται συχνά σε κτήρια με μερικούς ορόφους, αλλά και σε μονοκατοικίες για το βοηθητικό φωτισμό των χώρων είναι ο φωτοσωλήνας ή αλλιώς κανάλι φωτισμού. Πρόκειται για απλή κατασκευή αποτελούμενη από σωλήνα του οποίου η εσωτερική επίστρωση είναι υλικό πολύ υψηλής ανακλαστικότητας όπως καθρέπτες, μεταλλικά ελάσματα κ.α. Η απόδοση του εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, μερικές από τις οποίες είναι το ύψος του ηλίου και οι διαστάσεις του (συνήθως από 0,5m*0,5m έως 2m*2m), ενώ τονίζεται πως το μήκος του σωλήνα δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 10m, διαφορετικά η απόδοση του αρχίζει να μειώνεται δραματικά [21]. Κύριο πλεονέκτημα του είναι πως μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα του εσωτερικού φωτισμού χωρίς τον κίνδυνο θάμβωσης, ενώ παράλληλα διαχέει ομοιόμορφα το φως στο χώρο.



Σχήμα 5.19 Ράφια φωτισμού εξωτερικά στην πρώτη εικόνα και εκατέρωθεν του ανοίγματος στη δεύτερη [21]



Σχήμα 5.20 Αναπαράσταση φωτοσωλήνα [21]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: Θεωρητικός σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης στην Αθήνα

6.1 Βιοκλιματική ανάλυση και βιοκλιματικά διαγράμματα

Τα βιοκλιματικά διαγράμματα και η βιοκλιματική ανάλυση, αποτελούν εργαλείο προκαταρκτικής ανάλυσης και χρησιμοποιούνται κατά τα πρώτα στάδια σχεδιασμού ενός οικοδομικού έργου [24]. Δεδομένου πως υπάρχουν αρκετές τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού, οι οποίες δεν είναι όλες το ίδιο αποδοτικές σε όλα τα κλίματα, η βιοκλιματική ανάλυση, συσχετίζει τα χαρακτηριστικά του κλίματος μιας περιοχής (θερμοκρασία, υγρασία κ.α.), με τις διαθέσιμες προς κατασκευή τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού, μέσω της ζώνης θερμικής άνεσης των ανθρώπων. Έτσι, η διαδικασία της βιοκλιματικής ανάλυσης, η οποία πραγματοποιείται μέσω των βιοκλιματικών διαγραμμάτων, χρησιμοποιείται από το σχεδιαστή, προκειμένου αυτός να λάβει υπόψη τις πιο αποδοτικές για το συγκεκριμένο κλίμα κατασκευαστικές τεχνικές [24].

Αναλυτικότερα, το βιοκλιματικό διάγραμμα, είναι η γραφική απεικόνιση των συνθηκών του εξωτερικού περιβάλλοντος, μέσα στην οποία οριοθετείται η ανθρώπινη ζώνη άνεσης. Στη συνέχεια, κατά την προσθήκη κάποιας από τις τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού, η ζώνη άνεσης διευρύνεται, αυξάνοντας τις θερμικά άνετες ώρες μέσα στο έτος. Με τα διαγράμματα αυτά, δοκιμάζεται η κάθε τεχνική βιοκλιματικού σχεδιασμού, ως προς την αποδοτικότητά της στη διεύρυνση της ζώνης άνεσης και στην αύξηση των ωρών θερμικής άνεσης μέσα στο έτος, για ένα συγκεκριμένο κλίμα, καθώς και στη σύγκριση της εν λόγω απόδοσης μεταξύ των διαφορετικών τεχνικών.

Η χρήση των βιοκλιματικών διαγραμμάτων που αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελεί ουσιαστικά τη διαδικασία της βιοκλιματικής ανάλυσης, η οποία θα αναλυθεί περαιτέρω σε επόμενη υποπαράγραφο του κεφαλαίου αυτού.

Όσο αφορά τη ζώνη θερμικής άνεσης, η οποία αποτελεί τον εγκέφαλο του βιοκλιματικού διαγράμματος και της βιοκλιματικής ανάλυσης, αυτή καθορίζεται από ένα μοντέλο θερμικής άνεσης. Τα μοντέλα θερμικής άνεσης, δημιουργήθηκαν παράλληλα με τα βιοκλιματικά διαγράμματα, ενώ έχουν γίνει και γίνονται συνεχώς προσπάθειες, για τη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων, καθώς και για τη δημιουργία νέων μοντέλων, μεγαλύτερης ακρίβειας. Τα μοντέλα για τη θερμική άνεση, διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τα προσαρμοστικά μοντέλα, και τα μοντέλα θερμικής ισορροπίας. Τα προσαρμοστικά μοντέλα, θεωρούν πως ο άνθρωπος εντός του κτηρίου αντιδρά, και προσπαθεί να προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες, προκειμένου να επαναφέρει τη θερμική του άνεση, ενώ αντίθετα, τα μοντέλα θερμικής ισορροπίας, θεωρούν πως η θερμική άνεση εξαρτάται αποκλειστικά από εξωτερικούς και όχι ανθρώπινους παράγοντες.

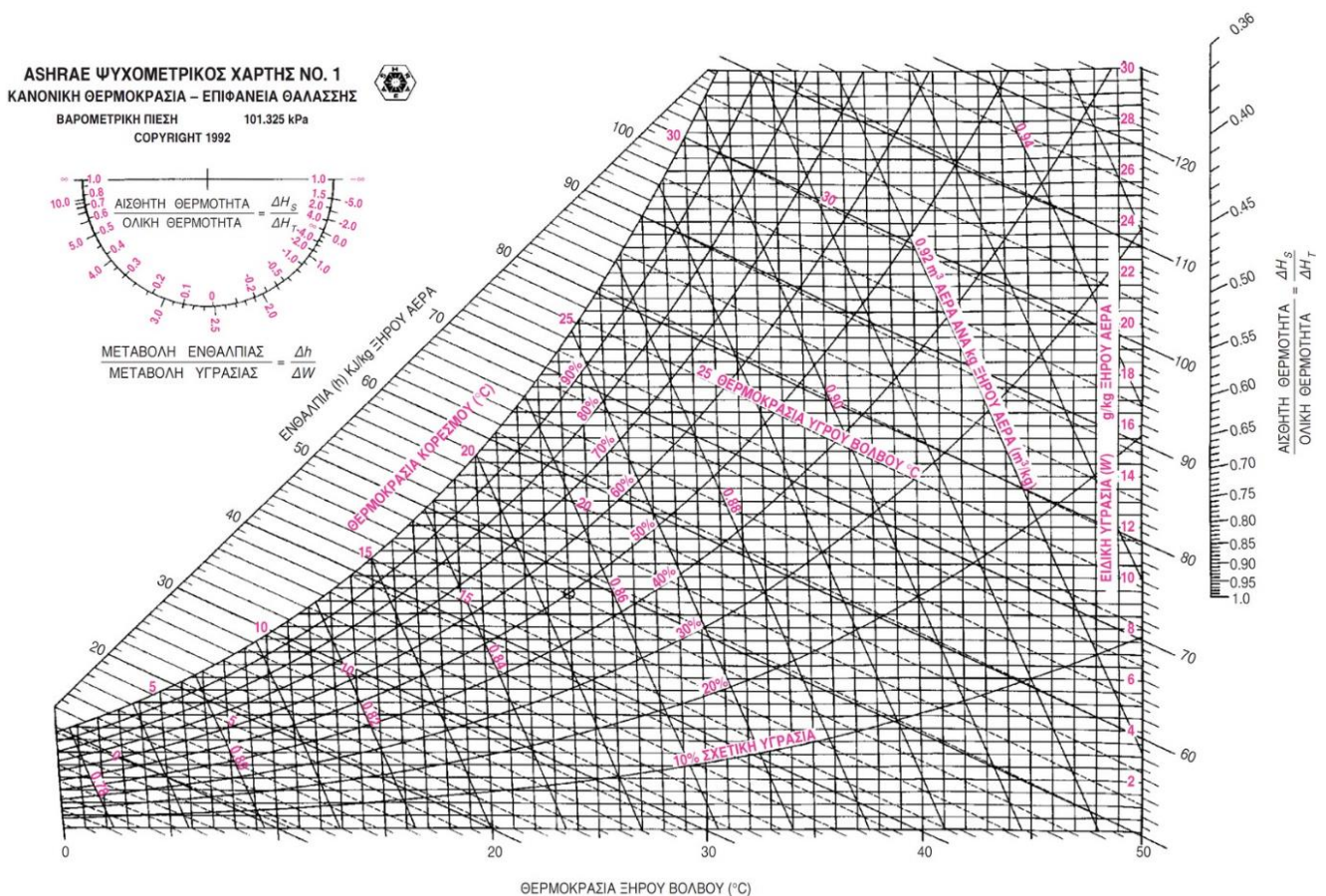
Τα προσαρμοστικά μοντέλα, αφορούν κυρίως κτήρια με ανοιγόμενα παράθυρα, όπου δηλαδή ο άμεσος εξαερισμός των χώρων για τη θερμική αποφόρτιση κατά βούληση, είναι εφικτός, ενώ τα μοντέλα θερμικής ισορροπίας, αφορούν κυρίως κτήρια, τα οποία διαθέτουν κεντρικό σύστημα εξαερισμού-κλιματισμού και χωρίς τη δυνατότητα χειρισμού των παραθύρων.

Υπάρχουν περισσότερα από ένα βιοκλιματικά διαγράμματα, ενώ όπως αναφέρθηκε ήδη, όλα έχουν ένα κοινό στοιχείο και ταυτόχρονα στόχο: "την περιοχή άνεσης". Τα βιοκλιματικά διαγράμματα είναι τα εξής [25]:

- Βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay
- Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni
- Βιοκλιματικό διάγραμμα του Szokolay
- Πίνακας Mahoney

Παρακάτω θα αναλυθούν εκτενέστερα αυτά τα βιοκλιματικά διαγράμματα.

Σε κάποια από τα βιοκλιματικά διαγράμματα, η γραφική απεικόνιση των συνθηκών του εξωτερικού αέρα, γίνεται με τη βοήθεια του ψυχομετρικού χάρτη. Η μορφή του ψυχομετρικού χάρτη φαίνεται στο διάγραμμα 6.1.



Διάγραμμα 6.1 Ο ψυχομετρικός χάρτης [26]

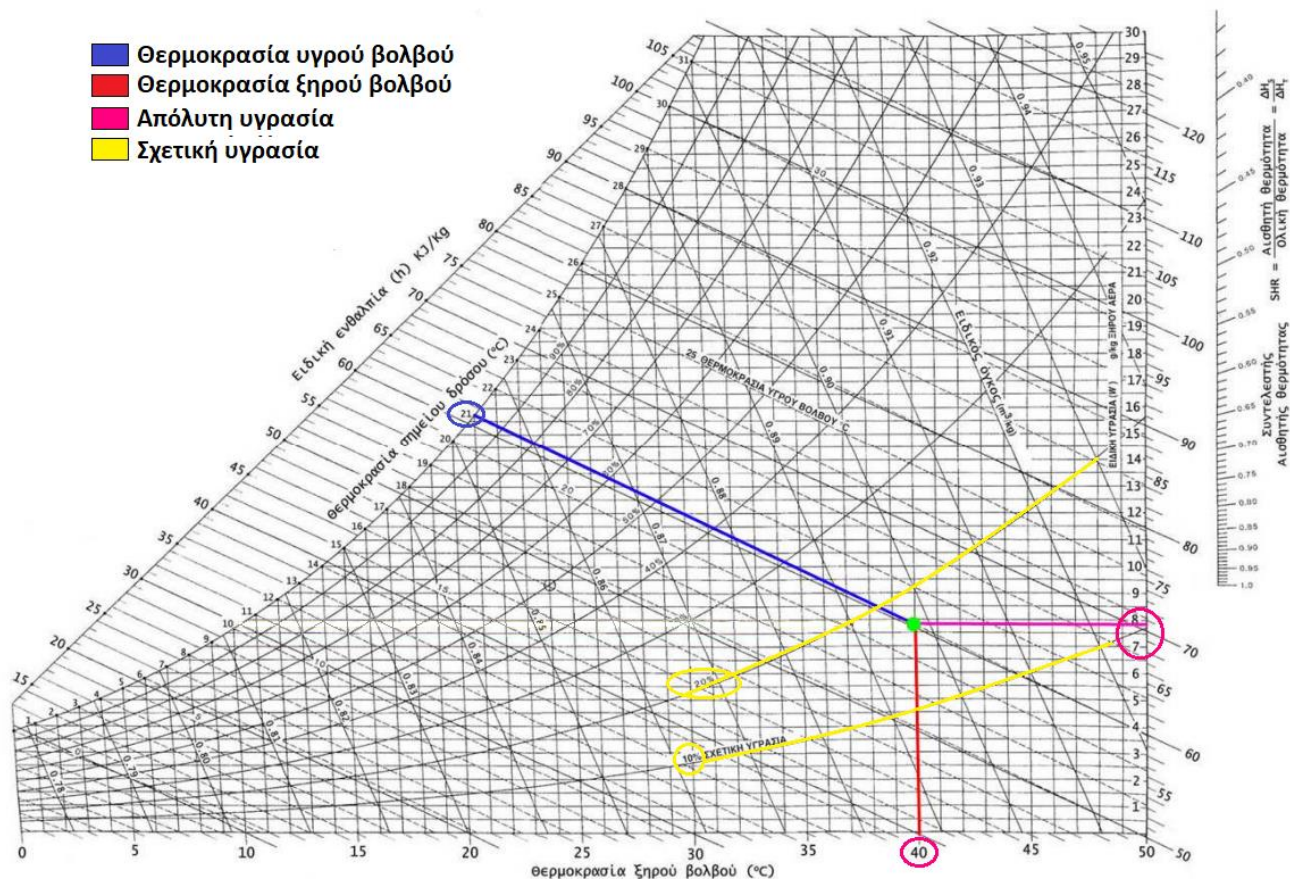
Ψυχομετρικός χάρτης ή ψυχομετρικό διάγραμμα, είναι η γραφική απεικόνιση των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων του αέρα, καθώς και των σχέσεων που αυτές έχουν μεταξύ τους. Ο χάρτης αυτός απεικονίζει τα εξής στοιχεία: θερμοκρασία υγρού και ξηρού βολβού, ειδική ενθαλπία, σχετική και απόλυτη υγρασία, το σημείο δρόσου και τον ειδικό όγκο αέρα [25]. Ο ψυχομετρικός χάρτης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο δίνει στο μελετητή τη δυνατότητα εύρεσης 5 θερμοδυναμικών στοιχείων του αέρα, γνωρίζοντας μόνο δύο [25]. Σημειώνεται ότι κάθε ψυχομετρικός χάρτης είναι έγκυρος μόνο για μια συγκεκριμένη πίεση αέρα (η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο υψόμετρο) [25].

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η ανάγνωση των χαρακτηριστικών ενός σημείου στον ψυχομετρικό χάρτη, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 6.2. Ο οριζόντιος άξονας του χάρτη, αφορά τη θερμοκρασία ξηρού βολβού, ενώ ο κάθετος άξονας στα δεξιά του χάρτη, αφορά την απόλυτη υγρασία. Οι διαγώνιες γραμμές, όμοιες με τη μπλε, οδηγούν στη θερμοκρασία υγρού βολβού και οι καμπύλες, οι όμοιες με αυτές του κίτρινου χρώματος, καταλήγουν ουσιαστικά στον επάνω οριζόντιο άξονα και αφορούν τη σχετική υγρασία [27].

Το σημείο που παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα στο διάγραμμα 6.2, περιγράφει τα εξής χαρακτηριστικά [27]:

- Θερμοκρασία ξηρού βολβού $T_{db}= 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (με κόκκινο χρώμα)
- Θερμοκρασία υγρού βολβού $T_{wb}= 21^{\circ}\text{C}$ (με μπλε χρώμα)
- Σχετική Υγρασία $\phi= 17\%$ (με κίτρινο χρώμα)
- Απόλυτη υγρασία $w= 7,8\text{ gr/Kg}$ ξηρού αέρα (με ροζ χρώμα)
- Ειδική ενθαλπία $h= 61\text{ KJ/Kg}$
- Σημείο δρόσου $T_{dp}= 10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ειδικός όγκος αέρα $u= 0,898\text{ m}^3/\text{Kg}$ ξηρού αέρα

Κατά τη διαδικασία της βιοκλιματικής ανάλυσης, τα μόνα κλιματικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη και τοποθετούνται στον ψυχομετρικό χάρτη, είναι η θερμοκρασία υγρού και ξηρού βολβού, καθώς και η απόλυτη και σχετική υγρασία. Η ειδική ενθαλπία, το σημείο δρόσου και ο ειδικός όγκος αέρα, δεν απεικονίζονται σε ένα βιοκλιματικό διάγραμμα, καθώς αποτελούν χαρακτηριστικά του αέρα, που δεν χρησιμεύουν στη βιοκλιματική ανάλυση. Αυτός είναι και ο λόγος που δεν επισημαίνονται χρωματικά στο διάγραμμα 6.2.



Διάγραμμα 6.2 Ανάγνωση χαρακτηριστικών ενός τυχαίου σημείου στον ψυχομετρικό χάρτη [27]

Όσο αφορά την τοποθέτηση των κλιματικών δεδομένων σε ένα βιοκλιματικό διάγραμμα, όταν αυτό δεν γίνεται με τη βοήθεια υπολογιστή, ο κυρίαρχος τρόπος, είναι με τη μορφή γραμμών. Για την ακρίβεια δώδεκα γραμμών, μία για κάθε μήνα. Η κάθε γραμμή, είναι ουσιαστικά η ευθεία που ενώνει τα δυο εξής σημεία στο βιοκλιματικό διάγραμμα [28]:

- 1^ο Σημείο: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία ξηρού βολβού – Μέση μηνιαία μέγιστη σχετική υγρασία
- 2^ο Σημείο: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία ξηρού βολβού – Μέση μηνιαία ελάχιστη σχετική υγρασία

Γενικά, θεωρείται πως η μέγιστη σχετική υγρασία παρουσιάζεται στις 9 π.μ., ενώ η ελάχιστη στις 3 μ.μ. κατά την διάρκεια μιας ημέρας [28]. Ο συγκεκριμένος τρόπος τοποθέτησης των κλιματικών δεδομένων σε ένα βιοκλιματικό διάγραμμα, παρουσιάζεται στο διάγραμμα 6.3. Στη συνέχεια, φαίνονται οπτικά, ποιες ευθείες εκτείνονται και εκτός ζώνης θερμικής άνεσης, επομένως και ποιοι μήνες είναι αυτοί, για τους οποίους θα πρέπει να ληφθούν μέτρα, προκειμένου να βρίσκονται ξανά όλα τα σημεία των δώδεκα ευθειών εντός της ζώνης άνεσης [28]. Σε περίπτωση που γίνεται η χρήση λογισμικού μέσω H/Y, τότε υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης 8760 ωριαίων μετρήσεων ανά έτος στο βιοκλιματικό διάγραμμα, επομένως και η αναλυτικότερη προσφορά κάθε βιοκλιματικής προσθήκης στις ετήσιες ώρες θερμικής άνεσης. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα χρησιμοποιηθεί λογισμικό για τη βιοκλιματική ανάλυση, επομένως και ο δεύτερος τρόπος που αναφέρθηκε.

6.1.1 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay

Το βιοκλιματικό διάγραμμα του Olgyay, ήταν από τις πρώτες προσπάθειες που έγιναν για τη δημιουργία ενός εργαλείου καθοδήγησης του σχεδιασμού περιβαλλοντικά φιλικών κτηρίων [29]. Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1950 και είχε ως στόχο να συνδέσει τα χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής, με το σχεδιασμό του κτηρίου [29]. Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει τη ζώνη θερμικής άνεσης των ανθρώπων μέσα στο κτήριο, σε σχέση με τη θερμοκρασία ξηρού βολβού και τη σχετική υγρασία. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 6.3, η τεταγμένη του διαγράμματος είναι η θερμοκρασία ξηρού βολβού και η τετμημένη είναι η σχετική υγρασία αντίστοιχα, ενώ στο κέντρο του διαγράμματος φαίνεται η περιοχή θερμικής άνεσης [29].

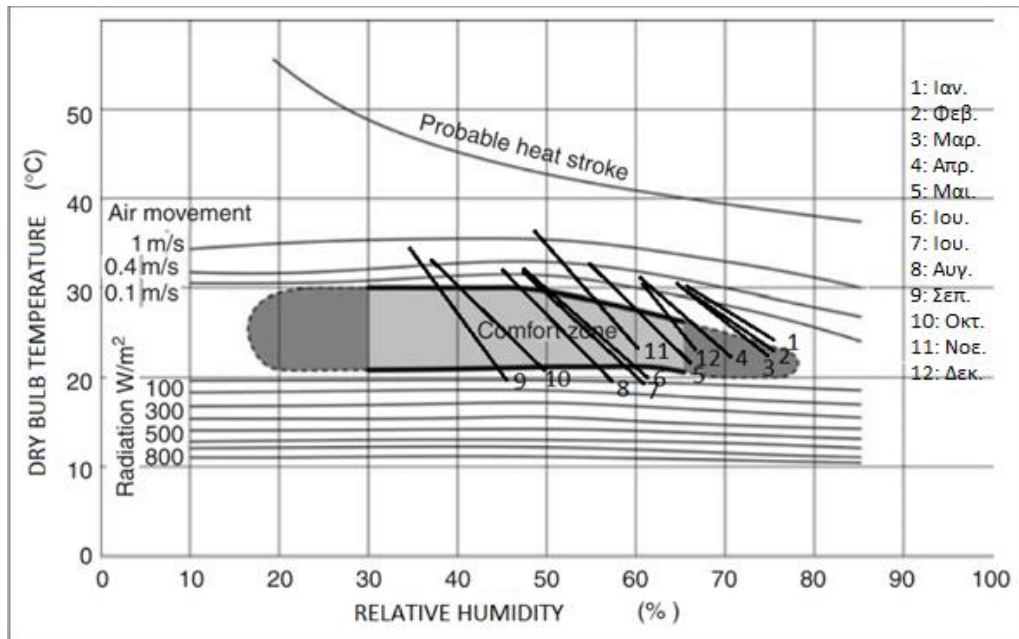
Στο διάγραμμα, τοποθετούνται έπειτα οι μηνιαίες μετρήσεις θερμοκρασίας ξηρού βολβού και σχετικής υγρασίας για μια συγκεκριμένη περιοχή, οι οποίες παρουσιάζονται για παράδειγμα στο σχήμα 6.3, με τη μορφή δώδεκα γραμμών, μία για κάθε μήνα. Για συνθήκες εξωτερικού αέρα εκτός της ζώνης θερμικής άνεσης, το διάγραμμα προτείνει λύσεις, ώστε οι συνθήκες εξωτερικού αέρα να εντάσσονται ξανά στην ζώνη θερμικής άνεσης. Για εξωτερικές συνθήκες πάνω από τη ζώνη θερμικής άνεσης, δηλαδή για συνθήκες υπερθέρμανσης, το διάγραμμα προτείνει τη ροή αέρα ως μέσο δροσισμού, ενώ για συνθήκες κάτω από αυτή, προτείνει την ηλιακή ακτινοβολία ως μέσο θέρμανσης. Το διάγραμμα του Olgyay, προτείνει επίσης και την απαιτούμενη ποσότητα είτε της ροής αέρα, είτε της ακτινοβολίας, μέσω κατάλληλα τοποθετημένων γραμμών πάνω και κάτω από τη ζώνη άνεσης.

Επιπλέον, για θερμοκρασίες αρκετά μεγαλύτερες από τη ζώνη άνεσης, το διάγραμμα προτείνει την ψύξη μέσω εξάτμισης νερού. Αυτό φαίνεται από την τελευταία κοίλη γραμμή πάνω από την ζώνη άνεσης και πάνω από τις γραμμές για την κίνηση του αέρα. Παρατηρείται πως για αυτό το μέτρο ψύξης, δεν γίνεται ποσοτικοποίηση, απλώς κρίνεται η αναγκαιότητα του με βάσει τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Επίσης, σύμφωνα με το διάγραμμα, η ψύξη μέσω εξάτμισης, προτείνεται από χαμηλότερες θερμοκρασίες όταν υπάρχει πολύ υγρασία, ενώ αντίθετα προτείνεται από υψηλότερες θερμοκρασίες όταν ο αέρας είναι ξηρός.

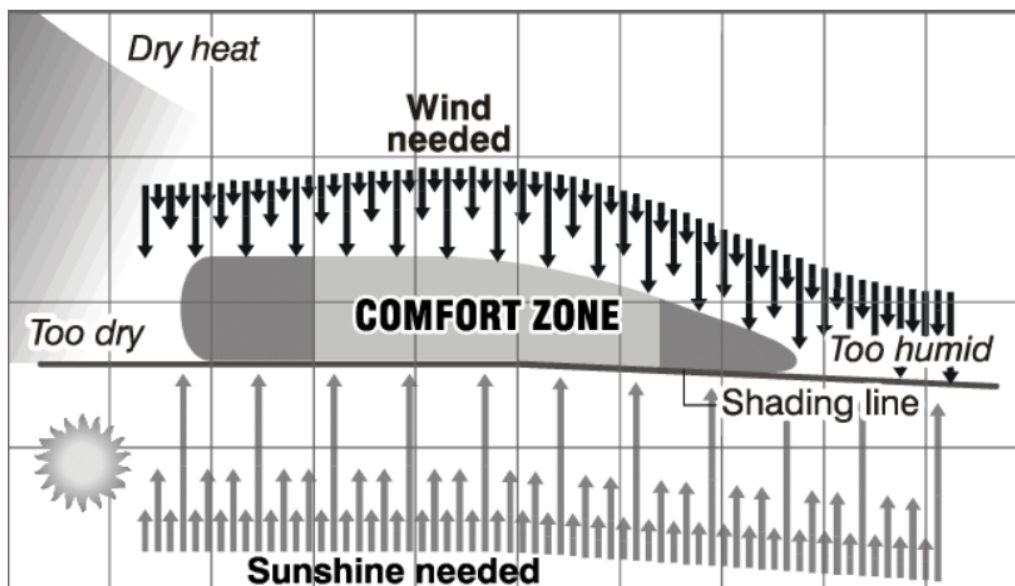
Παραδείγματος χάριν, σύμφωνα με το διάγραμμα 6.3, για το μήνα Σεπτέμβριο (τα δεδομένα που αναπαρίστανται από τις δώδεκα γραμμές αφορούν το κλίμα του Κατάρ), υπάρχουν κάποια σημεία στην ευθεία, που βρίσκονται εκτός της ζώνης άνεσης. Απαιτείται ακτινοβολία 100W/m^2 και ροή αέρα περίπου 1m/s , προκειμένου όλες οι συνθήκες περιβάλλοντος για το μήνα Σεπτέμβριο που βρίσκονται εκτός της θερμικά άνετης ζώνης, να βρίσκονται ξανά εντός αυτής [29]. Στο διάγραμμα 6.4, παρουσιάζεται με πιο απλό τρόπο η λογική του βιοκλιματικού διαγράμματος Olgyay.

Δεδομένου ότι το διάγραμμα του Olgyay προτείνει λύσεις οι οποίες αφορούν το εξωτερικό περιβάλλον (ουσιαστικά προτείνει λύσεις, οι οποίες θα βελτιώσουν τις συνθήκες του εξωτερικού αέρα σε σχέση με

τη ζώνη θερμικής άνεσης), μη λαμβάνοντας άμεσα υπόψη τις εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης, ισχύει μόνο για θερμά και υγρά κλίματα, όπου υπάρχουν ελάχιστες διακυμάνσεις μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, γεγονός που αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα του διαγράμματος αυτού [30]. Επιπλέον, ο τρόπος λειτουργίας του είναι προσεγγιστικός, ενώ επίσης δεν προτείνει άμεσα λύσεις για το σχεδιασμό του κτηρίου, γεγονός που το καθιστά ανούσιο για χρήση στη δεκαετία του 2020, όπου τα κτήρια πλέον σχεδιάζονται με πολύπλοκες βιοκλιματικές τεχνικές.



Διάγραμμα 6.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα Olgay, με τοποθετημένα τα κλιματικά δεδομένα [25]

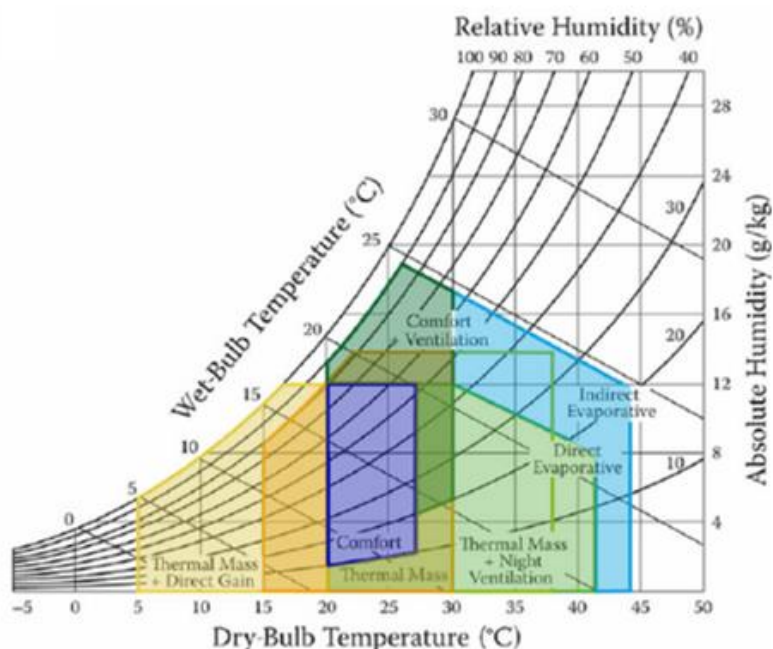


Διάγραμμα 6.4 Η λογική που διέπει το βιοκλιματικό διάγραμμα Olgay [31]

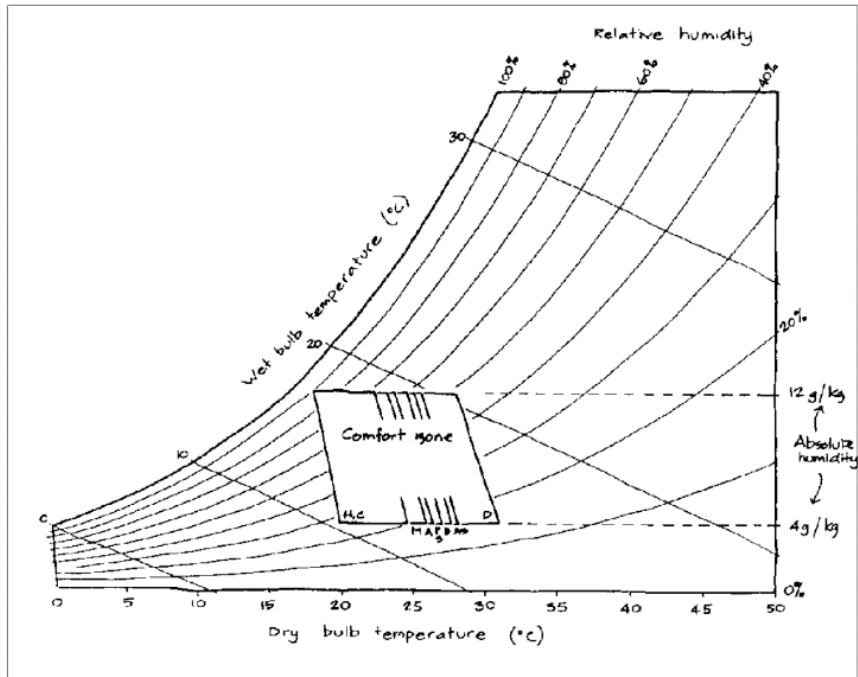
6.1.2 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni

Το βιοκλιματικό διάγραμμα του Givoni, είναι βασισμένο στον ψυχομετρικό χάρτη και στη γραμμική σχέση μεταξύ του εύρους θερμοκρασιών και της πίεσης ατμών του εξωτερικού αέρα [25],[29]. Σε αντίθεση με το διάγραμμα του Olgyay, παρουσιάζει τη ζώνη θερμικής άνεσης και τις βιοκλιματικές προσθήκες, σε συνάρτηση με τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα έχει περισσότερες τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού να προτείνει, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6.5. Όπως γίνεται αντιληπτό, για κάθε μια βιοκλιματική προσθήκη που γίνεται, η ζώνη θερμικής άνεσης, η οποία φαίνεται στο κέντρο του ψυχομετρικού χάρτη, διευρύνεται, ώστε να καλύπτει διαφορετικά σημεία του διαγράμματος.

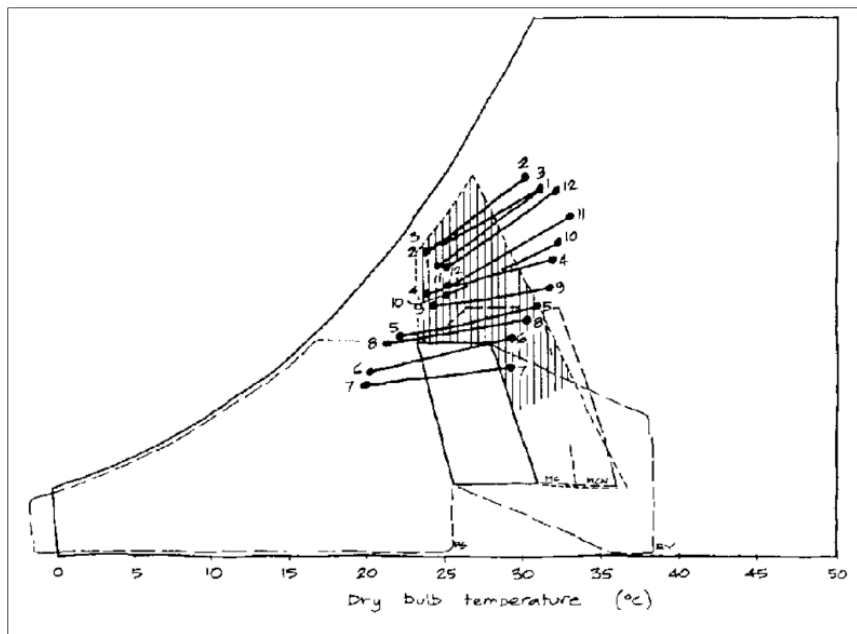
Όπως φαίνεται και από την σύγκριση των διαγραμμάτων 6.6, 6.7 και 6.8, ανάλογα με τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής, απαιτούνται διαφορετικές βιοκλιματικές προσθήκες, προκειμένου να δημιουργηθεί τέτοια ζώνη θερμικής άνεσης, που να καλύπτει όλα τα κλιματικά σημεία [28]. Με αυτόν τον τρόπο, το βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni δίνει στο μελετητή κατευθυντήριες για την εφαρμογή συστημάτων άμεσου κέρδους, φυσικού αερισμού, θερμικής μάζας και θερμικής μάζας με νυκτερινό αερισμό, δροσισμού μέσω εξάτμισης, σκίασης ανοιγμάτων, ύγρανση του αέρα καθώς και συστημάτων μηχανικής θέρμανσης, ψύξης και αφύγρανσης [25].



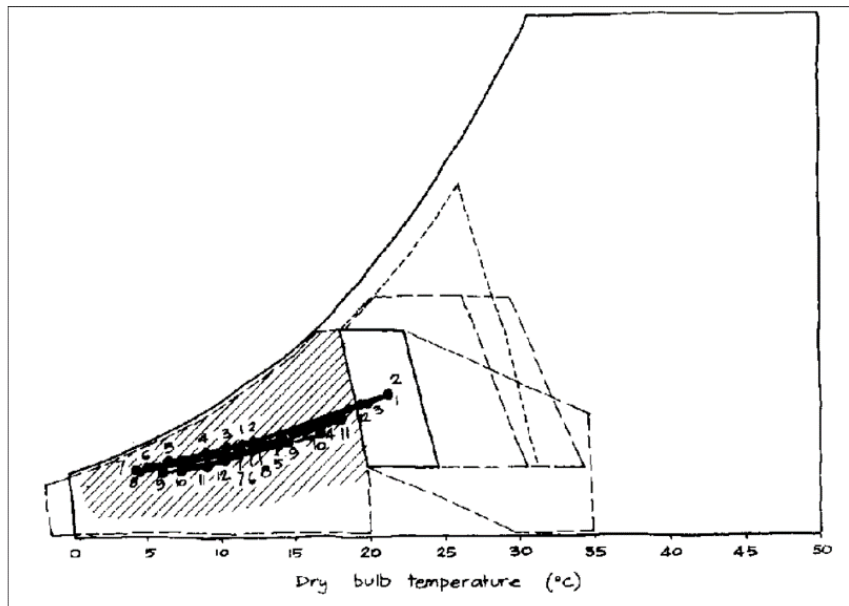
Διάγραμμα 6.5 Βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni [32]



Διάγραμμα 6.6 Βιοκλιματικό διάγραμμα Γίνονι χωρίς κλιματικά δεδομένα, μόνο με οριοθετημένη την περιοχή άνεσης [28]



Διάγραμμα 6.7 Βιοκλιματικό διάγραμμα Γίνονι με κλιματικά δεδομένα για την πόλη Ντάργουιν της Αυστραλίας [28]



Διάγραμμα 6.8 Βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni με κλιματικά δεδομένα για την πόλη Χόμπαρτ της Αυστραλίας [28]

6.1.3 Βιοκλιματικό διάγραμμα του Szokolay

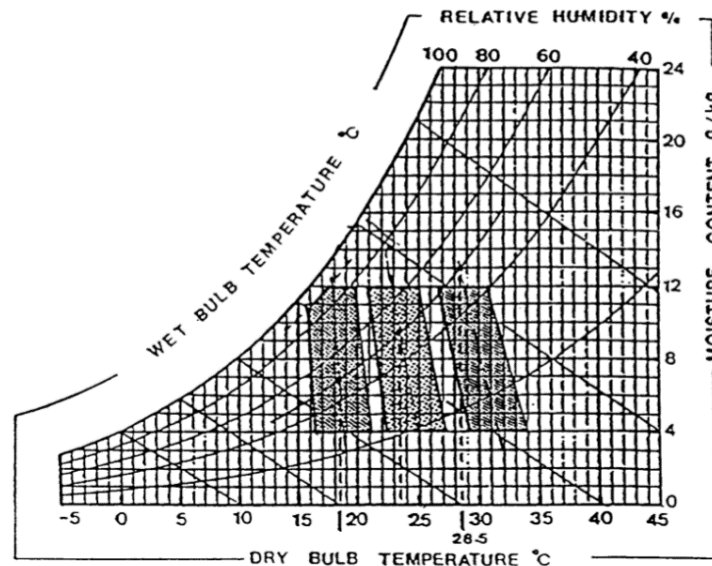
Αυτό το βιοκλιματικό διάγραμμα, ουσιαστικά είναι το ίδιο με το διάγραμμα του Givoni με τη μόνη διαφορά πως ο Szokolay έλαβε υπόψη στο διάγραμμα του, τη θερμική ουδετερότητα [29]. Ο Givoni, το 1970, δημοσίευσε τη μελέτη του για τα βιοκλιματικά διαγράμματα, την οποία ακολούθησε έπειτα η δημοσίευση των Humphrey και Auliciemes το 1982, σχετικά με τη θερμική ουδετερότητα, οι οποίοι μελέτησαν το θέμα αυτό, με τη βοήθεια εργαστηριακών μετρήσεων σε ανθρώπους [29]. Ουσιαστικά ο Szokolay, το 1986, συνδύασε την ιδέα του Givoni περί βιοκλιματικών διαγραμμάτων, με αυτή των Humphrey και Auliciemes, για τη θερμική ουδετερότητα [29]. Οι ζώνες άνεσης που παρουσιάζονται στο διάγραμμα του Szokolay, βασίζονται στη θερμική ουδετερότητα, δηλαδή τη θερμοκρασία που κάποιος αισθάνεται θερμικά ουδέτερα, η οποία σχετίζεται με τη μέση θερμοκρασία εξωτερικού αέρα μέσω της εξίσωσης 1.

$$T_{neutral} = 17,6 + 0,31 * T_{mean} \quad [29] \quad \underline{\text{Εξίσωση 1}}$$

Για την παραπάνω εξίσωση, ισχύουν οι εξής περιορισμοί [29]:

- $18,5 < T_{neutral} < 28,5$
- Το εύρος της ζώνης άνεσης είναι 2K σε 50% σχετική υγρασία
- Τα όρια υγρασίας βασίζονται στο πρότυπο ASHRAE 55-81, το οποίο ορίζει τα ελάχιστα και μέγιστα όρια για την υγρασία στα 4 έως 12 gr/kg αέρα
- Η σχετική υγρασία δεν πρέπει να ξεπερνά το 90%

Τελικά το συγκεκριμένο διάγραμμα απεικονίζει περισσότερες από μια περιοχές θερμικής άνεσης, ανάλογα με την περιοχή (διαφορετική T_{mean}) και την ευαισθησία των ανθρώπων, ώστε τα αποτελέσματα να ανταποκρίνονται ακόμα καλύτερα στην πραγματικότητα [29].



Διάγραμμα 6.9 Βιοκλιματικό διάγραμμα Szokolay [29]

6.1.4 Πίνακες Mahoney

Οι πίνακες Mahoney χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του κλίματος μιας περιοχής προκειμένου να παρέχουν κατασκευαστικές κατευθυντήριες για τα κτήρια. Συνολικά σε αυτήν τη μεθοδολογία χρησιμοποιούνται έξι πίνακες εκ των οποίων οι τέσσερις χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και οι δύο για την πληροφόρηση του μελετητή για τις κατασκευαστικές κατευθυντήριες. Εισάγονται στους αντίστοιχους πίνακες η μέση, μέση ελάχιστη και μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία και σχετική υγρασία, καθώς επίσης και δεδομένα για τη βροχόπτωση. Τελικά από τη μέθοδο αυτή δίνονται κατευθυντήριες σχετικά με την τελική διάταξη του κτηρίου και των εσωτερικών χώρων, τα ανοίγματα, τους τοίχους, την οροφή, τη διάταξη των εξωτερικών χώρων και την προστασία από τη βροχή [25]. Δεν θα αναλυθεί περαιτέρω η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης.

6.2 Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης

Σε γενικές γραμμές αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια ο ορισμός ενός “nzeb”, όμως σε αυτό το σημείο θα αναλυθεί περαιτέρω ο όρος και τι ακριβώς θα πρέπει να ενσωματώνει ένα τέτοιο κτήριο στην κατασκευή του. Αρχικά όταν κάποιος ακούει τον όρο κτήριο μηδενικής κατανάλωσης, ίσως του έρχεται στο μυαλό η μηδενική κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που είναι αδύνατο να συμβεί στην πραγματικότητα. Πράγματι ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης θα πρέπει να καταναλώνει μειωμένα ποσά ενέργειας σε σχέση με ένα απλό κτήριο. Τελικά όμως ο όρος αναφέρεται στο ισοζύγιο ενέργειας, το οποίο είναι μηδέν (ή κοντά στο μηδέν). Αυτό σημαίνει πως ό,τι ενέργεια καταναλώνει το “nzeb” παράγει αντίστοιχα. Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί, κάθε “nzeb” θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο με τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι οποίες είναι συνηθέστερα

τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι μικρές ανεμογεννήτριες. Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του “nzeb” θα πρέπει να έχει διαστασιοποιηθεί έτσι, ώστε να παράγει την ενέργεια που καταναλώνει το ίδιο το κτήριο, π.χ. σε ετήσια βάση ή σε οποιοδήποτε άλλο χρονικό διάστημα που ορίζει η νομοθεσία κάθε χώρας. Στην Ελλάδα, το αρμόδιο πρόγραμμα για τα φωτοβολταϊκά, το οποίο προσφέρεται από το Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) είναι το net-metering, το οποίο δίνει τη δυνατότητα ενεργειακού συμψηφισμού σε οικιακό επίπεδο σε βάθος τριετίας.

Από πλευράς κόστους, ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης δεν σημαίνει απαραίτητα ακριβή ή ασυνήθιστη κατασκευή για χάρη της ενεργειακής εξοικονόμησης. Πρόκειται για κατασκευή παρόμοια με αυτή ενός απλού κτηρίου, με καλύτερη εστίαση βέβαια σε κάποια σημεία κλειδιά, όπως η θερμομόνωση, η υψηλή ενεργειακή απόδοση των ηλεκτρομηχανολογικών συσκευών που αυτή διαθέτει, καθώς επίσης και του συστήματος τοπικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Δεδομένου πως σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η προσθήκη βιοκλιματικών τεχνικών σε ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης, είναι αναγκαίο να αναφερθεί πως οι βιοκλιματικές προσθήκες, συνήθως σχετίζονται με το αυξημένο κόστος κατασκευής. Για παράδειγμα ένας ηλιακός χώρος, μια ηλιακή καμινάδα ή ένα φυτεμένο δώμα, αποτελούν κατασκευές που σε γενικές γραμμές μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το κόστος της κατασκευής. Παρόλο που η προσθήκη βιοκλιματικών τεχνολογιών σε ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης μπορεί να μειώσει σημαντικά την καταναλισκόμενη ενέργεια, θα πρέπει οι εν λόγω προσθήκες να γίνονται με μέτρο στην κατασκευή, έτσι ώστε το κόστος αυτής να παραμένει στα φυσιολογικά πλαίσια και ταυτόχρονα να βελτιώνεται ως ένα βαθμό η ήδη καλή ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Πέρα από τις βιοκλιματικές προσθήκες, κατά το σχεδιασμό ενός “nzeb”, πρέπει να δοθεί προσοχή στα εξής βασικά σημεία κλειδιά:

- Επίπεδο θερμικής μόνωσης
- Απώλειες λόγω αερισμού και σύστημα εξαερισμού
- Παράθυρα και σκιασμός αυτών
- Προσανατολισμός κτηρίου
- Θερμική μάζα δομικών στοιχείων
- Σύστημα θέρμανσης και ψύξης
- Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης
- Σύστημα φωτισμού και ηλεκτρικές συσκευές
- Τοπικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Οι δραστηριότητες που θα λάβουν μέρος στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου
- Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής

Ορισμένα από τα παραπάνω σημεία θα αναλυθούν σε βασικό στάδιο παρακάτω.

6.3 Αρχική ανάλυση κατασκευής σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Σε αυτήν την παράγραφο θα εξετασθεί το αρχικό στάδιο σχεδιασμού ενός θεωρητικού κτηρίου. Το κτήριο αυτό θα πρέπει να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης και να έχει βιοκλιματικές προσθήκες. Όσον αφορά την κατασκευή, θεωρείται πως πρόκειται για μονώροφη μονοκατοικία, με εμβαδό της τάξης των 100m², η οποία θα εξυπηρετεί τις κλασικές ανάγκες μιας τετραμελούς οικογένειας. Η κατασκευή προβλέπεται να έχει κεραμοσκεπή με ενσωματωμένο φωτοβολταϊκό σύστημα, στα πλαίσια του ‘‘nzeb’’.

Τελικά, ο στόχος της συγκεκριμένης κατοικίας, θα είναι ο άνετος και πιο φυσικός τρόπος ζωής, οι μικρές ενεργειακές καταναλώσεις καθώς και η αντιστάθμιση αυτών στα πλαίσια του μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου. Βασικό σημείο που θα αναλυθεί περισσότερο σε αυτήν την παράγραφο, αποτελεί η βιοκλιματική ανάλυση, βάσει των αποτελεσμάτων της οποίας θα ληφθούν αποφάσεις για κάποια σημαντικά σημεία του σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα τα ανοίγματα του κτηρίου και η σκίαση αυτών. Κύρια προϋπόθεση για τη βιοκλιματική ανάλυση, αποτελεί η εξοικείωση με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, η οποία ακολουθεί στην επόμενη υποπαράγραφο.

6.3.1 Τοποθεσία και κλιματικά δεδομένα

Η μελέτη της κατοικίας αυτής θα γίνει για την πρωτεύουσα της Ελλάδας, την Αθήνα, μια πόλη με εύκρατο γενικά κλίμα, το οποίο εντάσσεται κλιματολογικά στο μεσογειακό τύπο κλίματος. Κυριαρχούν οι ηλιόλουστες μέρες κατά τη διάρκεια του έτους, ακόμα και τη χειμερινή περίοδο, ενώ οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες αγγίζοντας μόνο τα 400-450 mm ετησίως [33]. Ειδικότερα, η κατοικία αυτή θεωρείται πως επρόκειτο να κατασκευασθεί στη Γλυφάδα, η οποία αποτελεί παράλιο προάστιο της πρωτεύουσας. Στον πίνακα 6.1, παρατίθενται κλιματολογικά δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για την περιοχή του Ελληνικού, η οποία συνορεύει με τη Γλυφάδα.

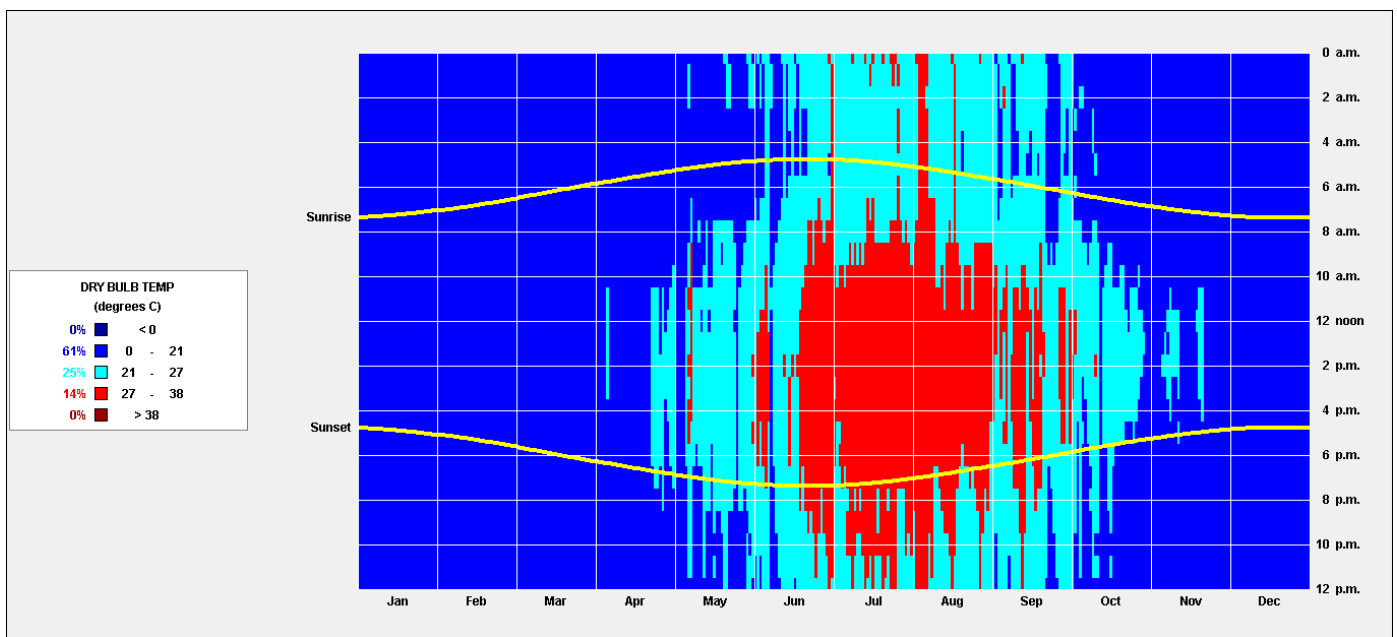
ΑΘΗΝΑ/ΕΛΛΗΝΙΚΟ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	10.3	10.6	12.4	16.1	20.9	25.6	28.3	28.2	24.3	19.6	15.4	11.9
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	13.6	14.1	15.9	19.6	24.4	29.2	32.2	32.2	28.3	23.4	18.8	15.1
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	7.0	7.1	8.5	11.5	15.8	20.3	23.0	23.1	19.6	15.7	12.0	8.8
Μέση μηνιαία σχετική υγρασία (%)	69.3	68.0	65.9	62.2	58.2	51.8	46.6	46.8	54.0	62.6	69.2	70.4
Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού (mm)	47.7	38.5	42.3	25.5	14.3	5.4	6.3	6.2	12.3	45.9	60.1	62.0
Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού	12.9	11.4	11.3	9.3	6.4	3.6	1.7	1.6	4.7	8.6	10.9	13.5
Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου	B	B	B	B	N	B	B	B	B	B	B	B
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου (Kt)	7.0	7.2	6.8	6.0	5.6	6.1	7.2	7.3	6.4	6.5	6.1	6.9

Πίνακας 6.1 Κλιματικά δεδομένα για το Ελληνικό (ΕΜΥ)[34]

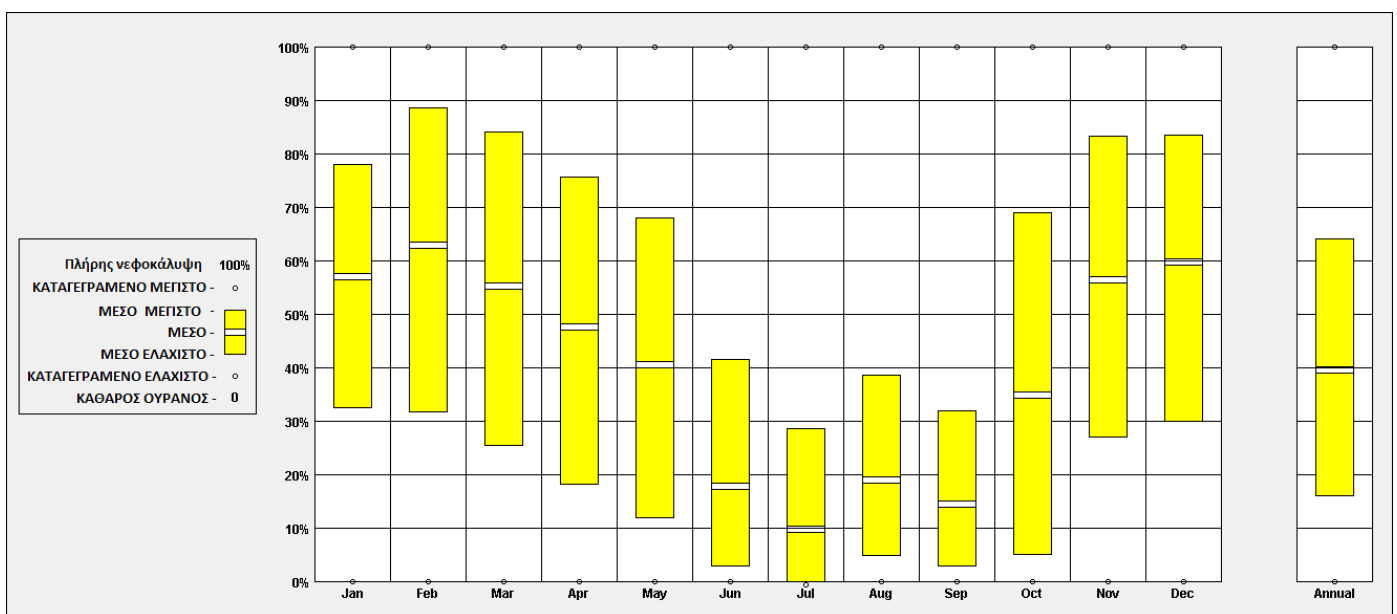
Γεωγραφικό πλάτος μετεωρολογικού σταθμού: 37.89° Βόρεια
Γεωγραφικό μήκος μετεωρολογικού σταθμού: 23.74° Ανατολικά
Υψόμετρο μετεωρολογικού σταθμού: 43m

Όπως προκύπτει και από τα κλιματικά δεδομένα που παρέχει η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για την περιοχή, επικρατούν κυρίως βόρειοι άνεμοι καθόλη τη διάρκεια του έτους, ενώ πράγματι ο συνολικός ετήσιος υετός δεν ξεπερνά τα 400mm. Η σχετική υγρασία διατηρείται σε ανεκτά επίπεδα, λόγω των επικρατέστερων ξηρών βορεινών ανέμων, χαρακτηριστικό ευεργετικό για τη θερμική άνεση τόσο σε εσωτερικούς, όσο και σε εξωτερικούς χώρους.

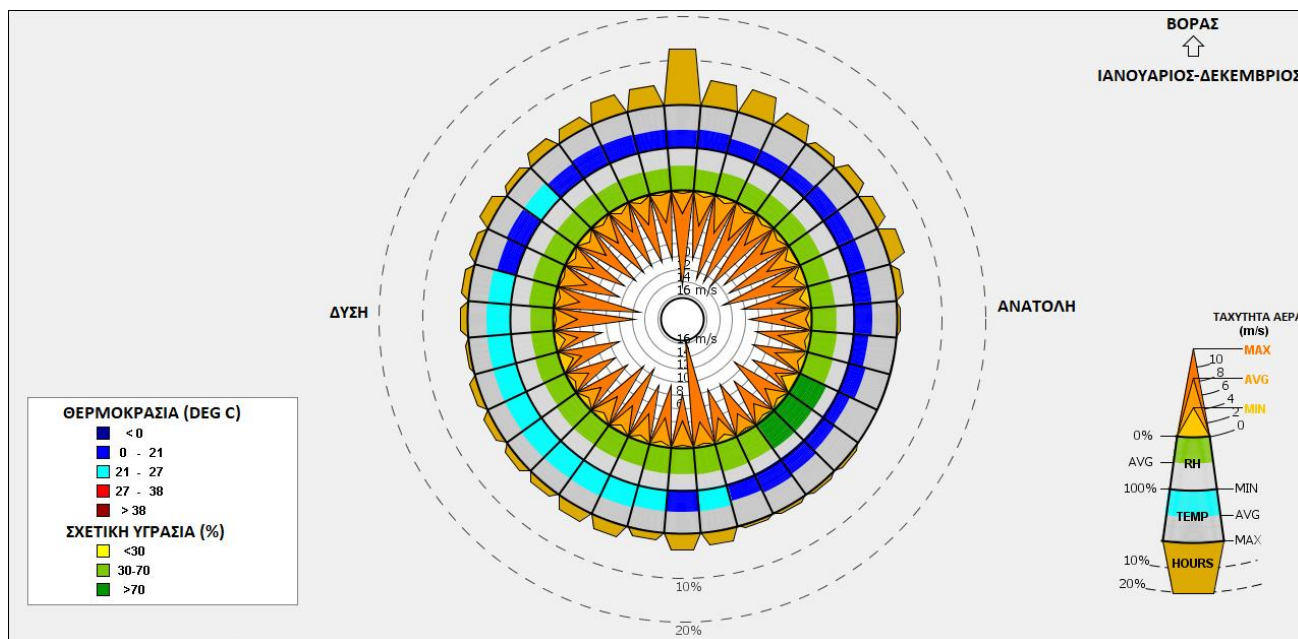
Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια διαγράμματα κλιματικών δεδομένων για την περιοχή του Ελληνικού, από τα οποία μπορεί ο μελετητής να αντλήσει χρήσιμες πληροφορίες.



Διάγραμμα 6.10 Θερμοκρασίες ξηρού βολβού ανά μήνα και μέρα στην Αθήνα [35]



Διάγραμμα 6.11 Νεφοκάλυψη ουρανού για κάθε μήνα στην Αθήνα [35]



Διάγραμμα 6.12 Διάγραμμα ανέμων για την Αθήνα [35]

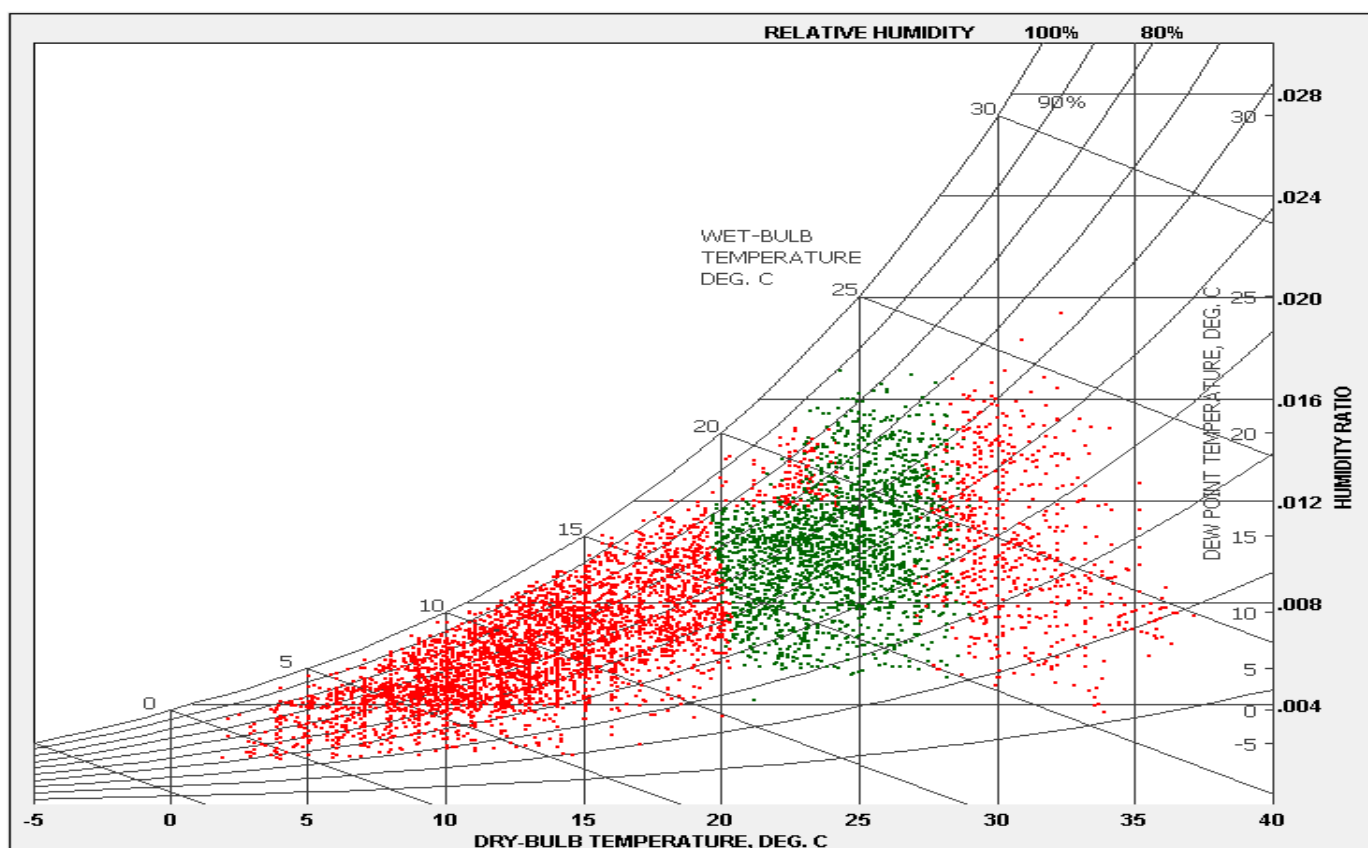
6.3.2 Βιοκλιματική ανάλυση

Σε αυτήν την παράγραφο, θα γίνει η ανάλυση των κλιματικών δεδομένων, για την περιοχή του Ελληνικού και η επιλογή των αποδοτικότερων για το συγκεκριμένο κλίμα, τεχνολογιών βιοκλιματικού σχεδιασμού βάσει αυτής. Για τη διεξαγωγή της βιοκλιματικής ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό climate consultant 6.0. Το λογισμικό αυτό, χρησιμοποιεί το βιοκλιματικό διάγραμμα του Γίνονι και τη βασική διαδικασία που αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο του κεφαλαίου. Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν από το Climate Consultant 6.0, αφορούν την περιοχή του Ελληνικού και φαίνονται στον πίνακα 6.2.

Μέσες μηνιαίες τιμές	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου (μέση ωριαία) -Wh/m ²	213	267	338	394	441	512	525	493	443	321	215	192
Άμεση ακτινοβολία (μέση ωριαία)-Wh/m ²	253	240	282	310	341	452	496	459	451	299	198	216
Διάχυτη ακτινοβολία (μέση ωριαία)-Wh/m ²	112	149	170	187	190	168	150	159	148	152	127	109
Ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου (μέγιστη ωριαία)-Wh/m ²	543	668	874	924	974	997	984	956	845	736	548	478
Άμεση ακτινοβολία (μέγιστη ωριαία)-Wh/m ²	868	911	942	910	916	895	886	886	870	788	805	843
Διάχυτη ακτινοβολία(μέγιστη ωριαία)-Wh/m ²	257	354	432	470	569	489	432	488	419	363	292	266
Ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου (μέση ημερήσια ολική)-Wh/m ²	2067	2814	4011	5143	6215	7479	7529	6626	5420	3522	2141	1809
Άμεση ακτινοβολία (μέση ημερήσια ολική)-Wh/m ²	2447	2525	3356	4047	4817	6596	7109	6170	5504	3273	1967	2039
Διάχυτη ακτινοβολία(μέση ημερήσια ολική)-Wh/m ²	1094	1574	2008	2447	2681	2458	2161	2133	1818	1671	1262	1032
Φωτισμός στο οριζόντιο επίπεδο(μέσος ωριαίος)-LUX (x10 ³)	23	29	36,8	43	48,4	55,9	57,7	54	48,3	35	23,5	20,8
Άμεσος φωτισμός (μέσος ωριαίος)-LUX (x10 ³)	22,7	22,4	27,1	30	33	43,9	48,3	44	43,3	28	17,8	19,3
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (μέση μηνιαία)-°C	10	9	11	15	19	24	27	27	23	19	14	10
Σημείο δρόσου (μέσο μηνιαίο)-°C	4	3	5	7	11	12	15	15	14	12	9	5
Σχετική υγρασία (μέση μηνιαία)-%	67	67	65	60	62	50	50	51	56	65	71	68
Κατεύθυνση ανέμου (μηνιαία βάση)-μοίρες	0	0	0	0	200	0	70	0	0	20	0	0
Ταχύτητα ανέμου (μέση μηνιαία)-m/s	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2
Θερμοκρασία εδάφους (μέση μηνιαία τριών βαθών 0,5m/2,0m/4,0m)-°C	11	12	13	15	19	22	23	22	21	18	15	12

Πίνακας 6.2 Κλιματικά δεδομένα για το Ελληνικό, που λήφθηκαν υπόψη από το climate consultant 6.0 κατά τη βιοκλιματική ανάλυση [35]

Τα ωριαία κλιματικά δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα, τοποθετούνται στον ψυχομετρικό χάρτη με τη μορφή τελείας, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.13. Επομένως, τοποθετούνται στον ψυχομετρικό χάρτη 8760 τελείες, όσες και οι ώρες του έτους και αντίστοιχα όσες και οι ωριαίες μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας του εξωτερικού αέρα. Οι κόκκινες τελείες, υποδεικνύουν κλιματικές συνθήκες, εκτός θερμικής άνεσης στον ψυχομετρικό χάρτη, ενώ αντίθετα οι πράσινες, υποδεικνύουν συνθήκες εντός θερμικής άνεσης. Επομένως, όσα είναι τα κόκκινα σημεία στο διάγραμμα, τόσες είναι και οι θερμικά μη άνετες ώρες μέσα στο έτος, ενώ αντίστροφα, όσα είναι τα πράσινα σημεία, τόσες είναι οι θερμικά άνετες ώρες.

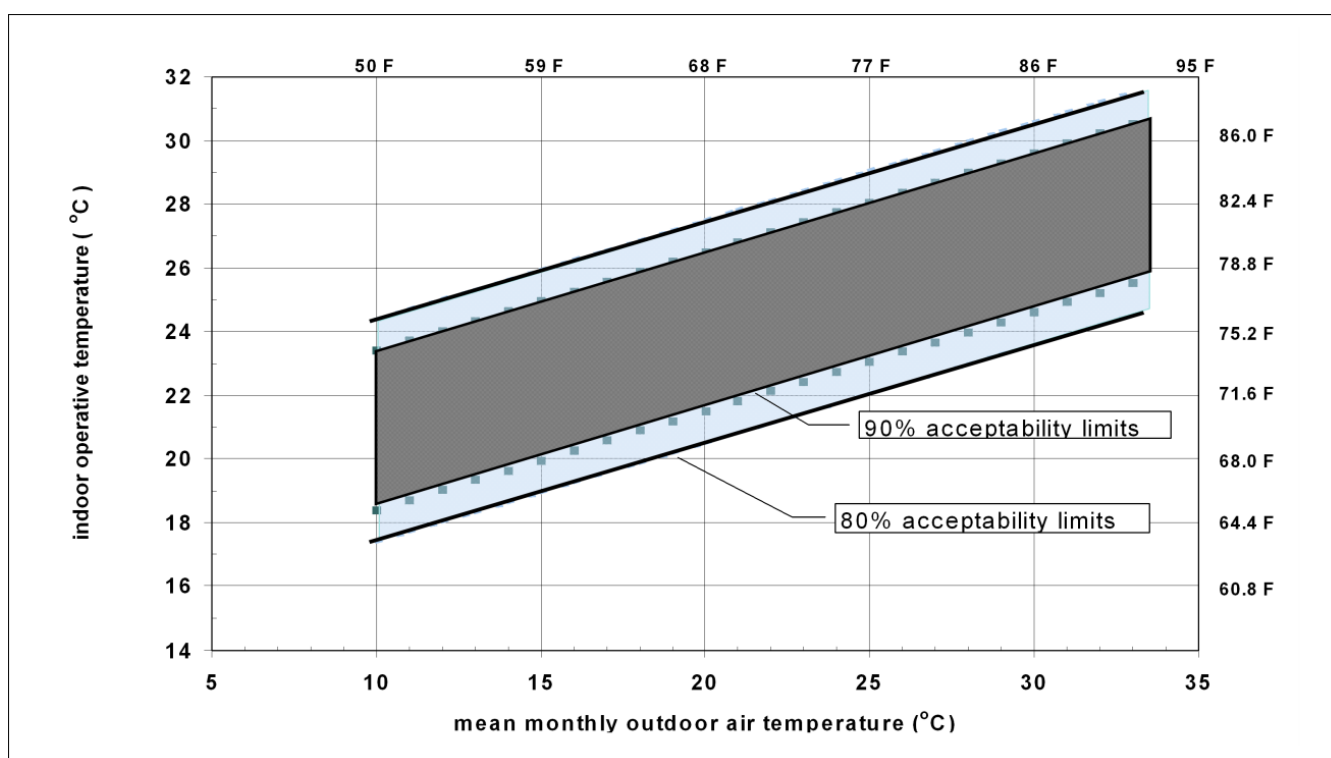


Διάγραμμα 6.13 Ψυχομετρικός χάρτης με ωριαίες μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας (βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni) [35]

Το λογισμικό, δίνει τη δυνατότητα επιλογής μοντέλου θερμικής άνεσης, για τη ζώνη θερμικής άνεσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκε το προσαρμοστικό μοντέλο θερμικής άνεσης 55, της Αμερικανικής εταιρίας θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού (ASHRAE 55-2010). Το συγκεκριμένο μοντέλο, δεδομένου πως είναι προσαρμοστικό, βασίζεται στο φυσικό αερισμό-δросισμό, ενώ επίσης θεωρεί πως οι άνθρωποι προσαρμόζουν το ρουχισμό τους, ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία [35]. Το μοντέλο αυτό, λαμβάνει υπόψη χαμηλό μεταβολικό ρυθμό για τους ανθρώπους, ο οποίος αντιστοιχεί σε χαλαρές δραστηριότητες εντός του κτηρίου, όπως για παράδειγμα διάβασμα [35].

Δεδομένου πως το συγκεκριμένο μοντέλο θερμικής άνεσης, βασίζεται πλήρως στην ψύξη μέσω φυσικού αερισμού με τη χρήση των παραθύρων, αυτό συνεπάγεται, πως η θερμική άνεση των ανθρώπων εσωτερικά, εξαρτάται εν μέρει από τις εξωτερικές συνθήκες, επομένως η ζώνη θερμικής άνεσης είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή ενός κτηρίου, που χρησιμοποιεί αποκλειστικά σύστημα κεντρικού εξαερισμού και κλιματισμού, χωρίς τη δυνατότητα χρήσης των παραθύρων για αερισμό (επομένως και άλλου μοντέλου θερμικής άνεσης κατά τη βιοκλιματική ανάλυση) [35].

Για το συγκεκριμένο μοντέλο, είναι εύκολα αντιληπτό, πως κατά τον αερισμό των χώρων, ενώ τα σημεία που απεικονίζονται στο χάρτη αφορούν συνθήκες εξωτερικού αέρα, σχετίζονται άμεσα με τις συνθήκες εσωτερικού αέρα. Οι εσωτερικά αποδεκτές θερμοκρασίες σε συνάρτηση με τις εξωτερικές συνθήκες, φαίνονται στο διάγραμμα 6.14 [35]. Το διάγραμμα αυτό, αφορά μόνο φυσικά αεριζόμενους χώρους [35].

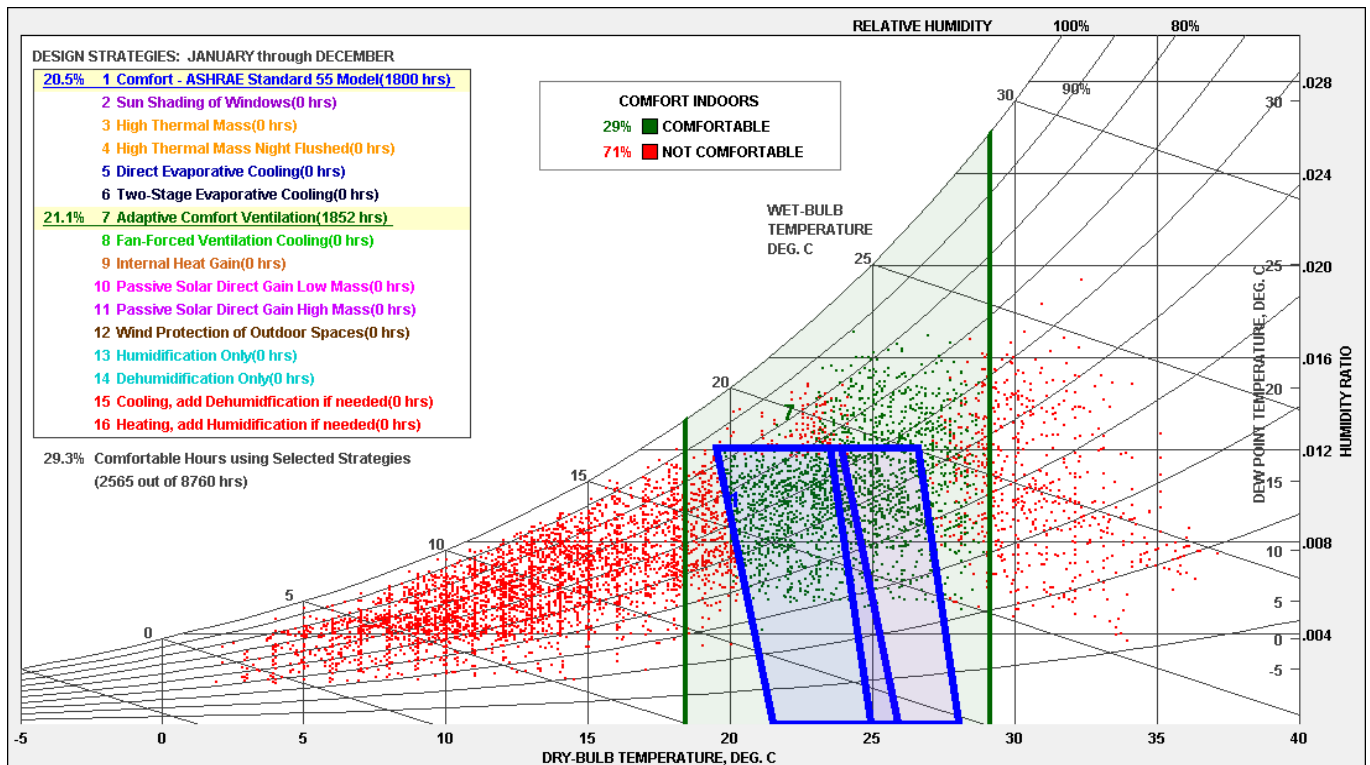


Διάγραμμα 6.14 Θερμικά αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών, για φυσικά αεριζόμενους χώρους [26]

Στο διάγραμμα 6.15 φαίνεται ο ψυχομετρικός χάρτης, με οριοθετημένη την περιοχή θερμική άνεσης, σύμφωνα με το προσαρμοστικό μοντέλο ASHRAE 55-2010. Όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα 6.15, με τη χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου θερμικής άνεσης, προκύπτουν δυο οριοθετημένες περιοχές, που μαζί αποτελούν τη ζώνη θερμικής άνεσης. Η μπλε οριοθετημένη περιοχή, αφορά τη ζώνη θερμικής άνεσης δίχως τη χρήση καμίας προσθήκης στην κατασκευή και χωρίς τη χρήση του φυσικού αερισμού.

Σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Η μπλε οριοθετημένη περιοχή, συνεργάζεται με την πράσινα οριοθετημένη περιοχή, η οποία αφορά το φυσικό αερισμό των εσωτερικών χώρων και υποδεικνύει τα όρια στα οποία αυτός λειτουργεί αποτελεσματικά. Ο αερισμός των χώρων, λαμβάνεται υποχρεωτικά υπόψη στη ζώνη θερμικής άνεσης, στα πλαίσια του προσαρμοστικού μοντέλου, και στην αρχική υπόθεση που γίνεται από αυτό, πως ο αερισμός θα χρησιμοποιείται, προκειμένου να προσαρμόζονται θερμικά οι άνθρωποι στους εσωτερικούς χώρους [35].



Διάγραμμα 6.15 Climate consultant 6.0- Βιοκλιματικό διάγραμμα Givoni με οριοθετημένη την περιοχή άνεσης [35]

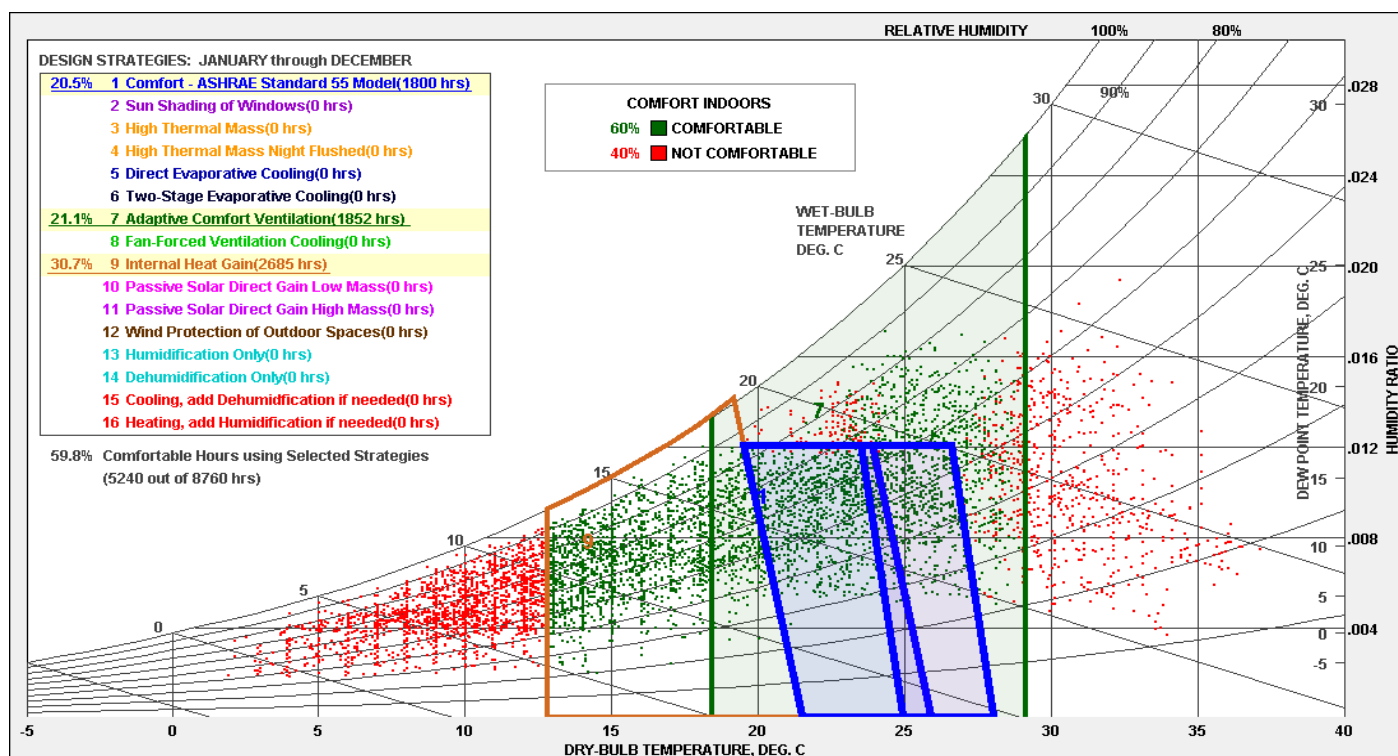
Στον πίνακα 6.3 φαίνονται όλες οι τεχνικές σχεδιασμού που αναλύει το climate consultant 6.0.

A/A	Design Strategies	Κατασκευαστικές Στρατηγικές
1	Comfort - ASHRAE Standard 55 Model	Ζώνη άνεσης-Πρότυπο θερμικής άνεσης ASHRAE 55
2	Sun Shading of Windows	Σκίαση ανοιγμάτων
3	High Thermal Mass	Μεγάλη θερμική μάζα δομικών στοιχείων
4	High Thermal Mass Night Flushed	Μεγάλη θερμική μάζα δομικών στοιχείων σε συνδιασμό με νυκτερινό αερισμό
5	Direct Evaporative Cooling	Ψύξη μέσω εξάτμισης
6	Two-Stage Evaporative Cooling	Ψύξη μέσω εξάτμισης 2 στάδιων
7	Adaptive Comfort Ventilation	Φυσικός αερισμός-δρροισμός
8	Fan-Forced Ventilation Cooling	Αερισμός-δρροισμός με ανεμιστήρα
9	Internal Heat Gain	Εσωτερικά θερμικά κέρδη
10	Passive Solar Direct Gain Low Mass	Παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους με χαμηλή θερμική μάζα δομικών στοιχείων
11	Passive Solar Direct Gain High Mass	Παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους με υψηλή θερμική μάζα δομικών στοιχείων
12	Wind Protection of Outdoor Spaces	Ανεμοπροστασία εξωτερικών χώρων
13	Humidification Only	Υγροποίηση εσωτερικού αέρα
14	Dehumidification Only	Αφύγραση εσωτερικού αέρα
15	Cooling, add Dehumidification if needed	Ψύξη/Αφύγραση με μηχανικά μέσα
16	Heating, add Humidification if needed	Θέρμανση/Υγροποίηση με μηχανικά μέσα

Πίνακας 6.3 Τεχνικές σχεδιασμού που αναλύει το climate consultant 6.0 [35]

Σε αυτό το στάδιο που δεν έχει επιλεχθεί καμία τεχνική βιοκλιματικού σχεδιασμού κυριαρχούν συνθήκες θερμικής άνεσης μόνο το 29% των ωρών του έτους ή αλλιώς 2565 ώρες [35]. Παρουσιάζεται σε αυτό το σημείο πως μεταβάλλονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης, καθώς προστίθενται περισσότερες τεχνικές σχεδιασμού στην κατασκευή.

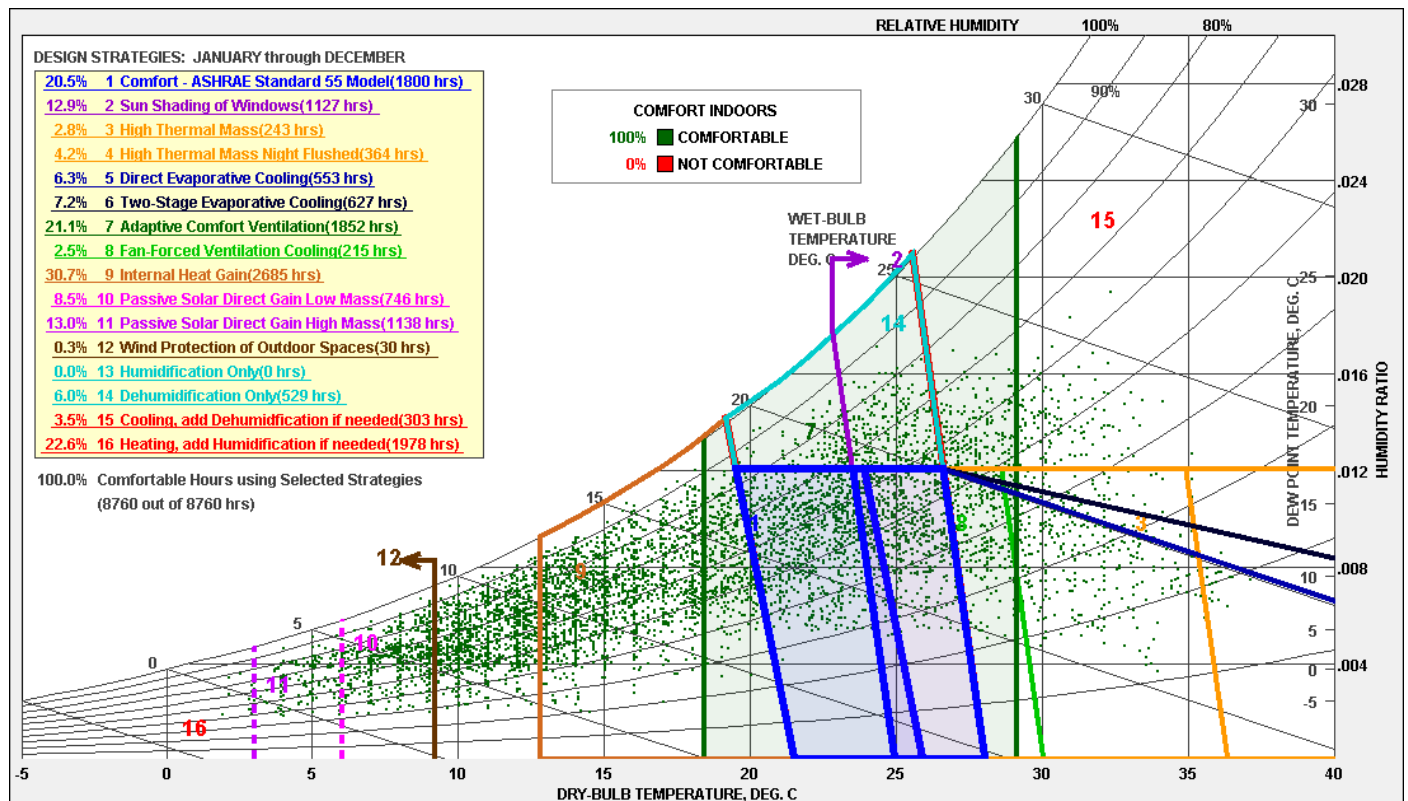
Αρχικά, επιλέγονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη στις στρατηγικές σχεδιασμού, τα οποία, αφενός αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ζωής εντός του κτηρίου, αφετέρου αφορούν τη θέρμανση των χώρων και γενικότερα περιόδους, όπου δεν γίνεται φυσικός αερισμός για δροσισμό των χώρων. Παρατηρείται από το διάγραμμα 6.16 πως τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους και τις συσκευές, προσθέτουν ένα μεγάλο ποσοστό ετήσιων ωρών στην κατηγορία των θερμικά άνετων. Συνολικά με τη βοήθεια των εσωτερικών αυτών κερδών και χωρίς καμία άλλη παρέμβαση, επιτυγχάνονται επιπλέον 2685 ώρες θερμικής άνεσης μέσα στο έτος, δηλαδή σχεδόν το 30% του χρόνου [35]. Μέχρι αυτό το σημείο, ουσιαστικά χωρίς καμία κατασκευαστική στρατηγική, επικρατούν συνθήκες θερμικής άνεσης για 5240 ώρες ετήσια, δηλαδή περίπου το 60% του έτους [35].



Διάγραμμα 6.16 Climate consultant 6.0- Επίδραση των εσωτερικών θερμικών κερδών στον συνολικό χρόνο θερμικής άνεσης μέσα στο έτος [35]

Στο διάγραμμα 6.17 παρουσιάζονται οι επιδράσεις όλων των τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και των κλασικών μεθόδων θέρμανσης και ψύξης στις ώρες θερμικής άνεσης. Δίπλα από κάθε τεχνική και μέσα σε παρένθεση φαίνονται οι ώρες θερμικής άνεσης που προσφέρει η καθεμία τεχνική. Τονίζεται πως οι ώρες που αναγράφονται δίπλα σε κάθε τεχνική μπορεί να συμπίπτουν με αντίστοιχες ώρες άλλων τεχνικών. Αυτό γίνεται ευκολότερα κατανοητό αν παρατηρηθούν οι ώρες θερμικής άνεσης στο

βιοκλιματικό διάγραμμα, δηλαδή οι πράσινες τελείες, οι οποίες ανήκουν σε παραπάνω από μία τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αυτός είναι και ο λόγος που το άθροισμα όλων των ωρών κάθε τεχνικής είναι μεγαλύτερο από τις ώρες του έτους. Συνολικά από όλες τις επιλεγθείσες τεχνικές ο χρόνος θερμικής άνεσης μέσα στο έτος φαίνεται κάτω από τις τεχνικές (με γκρι γράμματα σε παρένθεση).



Διάγραμμα 6.17 Climate consultant 6.0- Επίδραση όλων των τεχνικών στο βιοκλιματικό διάγραμμα και τις ώρες θερμικής άνεσης [35]

Όπως ήδη αναφέρθηκε μια κατοικία μηδενικής κατανάλωσης δεν διακρίνεται για τα συστήματα βιοκλιματικού σχεδιασμού της και για αυτόν το λόγο αποφασίζεται τελικά να χρησιμοποιηθούν μόνο οι εξής τεχνολογίες βιοκλιματικού σχεδιασμού, οι οποίες είναι από τις πιο αποδοτικές για το συγκεκριμένο κλίμα, σύμφωνα με την παραπάνω βιοκλιματική ανάλυση:

- **Ηλιοπροστασία στα ανοίγματα**

Γενικότερα στην Ελλάδα όπου ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρείται έντονη ηλιοφάνεια, κρίνεται απαραίτητη η χρήση κατάλληλων σκιάστρων στα ανοίγματα του κτηρίου, προκειμένου να ελαχιστοποιούνται τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι. Ο αντίστοιχος τύπος σκιάστρων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για κάθε περίπτωση προκύπτει από όσα έχουν ειπωθεί στα προηγούμενα κεφάλαια και φυσικά τις κατευθυντήριες που δίνει το λογισμικό climate consultant. Πράγματι σύμφωνα και με την προσομοίωση των κλιματικών δεδομένων του λογισμικού φαίνεται πως τα σκιάστρα (σωστός τύπος και χρήση) προσφέρουν συνθήκες θερμικής άνεσης για επιπλέον 1127 ώρες μέσα στο έτος, δηλαδή σχεδόν το 13% του χρόνου [35].

- **Μεγάλη θερμική μάζα δομικών στοιχείων συνδυασμένη με νυχτερινό αερισμό**

Κατά τους θερινούς μήνες ένα κτήριο στην Αθήνα δέχεται σημαντικά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι το κέλυφος του κτηρίου θα πρέπει να είναι σε θέση να απορροφήσει αυτήν τη θερμότητα και να την προσδώσει στους εσωτερικούς χώρους τη νύχτα, με την κατάλληλη χρονική υστέρηση, όπου τότε με το νυχτερινό αερισμό αυτή να αποβάλλεται. Προκειμένου να συμβεί αυτό, απαιτείται μεγάλη θερμική μάζα δομικών στοιχείων. Αυτή η τεχνική σχεδιασμού έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των ηλεκτρικών φορτίων δροσισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά και της νύχτας. Το climate consultant 6.0 υπολογίζει πως με τη χρήση αυτής της τεχνικής στο σχεδιασμό του κελύφους προκύπτουν επιπλέον 364 ώρες θερμικής άνεσης μέσα στο έτος, δηλαδή το 4,2% του χρόνου [35].

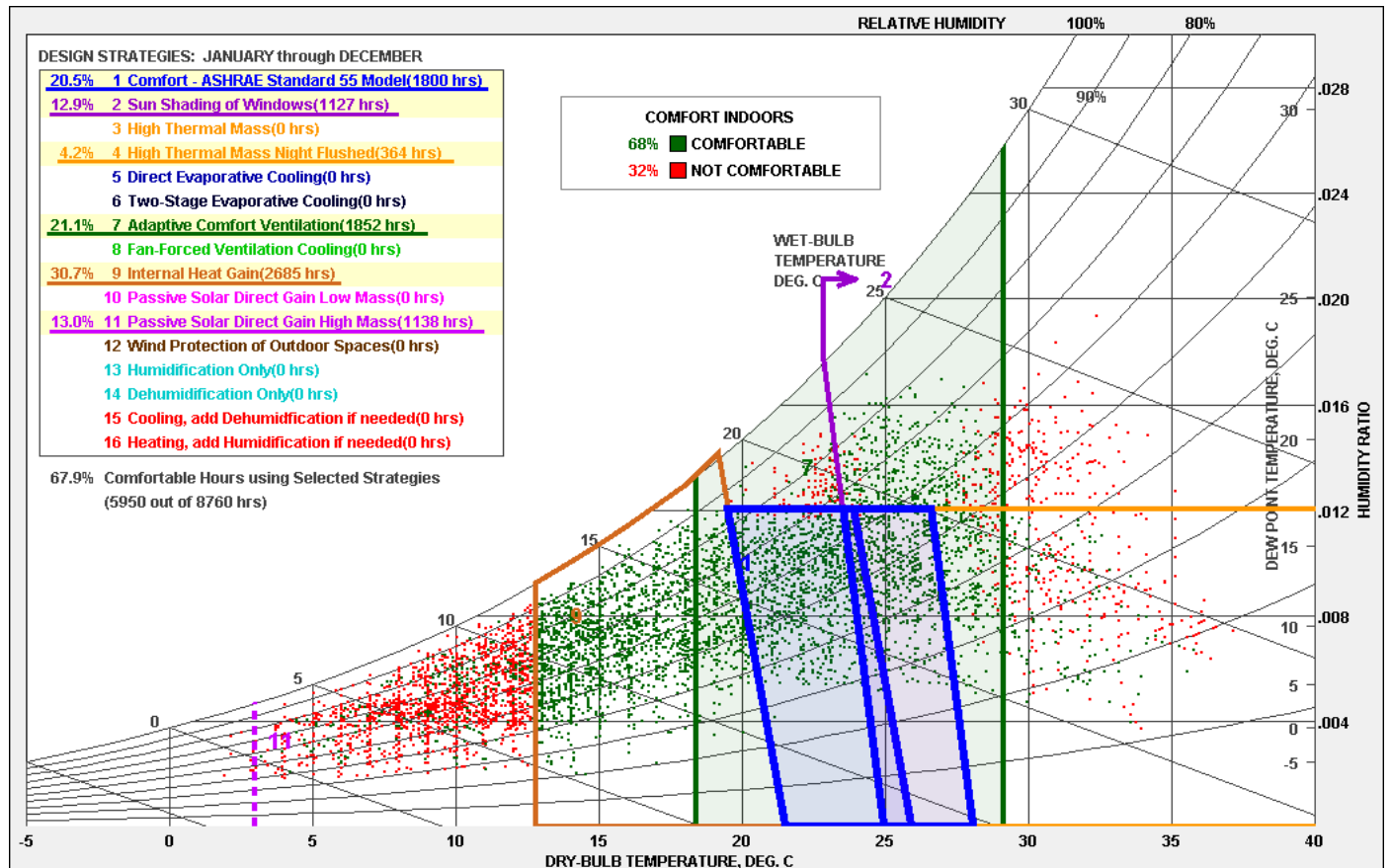
- **Παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους**

Ακόμα και τους χειμερινούς μήνες στην Αθήνα κυριαρχεί για αρκετό χρόνο ηλιοφάνεια, η οποία κρίνεται αναγκαίο να αξιοποιηθεί, προκειμένου να μειώνεται η επιπλέον κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων. Χρησιμοποιώντας τέτοια συστήματα στο σχεδιασμό του κτηρίου επιτυγχάνονται επιπλέον 1138 ώρες θερμικής άνεσης μέσα στο έτος ή σχεδόν το 13% του συνολικού χρόνου. Αυτές είναι οι τεχνολογίες βιοκλιματικού σχεδιασμού που θα χρησιμοποιηθούν στη σχεδιαζόμενη κατασκευή στην Αθήνα [35].

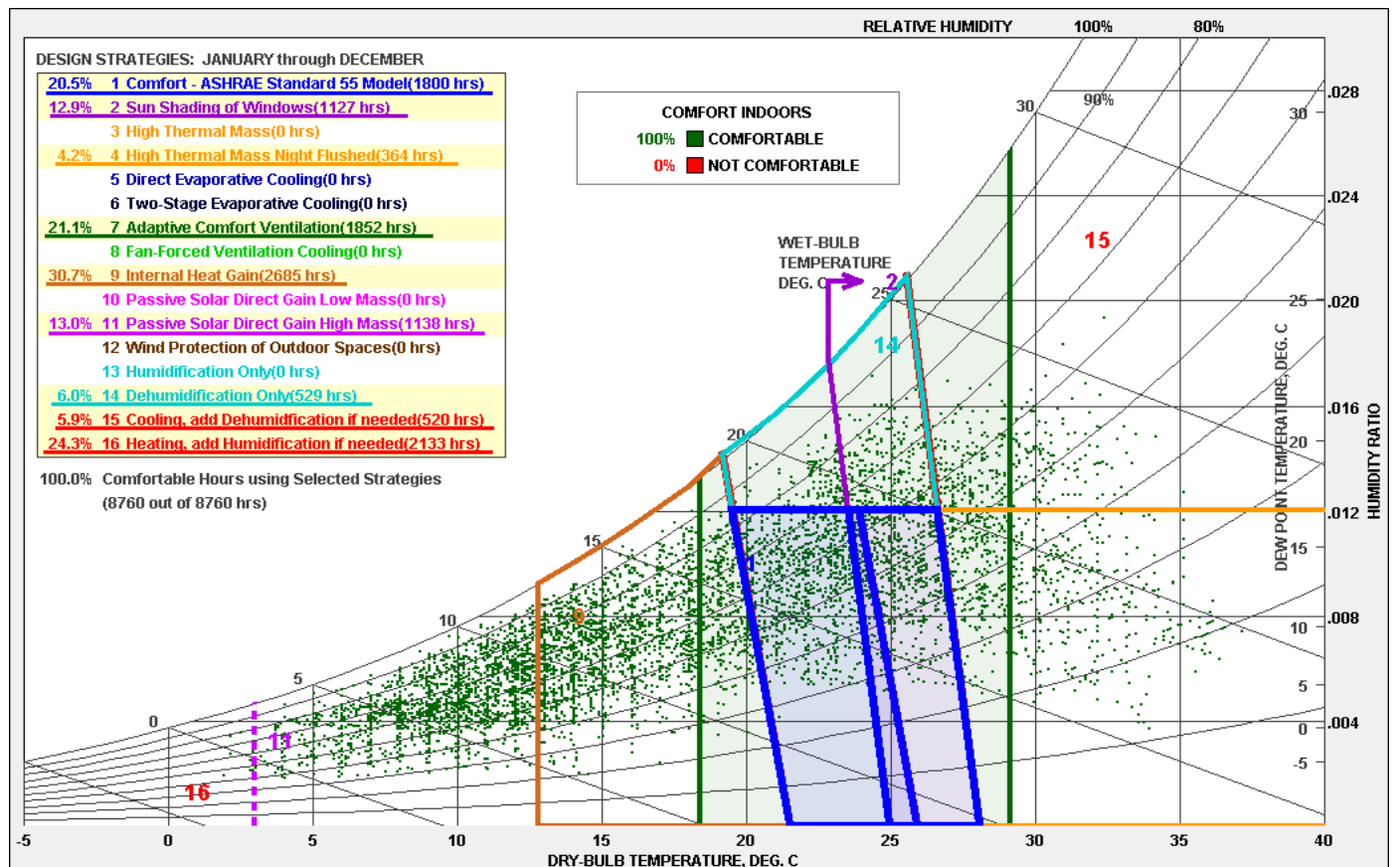
Χρησιμοποιώντας αυτές τις τρεις κατασκευαστικές στρατηγικές, πέρα από το φυσικό αερισμό, που είναι και η βασικότερη για το ελληνικό κλίμα, θα υπάρχουν ετήσια επιπλέον 710 θερμικά άνετες ώρες (περίπου 8% του χρόνου) [35]. Συνολικά, μέχρι αυτό το σημείο, συμπεριλαμβάνοντας και τις τρεις αυτές στρατηγικές, κυριαρχούν συνθήκες θερμικής άνεσης για το 68% του χρόνου, δηλαδή για περίπου 5950 ώρες, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6.18 [35].

Από εκεί και πέρα για την περαιτέρω αύξηση του χρόνου επικράτειας συνθηκών θερμικής άνεσης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν κλασικές ενεργοβόρες τεχνικές κλιματισμού, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6.19. Χρησιμοποιώντας μηχανικά μέσα θέρμανσης και ψύξης-αφύγρανσης επιτυγχάνεται πλέον θερμική άνεση για το 100% του χρόνου. Το climate consultant 6.0 έδωσε κατευθυντήριες για το σχεδιασμό της κατοικίας σύμφωνα με τις τρεις τεχνολογίες βιοκλιματικού σχεδιασμού που επιλέχθηκαν και σύμφωνα με το αντίστοιχο κλίμα της περιοχής, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω.

Οι κατευθυντήριες, αφορούν υλοποιήσιμες κατασκευές, και είναι αυτές που συνδέουν τις “θεωρητικές” κατασκευαστικές στρατηγικές με την πραγματική κατασκευή.



Διάγραμμα 6.18 Climate consultant 6.0- Επίδραση των επιλεγμένων για την κατασκευή τεχνολογιών βιοκλιματικού σχεδιασμού στα επίπεδα θερμικής άνεσης [35]

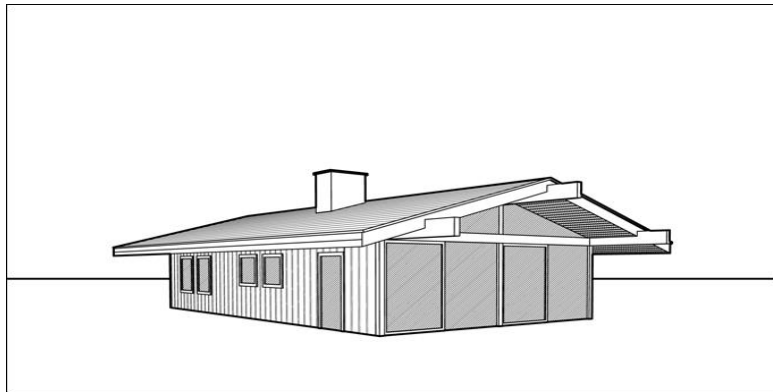


Διάγραμμα 6.19 Climate consultant 6.0- Επίδραση των επιλεγμένων βιοκλιματικών τεχνικών και των κλασικών μεθόδων κλιματισμού στη θερμική άνεση [35]

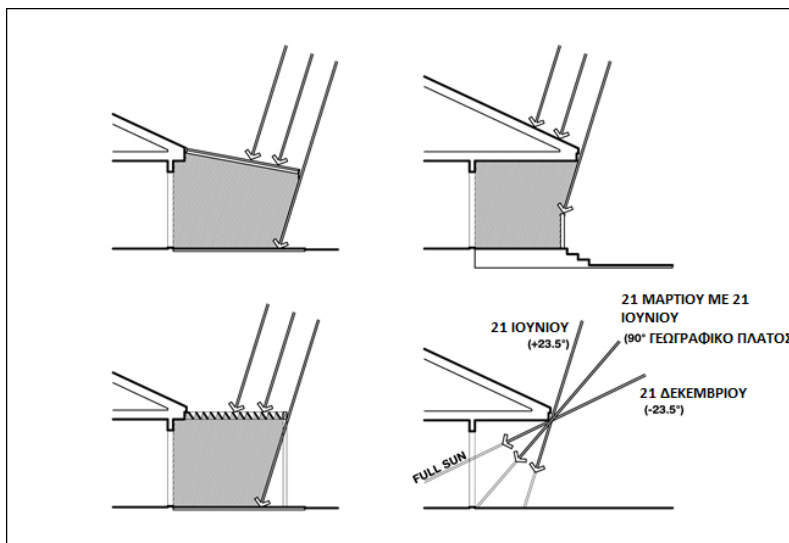
Οι κατευθυντήριες για το σχεδιασμό που έδωσε το climate consultant για το συγκεκριμένο κλίμα:

- Το συγκεκριμένο κλίμα, είναι σχετικά άνετο, οπότε χρειάζεται απλά η σκίαση για αποφυγή υπερθέρμανσης και η αξιοποίηση των ανέμων τους θερινούς μήνες, καθώς και η αξιοποίηση των ηλιακών κερδών τους χειμερινούς.
- Ο σωστός φυσικός αερισμός μπορεί να αποτρέψει σημαντικά φορτία κλιματισμού το καλοκαίρι, γι' αυτό και θα πρέπει τα ανοίγματα, να είναι επαρκώς σκιασμένα και προσανατολισμένα, προς τη διεύθυνση της κυρίαρχης ροής ανέμων.
- Προτείνεται η κατασκευή μακρόστενου κτηρίου, ώστε να διευκολύνεται ο διαμπερής αερισμός.
- Χαμηλή δίριχτη σκεπή με μεγάλες προεξοχές, συμβάλλει αρκετά στη μείωση των φορτίων δροσισμού τους θερινούς μήνες στην Αθήνα. Οι προεξοχές λειτουργούν σαν σκίαστρο, το οποίο επιτρέπει τον ηλιασμό των χώρων τους χειμερινούς μήνες και τον αποτρέπει τους θερινούς (σχήμα 6.1).
- Προκειμένου να υποβοηθείται ο διαμπερής αερισμός, θα πρέπει να τοποθετούνται τα ανοίγματα αντικριστά και μάλιστα τα ανοίγματα από τα οποία θα μπαίνει ο άνεμος να είναι λίγο μεγαλύτερα.
- Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη παίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των φορτίων θέρμανσης, αλλά προκειμένου αυτά να λειτουργούν αποτελεσματικά, θα πρέπει οι χώροι να είναι επαρκώς θερμομονωμένοι.
- Προκειμένου να οδηγούνται οι άνεμοι στα ανοίγματα του κτηρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν φύτευση και εξωτερικά ειδικά σχεδιασμένα δομικά στοιχεία, τα οποία μπορούν να αλλάξουν πορεία στη ροή του ανέμου έως και 45°.
- Για την αποτελεσματική σκίαση, προτείνεται πάνω από τα ανοίγματα να τοποθετούνται προεξοχές, ή και ρυθμιζόμενα σκίαστρα (π.χ. τέντα), όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν να μειωθούν σημαντικά τα ψυκτικά φορτία, ή ακόμα και να μηδενιστούν.
- Για τη μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά τους χειμερινούς μήνες πρέπει τα υαλοστάσια-ανοίγματα της κατασκευής να είναι προσανατολισμένα προς το Νότο. Τα νότια ανοίγματα είναι επίσης εύκολο να σκιασθούν, επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα ούτε τους καλοκαιρινούς μήνες. Παρόλα αυτά θα πρέπει να αποφευχθούν τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα, διότι προκαλούν υπερθέρμανση τους θερινούς μήνες και απαιτούν πολύπλοκα σκίαστρα για την προστασία των αντίστοιχων ανοιγμάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3.
- Προτείνεται η χρήση διπλού υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής (Low emissivity/Low-e) για τα ανατολικά, τα δυτικά και τα βόρεια ανοίγματα, ενώ για τα νότια, προτείνεται η χρήση κλασικού διπλού υαλοπίνακα, προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα ηλιακά θερμικά κέρδη, κατά τη χειμερινή περίοδο.
- Προτείνεται η διαμόρφωση του κτηρίου, τέτοια ώστε ο χειμερινός ήλιος να διεισδύει σε χώρους καθημερινής χρήσης, με συγκεκριμένες λειτουργίες, που συμπίπτουν με τον ηλιακό προσανατολισμό.
- Μέσω του νυκτερινού αερισμού, είτε γίνεται εξαναγκασμένα με τη χρήση ανεμιστήρων, είτε μέσω φυσικού αερισμού, μπορεί να αποθηκευτεί η νυκτερινή "δροσιά" στα δομικά στοιχεία υψηλής θερμικής μάζας, προκειμένου να μειώνονται τα απαιτούμενα φορτία κλιματισμού την ημέρα.
- Τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού στην Αθήνα, είναι πολύ χρήσιμη η ύπαρξη ανεμιστήρα οροφής, ο οποίος μειώνει τη θερμοκρασία που αισθάνεται ο άνθρωπος το λιγότερο κατά 3°C, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.4.

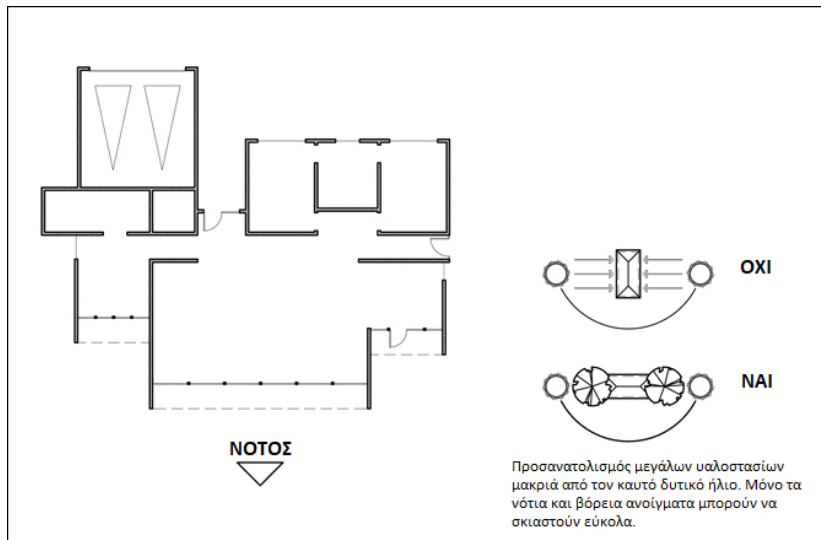
- Κατά τη θερινή περίοδο, η ύπαρξη στεγασμένης βεράντας ή αίθριου, μπορεί να προσφέρει φυσικό δροσισμό στους εσωτερικούς χώρους, μειώνοντας τη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα λόγω της σκίασης.
- Για τους χειμερινούς μήνες στο συγκεκριμένο κλίμα, χρησιμεύει η ύπαρξη ηλιόλουστων εξωτερικών χώρων με ανεμοπροστασία, όπως βεράντες ή κλειστές αυλές.
- Οι σκιασμένοι εξωτερικοί χώροι, οι σωστά προσανατολισμένοι προς τις κυρίαρχες ροές ανέμων, μπορούν να επεκτείνουν τους χώρους διαβίωσης και εργασίας σε ζεστές και υγρές μέρες (σχήμα 6.5).
- Προκειμένου να ενισχύεται ο φυσικός αερισμός, ακόμα και με χαμηλές ταχύτητες αέρα, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό να μεγιστοποιηθεί η υψομετρική διαφορά μεταξύ του ανοίγματος από το οποίο εισέρχεται η κυρίως ροή του αέρα και του ανοίγματος από το οποίο αυτή εξέρχεται. Αυτό σε κτήρια με περισσότερους από έναν ορόφους επιτυγχάνεται με ανοίγματα στο κλιμακοστάσιο ή και με ανοίγματα οροφής, εφόσον αυτό είναι τεχνικά εφικτό, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.6.
- Για το συγκεκριμένο κλίμα, προτείνεται η χρήση δομικών στοιχείων με μεγάλη θερμική μάζα, προκειμένου να αποθηκεύεται σε αυτά θερμότητα από τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα και να συνεισφέρουν στη θερμική αδράνεια το καλοκαίρι, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.7.



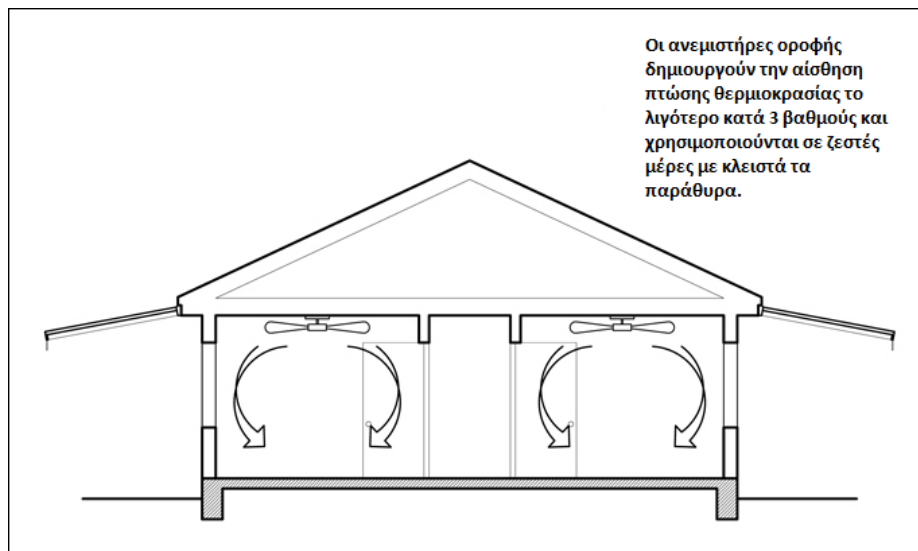
Σχήμα 6.1 Χαμηλή δίριχτη σκεπή με μεγάλες προεξοχές [35]



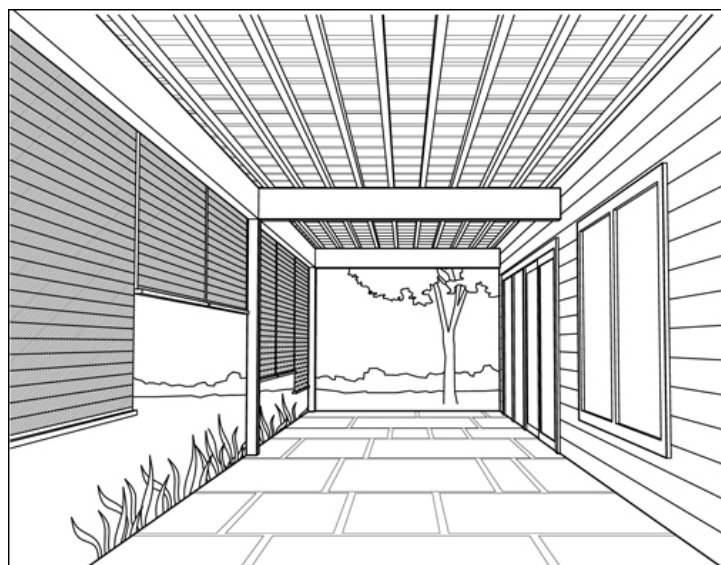
Σχήμα 6.2 Προεξοχές για σκίασμό ανοιγμάτων τους θερινούς μήνες και ηλιασμό εσωτερικών χώρων τους χειμερινούς [35]



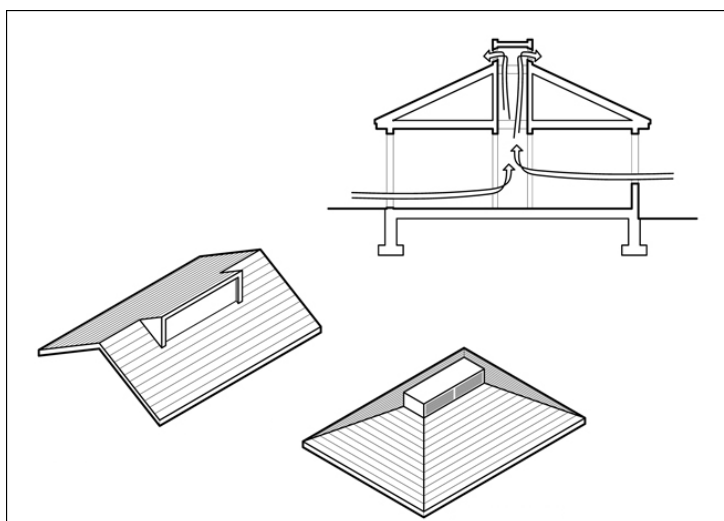
Σχήμα 6.3 Προσανατολισμός ανοιγμάτων στο νότο και αποφυγή ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων [35]



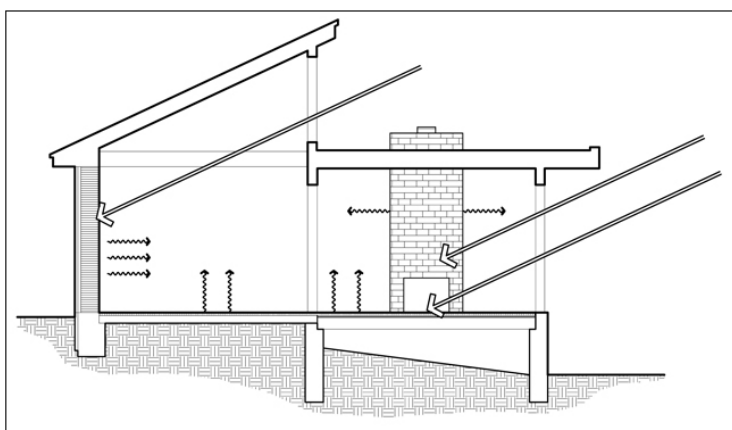
Σχήμα 6.4 Χρήση ανεμιστήρων οροφής [35]



Σχήμα 6.5 Βεράντα με σκέπαστρο [35]



Σχήμα 6.6 Τεχνικές ενίσχυσης φυσικού αερισμού [35]



Σχήμα 6.7 Αποθήκευση θερμότητας από τον ήλιο στα δομικά στοιχεία υψηλής θερμικής μάζας [35]

Αυτές είναι οι κατευθυντήριες που έδωσε το climate consultant 6.0, κατά το πέρας της βιοκλιματικής ανάλυσης και είναι ουσιαστικά οι σημαντικότερες. Στην πραγματικότητα, το επόμενο βήμα, θα ήταν να λάβει υπόψη ο αρχιτέκτονας την παραπάνω ανάλυση, και να σχεδιάσει το κτήριο βάσει αυτής. Στην προκειμένη περίπτωση, θα παρουσιασθεί ένα αρχικό στάδιο του σχεδιασμού, εστιασμένο σε κάποια σημεία κλειδιά, με σκοπό να εξετασθεί η αποτελεσματικότητα ορισμένων τεχνικών. Στην προκειμένη περίπτωση οι βασικοί στόχοι που τέθηκαν, είναι η επαρκής σκίαση των ανοιγμάτων, η υψηλή θερμική μάζα των δομικών στοιχείων και ο σωστός νυχτερινός αερισμός για την αποφόρτιση τους και τέλος τα ηλιακά συστήματα άμεσου κέρδους.

6.3.3 Σχεδιασμός κατοικίας

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιασθεί το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού της μονοκατοικίας ‘‘nzeb’’ και κάποιοι υπολογισμοί βασικών παραμέτρων. Ο σχεδιασμός θα ακολουθήσει τη λογική που δημιούργησαν τα προηγούμενα κεφάλαια (κατευθυντήριες climate consultant, τεχνικές βιοκλιματικού

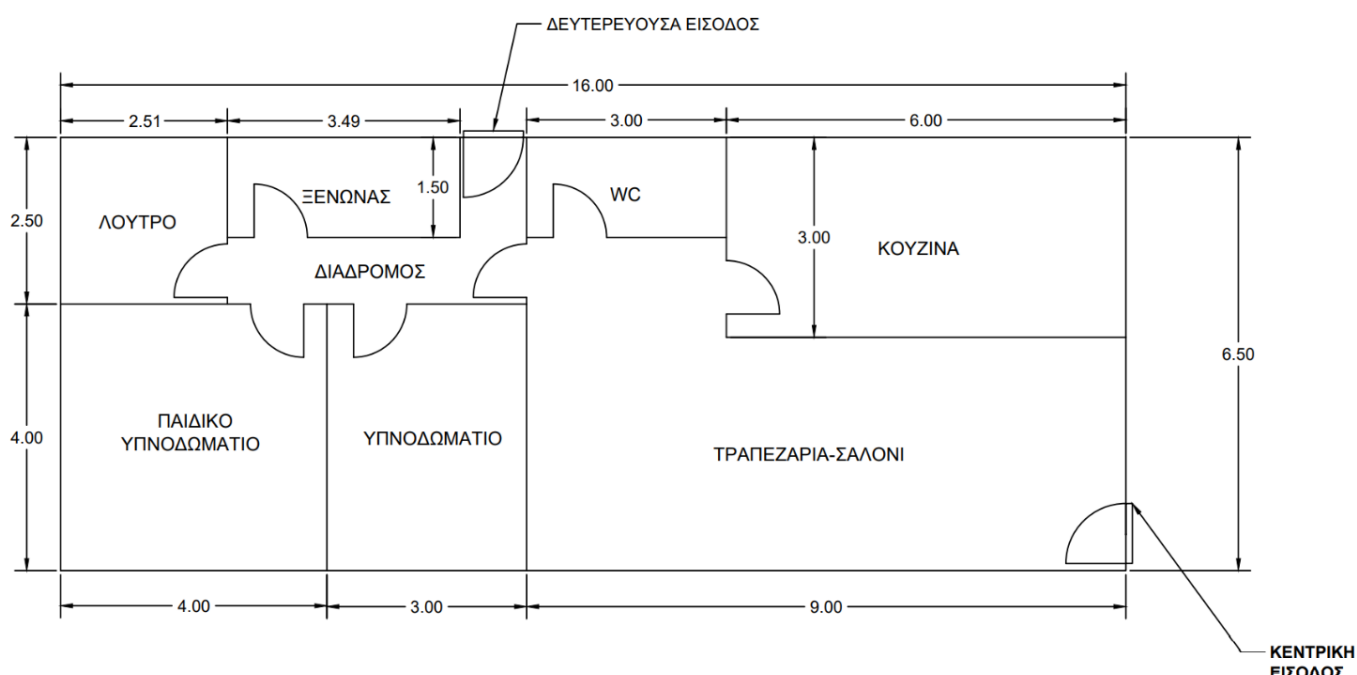
σχεδιασμού κ.α.) στα πλαίσια του γενικότερου αντικειμένου της παρούσης, δηλαδή της ενσωμάτωσης της κατασκευής “nzeb” με το βιοκλιματικό σχεδιασμό.

6.3.3.1 Σχήμα κτηρίου

Το σχήμα του κτηρίου θα είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με διαστάσεις 16m x 6.5m και συνολικά 104m² (σχήμα 6.8). Ο σχεδιασμός αυτός με μικρή διάσταση του ορθογωνίου διευκολύνει σε πολύ μεγάλο βαθμό το φυσικό φωτισμό, αφού όλοι οι χώροι στη συγκεκριμένη κατασκευή δεν έχουν βάθος πάνω από 6 μέτρα, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνεται αρκετά και ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων (και με τη σωστή φυσικά τοποθέτηση ανοιγμάτων). Έτσι με αυτήν τη μέθοδο εξοικονομείται επιπλέον ενέργεια από τη μειωμένη χρήση φωτισμού και ανεμιστήρων εξαερισμού.

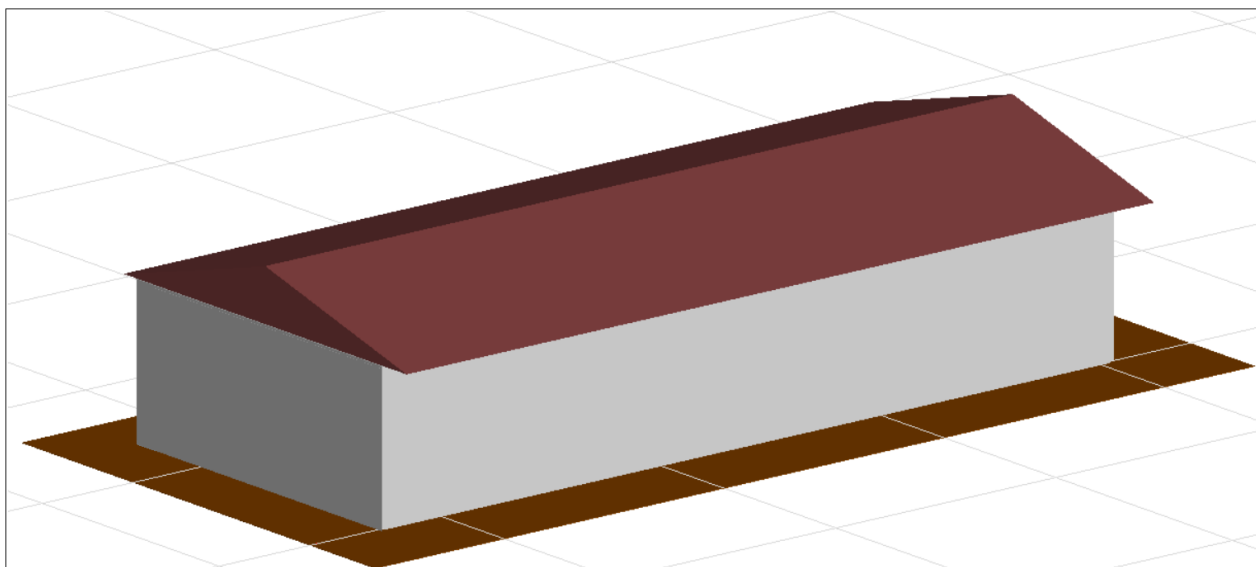
Όπως φαίνεται και από την κάτοψη του κτηρίου στο σχήμα 6.8, αυτό θα είναι μονώροφο και θα αποτελείται από τους εξής χώρους:

- Παιδικό υπνοδωμάτιο
- Υπνοδωμάτιο
- Ξενώνας
- Λουτρό
- WC
- Διάδρομος
- Κουζίνα
- Τραπεζαρία-σαλόνι

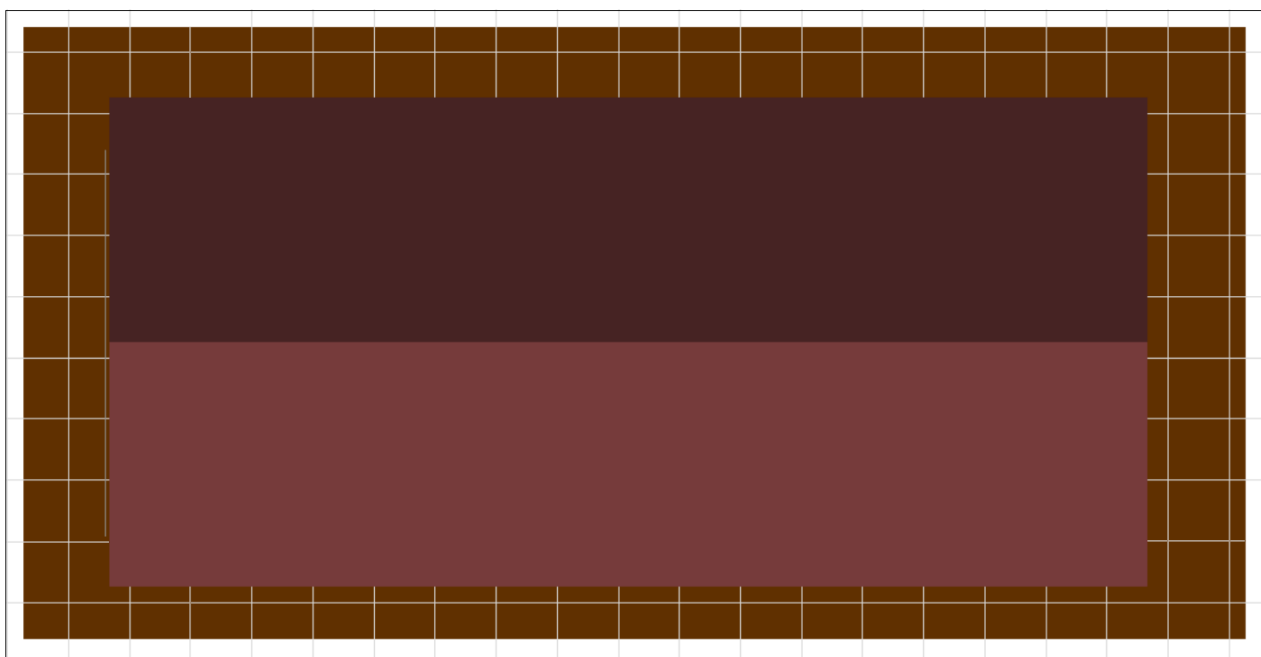


Σχήμα 6.8 Η κάτοψη της σχεδιαζόμενης κατοικίας από πλευράς χώρων

Παρατηρείται, πως ο μόνος χώρος στον οποίο δεν ευνοείται ο φυσικός φωτισμός είναι ο διάδρομος, αλλά δεν λαμβάνεται υπόψη, διότι αυτός, δεν αποτελεί χώρο στον οποίο λαμβάνουν χώρα σημαντικές ανθρώπινες δραστηριότητες. Η κατασκευή θα έχει δίριχτη σκεπή, με κλίση 15°, προσανατολισμό νότο-βορρά και μεγάλες προεξοχές στο νότο, για τη σκίαση των αντίστοιχων ανοιγμάτων.



Σχήμα 6.9 Τρισδιάστατη προεπισκόπηση της κατασκευής. Στο σχήμα φαίνεται η νότια πλευρά της κατασκευής

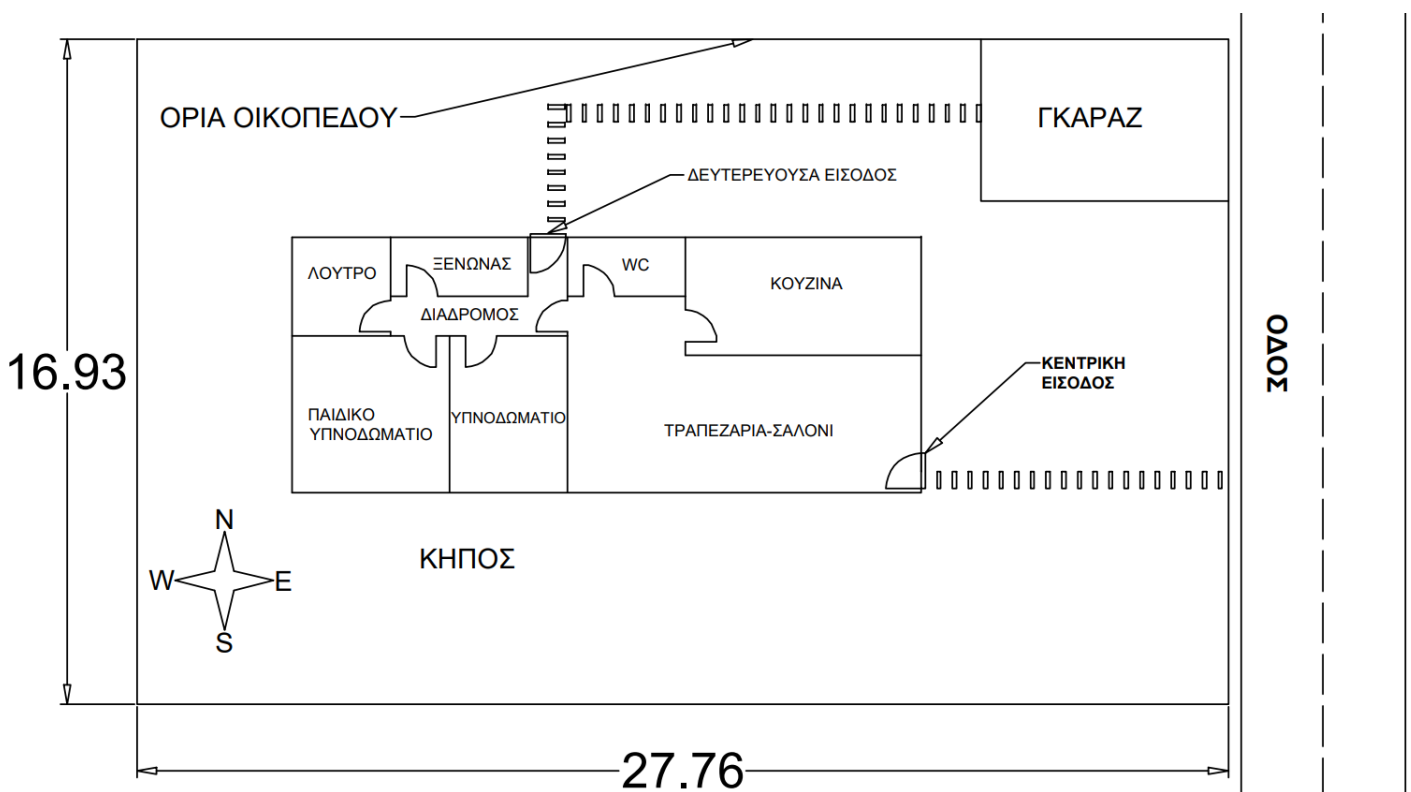


Σχήμα 6.10 Η κάτοψη της κατασκευής σε τρισδιάστατη απεικόνιση

6.3.3.2 Τοποθέτηση κτηρίου στο οικόπεδο

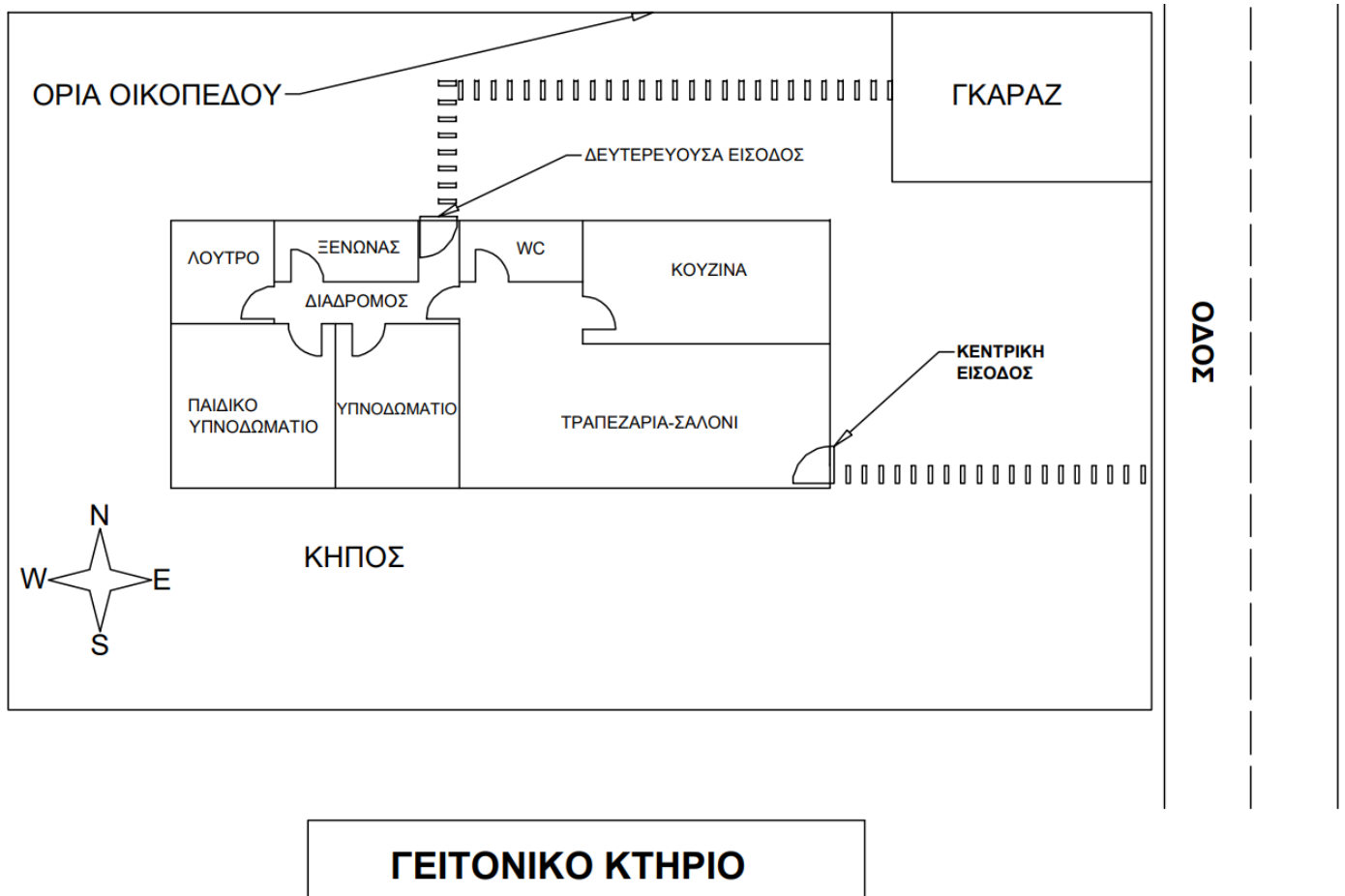
Το σημείο του οικοπέδου που θα τοποθετηθεί η κατασκευή, καθώς και ο προσανατολισμός αυτής, αποτελούν παράγοντες, που μπορούν να επηρεάσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, η κατασκευή θα πρέπει να τοποθετηθεί έτσι, ώστε να μεγιστοποιούνται τα ηλιακά θερμικά κέρδη και να λειτουργούν αποδοτικά, τα συστήματα παθητικής θέρμανσης άμεσου κέρδους.

Στο σχήμα 6.11, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζεται να τοποθετηθεί το κτήριο μέσα στο διαθέσιμο οικόπεδο. Σύμφωνα με όλα όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, η κατασκευή θα τοποθετηθεί με τη μεγάλη της διάσταση παράλληλη στον άξονα ανατολής δύσης. Με αυτόν τον τρόπο, η μία από τις δυο μεγάλες πλευρές του κτηρίου θα δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Επιλέχθηκε η πλευρά στην οποία βρίσκονται τα υπνοδωμάτια και το καθιστικό, διότι αποτελούν χώρους στους οποίους εκτελούνται οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες.



Σχήμα 6.11 Η χωροθέτηση της σχεδιαζόμενης κατοικίας στο οικόπεδο

Στο γειτονικό οικόπεδο που συνορεύει με τη νότια πλευρά του εξεταζόμενου οικοπέδου, υπάρχει ήδη άλλο κτήριο, συνολικού ύψους τεσσάρων μέτρων, σε απόσταση περίπου τριών μέτρων από τα όρια του εξεταζόμενου οικοπέδου, το οποίο προκαλεί σκίαση κατά τη διάρκεια του έτους (σχήμα 6.12). Ο συγκεκριμένος παράγοντας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αναζήτηση του βέλτιστου σημείου τοποθέτησης της εξεταζόμενης κατοικίας.



Σχήμα 6.12 Γειτονικό κτήριο στην νότια πλευρά του οικοπέδου, το οποίο δημιουργεί σκίαση

Ουσιαστικά, αυτό που πρέπει να γίνει, είναι να τοποθετηθεί το σχεδιαζόμενο κτήριο σε τέτοια απόσταση από το εμπόδιο, ώστε να μη σκιάζεται. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν τα ηλιακά διαγράμματα για τη συγκεκριμένη περιοχή.

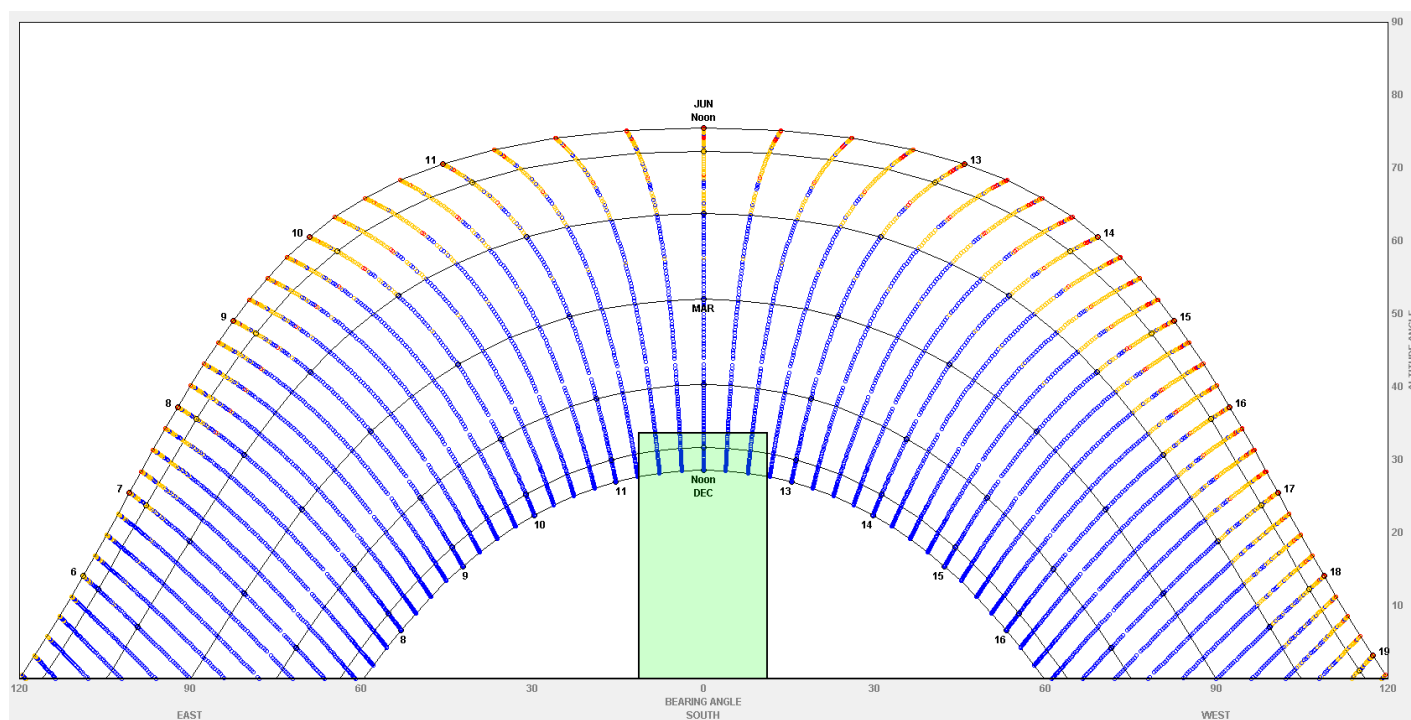
Το ηλιακό διάγραμμα, ή διάγραμμα ηλιακής τροχιάς (ή και ηλιακός χάρτης), είναι η γραφική απεικόνιση της τροχιάς του ηλίου και συνήθως χρησιμοποιείται για μελέτες φυσικού φωτισμού, ή τη μελέτη των σκιάσεων μιας κατασκευής από άλλα εμπόδια. Ο ηλιακός χάρτης, περιέχει το αζιμούθιο (απόκλιση από το νότο) και το ύψος του ηλίου και μέσω αυτών των δυο πληροφοριών, αναπαριστά την ηλιακή τροχιά. Για κάθε μήνα ξεχωριστά, χαράσσεται η ηλιακή τροχιά από την ανατολή έως τη δύση. Στο διάγραμμα υπάρχουν καμπύλες, οι οποίες τέμνουν τις μηνιαίες τροχιές, και αφορούν τις ώρες της ημέρας, που μεσολαβούν από την ανατολή έως τη δύση. Έτσι για κάθε μήνα και ώρα, μπορεί να βρεθεί από το διάγραμμα το αζιμούθιο και το ύψος του ηλίου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι ηλιακοί χάρτες δημιουργήθηκαν από το λογισμικό Climate Consultant 6.0, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική θέση της μελέτης. Στους ηλιακούς χάρτες του Climate Consultant και σε αντίθεση με ένα τυπικό ηλιακό διάγραμμα, ενσωματώνονται στοιχεία για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τη θερμική άνεση.

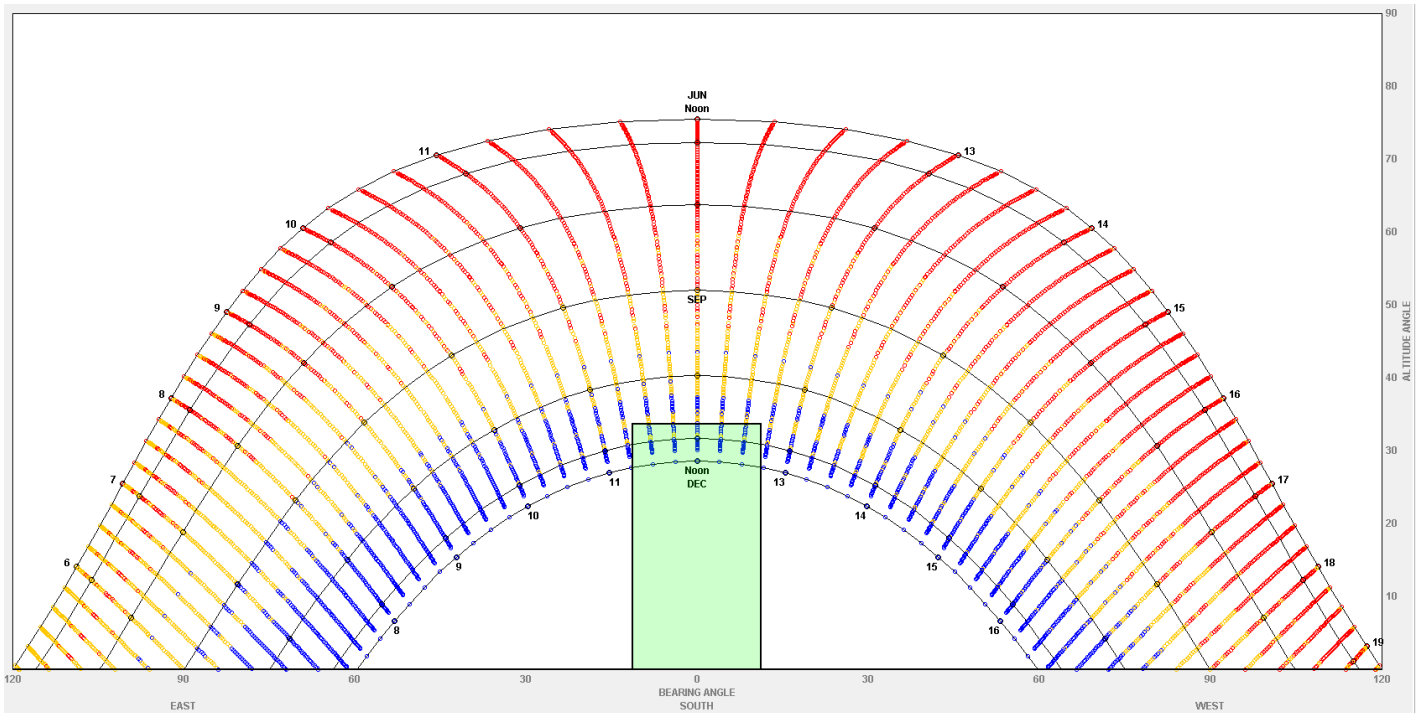
Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση τριών διαφορετικών χρωμάτων (κόκκινο, κίτρινο, μπλε), για την κατηγοριοποίηση των ωρών του έτους που απεικονίζονται στο διάγραμμα, ως προς τη θερμική άνεση. Τα κόκκινα σημεία στο διάγραμμα, υποδεικνύουν συνθήκες εκτός θερμικής άνεσης, όπου η σκίαση είναι απαραίτητη (θερινή περίοδος), τα κίτρινα σημεία αντίστοιχα, υποδεικνύουν συνθήκες θερμικής άνεσης, όπου η σκίαση βοηθά, αλλά δεν είναι απαραίτητη και τέλος τα μπλε σημεία, τα οποία υποδεικνύουν συνθήκες εκτός θερμικής άνεσης, όπου ο ηλιασμός είναι απαραίτητος (χειμερινή περίοδος).

Επιπλέον, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής σκίασης, είτε από σκίαστρα, είτε από εμπόδια και υπολογίζει τις συνολικές ετήσιες ώρες σκίασης, υποδεικνύοντας ταυτόχρονα, ποιες από αυτές τις ώρες είναι απαραίτητη η σκίαση και ποιες όχι. Το Climate Consultant, χρησιμοποιεί ξεχωριστό ηλιακό διάγραμμα για τις περιόδους 21 Δεκεμβρίου-21 Ιουνίου και 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου, σε αντίθεση με ένα τυπικό ηλιακό χάρτη, που απεικονίζει τις τροχιές για τους δώδεκα μήνες σε ένα διάγραμμα.

Αρχικά, γίνεται η παραδοχή, πως η κατασκευή τοποθετείται σε απόσταση έξι μέτρων από το εμπόδιο. Στα διαγράμματα 6.20 και 6.21, φαίνονται οι ηλιακοί χάρτες του συγκεκριμένου σεναρίου. Παρατηρείται, πως από τα τέλη Οκτωβρίου, έως και τα μέσα του Ιανουαρίου, η κατασκευή σκιάζεται περίπου από τις 11:15 έως τις 12:45, ενώ οι συνολικές ώρες ανεπιθύμητης σκίασης της νότιας πλευράς για αυτούς τους τρεις μήνες, υπολογίζονται από το λογισμικό στις 109 ώρες. Δεδομένου του συγκεκριμένου αποτελέσματος, θα πρέπει η κατασκευή να τοποθετηθεί σε μεγαλύτερη των έξι μέτρων απόσταση, προκειμένου να μην σκιάζεται από το εμπόδιο.

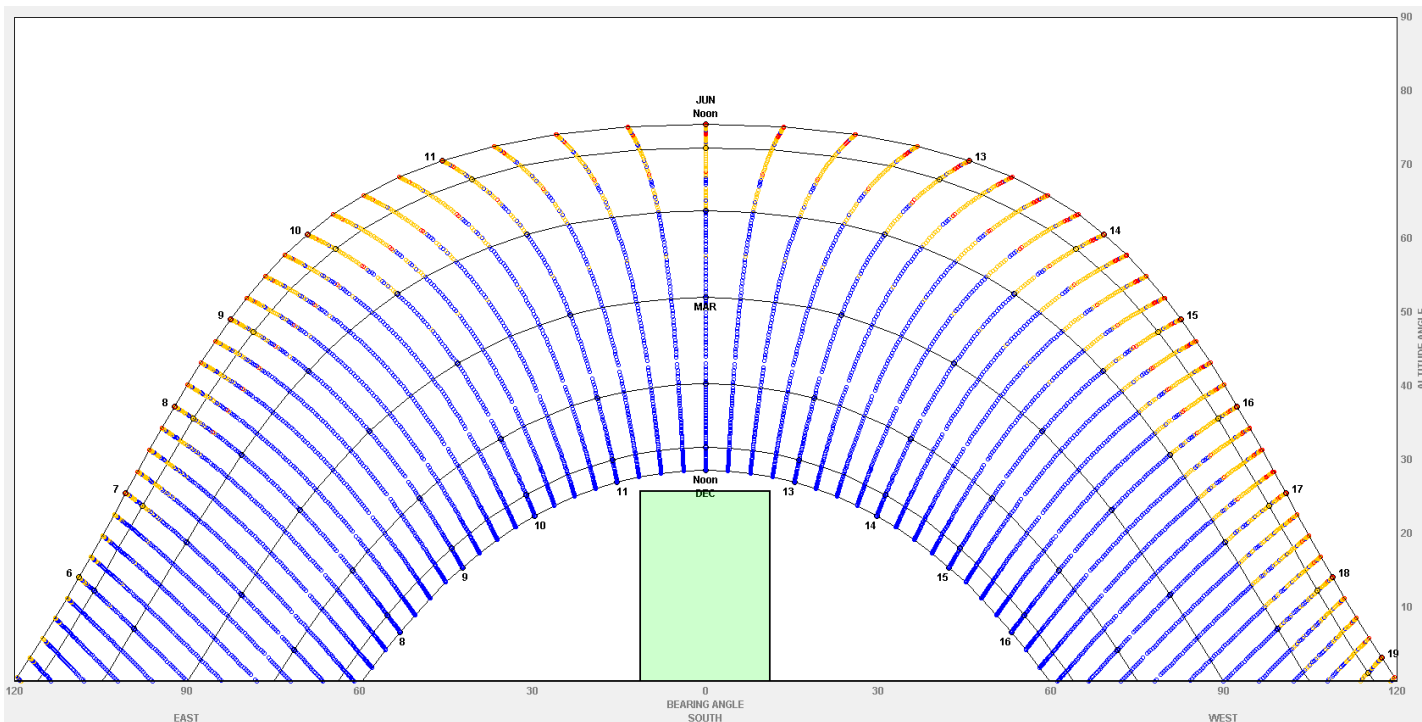


Διάγραμμα 6.20 Ηλιακός χάρτης σεναρίου για την περίοδο 21 Δεκεμβρίου-21 Ιουνίου. Φαίνεται εμπόδιο στον νότο, σε απόσταση 6m από τη σχεδιαζόμενη κατοικία το οποίο προκαλεί σκιάσεις [35]

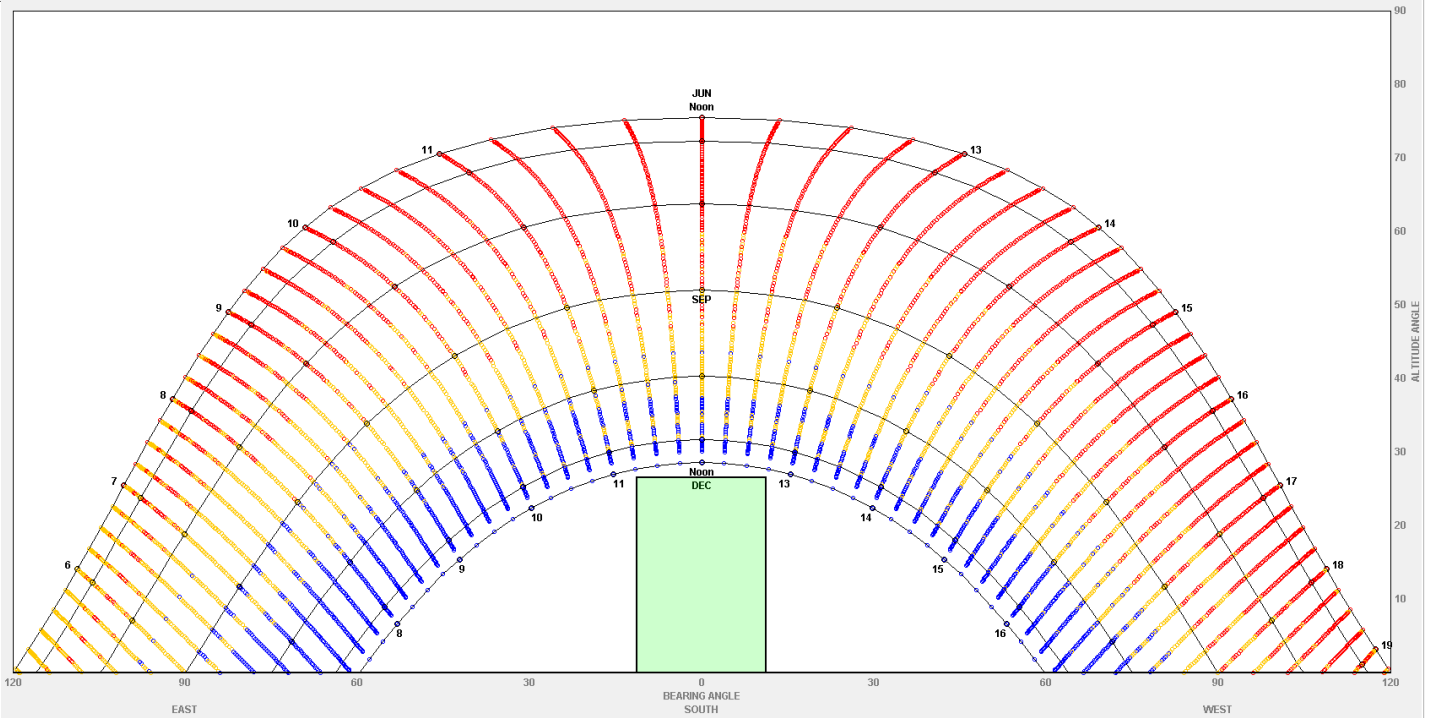


Διάγραμμα 6.21 Ηλιακός χάρτης σεναρίου για την περίοδο 21 Ιουνίου -21 Δεκεμβρίου. Φαίνεται εμπόδιο στον νότο, σε απόσταση 6m από τη σχεδιαζόμενη κατοικία το οποίο προκαλεί σκιάσεις [35]

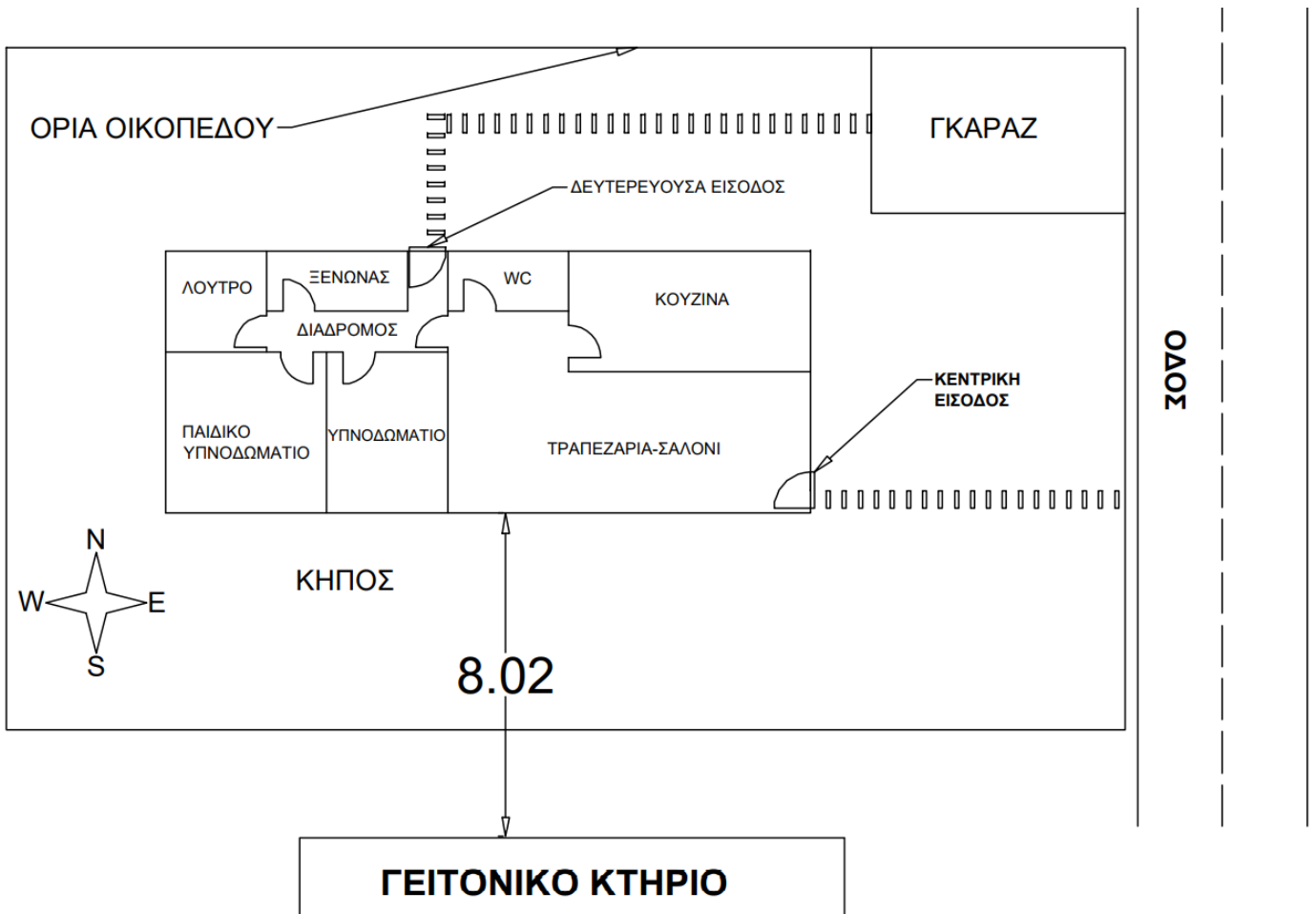
Θεωρείται ξανά, πως η κατασκευή τοποθετείται σε απόσταση 8 μέτρων αυτή τη φορά από το εμπόδιο. Οι ηλιακοί χάρτες για αυτήν την περίπτωση, παρουσιάζονται στα διαγράμματα 6.22 και 6.23. Πλέον, για απόσταση της κατασκευής, ίση με οκτώ μέτρα από το εμπόδιο, δεν υπάρχει σκίαση σε καμία περίοδο του έτους. Η τελική χωροθέτηση παρουσιάζεται στο σχήμα 6.13.



Διάγραμμα 6.22 Ηλιακός χάρτης σεναρίου για την περίοδο 21 Δεκεμβρίου-21 Ιουνίου. Φαίνεται εμπόδιο στον νότο, σε απόσταση 8m από τη σχεδιαζόμενη κατοικία, το οποίο δεν προκαλεί σκιάσεις [35]



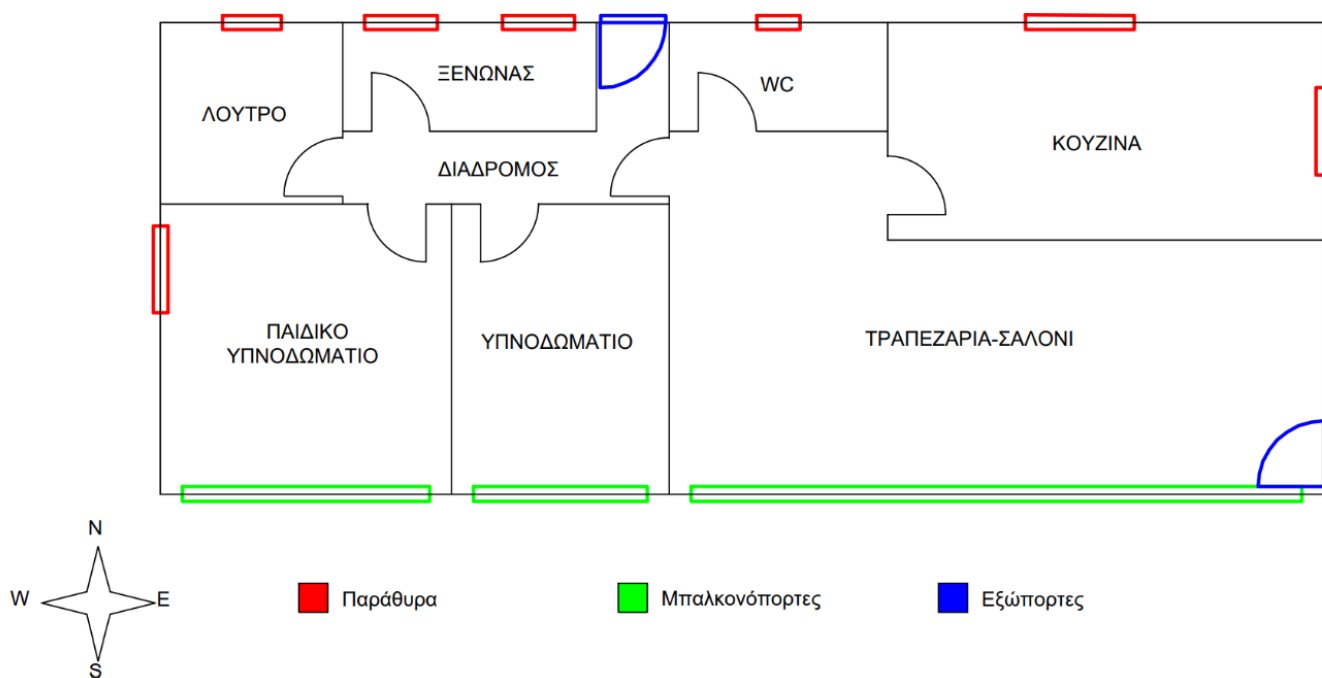
Διάγραμμα 6.23 Ηλιακός χάρτης σεναρίου για την περίοδο 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου. Φαίνεται εμπόδιο στον νότο σε απόσταση 8m από τη σχεδιαζόμενη κατοικία το οποίο δεν προκαλεί σκιάσεις [35]



Σχήμα 6.13 Τελική χωροθέτηση της κατασκευής στο οικοπέδο

6.3.3.3 Σχεδιασμός ανοιγμάτων κτηρίου

Σε αυτό το σημείο θα αναλυθεί ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων, δηλαδή κυρίως τα σημεία τοποθέτησης και μεγέθους. Ο σωστός σχεδιασμός των ανοιγμάτων είναι πολύ σημαντικός για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, σύμφωνα και με όλα όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Στο σχήμα 6.14 φαίνονται όλα τα σημεία της κάτοψης της κατασκευής, που προβλέπεται να τοποθετηθούν ανοίγματα.



Σχήμα 6.14 Η κάτοψη της κατασκευής, στην οποία φαίνονται τα ανοίγματα που σχεδιάζεται να τοποθετηθούν

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, σχεδιάζεται να τοποθετηθούν παράθυρα στη δυτική, ανατολική και βόρεια πλευρά του κτηρίου, ενώ στη νότια πλευρά, σχεδιάζεται να τοποθετηθούν συρόμενες μπαλκονόπορτες. Έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη νότια πλευρά της κατασκευής, η οποία έχει ανοίγματα σχεδόν σε όλο το μήκος της, πράγμα απαραίτητο άλλωστε για τη λειτουργία του συστήματος άμεσου κέρδους από τον ήλιο. Έτσι, το παιδικό υπνοδωμάτιο, το υπνοδωμάτιο και το καθιστικό-σαλόνι, θα δέχονται το χειμώνα τα ηλιακά κέρδη και θα παραμένουν ζεστά, θερμαίνοντας και τους υπόλοιπους χώρους της κατοικίας, ελαχιστοποιώντας επιπλέον την καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση.

Το παιδικό υπνοδωμάτιο, είναι και το πιο ευνοημένο από άποψη φυσικού φωτισμού, διότι έχει και δεύτερο παράθυρο στη δυτική του μεριά, αλλά και το υπνοδωμάτιο έχει πολύ ικανοποιητικό φυσικό φωτισμό, εφόσον το βάθος του είναι μόλις 4 μέτρα. Το καθιστικό-σαλόνι, αν και θα έχει μεγαλύτερο βάθος, θα φωτίζεται ικανοποιητικά από το σχετικά μεγάλο νότιο άνοιγμα. Όλοι οι υπόλοιποι χώροι που βρίσκονται στη βόρεια πλευρά του κτηρίου, φωτίζονται κατά τη διάρκεια της ημέρας με “βορεινό” φως, το οποίο έχει πολύ καλά κατανομημένα τα διάφορα μήκη κύματος και η ένταση του

παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της ημέρας, δημιουργώντας έτσι την αίσθηση της οπτικής άνεσης, παρόλο που είναι χαμηλότερο σε ένταση από το φως που δέχεται ένα νότιο ή ένα δυτικό άνοιγμα.

Για το βέλτιστο φυσικό αερισμό, όλα τα ανοίγματα θα έχουν το ίδιο ύψος, εκτός από αυτά του wc και του λουτρού, τα οποία για ευνόητους λόγους έχουν ειδικό μικρό μέγεθος. Σύμφωνα με τους βασικούς κανόνες για το φυσικό αερισμό θα πρέπει τα ανοίγματα, από τα οποία εισέρχεται η ροή του ανέμου, να βρίσκονται σε διαφορετικό ύψος-επίπεδο από αυτά που εξέρχεται, ώστε να εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. Για αυτόν το λόγο, τα ανοίγματα στη βορινή πλευρά, θα είναι τοποθετημένα ελαφρά ψηλότερα στον τοίχο, ενώ αντίστοιχα στις νότιες μπαλκονόπορτες, ο αέρας μπορεί να εισέρχεται, ή να εξέρχεται και από χαμηλότερο ύψος. Τα ανοίγματα, ουσιαστικά βρίσκονται κατά κύριο λόγο αντικριστά, μερικά στη βορινή και μερικά στη νότια πλευρά της κατασκευής.

Όσο αφορά το μέγεθος των ανοιγμάτων, χρειάζεται αυτό να είναι το κατάλληλο, προκειμένου να επιτελείται σωστά ο σκοπός του ανοίγματος και ταυτόχρονα να παραμείνει το κόστος αγοράς σε φυσιολογικά πλαίσια. Τα βόρεια, τα δυτικά και τα ανατολικά ανοίγματα της κατασκευής, δεδομένου πως χρησιμεύουν μονάχα για τον αερισμό και το φυσικό φωτισμό των χώρων, χωρίς να συνεισφέρουν στην παθητική θέρμανση του κτηρίου, θεωρείται πως θα είναι φυσιολογικού για το χώρο μεγέθους, επομένως δεν χρειάζεται να γίνει κάποια ανάλυση για την εύρεση κατάλληλου μεγέθους. Αντίθετα, τα νότια ανοίγματα, διαμέσου των οποίων διεξάγεται η παθητική θέρμανση, χρειάζεται να είναι μεγαλύτερα αναλογικά με την επιφάνεια του χώρου, επομένως και θα πρέπει να γίνει βασική ανάλυση για την εύρεση του κατάλληλου μεγέθους, ώστε αυτά να είναι ενεργειακά και οικονομικά αποδοτικά.

Παρακάτω, θα παρουσιασθεί η διαδικασία εύρεσης του αποδεκτού μεγέθους των νότιων ανοιγμάτων, με γνώμονα τις θερμικές απολαβές. Πρακτικά, για μεγαλύτερη επιφάνεια ανοίγματος, αντικαθίσταται η τοιχοποιία με υαλοπίνακα. Δεδομένου πως η μονωμένη τοιχοποιία έχει μικρότερο συντελεστή θερμικής διαπερατότητας από τον υαλοπίνακα, όσο μεγαλύτερο άνοιγμα δημιουργείται, τόσο οι θερμικές απολαβές από τον ήλιο θα αυξάνονται, όμως από ένα σημείο και έπειτα, θα υπάρχουν μεγάλες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, λόγω της μεγάλης επιφάνειας υαλοπίνακα. Επομένως, θα πρέπει να βρεθεί ένα αποδεκτό άνοιγμα, που να διατηρεί την ισορροπία μεταξύ των θερμικών απολαβών, των θερμικών απωλειών και του κόστους του κουφώματος.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 6.14, η νότια πλευρά της κατασκευής θα έχει τρία ανοίγματα, τα οποία θα είναι μπαλκονόπορτες. Τα ανοίγματα αυτά, βρίσκονται στην τραπεζαρία, στο υπνοδωμάτιο και στο παιδικό υπνοδωμάτιο. Οι μέγιστες διαστάσεις που θα μπορούσε να έχει το άνοιγμα της τραπεζαρίας, είναι 8,40m x 2,20m με μέγιστη επιφάνεια 18,48m², ενώ οι αντίστοιχες μέγιστες διαστάσεις για το υπνοδωμάτιο είναι 2,40m x 2,20m με μέγιστη επιφάνεια 5,28m² και για το παιδικό υπνοδωμάτιο 3,40m x 2,20m με μέγιστη επιφάνεια 7,28m².

Οι μέγιστες διαστάσεις των ανοιγμάτων, προκύπτουν από το μήκος του τοίχου στο κάθε δωμάτιο αφαιρώντας 0,6m, δηλαδή 30 εκατοστά από τις άκρες των τοίχων. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μέγιστη επιφάνεια που θα μπορούσαν να έχουν τα νότια ανοίγματα συνολικά είναι 31,24m². Παρακάτω, θα βρεθεί για ποιο ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των νότιων ανοιγμάτων προκύπτει αποδεκτή ενεργειακή και οικονομική απόδοση.

Η εξίσωση 2, υπολογίζει τα ηλιακά κέρδη που αξιοποιούνται από τους εσωτερικούς χώρους της κατασκευής, για κάθε μήνα του έτους, δεδομένων νότιων ανοιγμάτων ορισμένης επιφάνειας, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες θερμότητάς που θα έχει ο χώρος, εξαιτίας των εξεταζόμενων νότιων ανοιγμάτων. Η εξίσωση αυτή υπολογίστηκε 60 φορές για ποσοστό από 10 έως 100% του μέγιστου συνολικού νότιου ανοίγματος και για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο.

Δεδομένου πως τα νότια ανοίγματα θα σκιάζονται τους θερινούς μήνες, όπως θα παρουσιασθεί σε επόμενη υποπαράγραφο του κεφαλαίου, οι μήνες που λήφθηκαν υπόψη στους υπολογισμούς, είναι αυτοί κατά τους οποίους τα νότια ανοίγματα δεν σκιάζονται και έχει νόημα η παθητική θέρμανση. Έτσι, υπολογίζονται τελικά 60 τιμές του ενεργειακού οφέλους ΔE_θ, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 6.4 και είναι σε kWh.

$$\Delta E_{\theta_{i,x}} = \eta_{G_{i,x}} * I_i * A_x * SHGF - \Delta A_x (U_{wind} - U_{wall}) * HDD_i \quad (\text{kWh}) \quad \text{Εξίσωση 2}$$

Όπου:

- $\eta_{G_{i,x}}$: Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακών κερδών
- I_i : Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του τοίχου (MJ/m²) (Από πίνακα 6.5)
- A_x : Το εκάστοτε εμβαδό του νότιου ανοίγματος (m²)
- SHGF: Solar heat gain factor – Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών
- ΔA_x : Εκάστοτε εμβαδό ανοίγματος (m²)
- U_{wind} : Συντελεστής θερμοπερατότητας παραθύρου (W/m². K)
- U_{wall} : Συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου (W/m². K)
- HDD_i : Βαθμοημέρες θέρμανσης κάθε μήνα
- i : οι μήνες Ιανουάριος-Απρίλιος και Νοέμβριος-Δεκέμβριος
- x : Ποσοστό ανοίγματος από 10% έως 100%

Μήνας	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Ιανουάριος	153	282	373	439	488	528	560	587	611	632
Φεβρουάριος	157	279	360	417	459	492	519	542	562	579
Μάρτιος	175	292	363	410	446	474	497	517	534	550
Απρίλιος	121	153	167	175	180	185	188	190	193	195
Νοέμβριος	152	202	226	242	253	262	270	277	283	289
Δεκέμβριος	155	272	350	403	444	476	502	525	545	563

Πίνακας 6.4 Ενεργειακό όφελος ΔE_{θ} σε kWh για κάθε μήνα της περιόδου θέρμανσης και κάθε ποσοστό ανοίγματος

Μήνας	Ιολικό (MJ/m ² .Day)
Ιανουάριος	9,44
Φεβρουάριος	10,55
Μάρτιος	10,43
Απρίλιος	10,44
Μάιος	9,77
Ιούνιος	9,25
Ιούλιος	9,80
Αύγουστος	11,53
Σεπτέμβριος	12,80
Οκτώβριος	12,22
Νοέμβριος	11,59
Δεκέμβριος	9,25

Πίνακας 6.5 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του νότιου τοίχου (90° κλίση, 0° αζιμούθιο) [36]

Οι βαθμομέρες θέρμανσης, υπολογίστηκαν σύμφωνα με την πηγή [37] για τα κλιματολογικά δεδομένα του Ελληνικού, λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή ακτινοβολία και τις ταχύτητες και διευθύνσεις ανέμων στα επίπεδα των επιφανειών της κατασκευής. Ο SHGF θεωρήθηκε εμπειρικά ίσως με 0,71 και $U_{wind}=2W/m^2.K$, $U_{wall}=0,26W/m^2.K$ (από παράγραφο 6.3.3.5.3). Για τον υπολογισμό του συντελεστή αξιοποίησης των ηλιακών κερδών η_g χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

$$\eta_{g_{i,x}} = 1 - \exp \left\{ -K_G * \frac{Q_{L_{i,x}}}{Q_{G_{i,x}}} \right\} \quad \text{Εξίσωση 3}$$

Όπου:

- K_G : Σταθερά παλινδρόμησης
- $Q_{L_{i,x}}$: Απώλειες χώρου σε W
- $Q_{G_{i,x}}$: Ηλιακά κέρδη χώρου σε W
- i : οι μήνες Ιανουάριος-Απρίλιος και Νοέμβριος-Δεκέμβριος
- x : Ποσοστό ανοίγματος από 10% έως 100%

Αντίστοιχα, οι απώλειες των χώρων υπολογίστηκαν από την εξίσωση:

$$Q_{L_{i,x}} = TLC_x * (T_{in} - T_{out_i}) \quad (W) \quad \underline{\text{Εξίσωση 4}}$$

Όπου T_{in} η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου, η οποία θεωρήθηκε 18°C και T_{out} η μέση μηνιαία θερμοκρασία εξωτερικού αέρα για την περιοχή του Ελληνικού, από τον πίνακα 6.1 των κλιματολογικών δεδομένων. Ο TLC, είναι ο συντελεστής απωλειών χώρου σε W/K και δίνεται από την εξίσωση:

$$TLC_x = \sum_j (U_j * A_j) + \frac{1}{3} * N * V \quad (W/K) \quad \underline{\text{Εξίσωση 5}}$$

Όπου:

- U_j : Συντελεστής θερμοπερατότητας επιφάνειας ($\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$)
- A_j : Εμβαδό επιφάνειας (m^2)
- N : Αριθμός αερισμών χώρου ανά ώρα (ACH)
- V : όγκος χώρου (m^3)
- x : Ποσοστό ανοίγματος από 10% έως 100%

Στην προκειμένη περίπτωση, τα U_j και A_j αφορούν όλες τις επιφάνειες της κατοικίας που ανταλλάσσουν θερμότητα με το εξωτερικό περιβάλλον, καθώς έχει γίνει η παραδοχή, πως όλοι οι χώροι θα επωφελούνται θερμικά από την εισερχόμενη θερμότητα των νότιων ανοιγμάτων της τραπεζαρίας, του υπνοδωματίου και του παιδικού υπνοδωματίου (ανοιχτές πόρτες ως επί το πλείστον, επικοινωνία χώρων). Υπολογίστηκαν 10 τιμές για το συντελεστή TLC, μια για κάθε ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των νότιων ανοιγμάτων (από 10 έως 100%). Επιπροσθέτως, ο ρυθμός αερισμού του χώρου θεωρήθηκε 0,3 ACH και ο όγκος της κατοικίας προκύπτει από τις διαστάσεις του σχήματος 6.8 και τις προεξοχές της κεραμοσκεπής που υπολογίζονται στην παράγραφο 6.3.3.4 ‘‘Σκίαση ανοιγμάτων’’. Πιο συγκεκριμένα, ο όγκος της κατασκευής συμπεριλαμβάνει και τον όγκο της κεραμοσκεπής, χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνει τον όγκο της κεραμοσκεπής που δημιουργείται λόγω των προεξοχών σκίασης (συμπεριλαμβάνει μέχρι το σημείο τομής της προέκτασης των δυο εξωτερικών τοίχων που έχουν απόσταση ανάμεσα τους 6,5m, με την κεραμοσκεπή). Επιπλέον έχει ληφθεί υπόψη και αφαιρεθεί από τους υπολογισμούς ο όγκος των εσωτερικών τοίχων, οι οποίοι θεωρείται πως έχουν πάχος 20 εκατοστά.

Αντίστοιχα τώρα για τα ηλιακά κέρδη, η εξίσωση υπολογισμού είναι η εξής:

$$Q_{G_{i,x}} = I_i * A_x * SHGF \quad (W) \quad \underline{\text{Εξίσωση 6}}$$

Όπου:

- I_i : Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του τοίχου (MJ/m^2) (Από πίνακα 6.5)
- A_x : το εμβαδό του ανοίγματος (m^2)
- SHGF: Solar heat gain factor – Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών
- x : Ποσοστό ανοίγματος από 10% έως 100%

Έχοντας υπολογίσει το ενεργειακό όφελος ΔE_{θ} σε KWh υπολογίζεται η εξοικονόμηση δαπανών ΔE_K από την εξίσωση:

$$\Delta E_{K_{i,x}} = \frac{\Delta E_{\theta_{i,x}}}{COP_H} * C_e \quad (\text{€}) \quad \text{Εξίσωση 7}$$

Το COP_H (Coefficient Of Performance-Απόδοση ψυκτικής συσκευής για θέρμανση) υπολογίστηκε για κάθε μήνα, από τις χαρακτηριστικές της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί (διάγραμμα 6.31 και 6.32), σύμφωνα με τη μέση θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος (πίνακας 6.1), ενώ το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε σύμφωνα με το οικιακό τιμολόγιο Γ1 της Δ.Ε.Η, όπου και τελικά το κόστος ανά κιλοβατώρα συμπεριλαμβανομένων όλων των χρεώσεων και του ΦΠΑ είναι περίπου 0,23 €/kWh [38]. Όπως και με το ενεργειακό όφελος, έτσι και το οικονομικό όφελος υπολογίστηκε 60 φορές, 10 φορές δηλαδή για καθένα από τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο και φαίνεται στον πίνακα 6.6.

Μήνας	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Ιανουάριος	10	18	24	29	32	34	36	38	40	41
Φεβρουάριος	10	18	23	27	30	32	34	35	37	38
Μάρτιος	11	18	23	26	28	30	31	32	34	35
Απρίλιος	7	9	9	10	10	10	11	11	11	11
Νοέμβριος	9	12	13	14	15	15	16	16	16	17
Δεκέμβριος	10	17	22	25	28	30	32	33	34	36
Σύνολο	57	92	115	131	143	152	159	166	172	177

Πίνακας 6.6 Εξοικονόμηση δαπανών ΔE_K σε € για κάθε μήνα της περιόδου θέρμανσης και κάθε ποσοστό ανοίγματος

Έπειτα, υπολογίστηκε ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου CRF (Capital Recovery Factor) από την εξίσωση:

$$CRF_x = \frac{\sum_i(\Delta E_{K_{i,x}})}{\Delta K_w} \quad \text{Εξίσωση 8}$$

Υπολογίζονται τελικά 10 διαφορετικά CRF, ένα για κάθε ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των νότιων ανοιγμάτων (από 10% μέχρι και 100%).

Όπου :

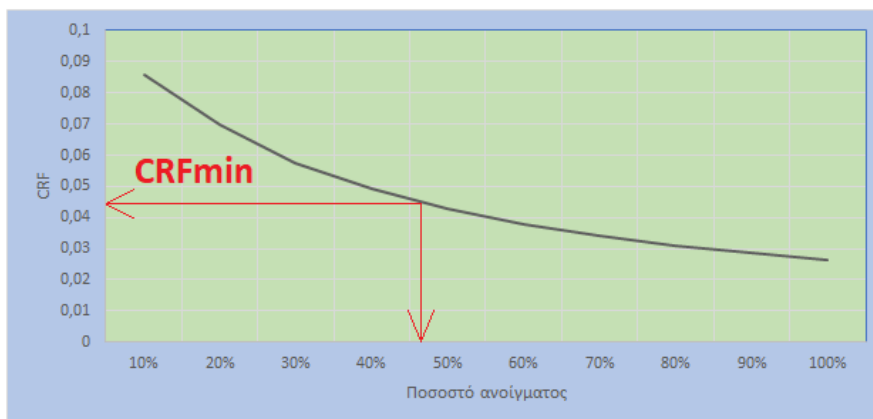
- ΔK_w : κόστος παραθύρου (€)
- x : Ποσοστό ανοίγματος από 10% έως 100%
- i : οι μήνες Ιανουάριος-Απρίλιος και Νοέμβριος-Δεκέμβριος

Το κόστος για συρόμενη μπαλκονόπορτα, έπειτα από σχετική έρευνα στην αγορά βρέθηκε στα 225€/m². Τελικά, δημιουργήθηκε μια γραφική παράσταση του CRF σε σχέση με το ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των νότιων ανοιγμάτων, η οποία φαίνεται στο διάγραμμα 6.24.

Ορίζοντας τώρα ένα ελάχιστο συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου, μπορεί να υπολογισθεί το αποδεκτό ποσοστό ανοίγματος:

$$CRF_{min} = \frac{(1+i_{min})^N * i_{min}}{(1+i_{min})^N - 1} \quad \text{Εξίσωση 9}$$

Όπου i_{min} το ελάχιστο προεξοφλητικό επιτόκιο και N η διάρκεια ζωής της επένδυσης. Στην προκειμένη περίπτωση, λήφθηκε υπόψη $i_{min}=3\%$ και $N=40$ έτη. Ο CRF_{min} προέκυψε ίσως με 0,04326 και μέσω γραμμικής παρεμβολής, βρέθηκε πως το βέλτιστο άνοιγμα, είναι περίπου το 45% του μέγιστου ανοίγματος (31,24m²), δηλαδή περίπου 14m². Δεδομένου πως τα νότια ανοίγματα θα είναι μπαλκονόπορτες, θα έχουν ύψος 2,2m και έτσι το συνολικό μήκος αυτών θα είναι τελικά περίπου 6,35m.



Διάγραμμα 6.24 Γραφική παράσταση CRF σε συνάρτηση με το ποσοστό του μέγιστου ανοίγματος

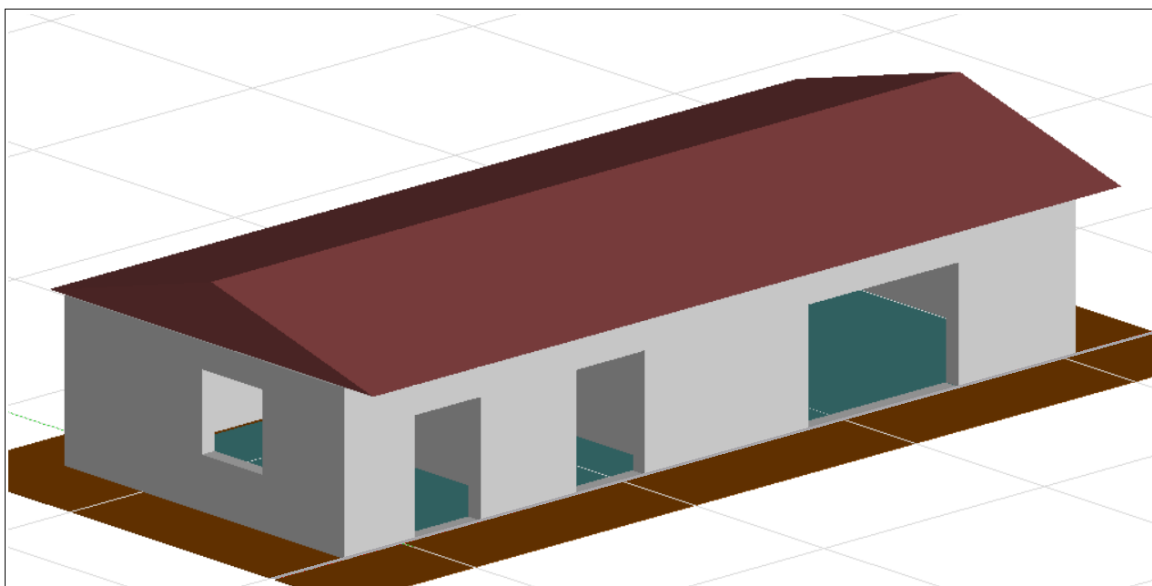
Ποσοστό ανοίγματος	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
CRF	0,08055	0,06575	0,05463	0,04656	0,04058	0,03600	0,03241	0,02952	0,02714	0,02516

Πίνακας 6.7 Πίνακας τιμών CRF συναρτήσεως του ποσοστού του μέγιστου ανοίγματος

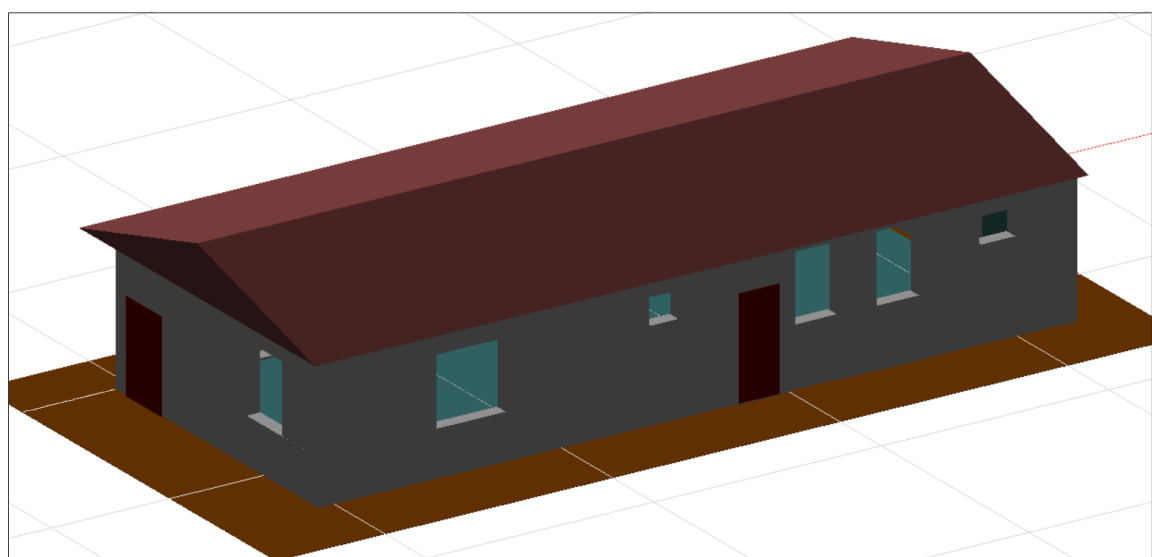
Το μήκος που υπολογίστηκε, αποφασίζεται να διανεμηθεί στα τρία ανοίγματα ως εξής: 1,45m στο άνοιγμα του παιδικού υπνοδωματίου, 1,55m στο άνοιγμα του υπνοδωματίου και 3,35m στο άνοιγμα της τραπεζαρίας. Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι διαστάσεις όλων των ανοιγμάτων που σχεδιάζεται να δημιουργηθούν.

Άνοιγμα	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Απόσταση από σκεπή (m)	Απόσταση από έδαφος (m)
Τραπεζαρία-Νότος	3,35	2,20	0,80	0,00
Υπνοδωμάτιο-Νότος	1,55	2,20	0,80	0,00
Παιδικό υπνοδωμάτιο-Νότος	1,45	2,20	0,80	0,00
Παιδικό υπνοδωμάτιο-Δύση	1,20	1,50	0,50	1,00
Λουτρό-Βορράς	0,80	0,80	0,20	2,00
Ξενώνας-Βορράς	1,00	1,50	0,20	1,30
Ξενώνας-Βορράς	1,00	1,50	0,20	1,30
Εξώπορτα-Βορράς	0,9	2,20	0,80	0,00
WC-Βορράς	0,60	0,60	0,40	2,00
Κουζίνα-Βορράς	1,50	1,50	0,20	1,30
Κουζίνα-Ανατολή	1,20	1,50	0,50	1,00
Εξώπορτα-Ανατολή	0,9	2,20	0,80	0,00

Πίνακας 6.8 Τα χαρακτηριστικά όλων των ανοιγμάτων του κτηρίου



Σχήμα 6.15 Τρισδιάστατη προεπισκόπηση της κατασκευής. Στο σχήμα φαίνεται η νότια πλευρά της κατασκευής με τοποθετημένα τα ανοίγματα

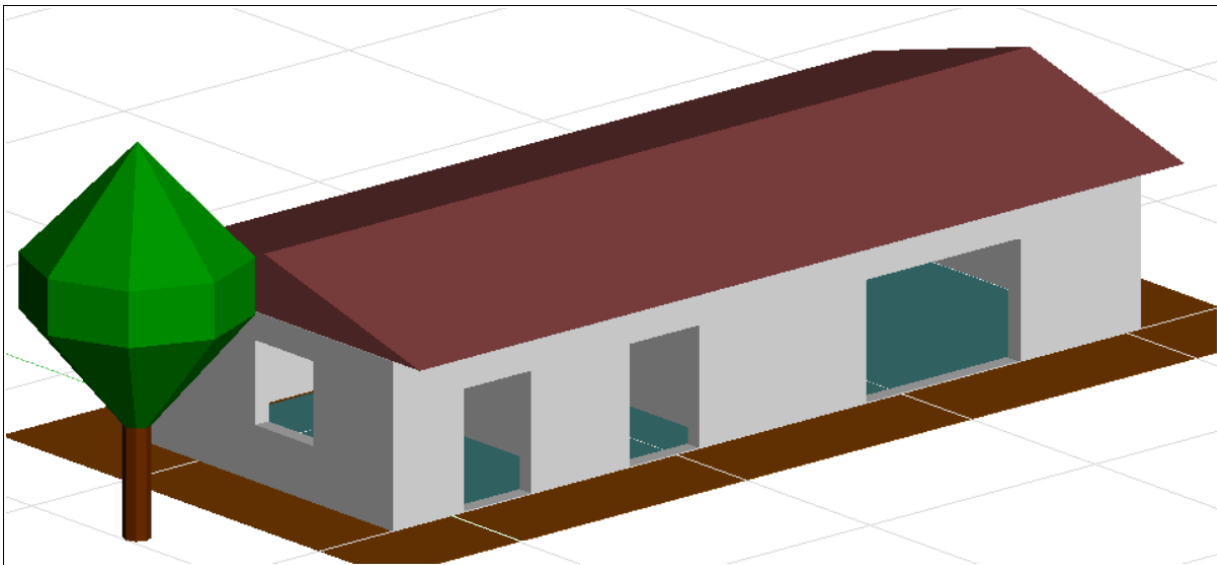


Σχήμα 6.16 Τρισδιάστατη προεπισκόπηση της κατασκευής. Στο σχήμα φαίνεται η βόρεια πλευρά της κατασκευής με τοποθετημένα τα ανοίγματα

6.3.3.4 Σκίαση ανοιγμάτων

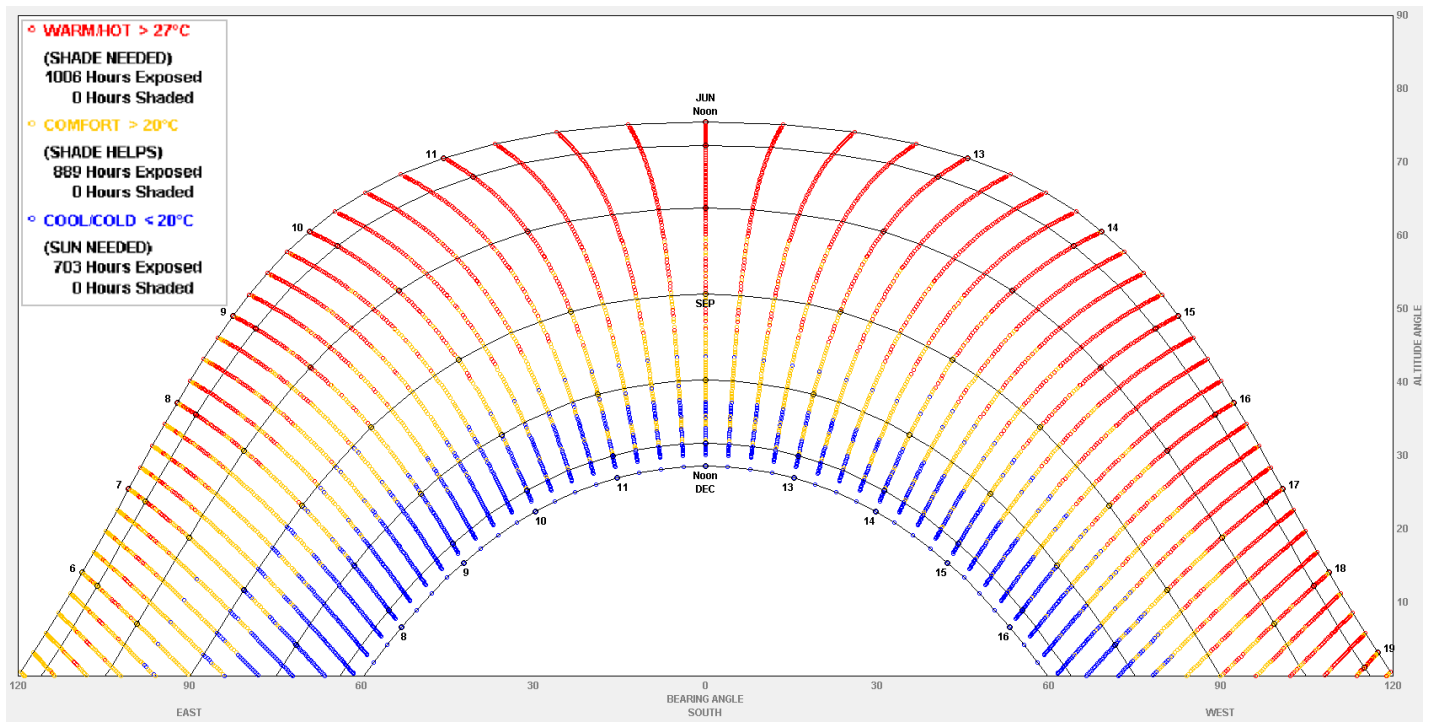
Η σκίαση είναι ένα σημείο κλειδί στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Αρχικά για τα ανοίγματα της δυτικής και της ανατολικής πλευράς και σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, θα χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα κατακόρυφα πετάσματα (τα γνωστά ρολά), τα οποία θα ρυθμίζονται χειροκίνητα ανάλογα με τις ανάγκες σκίασης. Επίσης σχεδιάζεται να τοποθετηθεί ένα φυλλοβόλο δέντρο μεσαίου μεγέθους στη δυτική πλευρά της κατασκευής και σε απόσταση περίπου 3m από αυτήν, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.17.

Με αυτό τον τρόπο κατά τους θερινούς μήνες θα παρεμποδίζεται ο καυτός δυτικός ήλιος να διεισδύσει στο παιδικό υπνοδωμάτιο, ενώ τους χειμερινούς η απουσία του φυλλώματος, θα επιτρέπει σε αυτόν να εισέλθει στον εσωτερικό χώρο και να μειώσει τις ανάγκες θέρμανσης. Θεωρείται πως έτσι και αλλιώς θα γινόταν η τοποθέτηση δέντρου στο οικόπεδο για αισθητικούς λόγους και όχι για χάρη του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έδειξε απλώς την τοποθέτηση στο σωστό σημείο.

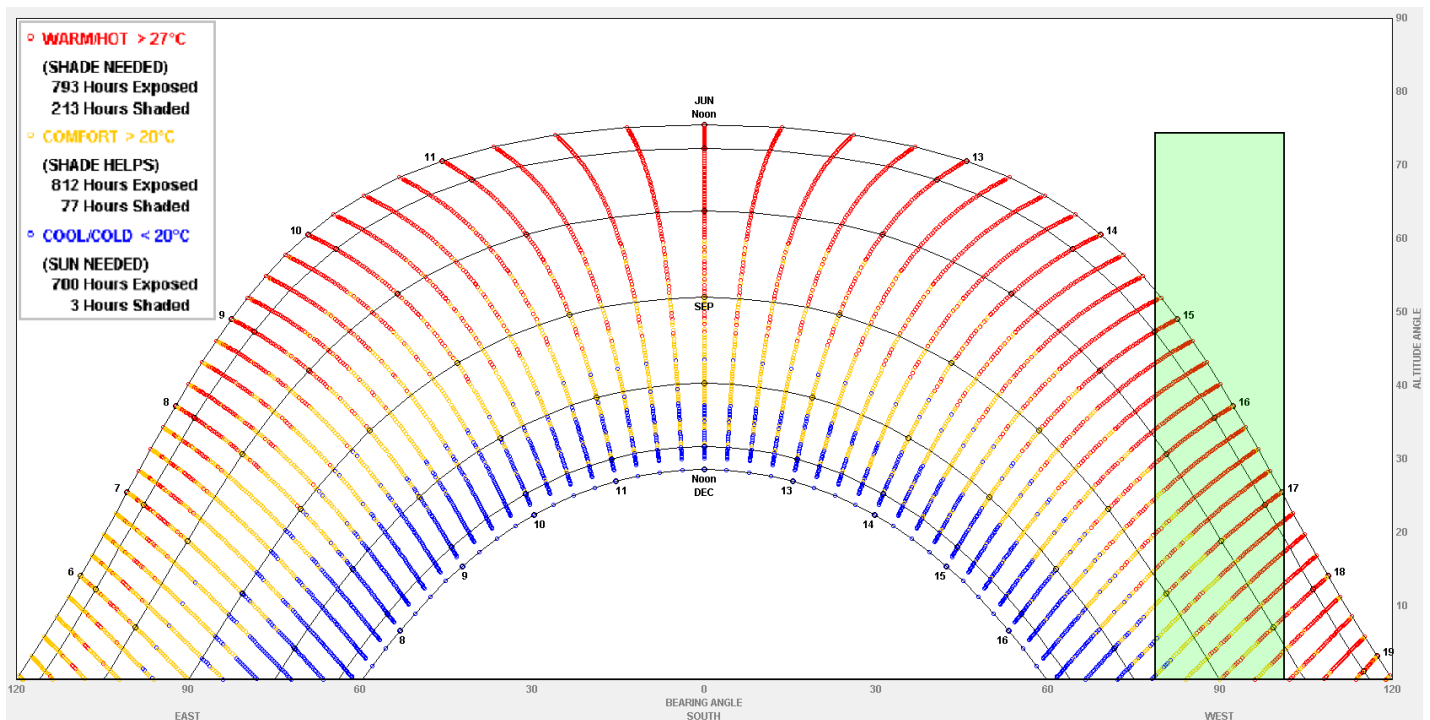


Σχήμα 6.17 Φύτευση φυλλοβόλου δέντρου για την επικουρική σκίαση του δυτικού ανοίγματος της κατασκευής

Στα διαγράμματα 6.25 και 6.26, φαίνονται οι ηλιακοί χάρτες του Climate Consultant, για το συγκεκριμένο σενάριο και για περίοδο 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου, χωρίς και με φύτευση του φυλλοβόλου δέντρου αντίστοιχα. Από τη σύγκριση των πληροφοριών των δύο ηλιακών χαρτών, προκύπτει, πως για την καλοκαιρινή και φθινοπωρινή περίοδο με φυτεμένο το δέντρο, υπάρχουν επιπλέον 213 ώρες επιθυμητής σκίασης μεταξύ των απογευματινών ωρών 7μμ-9μμ, όπου η ακτινοβολία του ηλίου είναι αρκετά έντονη, γεγονός που ωφελεί περαιτέρω την εξοικονόμηση ενέργειας. Τη χειμερινή περίοδο, τα κλαδιά του δέντρου θα προκαλούν ορισμένη σκίαση, αλλά αυτή θεωρείται αμελητέα, καθώς αφορά κυρίως τις απογευματινές ώρες 4μμ έως τη δύση του ηλίου, για τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, όπου η ακτινοβολία του ηλίου είναι αρκετά ασθενής.



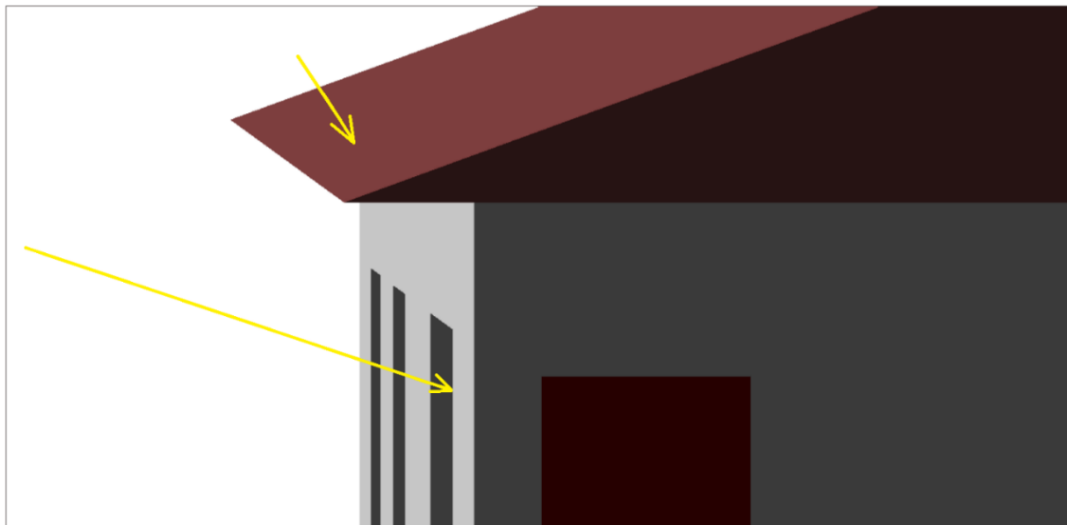
Διάγραμμα 6.25 Ηλιακός χάρτης περιόδου 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου, χωρίς φύτευση φυλλοβόλου δέντρου στη δυτική πλευρά του κτηρίου [35]



Διάγραμμα 6.26 Ηλιακός χάρτης περιόδου 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου, με φύτευση φυλλοβόλου δέντρου στη δυτική πλευρά του κτηρίου [35]

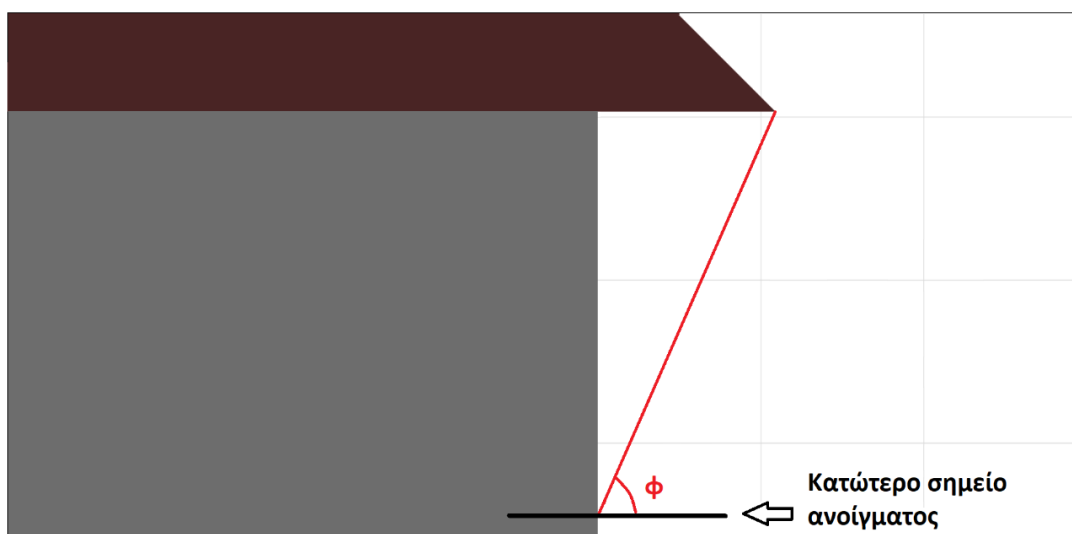
Όσον αφορά τη νότια πλευρά του κτηρίου, θα χρησιμοποιηθούν σε αρχικό στάδιο ως σκίαστρα οι προεξοχές της κεραμοσκεπής, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.18. Σε αυτό το σημείο θα προσδιορισθεί το μέγεθος των προεξοχών, ώστε να παρέχεται σκίαση το καλοκαίρι και ηλιασμός το χειμώνα.

Ο υπολογισμός θα γίνει μέσω των διαγραμμάτων ηλιακής τροχιάς, που παρέχει το λογισμικό climate consultant 6.0 για την περιοχή του Ελληνικού και των πληροφοριών που αυτά παρέχουν, σχετικά με τις συνολικές ώρες επιθυμητής και ανεπιθύμητης σκίασης.



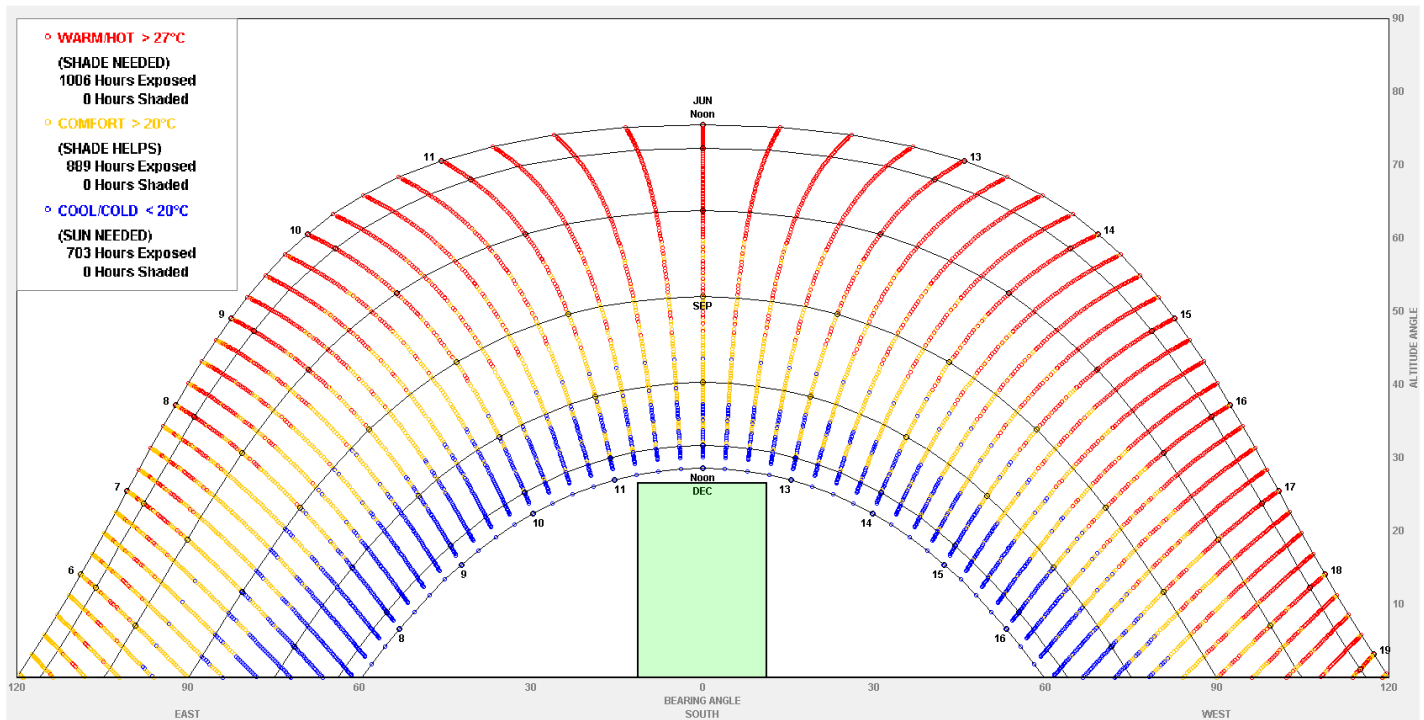
Σχήμα 6.18 Οι προεξοχές της κεραμοσκεπής ως σκίαστρα στη νότια πλευρά της κατασκευής

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι ηλιακοί χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν, έχουν τη δυνατότητα εισαγωγής σκιάσεων στο σενάριο, είτε από σκίαστρα, είτε από εμπόδια. Σε ό,τι αφορά τα σκίαστρα, η εισαγωγή στο λογισμικό γίνεται μέσω της γωνίας ϕ ή γωνίας αποκοπής, που σχηματίζεται από τη νοητή γραμμή που ξεκινά από το κάτω μέρος του ανοίγματος και καταλήγει στο άκρο του σκίαστρου-προεξοχής, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.19. Όσο μικρότερη είναι η γωνία αποκοπής, τόσο περισσότερο σκιάζεται το άνοιγμα από το σκίαστρο. Πρακτικά, γωνία αποκοπής παραδείγματος χάριν 70 μοιρών, σημαίνει πως για ύψος ηλίου μεγαλύτερο των 70°, δημιουργείται σκίαση στο άνοιγμα.

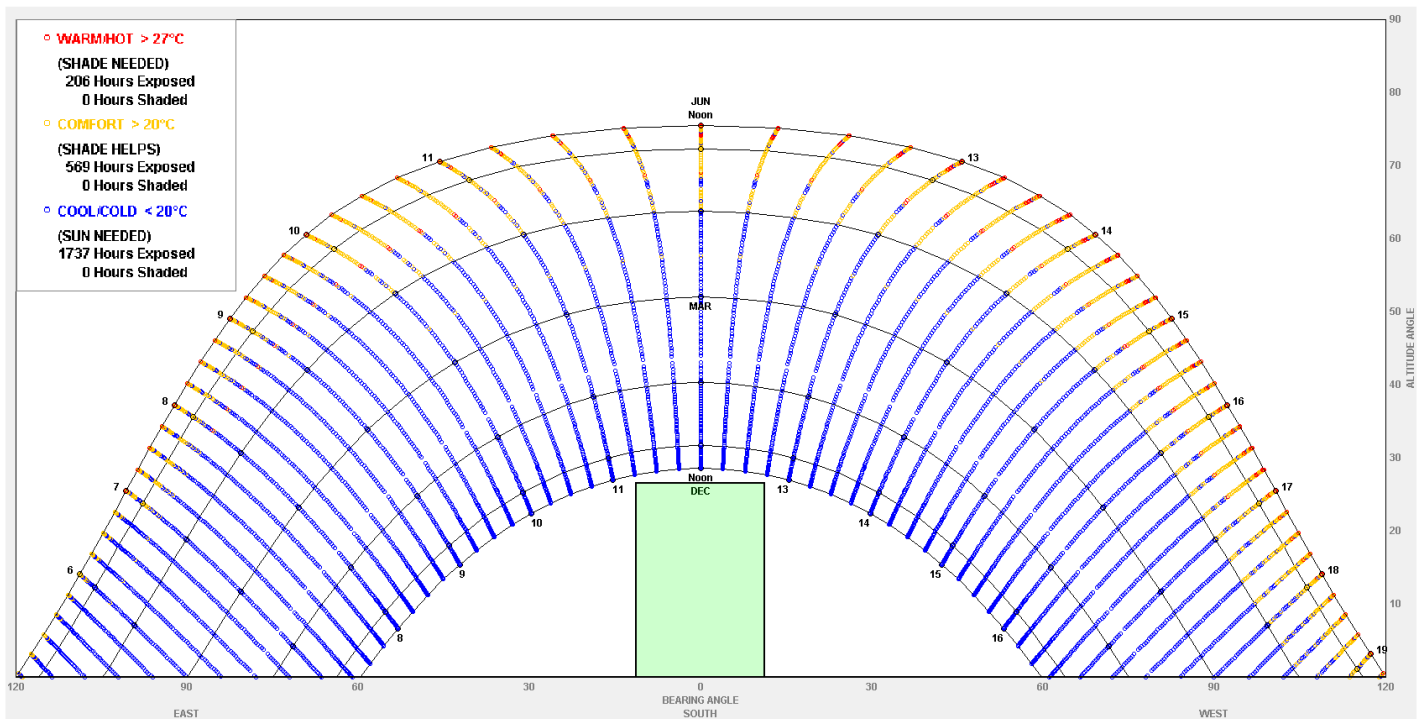


Σχήμα 6.19 Η γωνία ϕ (γωνία αποκοπής) που σχηματίζεται από την ευθεία που ενώνει το κατώτατο σημείο του ανοίγματος με το άκρο της προεξοχής

Στα διαγράμματα 6.27 και 6.28 φαίνονται οι ηλιακοί χάρτες για τη νότια πλευρά του σχεδιαζόμενου κτηρίου για τις περιόδους 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου και 21 Δεκεμβρίου-21 Ιουνίου αντίστοιχα, αρχικά δίχως καμία σκίαση από τις προεξοχές (θεωρείται για αρχή πως δεν υπάρχουν).



Διάγραμμα 6.27 Ηλιακός χάρτης για την περίοδο 21 Ιουνίου- 21 Δεκεμβρίου χωρίς προεξοχές κεραμοσκεπής [35]



Διάγραμμα 6.28 Ηλιακός χάρτης για την περίοδο 21 Δεκεμβρίου-21 Ιουνίου χωρίς προεξοχές κεραμοσκεπής [35]

Από τα διαγράμματα 6.27 και 6.28, φαίνεται πως χωρίς καθόλου προεξοχές, υπάρχει ανεπιθύμητος ηλιασμός της νότιας πλευράς για 1212 ώρες συνολικά μέσα στο έτος. Ο σκοπός είναι, να ελαχιστοποιηθούν οι ώρες όπου υπάρχει ανεπιθύμητος ηλιασμός της νότιας πλευράς της κατασκευής κατά τους θερινούς μήνες, μέσω της αύξησης του μήκους των προεξοχών.

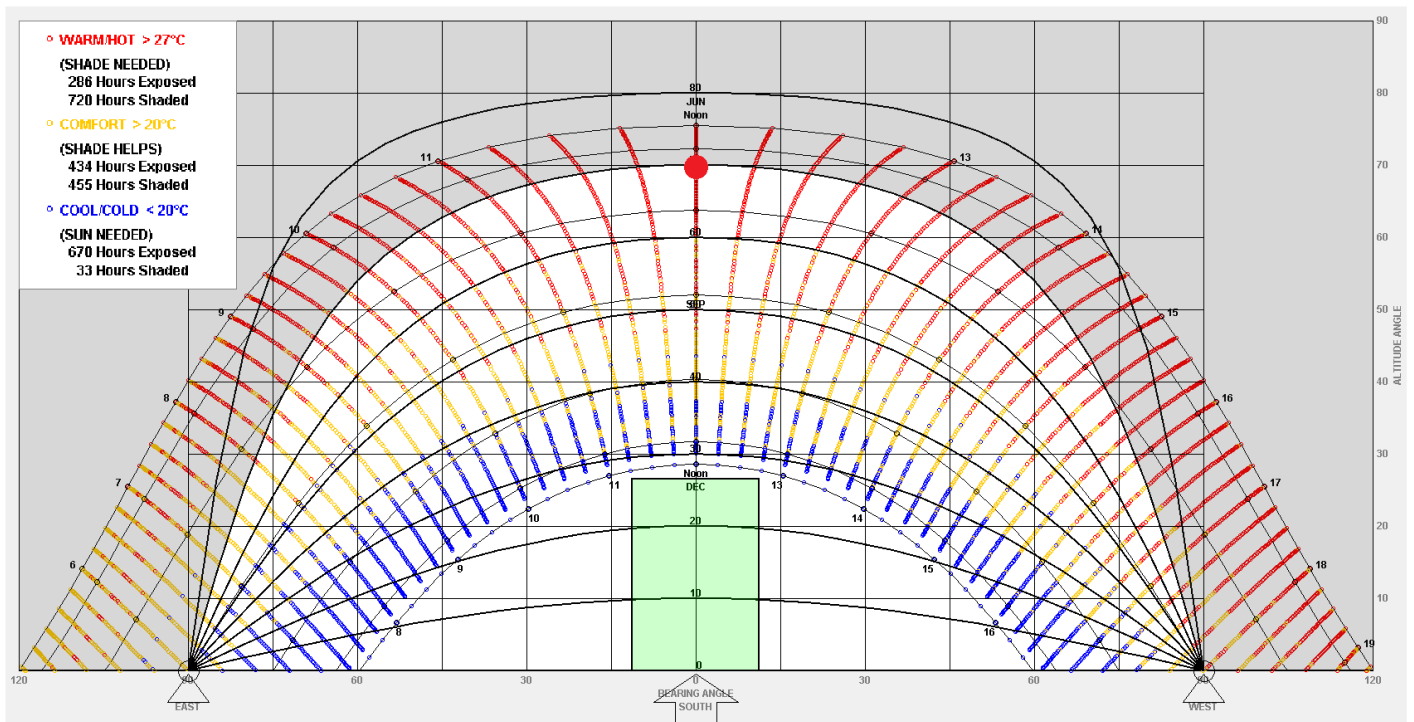
Έγιναν δοκιμές για διάφορες τιμές της γωνίας ϕ στα ηλιακά διαγράμματα, προκειμένου να παρατηρηθεί η μεταβολή στις ώρες επιθυμητής και ανεπιθύμητης σκίασης, καθώς και στις ώρες ανεπιθύμητου ηλιασμού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Γωνία ϕ (°)	Ετήσιες ώρες ανεπιθύμητης σκίασης (σκίαση κατά τη χειμερινή περίοδο)	Ετήσιες ώρες επιθυμητής σκίασης (σκίαση κατά τη θερινή περίοδο)	Ώρες ανεπιθύμητου ηλιασμού (ηλιασμός κατά τη θερινή περίοδο)
Χωρίς σκίαστρο	0	0	1212
80	279	488	727
70	365	930	290
60	528	1104	110
50	713	1185	27
40	903	1212	0
30	1307	1212	0

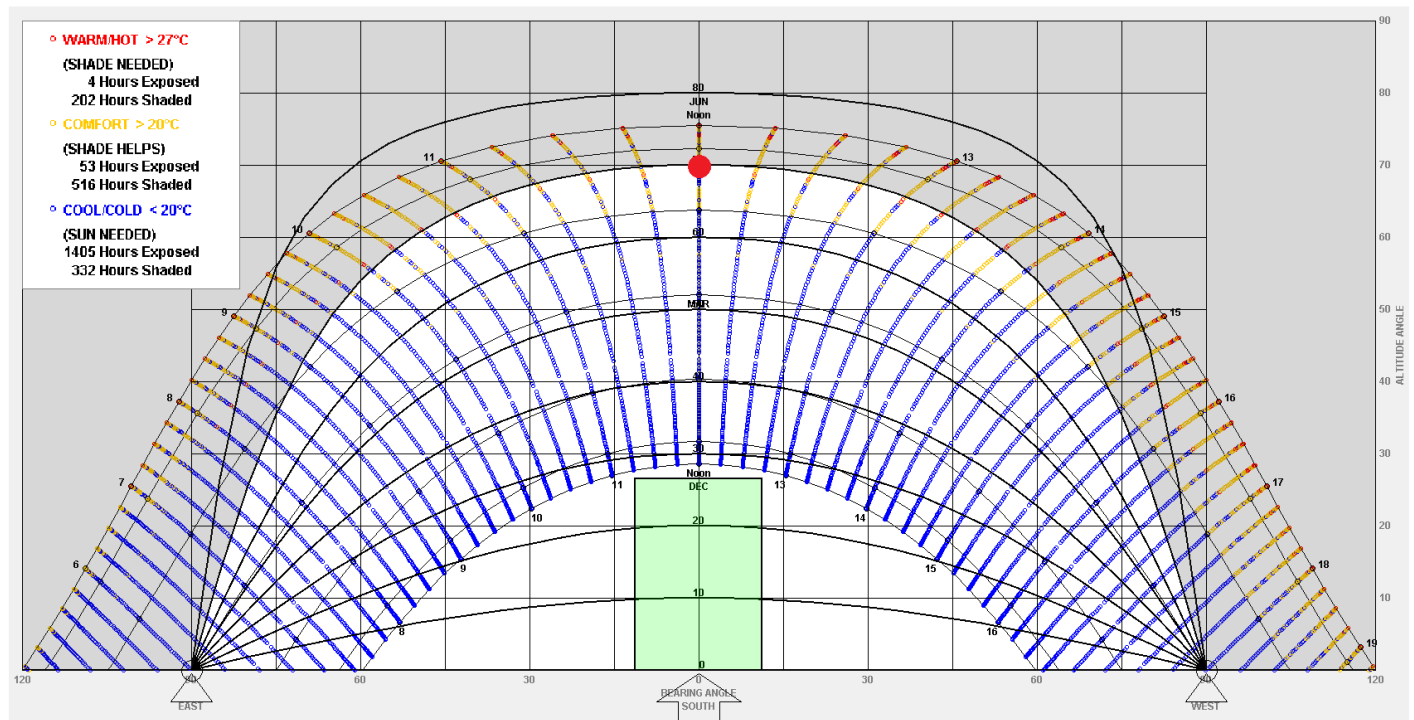
Πίνακας 6.9 Ετήσιες ώρες επιθυμητής και ανεπιθύμητης σκίασης, καθώς και ανεπιθύμητου ηλιασμού της νότιας πλευράς της κατασκευής, για διάφορες τιμές της γωνίας ϕ

Από τον πίνακα 6.9, παρατηρείται πως όσο μεγαλύτερο σκίαστρο τοποθετείται (δηλαδή για μικρότερη γωνία αποκοπής), η νότια πλευρά σκιάζεται αποτελεσματικότερα τους θερινούς μήνες, όμως προκύπτει ταυτόχρονα και ανεπιθύμητη σκίαση κατά τους χειμερινούς μήνες. Για αυτόν το λόγο, θα πρέπει να επιλεγθεί τέτοια γωνία αποκοπής, ώστε να εμποδίζει ασήμαντα τον ηλιασμό τους χειμερινούς μήνες και παράλληλα να προστατεύει επαρκώς, αλλά όχι πλήρως τους καλοκαιρινούς.

Με βάση τα παραπάνω, επιλέγεται τελικά να τοποθετηθεί σκίαστρο με γωνία αποκοπής $\phi=70^\circ$ και ρυθμιζόμενη τέντα για την κάλυψη των υπόλοιπων ωρών ανεπιθύμητου ηλιασμού. Στα διαγράμματα 6.29 και 6.30, παρουσιάζονται οι ηλιακοί χάρτες για το συγκεκριμένο σενάριο και τις περιόδους 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου και 21 Δεκεμβρίου-21 Ιουνίου αντίστοιχα, με την προεξοχή της κεραμοσκεπής ως σκίαστρο γωνίας αποκοπής $\phi=70^\circ$.

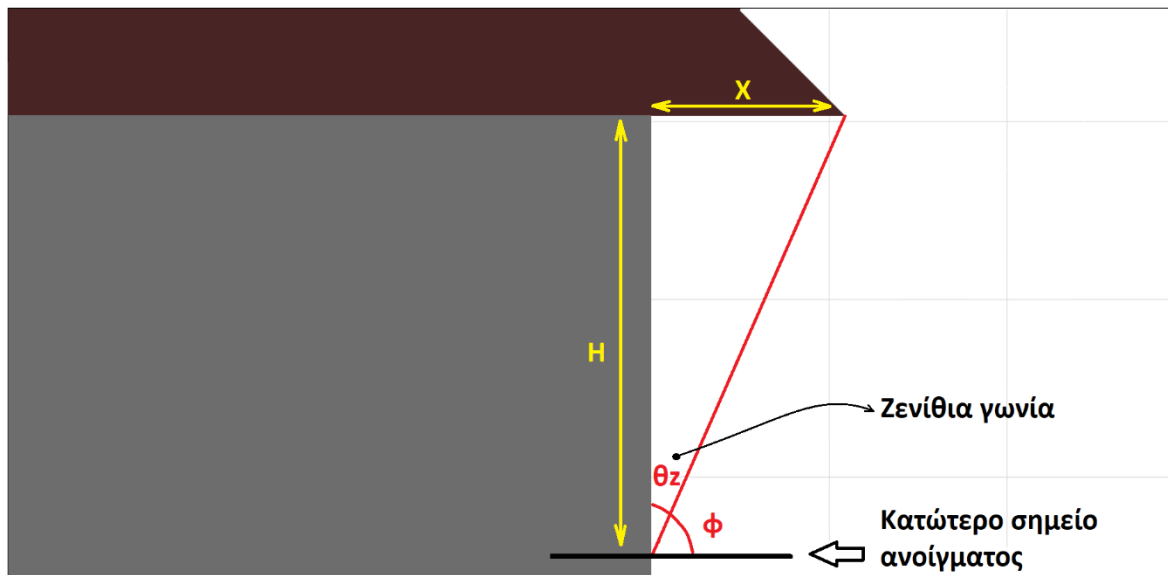


Διάγραμμα 6.29 Ηλιακός χάρτης για την περίοδο 21 Ιουνίου-21 Δεκεμβρίου με προεξοχή γωνίας 70° [35]



Διάγραμμα 6.30 Ηλιακός χάρτης για την περίοδο 21 Δεκεμβρίου -21 Ιουνίου με προεξοχή γωνίας 70° [35]

Το μήκος της προεξοχής της σκεπής, θα υπολογισθεί με βάση γωνία αποκοπής $\varphi=70^\circ$. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.20, η γωνία φ είναι συμπληρωματική με τη ζενίθια γωνία του ηλίου.



Σχήμα 6.20 Η ζενίθια γωνία του ηλίου, η γωνία αποκοπής, το ύψος H, καθώς και το μήκος της προεξοχής x

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η συμπληρωματική γωνία της $\phi=70^\circ$, θα είναι $\theta_z = 20^\circ$. Το ελάχιστο μήκος της προεξοχής x, δίνεται από την εξίσωση:

$$\frac{X}{H} = \tan \theta_z \quad \text{η οποία συνεπάγεται:} \quad X = \tan \theta_z * H \quad \text{Εξίσωση 10}$$

Στην προκειμένη περίπτωση, το H είναι το συνολικό ύψος του τοίχου και ισούται με 3 μέτρα και έτσι για γωνία $\phi=70^\circ$, το σκίαστρο θα έχει μήκος περίπου $x=1,10\text{m}$.

6.3.3.5 Δομικά στοιχεία κατασκευής

6.3.3.5.1 Εξωτερικό κέλυφος κτηρίου

Από τη βιοκλιματική ανάλυση που έγινε σε προηγούμενη παράγραφο προέκυψε πως χρειάζεται μεγάλη θερμική μάζα στα δομικά στοιχεία της κατασκευής για την περιοχή της Αθήνας. Ουσιαστικά ο σκοπός είναι, καθώς προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία στα δομικά στοιχεία της κατασκευής, να απορροφάται από αυτά και να αποθηκεύεται έτσι θερμότητα. Έπειτα αυτή η θερμότητα αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με κάποια χρονική καθυστέρηση. Έτσι κατά τη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι, με το νυκτερινό αερισμό θα αποφορτίζονται θερμικά τα δομικά στοιχεία, ενώ το χειμώνα θα μειώνονται οι ανάγκες για θέρμανση.

Δεδομένων των παραπάνω, θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των τοιχοποιιών διπλή σειρά τούβλου, το οποίο σαν υλικό κατασκευής έχει καλή θερμική μάζα. Η στέγη εσωτερικά θα διαθέτει ξύλινη επίστρωση πάχους 2 εκατοστών, επομένως δεν θα συνεισφέρει αρκετά στη θερμική αποθήκευση, διότι το ξύλο έχει μικρή θερμοχωρητικότητα. Το δάπεδο θα κατασκευασθεί από μπετό, το οποίο έχει μεγάλη θερμική μάζα έτσι, ώστε να συνεισφέρει στη θερμική αποθήκευση και στην καλή λειτουργία του συστήματος άμεσου κέρδους.

6.3.3.5.2 Υαλοπίνακες και εξώθυρες

Όσον αφορά τους υαλοπίνακες αυτοί θα πρέπει να έχουν πολύ μειωμένες θερμικές απώλειες. Επιλέγονται διπλοί υαλοπίνακες low-e με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $2\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, οι οποίοι πέρα από τη μειωμένη θερμική διαπερατότητα έχουν το πλεονέκτημα πως εμποδίζουν την υπέρυθρη ακτινοβολία να βγει προς το εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι, καθώς θα διαπερνά η ορατή ακτινοβολία τον υαλοπίνακα και θα προσπίπτει στα διάφορα αντικείμενα του εσωτερικού χώρου (δομικά στοιχεία και μη), θα τους αυξάνει τη θερμοκρασία.

Στη συνέχεια αυτά θα εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία λόγω των υαλοπινάκων low-e θα παγιδεύεται στον εσωτερικό χώρο και θα τον θερμαίνει. Επιπροσθέτως επιλέγονται μη μεταλλικά κουφώματα με μικρή θερμική αγωγιμότητα, ενώ και οι εξώπορτες που θα χρησιμοποιηθούν θα έχουν χαμηλή θερμική διαπερατότητα. Πιο συγκεκριμένα επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν 2 ξύλινες εξώπορτες, χωρίς τζάμι με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $3\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

6.3.3.5.3 Μόνωση

Η μόνωση διογκωμένης πολυστερίνης θα τοποθετηθεί στην εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων έτσι, ώστε η θερμική μάζα να είναι εκτεθειμένη στον εσωτερικό χώρο και όχι στον εξωτερικό, με αποτέλεσμα να κυριαρχεί σταθερή θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους, καθώς επίσης να προστατεύεται η εξωτερική πλευρά της κατασκευής από τις καιρικές συνθήκες. Επιπλέον, μόνωση θα τοποθετηθεί και στην ξύλινη οροφή για επιπλέον ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.

Στην πράξη όμως πρέπει να υπολογιστεί το βέλτιστο πάχος μόνωσης ή αλλιώς ΟΙΤ (optimum insulation thickness), το οποίο ουσιαστικά είναι το οικονομικότερο πάχος για το οποίο η κατοικία θα έχει επαρκή θερμική προστασία. Είναι ζωτικής σημασίας ο σωστός υπολογισμός του ΟΙΤ, για κάθε διαφορετική περίπτωση κτηρίου που σχεδιάζεται, και αν η βελτιστοποίηση δεν γίνει σωστά μπορεί είτε να υπάρχει ελλιπής θερμική προστασία του κτηρίου, είτε πολύ υψηλό κόστος για τα μονωτικά υλικά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του σχεδιαζόμενου κτηρίου αποφασίζεται να τοποθετηθεί μόνωση πολυστερίνης.

Για να βρεθεί το βέλτιστο πάχος της πολυστερίνης στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση:

$$OIT_Y = 293.94 * \sqrt{\frac{PWF * K_{ins}}{C_{ins}} * \left(\frac{CDD * C_e}{COP_C} + \frac{HDD * C_e}{COP_H} \right) - \frac{R_w}{\tau} * K_{ins}} \quad (m) \quad [39] \quad \underline{\underline{\text{Εξίσωση 11}}}$$

Η εξίσωση αυτή υπολογίζει το βέλτιστο πάχος μόνωσης για όλο το έτος ($OIT_Y = \text{Optimum insulation thickness-year}$). Οι συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν στην παραπάνω εξίσωση είναι οι εξής:

- PWF : Συντελεστής παρούσας αξίας (Present Worth Factor)
- K_{ins} : Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης
- C_{ins} : Κόστος μόνωσης ανά μονάδα όγκου (€/m^3)
- CDD : Βαθμοημέρες ψύξης
- HDD : Βαθμοημέρες θέρμανσης
- C_e : Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας σε (€/J)
- COP_C : Συντελεστής απόδοσης ψυκτικής συσκευής για ψύξη
- COP_H : Συντελεστής απόδοσης ψυκτικής συσκευής για θέρμανση
- R_w/r : Θερμική αντίσταση τοιχοποιίας ή σκεπής σε ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)

Στην παραπάνω εξίσωση, ο όρος 293,94 μετατρέπει τα WDays σε Joule. Κανονικά $1\text{WDay}=86400\text{J}$, όμως έξω από τη ρίζα είναι $\sqrt{86400} = 293,94$. Ο συντελεστής παρούσας αξίας υπολογίστηκε με την εξίσωση 12, όπου ο συντελεστής r (προεξοφλητικό επιτόκιο) θεωρήθηκε 3% και ο συντελεστής n (διάρκεια ζωής επένδυσης) θεωρήθηκε 40 έτη.

$$PWF = \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n \cdot r} \quad \text{\underline{\underline{Εξίσωση 12}}}$$

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για την πολυστερίνη θεωρήθηκε $0,031 \text{ W/m.K}$ [22].

Ύστερα από σχετική έρευνα στην αγορά το κόστος του υλικού μόνωσης ανά μονάδα επιφάνειας, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους εγκατάστασης βρέθηκε και θεωρήθηκε 85€/m^3 . Ο συντελεστής απόδοσης ψυκτικής συσκευής (COP -Coefficient of performance) για θέρμανση, υπολογίστηκε για κάθε μήνα της περιόδου θέρμανσης, από τις χαρακτηριστικές της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί (διάγραμμα 6.31 και 6.32), σύμφωνα με τη μέση θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος για την περιοχή του Ελληνικού (πίνακας 6.1) και υπολογίστηκε ο μέσος όρος του για όλη την περίοδο θέρμανσης. Έτσι, για τη θέρμανση, υπολογίστηκε ο $COP_H=3,73$ και για την ψύξη χρησιμοποιήθηκε η τιμή $COP_C=3,18$ του τεχνικού φυλλαδίου. Η θερμική αντίσταση υπολογίστηκε ξεχωριστά για τις τοιχοποιίες (R_{wall}) και για τη στέγη (R_{roof}). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

$$R_w \text{ ή } R_r = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{X_i}{K_i} + \frac{1}{h_o} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad \text{\underline{\underline{Εξίσωση 13}}}$$

Ο συντελεστής μεταφοράς εσωτερικού χώρου h_i λήφθηκε εμπειρικά ίσος με $7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, ενώ για τον αντίστοιχο εξωτερικού χώρου h_o , υπολογίστηκαν ξεχωριστά οι συντελεστές μεταφοράς για κάθε μήνα του έτους, λαμβάνοντας υπόψη το μηνιαίο μέσο όρο ταχυτήτων του ανέμου, καθώς και την επικρατέστερη διεύθυνση (πίνακας 6.2). Τελικά, ο μέσος συντελεστής μεταφοράς εξωτερικού χώρου προέκυψε ίσος με $19,81 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Επιπλέον οι τοιχοποιίες θεωρήθηκαν κατασκευασμένες από διπλό τούβλο και 2 στρώσεις σοβά. Η στέγη θεωρήθηκε πως αποτελείται από κεραμίδι και μια στρώση ξύλου. Στον πίνακα 6.9 φαίνεται το πάχος μιας στρώσης κάθε υλικού στην κατασκευή, καθώς και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.

Υλικό	Μήκος L (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας K (W/m.K)
Σοβάς	0,02	0,87
Τούβλο	0,09	0,72
Κεραμίδι	0,015	0,58
Ξύλο (κόντρα πλακέ)	0,02	0,15

Πίνακας 6.10 Πάχος και συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας κάθε υλικού [22]

Όσον αφορά τις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης, αυτές υπολογίσθηκαν σύμφωνα με την πηγή [37] για την περιοχή της Αθήνας, όπου και σχεδιάζεται το αναφερόμενο κτήριο της εργασίας αυτής. Στον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης, λήφθηκαν υπόψη, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και ο συντελεστής απορρόφησης, καθώς και ο συντελεστής μεταφοράς της κάθε πλευράς της κατασκευής [37]. Ο συντελεστής απορρόφησης, θεωρήθηκε $\alpha=0,3$ για την τοιχοποιία και $\alpha=0,7$ για το κεραμίδι [22]. Για τους υπολογισμούς των βαθμομερών λήφθηκε υπόψη $T_{bh}=18^{\circ}\text{C}$ και $T_{bc}=26^{\circ}\text{C}$.

Έπειτα για την εύρεση του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του οικιακού τιμολογίου Γ1 της Δ.Ε.Η, όπου και τελικά το κόστος ανά κιλοβατώρα συμπεριλαμβανομένων όλων των χρεώσεων και του ΦΠΑ είναι περίπου 0,23 €/kWh [38]. Μία kWh ισούται με 3.600.000J, οπότε θα είναι $6,38 \cdot 10^{-8} \text{ €/J}$. Τελικά το βέλτιστο πάχος μόνωσης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

	ΟΙΤγ (m)	Τελικά (cm)
Νότια πλευρά	0,11	10
Βόρεια πλευρά	0,11	10
Ανατολική πλευρά	0,11	10
Δυτική πλευρά	0,11	10
Στέγη νότια πλευρά	0,18	15
Στέγη βόρεια πλευρά	0,17	15

Πίνακας 6.11 Βέλτιστο πάχος μόνωσης

Τελικά, σύμφωνα και με τους ανωτέρω υπολογισμούς, αποφασίζεται να τοποθετηθεί 10 εκατοστά μόνωσης σε όλους τους εξωτερικούς τοίχους και 15 εκατοστά στην κεραμοσκεπή. Παρατηρείται, πως στην κεραμοσκεπή, προκύπτει αρκετά μεγάλο πάχος μόνωσης, όμως αυτό είναι λογικό, διότι το καλοκαίρι η κεραμοσκεπή δέχεται μεγάλα ποσά ακτινοβολίας λόγω της μικρής κλίσης της και με δεδομένο ένα υψηλό συντελεστή απορρόφησης $\alpha=0,7$ (κεραμιδιού), οι εσωτερικοί χώροι κινδυνεύουν από υπερθέρμανση.

6.3.3.6 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κατοικίας

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν κάποια βασικά σημεία για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, ο οποίος περιέχει το σύστημα θέρμανσης, το σύστημα φωτισμού, το σύστημα αυτοπαραγωγής ενέργειας, καθώς και όλες τις υπόλοιπες συσκευές που θα τοποθετηθούν. Ο εξοπλισμός αυτός θα πρέπει να είναι πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης, ώστε να ελαχιστοποιείται κατά το περισσότερο δυνατόν η κατανάλωση ενέργειας.

6.3.3.6.1 Σύστημα θέρμανσης-ψύξης και ζεστού νερού χρήσης

Για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, αλλά και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στη σχεδιαζόμενη κατοικία, επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας πολλαπλών χρήσεων, χαμηλών θερμοκρασιών (νερό έως 55°C) αέρα-νερού, με υποβοήθηση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η θέρμανση των χώρων θα γίνεται μέσω ενδοδαπέδιου συστήματος, ενώ η ψύξη θα γίνεται μέσω fan-coil. Η αντλία θερμότητας αποτελεί τον αποδοτικότερο τρόπο θέρμανσης για θερμοκρασίες, όπως αυτές της Αθήνας, διότι με μία μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδει 3-4 μονάδες θερμότητας, ανάλογα και με την εξωτερική θερμοκρασία και την απαιτούμενη θερμοκρασία εξόδου του νερού από την αντλία. Ουσιαστικά, η λειτουργία όλων των αντλιών θερμότητας ή κλιματιστικών, είναι να μεταφέρουν θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο στο εξωτερικό περιβάλλον ή αντίστροφα, καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Επομένως γίνεται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μιας αντλίας θερμότητας είναι αρκετά μικρότερο από το αντίστοιχο κόστος για ένα λέβητα πετρελαίου ή ακόμα και φυσικού αερίου.

Η συγκεκριμένη αντλία θερμότητας που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί, είναι πολλαπλών χρήσεων, γεγονός που σημαίνει πως έχει περισσότερες δυνατότητες από μια κλασική αντλία θερμότητας. Η βασική διαφορά με μια κοινή αντλία, είναι η δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, ταυτόχρονα με τη θέρμανση, ή ακόμα και με την ψύξη των χώρων.

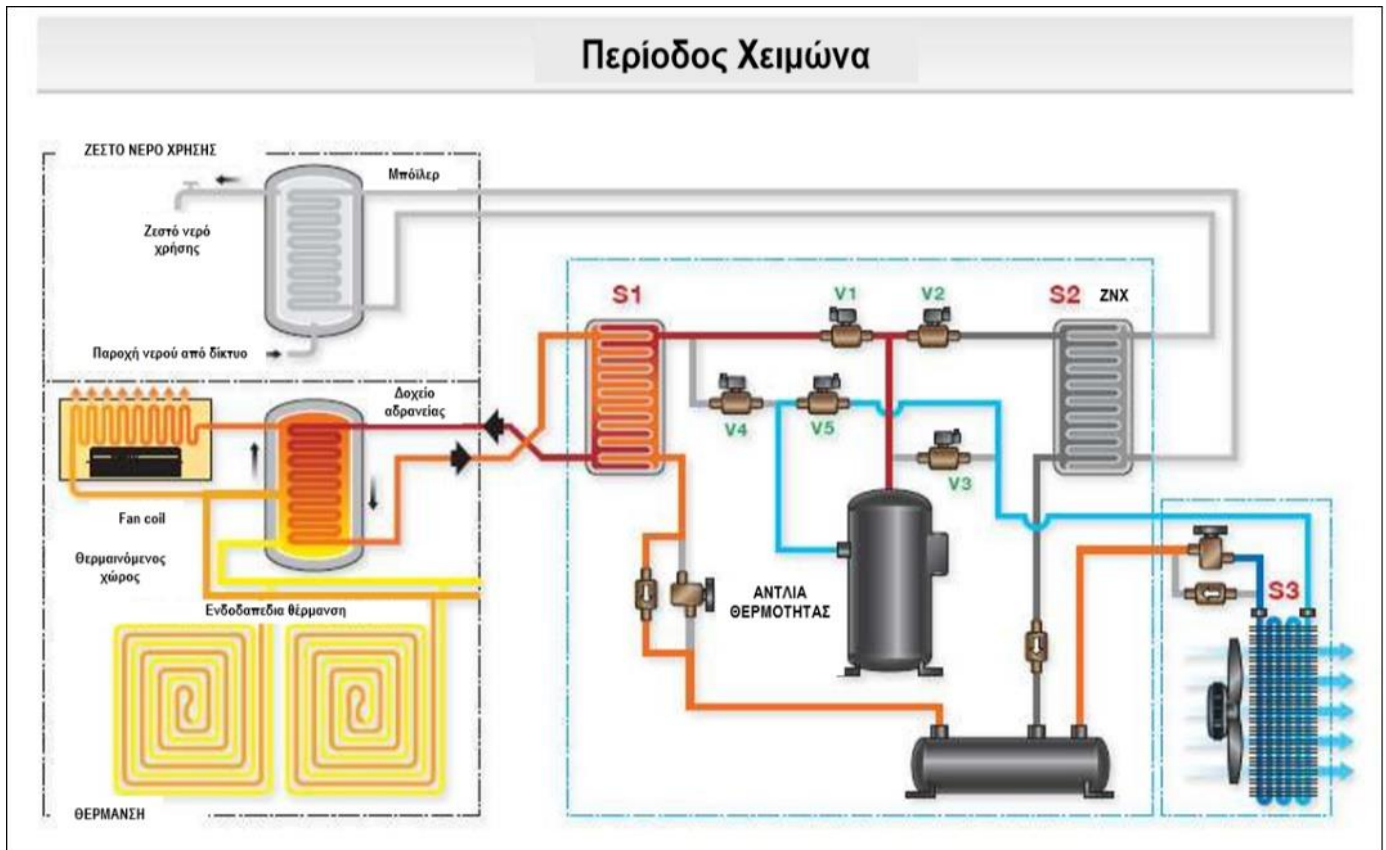
Μια απλή αντλία θερμότητας, η οποία παρέχει θέρμανση και ψύξη, αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα, όταν απαιτείται ταυτόχρονη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανση ή ψύξη χώρων, διότι αυτή αποτελείται από ένα κύκλωμα νερού μόνο. Αυτό που πρακτικά συμβαίνει είναι πως η αντλία θερμότητας διακόπτει τη λειτουργία θέρμανσης ή ψύξης χώρων, προκειμένου να παράξει ζεστό νερό χρήσης. Δεδομένου πως η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι μια διαδικασία η οποία χρειάζεται χρόνο μία έως δύο ώρες, ανάλογα με την ισχύ του συστήματος και την ποσότητα του νερού, καθιστά την κλασική αντλία θερμότητας μη πρακτική, ειδικά σε ημέρες με ακραίες θερμοκρασίες, όπου η συνεχόμενη ή με μικρές διακοπές λειτουργία του συστήματος είναι ζωτικής σημασίας.

Αντίθετα μια αντλία ‘‘πολλαπλών χρήσεων’’ αποτελείται από δύο παράλληλα κυκλώματα νερού, το ένα εκ των οποίων χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων και το άλλο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αυτό το χαρακτηριστικό δίνει το πλεονέκτημα στην αντλία πολλαπλών χρήσεων της ταυτόχρονης θέρμανσης ή ψύξης χώρων και παραγωγής ZNX.

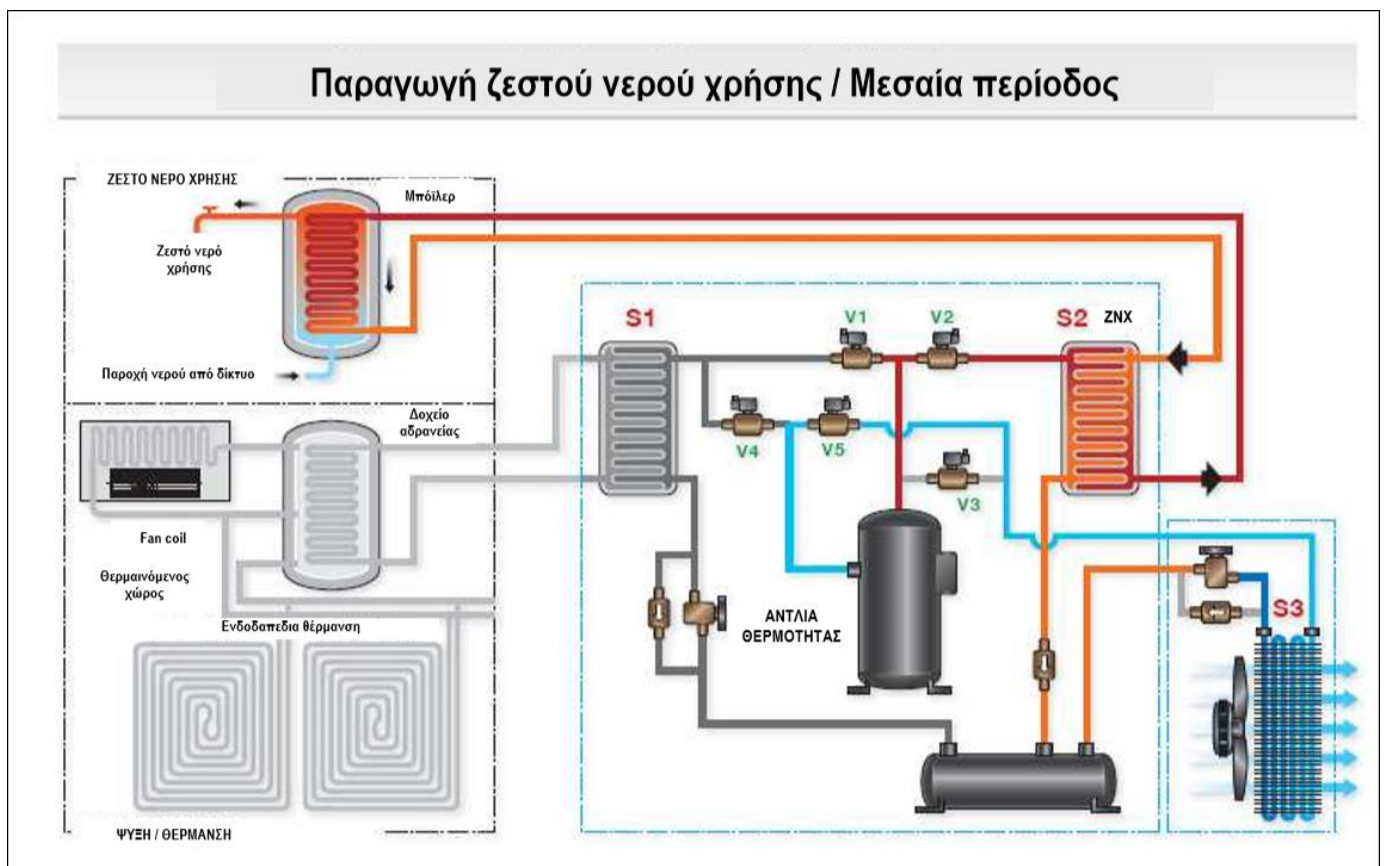
Οι λειτουργίες της επιλεγμένης αντλίας θερμότητας είναι οι εξής: θέρμανση χώρων μόνο, ψύξη χώρων μόνο, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης μόνο, θέρμανση χώρων με ταυτόχρονη παραγωγή ZNX και ψύξη χώρων με ταυτόχρονη παραγωγή ZNX. Στις λειτουργίες 100% θέρμανσης χώρων, 100% παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και ταυτόχρονη θέρμανση με παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, η λογική είναι κοινή, δηλαδή λειτουργεί το ψυκτικό κύκλωμα, ώστε να αντλεί θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον, αποδίδοντας τη είτε στο κύκλωμα για θέρμανση χώρων μόνο, είτε στο κύκλωμα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, είτε και στα δύο ταυτόχρονα. Αντίστοιχα, για τη λειτουργία 100% ψύξης χώρων, λειτουργεί το ψυκτικό κύκλωμα, προκειμένου να αφαιρεί θερμότητα από το εσωτερικό της κατασκευής και να την απορρίπτει στο εξωτερικό περιβάλλον.

Όμως, η λειτουργία της συγκεκριμένης αντλίας που παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον, είναι αυτή της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και ταυτόχρονης ψύξης χώρων. Σε αυτήν τη λειτουργία, η αντλία θερμότητας ψύχει τους χώρους όπως αναφέρθηκε παραπάνω και παράγει ZNX μέσω ανάκτησης θερμότητας. Ανάκτηση θερμότητας, σημαίνει πως η θερμότητα που συλλέγεται από το εσωτερικό της κατασκευής δεν απορρίπτεται στο εξωτερικό περιβάλλον, αλλά ανακτάται και αποδίδεται στο κύκλωμα του ζεστού νερού χρήσης. Σε αυτήν την περίπτωση, η αντλία θερμότητας έχει αρκετά μεγάλη απόδοση εφόσον αξιοποιεί τη θερμότητα των εσωτερικών χώρων. Στα σχήματα 6.21, 6.22, 6.23 και 6.24 παρουσιάζονται κυκλωματικά οι λειτουργίες της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί.

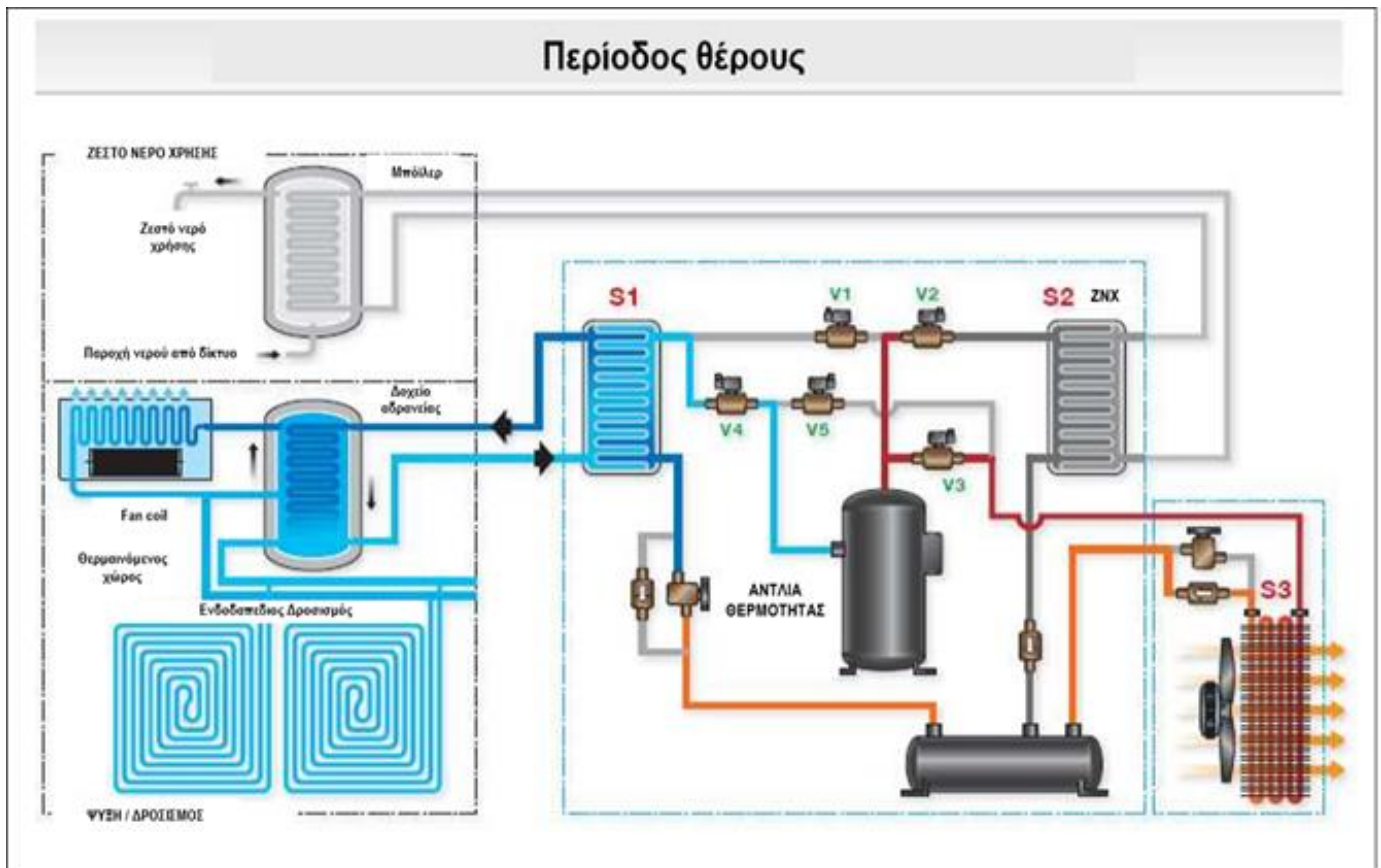
Τα σχήματα αυτά, αναπαριστούν ένα τυχαίο σύστημα με την επιλεγμένη αντλία και βοηθούν στην κατανόηση όσον αναφέρθηκαν παραπάνω. Στην περίπτωση της σχεδιαζόμενης κατοικίας στη Γλυφάδα, τα fan-coil θα λειτουργούν αποκλειστικά για την ψύξη των χώρων, ενώ το ενδοδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων θα λειτουργεί αποκλειστικά για τη θέρμανση. Σε γενικές γραμμές, το ενδοδαπέδιο σύστημα και τα fan-coil απαιτούν θερμοκρασία νερού μέχρι 40°C, ενώ η επιλεγθείσα αντλία θερμότητας είναι ‘‘χαμηλών θερμοκρασιών’’, όρος που επισημαίνει πως η μέγιστη θερμοκρασία που πετυχαίνει η αντλία θερμότητας στην έξοδο της είναι 55°C. Παρόλα αυτά αλλά δεν υπάρχει πρόβλημα με αυτό, εφόσον μπορεί να ρυθμίζεται ξεχωριστά η θερμοκρασία του νερού σε κάθε κύκλωμα ανάλογα με τις ρυθμίσεις που θα εισαχθούν στην αντλία θερμότητας. Δεν θα γίνει περαιτέρω ανάλυση στο υδραυλικό κύκλωμα, διότι είναι πέρα από το αντικείμενο που πραγματεύεται αυτή η εργασία.



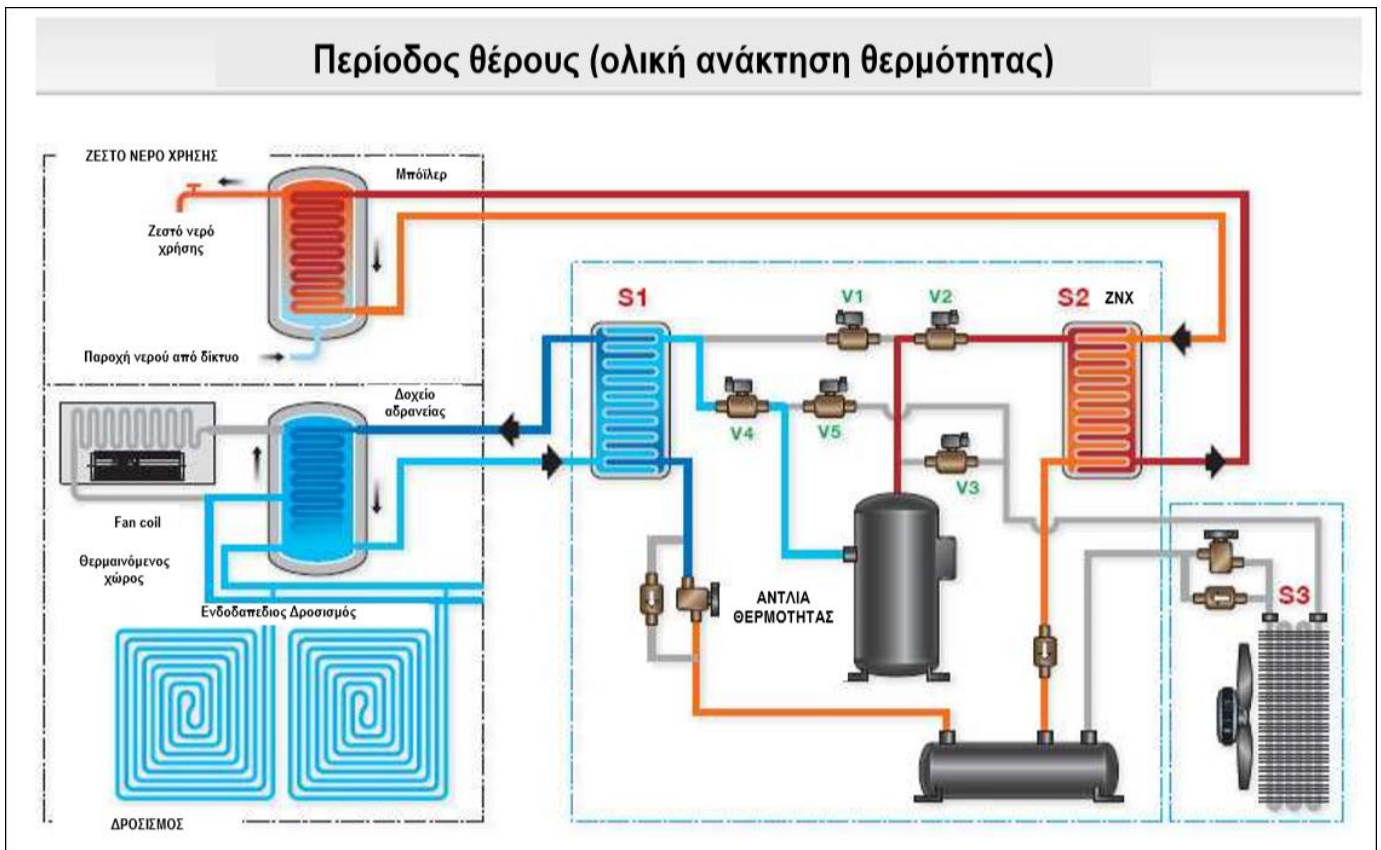
Σχήμα 6.21 Στο σχήμα φαίνεται λειτουργία 100% θέρμανση χώρων (χειμερινή περίοδος) [40]



Σχήμα 6.22 Παραγωγή 100% ΖΝΧ, σε περίοδο όπου δεν απαιτείται θέρμανση χώρων (μέση περίοδος) [40]



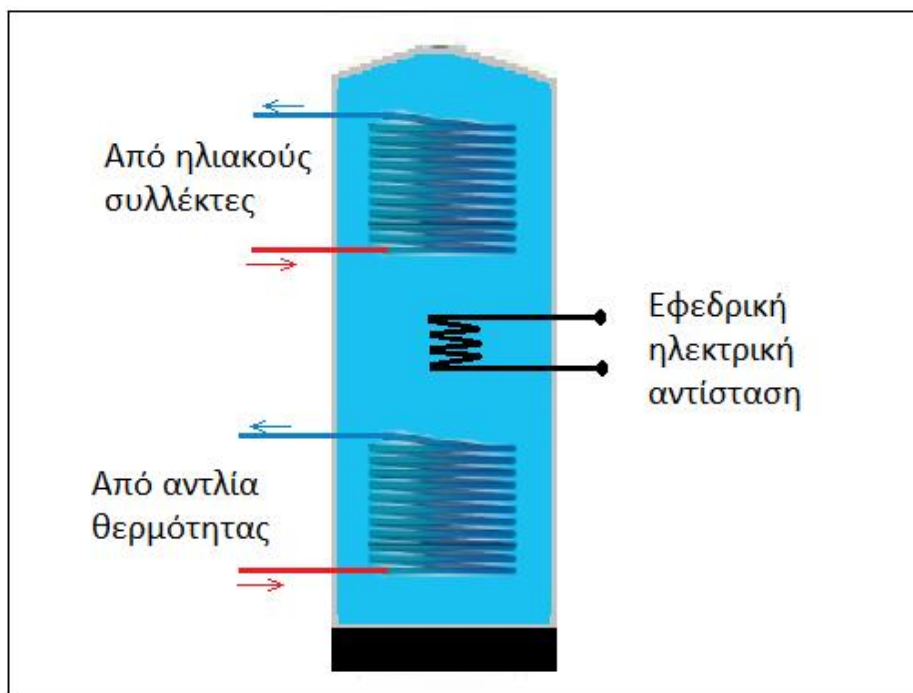
Σχήμα 6.23 Στο σχήμα φαίνεται λειτουργία 100% ψύξη (θερινή περίοδος) [40]



Σχήμα 6.24 Λειτουργία ταυτόχρονης ψύξης και παραγωγής ZNX μέσω ανάκτησης (θερινή περίοδος) [40]

Το δεύτερο κύκλωμα της αντλίας θερμότητας, θα συνδέεται σε boiler τριπλής ενέργειας, το οποίο ουσιαστικά αποθηκεύει θερμότητα στο νερό που περιέχει, την οποία λαμβάνει μέσω τριών διαφορετικών μέσων: την αντλία θερμότητας, τους ηλιακούς συλλέκτες και την εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση του ίδιου του boiler.

Οι ηλιακοί συλλέκτες θα υποβοηθούν τη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης το χειμώνα, μειώνοντας έτσι την ενεργειακή κατανάλωση της αντλίας θερμότητας. Η εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση χρησιμεύει μόνο όταν έχει βλάβη η αντλία θερμότητας με ταυτόχρονη συννεφιά και δεν υπάρχει διαφορετικός τρόπος να παραχθεί ΖΝΧ. Στο σχήμα 6.25, παρουσιάζεται η αναπαράσταση του μπόιλερ τριπλής ενέργειας, με τους δύο εσωτερικούς εναλλάκτες και την εφεδρική αντίσταση.



Σχήμα 6.25 Το μπόιλερ τριπλής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Σχετικά με τη χωρητικότητα του boiler τριπλής ενέργειας και σύμφωνα με την αντίστοιχη οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας, απαιτούνται 50 λίτρα ζεστού νερού θερμοκρασίας 45°C ανά άτομο και ημέρα για κατοικίες. Δεδομένου πως η θεωρητική κατοικία που σχεδιάζεται, προορίζεται για μια τετραμελή οικογένεια, θα χρειάζονται καθημερινά 200 λίτρα ζεστού νερού χρήσης. Βάση των παραπάνω, επιλέγεται να τοποθετηθεί boiler τριπλής ενέργειας, με χωρητικότητα 200lt.

Η εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση είναι συνήθως της τάξης των 4kW, όμως δεν θα συμπεριληφθεί σε κανέναν από τους υπολογισμούς που ακολουθούν, δεδομένου πως θα χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Η ισχύς που θα πρέπει να έχουν οι ηλιακοί συλλέκτες θα σχολιασθεί παρακάτω. Σε αυτό το σημείο θα γίνει η διαστασιολόγηση για την αντλία θερμότητας.

6.3.3.6.1.1 Διαστασιολόγηση αντλίας θερμότητας

Προκειμένου να επιλεγθεί το μοντέλο κατάλληλης ισχύος της επιλεγθείσας αντλίας, θα υπολογισθούν αρχικά η ισχύς των θερμικών και των ψυκτικών φορτίων της κατοικίας.

Όσον αφορά το φορτίο για τη θέρμανση της κατοικίας, αυτό αποτελείται από το άθροισμα των θερμικών απωλειών όλων των επιφανειών που συνορεύουν με εξωτερικούς χώρους, τις θερμικές απώλειες που προκύπτουν από τον αερισμό, καθώς και τη θερμική ισχύ που απαιτείται για τη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης. Οι θερμικές απώλειες $Q_{E,\theta}$ για επιφάνεια που συνορεύει με εξωτερικό χώρο, δίνονται από την εξίσωση:

$$Q_{E,\theta} = F * U * \Delta T \quad (W) \quad \text{\underline{\underline{Εξίσωση 14}}}$$

Όπου:

- F: Η επιφάνεια σε m^2
- U: Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας σε $W/m^2.K$
- ΔT : Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

Δεδομένου πως η ισχύς του συστήματος διαστασιολογείται για τη χειρότερη θερμοκρασιακή περίπτωση, λαμβάνεται υπόψη θερμοκρασία εξωτερικού χώρου ίση με $0^\circ C$ για την περιοχή της Αθήνας και θερμοκρασία εσωτερικού χώρου αντίστοιχα $18^\circ C$. Δεδομένων των παραπάνω θερμοκρασιών, το ΔT προκύπτει $18^\circ C$.

Αντίστοιχα, οι θερμικές απώλειες των χώρων $Q_{A,\theta}$ λόγω του αερισμού, προκύπτουν από την εξίσωση:

$$Q_{A,\theta} = C_p * V * \Delta T \quad (W) \quad \text{\underline{\underline{Εξίσωση 15}}}$$

Όπου:

- C_p : Η θερμοχωρητικότητα του αέρα σε $J/m^3.K$
- V: Ο ρυθμός αερισμού των χώρων σε m^3/s
- ΔT : Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

Όσον αφορά το συντελεστή αερισμού των χώρων, γίνεται η παραδοχή πως αυτός περιλαμβάνει τον εισερχόμενο αέρα από τις χαραμάδες και το χειροκίνητο αερισμό του κτηρίου και ο μέσος όρος αυτού κατά τη διάρκεια της ημέρας, είναι 0,3 αλλαγές αέρα χώρων ανά ώρα (ACH). Ο εσωτερικός όγκος της κατασκευής είναι $365,7m^3$, σύμφωνα και με όσα αναφέρονται στην παράγραφο 6.3.3.3 ‘‘Σχεδιασμός ανοιγμάτων κτηρίου’’, επομένως ο ρυθμός αερισμού θεωρείται πως είναι περίπου $109m^3$ ανά ώρα, ή $0,0304m^3$ ανά δευτερόλεπτο.

Ο ρυθμός αερισμού ουσιαστικά ανέρχεται στα 27m^3 ανά άτομο και ώρα (η κατοικία προορίζεται για τετραμελή οικογένεια) για τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης, τιμή αποδεκτή σύμφωνα με την πηγή [41]. Η θερμοχωρητικότητα ανά όγκο C_p για τον αέρα, είναι $1200\text{J}/\text{m}^3\cdot\text{K}$ [42] και το $\Delta T=18^\circ\text{C}$.

Για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων της περιόδου θέρμανσης, θα θεωρηθεί αμελητέος ο αερισμός από τον απορροφητήρα της κουζίνας, διότι δεν λαμβάνονται επίσης υπόψη τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από συσκευές και ανθρώπους, τα οποία είναι παραπλήσια. Εξάλλου, όσο λειτουργεί ο απορροφητήρας, λειτουργεί και η κουζίνα, οπότε παράγεται παρόμοια ποσότητα θερμότητας, με αυτήν που απομακρύνεται λόγω του απορροφητήρα.

Όσον αφορά το ζεστό νερό χρήσης, ορίζεται από την αντίστοιχη οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδος, η ανάγκη για 50Lt ζεστού νερού θερμοκρασίας 45°C ανά άτομο, οπότε θα τοποθετηθεί boiler 200Lt, δεδομένης της τετραμελούς οικογένειας που θα διαμένει στην κατοικία. Όσον αφορά το φορτίο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, θα υπολογισθεί η ισχύς που χρειάζεται για τη θέρμανση 200Lt νερού, από τη χαμηλότερη θερμοκρασία νερού δικτύου έως τους 45°C που είναι και η απαιτούμενη, σε διάστημα 1,5 ώρας (5400 δευτερόλεπτα). Η χαμηλότερη θερμοκρασία νερού δικτύου, παρατηρείται για την Αθήνα το μήνα Φεβρουάριο και είναι $10,9^\circ\text{C}$ [43]. Η παρακάτω εξίσωση υπολογίζει την ισχύ Q_{ZNX} που απαιτείται, προκειμένου να μεταβληθεί η θερμοκρασία του νερού στο δεδομένο διάστημα:

$$Q_{ZNX} = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{t} \quad (W) \quad \text{Εξίσωση 16}$$

Όπου:

- m : Η μάζα του νερού του Boiler σε kg
- C_p : Η θερμοχωρητικότητα του νερού σε $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$
- ΔT : Θερμοκρασιακή διαφορά του κρύου από το ζεστό νερό
- t : Ο χρόνος για τη θέρμανση του νερού σε sec. Στην προκειμένη περίπτωση $t=5400\text{s}$

Στην προκειμένη περίπτωση, η μάζα του νερού είναι 200kg, η θερμοχωρητικότητα του νερού λαμβάνεται ίση με $4180\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ [42], και η θερμοκρασιακή διαφορά, σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει $34,1^\circ\text{C}$. Στον πίνακα 6.12, παρουσιάζεται ο υπολογισμός των φορτίων θέρμανσης, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Από τον πίνακα παρατηρείται, πως οι απώλειες θερμότητας, για τη δυσμενέστερη περίπτωση όπου ο εξωτερικός αέρας έχει θερμοκρασία 0°C , είναι περίπου 4.357W , ενώ αντίστοιχα η ισχύς για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προέκυψε σύμφωνα με τα παραπάνω 5.270W . Αξίζει να τονισθεί, πως θα πρέπει να επιλεγθεί boiler τριπλής ενέργειας με εσωτερικό εναλλάκτη για την πλευρά της αντλίας θερμότητας ισχύος $5,27\text{kW}$ ή μεγαλύτερο, για θερμοκρασία νερού 45°C . Συνολικά, το φορτίο για τη θέρμανση προσδιορίστηκε στα $9,63\text{kW}$.

Σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος Επιφάνειας (m)	Ύψος Επιφάνειας (m)	Αφαιρούμενη Επιφάνεια [m ²]	Τελική Επιφάνεια (m ²)	U (W/m ² .K)	ΔΤ (C°)	Q (W)	Συντελεστής προσανατολισμού Z _H (%)	Συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας Z _Δ (%)	Q _{ε,θ} (W)	
Εξωτερικός τοίχος	B	16,00	3,00	8,23	39,77	0,269	18	192,57	5	20	240,71	
Εξωτερικός τοίχος	N	16,00	3,00	13,97	34,03	0,269	18	164,77	0	20	197,73	
Εξωτερικός τοίχος	A	6,50	3,00	3,78	15,72	0,269	18	76,12	0	20	91,34	
Εξωτερικός τοίχος	Δ	6,50	3,00	1,80	17,70	0,269	18	85,70	0	20	102,84	
Παράθυρα	B	-	-	-	6,25	2,000	18	225,00	5	20	281,25	
Μπαλκονόπορτες	N	-	-	-	13,97	2,000	18	502,92	0	20	603,50	
Παράθυρα	A	-	-	-	1,80	2,000	18	64,80	0	20	77,76	
Παράθυρα	Δ	-	-	-	1,80	2,000	18	64,80	0	20	77,76	
Εξώπορτα	B	0,90	2,20	-	1,98	3,000	18	106,92	5	20	133,65	
Εξώπορτα	A	0,90	2,20	-	1,98	3,000	18	106,92	0	20	128,30	
Δίριχτη κεραμοσκεπή	B	16,00	3,36	-	53,80	0,192	18	185,93	5	20	232,42	
Δίριχτη κεραμοσκεπή	N	16,00	3,36	-	53,80	0,192	18	185,93	0	20	223,12	
Μετώπη κεραμοσκεπής	A	-	-	-	4,74	0,269	18	22,97	0	20	27,56	
Μετώπη κεραμοσκεπής	Δ	-	-	-	4,74	0,269	18	22,97	0	20	27,56	
Δάπεδο	-	16,00	6,50	-	104,00	0,900	10	936,00	-	20	1123,20	
Σύνολο											3568,71	
							Απώλειες αερισμού Q _{A,θ}	18	656,64	-	20	787,97
							Φορτίο ΖΝΧ Q _{ZNX}	34	5270,00	-	-	5270,00
Σύνολο											9626,68	

Πίνακας 6.12 Φορτία θέρμανσης

Όλοι οι εσωτερικοί χώροι συμπεριλαμβανομένου και του ξενώνα, θεωρούνται θερμαινόμενοι και πως ανήκουν στην ίδια θερμική ζώνη, οπότε υπολογίζονται απώλειες μόνο για επιφάνειες που συνορεύουν με εξωτερικούς χώρους. Στους υπολογισμούς, έχει ληφθεί υπόψη ο συντελεστής προσανατολισμού Z_H, καθώς και ο συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας. Σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, γίνεται η παραδοχή πως αυτό θα είναι ενεργοποιημένο για 14 ώρες ανά ημέρα για όλη την περίοδο θέρμανσης, οπότε και λήφθηκε υπόψη συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας Z_Δ=20%. Ο συντελεστής αυτός, προσαυξάνει την ισχύ του συστήματος θέρμανσης, καθώς όταν αυτό θα απενεργοποιείται, θα πέφτει η θερμοκρασία χαμηλότερα από την τιμή του θερμοστάτη των χώρων, επομένως θα χρειάζεται μεγαλύτερη ισχύ για να ξαναφτάσουν οι χώροι στην επιθυμητή θερμοκρασία, όταν το σύστημα ενεργοποιείται ξανά την επόμενη ημέρα.

Για τους υπολογισμούς, λήφθηκαν υπόψη οι συντελεστές θερμικής διαπερατότητας του πίνακα 6.13. Οι συντελεστές για τους τοίχους και την οροφή έχουν υπολογισθεί σε προηγούμενη υποπαράγραφο, για τα τζάμια και τις εξώπορτες έχουν επιλεγεί σε προηγούμενη υποπαράγραφο, ενώ για το δάπεδο ορίζεται ο ελάχιστος συντελεστής με βάση τον KENAK. Αναλυτικότερα, θεωρείται πως το δάπεδο θα αποτελείται από 30 εκατοστά μπετό και μια μικρή μόνωση, με συνολικό U=0,9 W/m².K. Επιπλέον, η θερμοκρασιακή διαφορά ΔΤ του δαπέδου και των εσωτερικών χώρων, θεωρήθηκε για τη δυσμενέστερη θερμοκρασιακά περίπτωση ΔΤ=10°C.

Επιφάνεια	U (W/m ² .K)
Μονωμένοι εξωτερικοί τοίχοι	0,269
Τζάμια	2,000
Εξώπορτες	3,000
Μονωμένη κεραμοσκεπή	0,192
Δάπεδο	0,900

Πίνακας 6.13 Συντελεστές θερμικής διαπερατότητας

Σε αυτό το σημείο θα υπολογισθούν τα ψυκτικά φορτία της κατοικίας. Σε γενικές γραμμές, ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων είναι πολυπλοκότερος, διότι λαμβάνει υπόψη περισσότερες παραμέτρους. Γενικότερα, για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων και σε αντίθεση με τον υπολογισμό των θερμικών, λαμβάνονται υπόψη εκτός από τα αισθητά φορτία και τα λανθάνοντα φορτία, καθώς και τα θερμικά φορτία των εσωτερικών χώρων.

Τα λανθάνοντα φορτία σχετίζονται άμεσα με την υγρασία του εσωτερικού χώρου. Όπως είναι γνωστό από τη θερμοδυναμική, όταν το νερό αλλάζει από υγρή σε αέρια φάση, όταν δηλαδή εξατμίζεται, απορροφά θερμότητα από το γύρω περιβάλλον. Πλέον, το νερό ως υδρατμός περιέχει μια θερμική ενέργεια. Οι υδρατμοί αυτοί είναι ουσιαστικά η υγρασία του χώρου, οι οποίοι περιέχουν θερμική ενέργεια, επομένως και ο ίδιος ο χώρος στον οποίο υπάρχει η υγρασία, περιέχει θερμότητα σε λανθάνουσα μορφή. Όταν το κλιματιστικό ψύχει τον αέρα, βάσει των θερμοδυναμικών κανόνων, η υγρασία που περιέχεται στον αέρα τείνει να αλλάξει μορφή και από αέρια να γίνει ξανά υγρή, επομένως και αποδίδει τη θερμική ενέργεια που είχε απορροφήσει αρχικά για να εξατμιστεί. Έτσι, προκύπτει μια θερμότητα η οποία προηγουμένως δεν ήταν αισθητή, η οποία αποκαλείται λανθάνουσα και καλείται η κλιματιστική μονάδα να την αντιμετωπίσει. Τα ψυκτικά φορτία που θα υπολογισθούν είναι τα εξής:

Αισθητά θερμικά φορτία

- Από τους εξωτερικούς τοίχους, την οροφή, τα τζάμια και τις εξώπορτες
- Από το δάπεδο
- Από τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας
- Λόγω φωτισμού
- Από ηλεκτρικές συσκευές
- Από ανθρώπους
- Από αερισμό

Λανθάνοντα θερμικά φορτία

- Από συσκευές
- Από ανθρώπους
- Από αερισμό

Στους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη, πως όλοι οι χώροι συμπεριλαμβανομένου του ξενώνα θα ψύχονται την περίοδο ψύξης με εσωτερική θερμοκρασία 26°C και σχετική υγρασία 50% και πως η αντλία θερμότητας θα λειτουργεί 14 ώρες ανά ημέρα, για όλη την περίοδο ψύξης. Αρχικά, για τα αισθητά φορτία από τους εξωτερικούς τοίχους, την οροφή, τα τζάμια και τις εξώπορτες $Q_{E,\psi}$ χρησιμοποιείται παρόμοια σχέση υπολογισμού με αυτή των θερμικών φορτίων:

$$Q_{E,\Psi} = F * U * \Delta T \quad (W) \quad \text{Εξίσωση 17}$$

Όπου:

- F: Η επιφάνεια σε m²
- U: Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας σε W/m².K
- ΔT: Θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

Σε αυτήν την περίπτωση, το μόνο που αλλάζει είναι η θερμοκρασιακή διαφορά ΔT, η οποία για την ψύξη υπολογίζεται από κατάλληλες σχέσεις και λαμβάνει έτσι υπόψη τον προσανατολισμό της κάθε επιφάνειας και την ηλιακή ακτινοβολία. Στην προκειμένη περίπτωση, ο υπολογισμός των Q_{E,Ψ} έγινε προσεγγιστικά, χωρίς να υπολογισθεί το ΔT από αντίστοιχες σχέσεις, αλλά θεωρήθηκε ΔT=9°C με εσωτερική θερμοκρασία 26°C για προσεγγιστικό υπολογισμό σύμφωνα με την πηγή [41].

Στον πίνακα 6.14, φαίνεται ο υπολογισμός των αισθητών φορτίων από τις επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων, της οροφής, των τζαμιών και των δυο εξωτερικών θυρών Q_{E,Ψ}:

Αισθητά θερμικά φορτία από την οροφή, τους εξωτερικούς τοίχους, τα τζάμια και τις εξώπορτες								
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Μήκος επιφάνειας (m)	Ύψος επιφάνειας (m)	Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	Τελική επιφάνεια (m ²)	U (W/m ² .K)	ΔT (C°)	Q _{E,Ψ} (W)
Εξωτερικός τοίχος	B	16,00	3,00	8,23	39,77	0,269	9	96,28
Εξωτερικός τοίχος	N	16,00	3,00	13,97	34,03	0,269	9	82,39
Εξωτερικός τοίχος	A	6,50	3,00	3,78	15,72	0,269	9	38,06
Εξωτερικός τοίχος	Δ	6,50	3,00	1,80	17,70	0,269	9	42,85
Παράθυρα	B	-	-	-	6,25	2,000	9	112,50
Μπαλκονόπορτες	N	-	-	-	13,97	2,000	9	251,46
Παράθυρα	A	-	-	-	1,80	2,000	9	32,40
Παράθυρα	Δ	-	-	-	1,80	2,000	9	32,40
Εξώπορτα	B	0,90	2,20	-	1,98	3,000	9	53,46
Εξώπορτα	A	0,90	2,20	-	1,98	3,000	9	53,46
Δίριχτη κεραμοσκεπή	B	16,00	3,36	-	53,80	0,192	9	92,97
Δίριχτη κεραμοσκεπή	N	16,00	3,36	-	53,80	0,192	9	92,97
Μετώπη κεραμοσκεπής	A	-	-	-	4,74	0,269	9	11,49
Μετώπη κεραμοσκεπής	Δ	-	-	-	4,74	0,269	9	11,49
Σύνολο								1004,16

Πίνακας 6.14 Αισθητά φορτία ψύξης από την οροφή, τους εξωτερικούς τοίχους, τα τζάμια και τις εξώπορτες

Στη συνέχεια, όσο αφορά το φορτίο που προκύπτει από το δάπεδο, αυτό θεωρείται Q_{ΔΑΠ}=0W για την περίοδο ψύξης, διότι έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία των εσωτερικών κλιματιζόμενων χώρων. Γενικά, το έδαφος διατηρεί μια σταθερή και σχετικά χαμηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους.

Τα αντίστοιχα φορτία για την ψύξη, που προκύπτουν από την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους, διαμέσου των αδιαφανών στοιχείων της κατασκευής Q_{Ηλ} δίνονται από την εξίσωση:

$$Q_{H\lambda} = F * \delta * \varepsilon * \zeta \quad (W) \quad \text{Εξίσωση 18}$$

Όπου:

- F: Η επιφάνεια των τζαμιών σε m^2
- δ: Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του τζαμιού σε W/m^2
- ε: Ο συντελεστής σκίασης
- ζ: Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου

Χρησιμοποιήθηκαν τιμές για το συντελεστή δ από την πηγή [41], οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 6.15:

Προσανατολισμός	B	N	A	Δ
δ (W/m^2)	131	129	148	148

Πίνακας 6.15 Ο συντελεστής δ για κάθε προσανατολισμό, την 21^η Ιουλίου, για γεωγραφικό πλάτος 40° [41]

Ο συντελεστής σκίασης λαμβάνει την τιμή 0,64 όταν εφαρμόζεται εσωτερική σκίαση στα ανοίγματα, ή την τιμή 0,15 εάν εφαρμόζεται εξωτερική σκίαση [41]. Ο αντίστοιχος συντελεστής ψυκτικού φορτίου για συνήθεις χώρους, φαίνεται στον πίνακα 6.16 [41]:

Προσανατολισμός	8:00	10:00	12:00	14:00	15:00	16:00	18:00	20:00
B	0,46	0,59	0,73	0,75	0,74	0,75	0,75	0,50
N	0,14	0,31	0,32	0,58	0,53	0,47	0,36	0,29
A	0,44	0,51	0,46	0,31	0,29	0,26	0,21	0,15
Δ	0,10	0,12	0,14	0,29	0,40	0,50	0,55	0,33

Πίνακας 6.16 Ο συντελεστής ζ για κάθε προσανατολισμό και ώρα [41]

Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου λαμβάνεται υπόψη για τις 3 μ.μ., που θεωρείται πως είναι από τις δυσμενέστερες θερμικά ώρες μιας καλοκαιρινής μέρας του Ιουλίου. Στον πίνακα 6.17, φαίνεται ο υπολογισμός των αισθητών φορτίων από την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους, διαμέσου των αδιαφανών στοιχείων της κατασκευής Q_{HL} :

Αισθητά θερμικά φορτία λόγω διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας						
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	Συνολική επιφάνεια (m^2)	δ (W/m^2)	ε	ζ	Q_{HL} (W)
Παράθυρα	B	6,25	131	0,15	0,74	90,88
Μπαλκονόπορτες	N	13,97	129	0,15	0,53	143,27
Παράθυρα	A	1,80	148	0,15	0,29	11,59
Παράθυρα	Δ	1,80	148	0,15	0,40	15,98
Σύνολο						261,72

Πίνακας 6.17 Αισθητά φορτία ψύξης λόγω διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την 21 Ιουλίου στις 15:00

Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό, η κατοικία διαθέτει 10 λαμπτήρες LED ονομαστικής ισχύος 13W στους εσωτερικούς χώρους. Στον πίνακα 6.18, φαίνονται τα αισθητά θερμικά φορτία λόγω φωτισμού:

Αισθητά θερμικά φορτία λόγω φωτισμού			
Είδος λαμπτήρα	Ισχύς (W)	Ποσότητα	Q_{LED} (W)
Λαμπτήρας LED	13	10,00	130,00

Πίνακας 6.18 Αισθητά φορτία ψύξης λόγω φωτισμού

Ορισμένες από τις ηλεκτρικές συσκευές που ενδέχεται να λειτουργούν κατά την περίοδο ψύξης, οι οποίες παράγουν σχετικά μεγάλες ποσότητες αισθητής θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας και πρέπει να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, του οποίου οι τιμές προέρχονται από την πηγή [41]:

Αισθητά θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές		
Ηλεκτρική συσκευή	Ποσότητα	$Q_{\text{Συσκ}}$ (W)
Ηλεκτρική κουζίνα	1	800
Ψυγείο	1	70
	Σύνολο	870

Πίνακας 6.19 Αισθητά φορτία ψύξης από ορισμένες ηλεκτρικές συσκευές [41]

Τα αισθητά θερμικά φορτία που προκύπτουν από τους ανθρώπους που διαμένουν στην κλιματιζόμενη κατοικία $Q_{\text{ΑΝΘ}}$, παρουσιάζονται στον πίνακα 6.20. Έχει ληφθεί η τιμή 102W/άτομο, για άτομα που κάθονται, από την πηγή [41].

Αισθητά θερμικά φορτία από ανθρώπους			
Κινητικότητα ατόμων	Αριθμός ατόμων	Αισθητό θερμικό φορτίο ανά άτομο (W)	$Q_{\text{ΑΝΘ}}$ (W)
Άτομα που κάθονται	4	102	408

Πίνακας 6.20 Αισθητά φορτία ψύξης από ανθρώπους [41]

Σχετικά με τις απώλειες λόγω αερισμού των χώρων, θεωρείται πως η ροή του αέρα που οφείλεται στις χαραμάδες και το χειροκίνητο αερισμό του κτηρίου, αντιστοιχεί σε 0,3 αλλαγές αέρα χώρων ανά ώρα (ACH), δηλαδή περίπου 109 m³/h, όπως θεωρήθηκε και στον αντίστοιχο υπολογισμό των φορτίων για την περίοδο θέρμανσης. Στον υπολογισμό των φορτίων για την ψύξη και σε αντίθεση με τον υπολογισμό για τα φορτία θέρμανσης, θα συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς και ο αερισμός λόγω του απορροφητήρα της κουζίνας. Έτσι, με τον ίδιο τρόπο υπολογισμού (εξίσωση 15) προκύπτει ο πίνακας 6.21, με τα αισθητά θερμικά φορτία λόγω αερισμού $Q_{\text{Α,Ψ}}$:

Αισθητό θερμικό φορτίο λόγω αερισμού					
Εισαγωγή αέρα	Ροή αέρα (m ³ /h)	Ροή αέρα (m ³ /s)	Θερμοχωρητικότητα αέρα (J/m ³ .K)	ΔT (°C)	$Q_{\text{Α,Ψ}}$ (W)
Εισαγωγή αέρα από χαραμάδες και χειροκίνητο αερισμό	109	0,0304	1200	9	328,32
Εισαγωγή αέρα λόγω απορροφητήρα κουζίνας	150	0,0416	1200	9	449,28
			Σύνολο		777,6

Πίνακας 6.21 Αισθητό φορτίο ψύξης λόγω αερισμού

Το ΔT θεωρήθηκε 9°C , το οποίο προκύπτει ως η διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Η εσωτερική θερμοκρασία έχει θεωρηθεί για όλη την περίοδο ψύξης ίση με 26°C , ενώ η μέση μέγιστη εξωτερική για το μήνα Ιούλιο είναι 35°C , σύμφωνα με την πηγή [41]. Όπως και στη θέρμανση, έτσι και εδώ, θεωρήθηκε η θερμοχωρητικότητα ανά όγκο C_p για τον αέρα, $1200\text{J/m}^3\cdot\text{K}$, ενώ η επιπλέον ροή που δημιουργεί ο απορροφητήρας θεωρήθηκε ίση με $150\text{ m}^3/\text{h}$.

Σε αυτό το σημείο, θα υπολογισθούν τα λανθάνοντα φορτία για τον κλιματισμό της κατοικίας. Αρχικά, τα λανθάνοντα φορτία για τις ηλεκτρικές συσκευές που ήδη αναφέρθηκαν στον πίνακα 6.19, φαίνονται στον πίνακα 6.22.

Λανθάνοντα θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές		
Ηλεκτρική συσκευή	Ποσότητα	$Q_{\Lambda, \text{Συσκ}} \text{ (W)}$
Ηλεκτρική κουζίνα	1	200
Ψυγείο	1	-
	Σύνολο	200

Πίνακας 6.22 Λανθάνοντα φορτία ψύξης από ηλεκτρικές συσκευές [41]

Στον πίνακα 6.23, φαίνεται το λανθάνον φορτίο από ανθρώπους, σύμφωνα με την πηγή [41].

Λανθάνοντα θερμικά φορτία από ανθρώπους			
Κινητικότητα ατόμων	Αριθμός ατόμων	Λανθάνον θερμικό φορτίο ανά άτομο (W)	$Q_{\Lambda, \text{ΑΝΘ}} \text{ (W)}$
Άτομα που κάθονται	4	34,8	139,2

Πίνακας 6.23 Λανθάνοντα φορτία ψύξης από ανθρώπους [41]

Τέλος, το λανθάνον θερμικό φορτίο για τον αερισμό δίνεται από την εξής εξίσωση:

$$Q_{\Lambda, A} = g * q * V * (W_x - W_o) \quad (\text{W}) \quad \text{Εξίσωση 19}$$

Όπου:

- g : Το ειδικό βάρος του αέρα σε kg/m^3
- q : Η λανθάνουσα θερμότητα του νερού για θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε J/gr
- V : Ο ρυθμός αερισμού των χώρων σε m^3/s
- W_x : Η ειδική υγρασία του εσωτερικού αέρα σε gr/kg
- W_o : Η ειδική υγρασία του εξωτερικού αέρα σε gr/kg

Το ειδικό βάρος του αέρα λήφθηκε υπόψη ίσο με $g=1,2\text{ kg/m}^3$ και η λανθάνουσα θερμότητα του νερού ίση με $q=2443\text{ J/gr}$, σύμφωνα με την πηγή [41].

Η ειδική υγρασία του εσωτερικού χώρου, υπολογίστηκε $W_{\chi}=10,153$ gr/kg, σύμφωνα με τις συνθήκες των εσωτερικών χώρων που έχουν θεωρηθεί παραπάνω, και είναι 26°C και 50% σχετική υγρασία. Η ειδική υγρασία για τον αέρα εξωτερικού χώρου, υπολογίστηκε $W_o= 11,545$ gr/kg, σύμφωνα με συνθήκες εξωτερικού αέρα 35°C και 35% σχετική υγρασία. Για το ρυθμό αερισμού, ισχύουν όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω. Τελικά, στον πίνακα 6.24, φαίνεται ο υπολογισμός του λανθάνοντος φορτίου από αερισμό $Q_{\Lambda,A}$:

Λανθάνον θερμικό φορτίο λόγω αερισμού							
Εισαγωγή αέρα	V (m ³ /h)	V (m ³ /s)	g (kg/m ³)	q (J/gr)	W_{χ}	W_o	$Q_{\Lambda,A}$ (W)
Εισαγωγή αέρα από χαραμάδες και χειροκίνητο αερισμό	109	0,0304	1,2	2443	10,153	11,545	124,06
Εισαγωγή αέρα λόγω αποροφητήρα κουζίνας	150	0,0416	1,2	2443	10,153	11,545	169,76
Σύνολο							293,82

Πίνακας 6.24 Λανθάνον φορτίο ψύξης λόγω αερισμού

Στον πίνακα 6.25, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα παραπάνω φορτία για τον κλιματισμό:

Φορτία κλιματισμού	Συμβολισμός	Τιμή
Αισθητά θερμικά φορτία από την οροφή, τους εξωτερικούς τοίχους, τα τζάμια και τις εξώπορτες	$Q_{E,\psi}$	1004
Αισθητό θερμικό φορτίο από το δάπεδο	$Q_{\Delta\Lambda\Pi}$	0
Αισθητά θερμικά φορτία λόγω διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας	$Q_{\eta\lambda}$	262
Αισθητά θερμικά φορτία λόγω φωτισμού	Q_{LED}	130
Αισθητά θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές	$Q_{\Sigma\upsilon\sigma\kappa}$	870
Αισθητά θερμικά φορτία από ανθρώπους	$Q_{\Lambda\theta}$	408
Αισθητό θερμικό φορτίο λόγω αερισμού	$Q_{\Lambda,\psi}$	778
Λανθάνοντα θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές	$Q_{\Lambda,\Sigma\upsilon\sigma\kappa}$	200
Λανθάνοντα θερμικά φορτία από ανθρώπους	$Q_{\Lambda,\Lambda\theta}$	139
Λανθάνον θερμικό φορτίο λόγω αερισμού	$Q_{\Lambda,A}$	294
Σύνολο		4085
Συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας Z_{Δ} (%)		20%
Σύνολο		4901

Πίνακας 6.25 Τα φορτία ψύξης

Από την παραπάνω ανάλυση, προκύπτει η συνολική θερμική ισχύς $Q_{\theta}=9,63$ kW, ενώ η αντίστοιχη ψυκτική ισχύς $Q_{\psi}=4,90$ kW. Για την επιλεγθείσα αντλία θερμότητας, επιλέγεται το αντίστοιχο μοντέλο με ονομαστική ισχύ εξόδου 10kW, το οποίο μάλιστα είναι και το μικρότερο της αντίστοιχης σειράς από πλευράς ισχύος. Όσο αφορά τη θερμική ισχύ, το συγκεκριμένο μοντέλο, αποδίδει $P_o=9,3$ kW για εξωτερική θερμοκρασία $T_o= 0^{\circ}\text{C}$ και νερό θερμοκρασίας $T_{w,o}= 45^{\circ}\text{C}$, οπότε, αν και οριακά, καλύπτει την απαιτούμενη ισχύ για την ταυτόχρονη θέρμανση χώρων και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, για τη θερμοκρασιακά δυσμενέστερη περίπτωση. Όσο αφορά την ψύξη των χώρων, το μοντέλο που επιλέγεται μπορεί να αποδώσει έως $P_o=10,6$ kW για εξωτερική θερμοκρασία 35°C και νερό θερμοκρασίας $T_{w,o}=9^{\circ}\text{C}$, οπότε η ισχύς για την ψύξη υπερκαλύπτεται. Στον πίνακα 6.26, φαίνεται το φυλλάδιο με τις τεχνικές πληροφορίες για το επιλεγμένο μοντέλο ονομαστικής ισχύος 10kW, ενώ στα διαγράμματα 6.31 και 6.32, παρουσιάζεται η ισχύς εξόδου και εισόδου αντίστοιχα, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τη θερμοκρασία του νερού εξόδου.

HWMC		010M	013	018	023	029
Power supply	V-ph-Hz	230-1-50	400-3-50	400-3-50	400-3-50	400-3-50
Cooling mode						
Cooling capacity ¹	kW	10.60	13.80	18.50	23.40	29.60
Power absorbed ¹	kW	3.34	4.37	7.52	7.40	11.50
EER		3.18	3.14	2.46	2.93	2.45
Cooling mode + DHW						
Cooling capacity ¹	kW	10.10	13.50	18.90	23.10	30.40
Power input ¹	kW	3.31	4.21	6.98	7.53	11.00
Heating capacity DHW	kW	13.00	17.20	25.00	29.70	40.00
Total COP		6.99	7.29	6.29	7.02	6.43
Heating mode (system / DHW)						
Heating capacity ²	kW	11.40	14.90	21.50	25.60	33.70
Power absorbed ²	kW	3.44	4.34	7.51	8.05	12.00
COP		3.30	3.21	2.86	3.18	2.82
Water flow - chiller mode	l/h	1.820	2.362	3.174	4.013	5.080
Water flow - heat pump mode	l/h	1.973	2.582	3.734	4.447	5.856
DHW water flow (total heat recovery)	l/h	2.263	2.984	4.351	5.170	6.952
Pump head, system side (chiller)	kPa	127	157	116	146	120
Expansion tank	dm ³	5	5	5	5	5
Pump head, DHW side	kPa	97	128	45	107	57
DHW expansion tank	dm ³	1	1	1	1	1
No. of scroll compressors / circuits		1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Diameter of water connections	inches	1"1/4	1"1/4	1"1/4	1"1/4	1"1/4
Buffer tank	dm ³	30	30	30	50	50
Height	mm	1250	1250	1250	1300	1300
Length	mm	1220	1220	1220	1565	1565
Depth	mm	560	560	560	600	600
Sound power level	dB(A)	70	71	71	74	74
Refrigerant charge R410A	(kg)	6.4	8.3	8.3	11.5	11.5
Transport weight*	(kg)	220	220	220	300	300
Operating weight*	(kg)	240	240	240	347	347

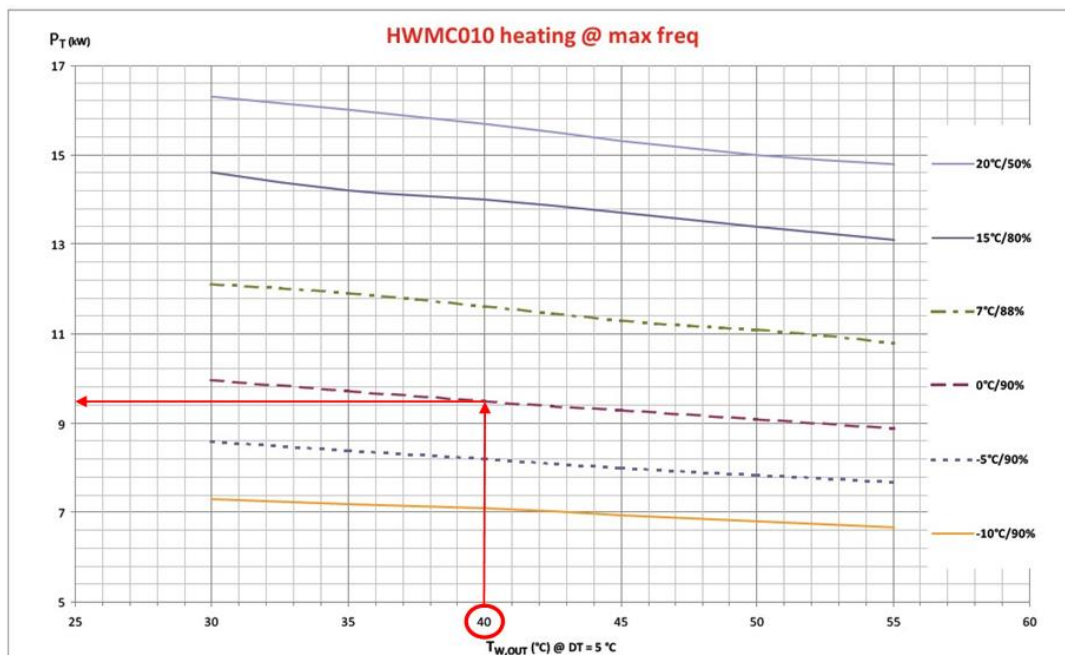
1 Water temperature 12°C - 7°C; outdoor air temperature 35°C

2 Water temperature 40°C - 45°C, outdoor air temperature 7°C dry bulb, outdoor air temperature 6°C wet bulb

Performances measured according to standard EN 14511

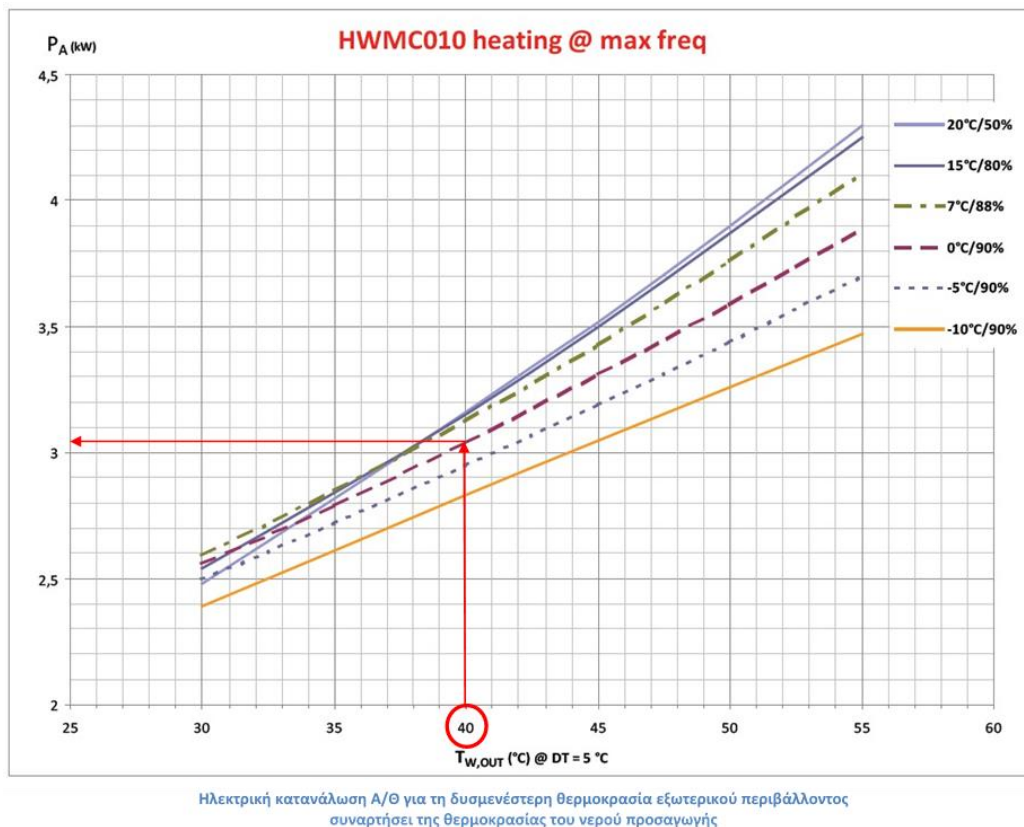
Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντλίας Θερμότητας

Πίνακας 6.26 Τεχνικές πληροφορίες επιλεγμένου μοντέλου [44]



Θερμική απόδοση A/Θ για τη δυσμενέστερη θερμοκρασία εξωτερικού Περιβάλλοντος (0 °C) συναρτήσει της θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής

Διάγραμμα 6.31 Ισχύς εξόδου σε συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της θερμοκρασία νερού, για τη λειτουργία της θέρμανσης [44]



Διάγραμμα 6.32 Ηλεκτρική κατανάλωση A/Θ για τη δυσμενέστερη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος συναρτήσει της θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής, για τη λειτουργία της θέρμανσης [44]

6.3.3.6.1.2 Διαστασιολόγηση των ηλιακών συλλεκτών

Σε αυτό το σημείο, θα γίνει ο υπολογισμός του μεγέθους των ηλιακών συλλεκτών. Οι ηλιακοί συλλέκτες θα διαστασιολογηθούν, βάση της ενέργειας που θα πρέπει να παράγουν ετήσια. Όπως ήδη έχει αναφερθεί στην παράγραφο 4.2 “Τι ορίζει ο ΚΕΝΑΚ”, σύμφωνα με το άρθρο 3, της παραγράφου 8 της αντίστοιχης υπουργικής απόφασης για τον ΚΕΝΑΚ, απαιτείται μεταξύ άλλων η υποχρεωτική κάλυψη τουλάχιστον του 60% των ετήσιων αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα, σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια. Επομένως, θα διαστασιολογηθεί σύστημα ηλιακών συλλεκτών, τέτοιο ώστε να καλύπτει το 60% της απαιτούμενης ετήσιας θερμικής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Σε αυτό το σημείο, θα γίνει ο υπολογισμός της απαιτούμενης ετήσιας ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού. Η ενέργεια που πρέπει να αποδοθεί στο νερό, προκειμένου να μεταβληθεί η θερμοκρασία του κατά ΔT δίνεται από τη σχέση:

$$E_{ZNΧ} = m * C_p * \Delta T \quad (kJ) \quad \text{Εξίσωση 20}$$

Όπου:

- m : Η μάζα του νερού του Boiler σε kg
- C_p : Η θερμοχωρητικότητα του νερού σε kJ/kg.K
- ΔT : Θερμοκρασιακή διαφορά του κρύου από το ζεστό νερό

Η μάζα του νερού στο boiler τριπλής ενέργειας είναι 200kg, όπως ήδη έχει αναφερθεί, η θερμοχωρητικότητα του νερού είναι $C_p=4,18 \text{ kJ/kg.K}$ [42], και η θερμοκρασιακή διαφορά προκύπτει από τη διαφορά της μηνιαίας θερμοκρασίας νερού του δικτύου και της απαιτούμενης θερμοκρασίας ζεστού νερού 45°C . Στον πίνακα 6.27, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται η ενέργεια για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Οι μηνιαίες θερμοκρασίες για το νερό του δικτύου, λήφθηκαν υπόψη από την αντίστοιχη τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας [43].

Μήνας	Θερμοκρασία νερού δικτύου ($^\circ\text{C}$)	Επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού ($^\circ\text{C}$)	ΔT	kg νερού ανά άτομο	Άτομα	C_p Νερού (kJ/kg.K)	E_{ZNX} ανά ημέρα (kJ)	E_{ZNX} ανά ημέρα (kWh)	Ημέρες ανά μήνα	E_{ZNX} ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	11,3	45	33,7	50	4	4,18	28173,20	7,83	31	242,60
Φεβρουάριος	10,9	45	34,1	50	4	4,18	28507,60	7,92	28	221,73
Μάρτιος	11,8	45	33,2	50	4	4,18	27755,20	7,71	31	239,00
Απρίλιος	14,3	45	30,7	50	4	4,18	25665,20	7,13	30	213,88
Μάιος	17,7	45	27,3	50	4	4,18	22822,80	6,34	31	196,53
Ιούνιος	21,6	45	23,4	50	4	4,18	19562,40	5,43	30	163,02
Ιούλιος	24,7	45	20,3	50	4	4,18	16970,80	4,71	31	146,14
Αύγουστος	25,7	45	19,3	50	4	4,18	16134,80	4,48	31	138,94
Σεπτέμβριος	24,2	45	20,8	50	4	4,18	17388,80	4,83	30	144,91
Οκτώβριος	21,1	45	23,9	50	4	4,18	19980,40	5,55	31	172,05
Νοέμβριος	16,9	45	28,1	50	4	4,18	23491,60	6,53	30	195,76
Δεκέμβριος	13,5	45	31,5	50	4	4,18	26334,00	7,32	31	226,77
Σύνολο										2301,32

Πίνακας 6.27 Υπολογισμός απαιτούμενης ετήσιας θερμικής ενέργειας για παραγωγή ZNX

Δεδομένων των παραπάνω, οι ηλιακοί συλλέκτες καλούνται να παράγουν το 60% της υπολογιζόμενης ετήσιας θερμικής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, δηλαδή περίπου 1.380 kWh ετήσια.

Η ζητούμενη επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών, προκύπτει από την εξίσωση 21:

$$F_{\text{Συλλέκτη}} = \frac{E_{\text{θερμική}}}{E_{\text{Προσπίπτουσα}} \cdot \eta} \quad \text{Εξίσωση 21}$$

Όπου:

- $F_{\text{Συλλέκτη}}$: Η ζητούμενη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών σε m^2
- $E_{\text{θερμική}}$: Η ετήσια θερμική ενέργεια που χρειάζεται να αποδοθεί από τους συλλέκτες. Στην προκειμένη περίπτωση είναι $E_{\text{θερμική}}=1.380\text{kWh}$
- $E_{\text{Προσπίπτουσα}}$: Η ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια των συλλεκτών σε kWh/m^2 (κεκλιμένο επίπεδο)
- η : Η συνολική ετήσια απόδοση των ηλιακών συλλεκτών

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών, θα γίνει η παραδοχή, πως ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης για τους ηλιακούς συλλέκτες που θα επιλεγθούν είναι $\eta=0,338$ σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 (απλός συλλέκτης με 15 μοίρες κλίση).

Όσο αφορά την ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, αυτή είναι ίση με $E_{\text{Ηλίου}} = 1.953 \text{ kWh/m}^2$ [45], σύμφωνα με το PVGIS, για την περιοχή της Γλυφάδας με κλίση 15 μοιρών και για νότιο προσανατολισμό, δηλαδή για τη νότια πλευρά της στέγης της κατασκευής. Η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών που προκύπτει τελικά από την εξίσωση 21, είναι $F_{\text{Συλλέκτη}} = 2,09 \text{ m}^2$ περίπου.

6.3.3.6.1.3 Ηλεκτρική κατανάλωση αντλίας θερμότητας

Σε αυτό το σημείο, θα γίνει ένας προσεγγιστικός υπολογισμός της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της αντλίας θερμότητας για θέρμανση και ψύξη χώρων, αλλά και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αντίστοιχα. Για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων, δυο προσεγγιστικές μέθοδοι εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, και οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα της καθεμιάς από αυτές.

Η πρώτη μέθοδος, βασίζεται στον υπολογισμό της ενέργειας μέσω των βαθμομερών, όπως παρουσιάζεται από τις εξισώσεις 22 και 23:

$$E_{\theta} = \frac{Q_{\theta}}{\Delta T_{\theta}} * HDD * 24 \frac{h}{day} \quad (kWh) \quad \text{Για θέρμανση} \quad \underline{\text{Εξίσωση 22}}$$

$$E_{\psi} = \frac{Q_{\psi}}{\Delta T_{\psi}} * CDD * 24 \frac{h}{day} \quad (kWh) \quad \text{Για Ψύξη} \quad \underline{\text{Εξίσωση 23}}$$

Όπου:

- E_{θ}, E_{ψ} : Η απαιτούμενη ετήσια θερμική ενέργεια για τη θέρμανση ή ψύξη σε kWh
- Q_{θ}, Q_{ψ} : Η ισχύς αιχμής (ισχύς για τη δυσμενέστερη θερμοκρασιακή περίπτωση) για τη θέρμανση και την ψύξη αντίστοιχα σε kW
- $\Delta T_{\theta}, \Delta T_{\psi}$: Η θερμοκρασιακή διαφορά ΔT που λήφθηκε υπόψη στον υπολογισμό της ισχύς αιχμής για τη θέρμανση και την ψύξη αντίστοιχα
- HDD : Βαθμοημέρες θέρμανσης σε KDays
- CDD : Βαθμοημέρες ψύξης σε KDays

Το ΔT σύμφωνα με όσα έχουν αναλυθεί παραπάνω, είναι για την ψύξη $\Delta T_{\psi} = 9^{\circ}\text{C}$, ενώ για τη θέρμανση $\Delta T_{\theta} = 18^{\circ}\text{C}$. Στις παραπάνω εξισώσεις, γίνεται ο πολλαπλασιασμός με 24h/day, προκειμένου να γίνει η μετατροπή των βαθμομερών σε βαθμοώρες. Οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης, έχουν υπολογισθεί σύμφωνα με την πηγή [37] και είναι $HDD = 775 \text{ KDays}$ και $CDD = 927 \text{ KDays}$. Στον υπολογισμό των βαθμομερών, έχει ληφθεί υπόψη η ηλιακή ακτινοβολία και η ταχύτητα αέρα.

Η λογική πίσω από αυτή τη μέθοδο, είναι να υπολογισθεί ένας συντελεστής σε $\text{kW}/^{\circ}\text{C}$, ο οποίος θα πολλαπλασιαστεί με τις βαθμοώρες, ώστε να προκύψουν kWh. Ο συντελεστής αυτός ($\text{kW}/^{\circ}\text{C}$), δηλώνει, το πόσο αυξάνεται το θερμικό ή το ψυκτικό φορτίο ανά βαθμό κελσίου εξωτερικού αέρα,

επομένως τα φορτία αιχμής που περιέχει στον αριθμητή αναφέρονται στα φορτία τα οποία μεταβάλλονται με τη διαφορά της θερμοκρασίας. Όμως, το φορτίο αιχμής της ψύξης Q_{ψ} , περιέχει και φορτία, τα οποία δεν είναι ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία.

Για το λόγο αυτό, ενώ θα υπολογισθεί κανονικά η εξίσωση 22 για τη θέρμανση, στην ψύξη θα ληφθούν υπόψη ως φορτία αιχμής Q_{ψ} μόνο τα φορτία τα οποία είναι εξαρτώμενα από την εξωτερική θερμοκρασία, ενώ για τα υπόλοιπα φορτία, θα γίνει προσεγγιστικός υπολογισμός της ενέργειας που αυτά προσδίδουν στο χώρο, με βάση το χρόνο και όχι τη θερμοκρασία. Έπειτα, η ενέργεια που θα προκύψει από την εξίσωση 23, θα προστεθεί με την ενέργεια των θερμικά ανεξάρτητων φορτίων που υπολογίστηκε. Στον πίνακα 6.28, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών:

Θερμικά ανεξάρτητα φορτία ψύξης	Ισχύς φορτίου ψύξης (W)	Ωρες/Ημέρα	Ημέρες περιόδου ψύξης	Ενέργεια θερμικά ανεξάρτητων φορτίων για περίοδο ψύξης (kWh)
Αισθητό θερμικό φορτίο από το δάπεδο	0	24	62	0,00
Αισθητά θερμικά φορτία λόγω διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας	262	8	62	129,81
Αισθητά θερμικά φορτία λόγω φωτισμού	130	4	62	32,24
Αισθητά θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές	870	1,3	62	70,12
Αισθητά θερμικά φορτία από ανθρώπους	408	16	62	404,74
Λανθάνοντα θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές	200	1,3	62	16,12
Λανθάνοντα θερμικά φορτία από ανθρώπους	139	16	62	138,09
Σύνολο				791,12

Q_{θ} (kW)	ΔT_{θ} (°C)	HDD (Kdays)	E_{θ} (kWh)	Q_{ψ} (kW)	ΔT_{ψ} (°C)	CDD (Kdays)	E_{ψ} (kWh)
4,36	18	775	4502,23	2,08	9	927	5130,83
Ενέργεια θερμικά ανεξάρτητων φορτίων για περίοδο ψύξης							791,12
Σύνολο							5921,95

Πίνακας 6.28 Προσεγγιστικός υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας με τη μέθοδο των βαθμομερών

Για τον υπολογισμό της ενέργειας των θερμικά ανεξάρτητων φορτίων ψύξης, έγινε η παραδοχή πως η περίοδος ψύξης αποτελείται μόνο από τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Ο λόγος που έγινε η παραδοχή, βασίζεται στο ότι μόνο για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, η μέση εξωτερική θερμοκρασία (πίνακας 6.1 κλιματολογικών δεδομένων) ξεπερνά την επιθυμητή εσωτερική των 26°C. Επομένως, οι ημέρες περιόδου ψύξης ανέρχονται στις 62. Επιπλέον, έχουν χρησιμοποιηθεί προσεγγιστικές τιμές για τον χρόνο/ημέρα του κάθε θερμοκρασιακά ανεξάρτητου φορτίου στον παραπάνω πίνακα. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μεθόδου, είναι 4.502 kWh για θέρμανση και 5.922 kWh για ψύξη.

Η δεύτερη μέθοδος που θα αναλυθεί, υπολογίζει προσεγγιστικά την ισχύ της αντλίας για δεδομένη θερμοκρασιακή διαφορά κάθε μήνα και υπολογίζει έπειτα την ενέργεια σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας.

$$E_{\theta,i} = Q_{\theta} * \frac{\Delta T_i}{\Delta T_{\theta}} * t \quad (kWh) \quad \text{Για θέρμανση} \quad \underline{\text{Εξίσωση 24}}$$

$$E_{\psi,i} = Q_{\psi} * \frac{\Delta T_i}{\Delta T_{\psi}} * t \quad (kWh) \quad \text{Για Ψύξη} \quad \underline{\text{Εξίσωση 25}}$$

Όπου:

- $E_{\theta,i}, E_{\psi,i}$: Η απαιτούμενη θερμική ενέργεια για τη θέρμανση ή ψύξη σε kWh ανά μήνα της περιόδου θέρμανσης ή ψύξης
- Q_{θ}, Q_{ψ} : Η ισχύς αιχμής (ισχύς για την δυσμενέστερη θερμοκρασιακή περίπτωση) για τη θέρμανση και την ψύξη αντίστοιχα σε kW
- $\Delta T_{\theta}, \Delta T_{\psi}$: Η θερμοκρασιακή διαφορά ΔT που λήφθηκε υπόψη στον υπολογισμό της ισχύς αιχμής για τη θέρμανση και την ψύξη αντίστοιχα ($\Delta T_{\theta}=18^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_{\psi}=9^{\circ}\text{C}$)
- ΔT_i : Η διαφορά μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για κάθε μήνα της περιόδου θέρμανσης ή ψύξης αντίστοιχα
- i : Οι μήνες της περιόδου θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα
- t : Ο χρόνος της περιόδου θέρμανσης σε ώρες

Στον πίνακα 6.29 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών:

Περίοδος θέρμανσης	Περίοδος ψύξης	Q_{θ} (kW)	T_{in} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{out} ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta T_{\theta,i}$ ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT_{θ} ($^{\circ}\text{C}$)	Ημέρες ανά μήνα	t (h)	E_{θ} (kWh)	Q_{ψ} (kW)	T_{in} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{out} ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta T_{\psi,i}$ ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT_{ψ} ($^{\circ}\text{C}$)	Ημέρες ανά μήνα	t (h)	E_{ψ} (kWh)
Ιανουάριος	-	4,36	18	10,3	7,7	18	31	434	808,90	-	-	-	-	-	-	-	-
Φεβρουάριος	-	4,36	18	10,6	7,4	18	28	392	702,15	-	-	-	-	-	-	-	-
Μάρτιος	-	4,36	18	12,4	5,6	18	31	434	588,29	-	-	-	-	-	-	-	-
Απρίλιος	-	4,36	18	16,1	1,9	18	30	420	193,16	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Ιούλιος	-	-	-	-	-	-	-	-	4,90	26	28,3	2,3	9	31	434	543,58
-	Αύγουστος	-	-	-	-	-	-	-	-	4,90	26	28,2	2,2	9	31	434	519,94
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	-	4,36	18	15,4	2,6	18	30	420	264,32	-	-	-	-	-	-	-	-
Δεκέμβριος	-	4,36	18	11,9	6,1	18	31	434	640,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Σύνολο									3197,65	Σύνολο						1063,52	

Πίνακας 6.29 Προσεγγιστικός υπολογισμός ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας από την ισχύ και το χρόνο λειτουργίας

Όπως και με τη προηγούμενη μέθοδο, έτσι και εδώ γίνεται η παραδοχή πως η περίοδος θέρμανσης αφορά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, ενώ η αντίστοιχη περίοδος ψύξης, περιλαμβάνει τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Οι μήνες που απομένουν, ανήκουν στην ουδέτερη περίοδο, όπου δεν χρειάζεται ούτε θέρμανση, ούτε ψύξη και η μέση θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα (πίνακας 6.1 κλιματολογικά δεδομένα), είναι μεταξύ 18°C και 26°C . Επιπλέον, όπως έχει ήδη αναφερθεί, θεωρείται πως το σύστημα θα λειτουργεί 14 ώρες την ημέρα, τόσο στη λειτουργία της θέρμανσης, όσο και της ψύξης. Τα αποτελέσματα με τη χρήση αυτής της μεθόδου, είναι 3.197 kWh για θέρμανση και 1.063 kWh για ψύξη.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυο μεθόδων, παρατηρείται πως στη μέθοδο υπολογισμού μέσω της ισχύος και του χρόνου, η ενέργεια που προκύπτει είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τη μέθοδο των βαθμομερών και ειδικά για την περίπτωση της ψύξης. Στην προκειμένη περίπτωση, και για τα διαθέσιμα δεδομένα του προβλήματος, η μέθοδος με τις βαθμομέρες φαίνεται να αποδίδει πιο ορθά αποτελέσματα.

Ο βασικότερος λόγος που συμβαίνει αυτό, είναι επειδή οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης, οι οποίες έχουν υπολογισθεί για την περιοχή που πρόκειται να κατασκευασθεί η κατασκευή και λαμβάνουν υπόψη την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα αέρα, είναι ουσιαστικά ένας δείκτης του κλίματος, ο οποίος περιέχει πλήρη πληροφορία για την "ποσότητα" θέρμανσης ή ψύξης που απαιτείται, επομένως λαμβάνουν υπόψη τους απαιτούμενους χρόνους ψύξης και θέρμανσης, με πολύ μικρότερο σφάλμα. Αντιθέτως, στην περίπτωση υπολογισμού με την ισχύ και το χρόνο, ο υπολογισμός είναι αρκετά προσεγγιστικός με μεγάλα σφάλματα, τόσο στο θεωρούμενο χρόνο, όσο και στις θερμοκρασιακές διαφορές.

Για παράδειγμα, η δεύτερη μέθοδος υποθέτει περίοδο ψύξης 62 ημερών, με 14 ώρες λειτουργίας ανά ημέρα, το οποίο είναι αρκετά μικρό χρονικό διάστημα, ενώ ταυτόχρονα υποθέτει και αρκετά μικρότερη ισχύ από την ισχύ αιχμής. Και οι δύο μέθοδοι είναι προσεγγιστικές, όμως θα ληφθεί υπόψη το αποτέλεσμα της μεθόδου των βαθμομερών για την αποπεράτωση των υπολογισμών, δηλαδή 4.502 kWh για θέρμανση και 5.922 kWh για ψύξη.

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, που έχει αποφασιστεί να ενσωματωθούν στην κατασκευή, βάσει της αντίστοιχης βιοκλιματικής ανάλυσης που έγινε σε προηγούμενη υποπαράγραφο. Αναλυτικότερα, βάσει του λογισμικού Climate Consultant, η προσθήκη των επιλεγμένων τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού (εκτός από τη λειτουργία του φυσικού δροσισμού), μειώνει τις αντίστοιχες ώρες για κλιματισμό κατά 35% και τις αντίστοιχες ώρες θέρμανσης κατά 17%. Αν αυτό εφαρμοσθεί αναλογικά και στις kWh που υπολογίσθηκαν ήδη, τότε προκύπτει ο εξής πίνακας:

	Χωρίς βιοκλιματικές προσθήκες (kWh)	Με βιοκλιματικές προσθήκες (kWh)
Θέρμανση	4502	3737
Ψύξη	5922	3849

Πίνακας 6.30 Απαιτούμενη ετήσια θερμική ενέργεια πριν και μετά τις βιοκλιματικές προσθήκες

Στον πίνακα 6.31, φαίνεται η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την αντλία, για την απόδοση της παραπάνω θερμικής ενέργειας που υπολογίσθηκε. Για την περίοδο θέρμανσης, έχει υπολογισθεί ένας μέσος συντελεστής COP=3,73 για τους μήνες της περιόδου θέρμανσης από τον πίνακα 6.33. Για τον αντίστοιχο συντελεστή της ψύξης, έχει ληφθεί υπόψη COP=3,18 από το τεχνικό φυλλάδιο (πίνακας 6.26).

	Χωρίς βιοκλιματικές προσθήκες (kWh)	Με βιοκλιματικές προσθήκες (kWh)	COP	Ηλεκτρική κατανάλωση πριν τις προσθήκες (kWh)	Ηλεκτρική κατανάλωση μετά τις προσθήκες (kWh)	Βελτίωση (%)
Θέρμανση	4502	3737	3,73	1207,03	1001,84	17
Ψύξη	5922	3849	3,18	1862,25	1210,46	35
	Σύνολο			3069,28	2212,30	27

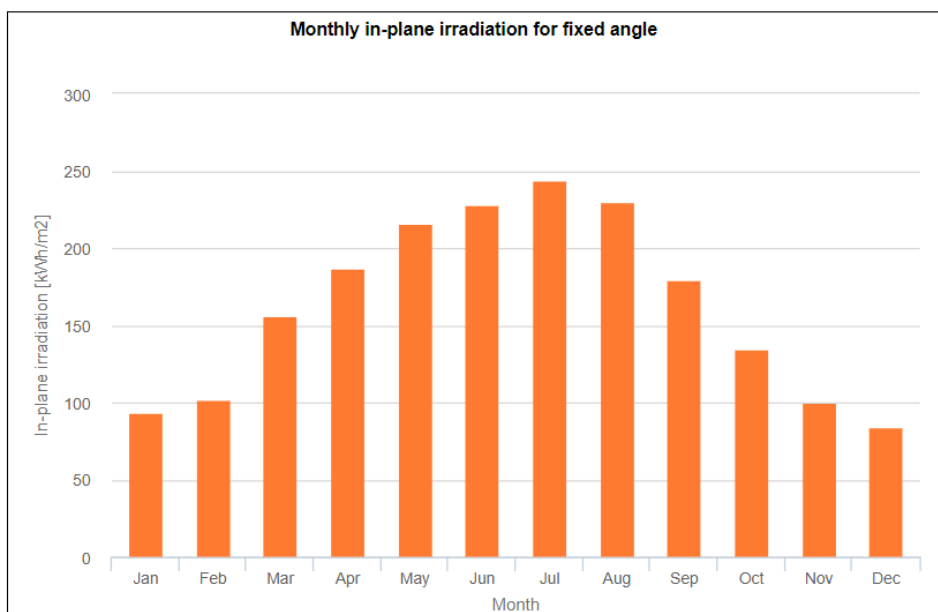
Πίνακας 6.31 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη χώρων πριν και μετά τις προσθήκες

Όσο αφορά την κατανάλωση ενέργειας από την αντλία θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα ο τρόπος υπολογισμού:

Μήνας	Απαιτούμενη ενέργεια για ΖΝΧ ανά μήνα (kWh)	Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο των συλλεκτών (kWh/m ² .Μήνα) (Από PVGIS)	Απαιτούμενη επιφάνεια συλλεκτών (m ²) (Υπολογισμένη)	Ετήσια συνολική απόδοση ηλιακών συλλεκτών	Μηνιαία ενέργεια που καλύπτουν οι συλλέκτες (kWh)	Υπολοιπόμενη μηνιαία ενέργεια (kWh)
Ιανουάριος	242,60	93,27	2,09	0,338	65,9	176,7
Φεβρουάριος	221,73	101,87	2,09	0,338	72,0	149,8
Μάρτιος	239,00	156,12	2,09	0,338	110,3	128,7
Απρίλιος	213,88	186,66	2,09	0,338	131,9	82,0
Μάιος	196,53	216,09	2,09	0,338	152,7	43,9
Ιούνιος	163,02	228,24	2,09	0,338	161,2	1,8
Ιούλιος	146,14	243,57	2,09	0,338	172,1	0,0
Αύγουστος	138,94	229,45	2,09	0,338	162,1	0,0
Σεπτέμβριος	144,91	179,13	2,09	0,338	126,5	18,4
Οκτώβριος	172,05	134,93	2,09	0,338	95,3	76,7
Νοέμβριος	195,76	100,05	2,09	0,338	70,7	125,1
Δεκέμβριος	226,77	83,79	2,09	0,338	59,2	167,6
Σύνολο (kWh/m²:Έτος)		1953,17		Σύνολο	1379,8	970,6

Πίνακας 6.32 Υπολογισμός ενέργειας για παραγωγή ΖΝΧ από αντλία θερμότητας και ηλιακούς συλλέκτες

Στη δεύτερη στήλη του πίνακα παρουσιάζεται η μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, όπως υπολογίσθηκε παραπάνω. Στην τρίτη στήλη του πίνακα, παρουσιάζεται η μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο των συλλεκτών (κεκλιμένο επίπεδο στέγης-15° κλίση με νότιο προσανατολισμό) σε kWh/m², από την ιστοσελίδα του PVGIS [45], όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.33 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο για όλους τους μήνες του έτους (kWh/m²), για την περιοχή της Γλυφάδας, με κλίση 15° και νότιο προσανατολισμό [45]

Στην τέταρτη στήλη του πίνακα, φαίνεται η επιφάνεια των συλλεκτών, η οποία διαστασιολογήθηκε στην προηγούμενη υποπαράγραφο, σύμφωνα με ποσοστό 60% της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και είναι $F_{\text{Συλλέκτη}}=2,09\text{m}^2$. Αντίστοιχα, στην πέμπτη στήλη, φαίνεται ο ετήσιος συνολικός συντελεστής απόδοσης των συλλεκτών που έχει θεωρηθεί $\eta=0,338$.

Με βάση όλα τα παραπάνω, προκύπτει η ενέργεια που καλύπτουν οι ηλιακοί συλλέκτες, από το γινόμενο της μηνιαίας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας, με την επιφάνεια των συλλεκτών και το συνολικό ετήσιο συντελεστή απόδοσης των συλλεκτών. Στη συνέχεια, οι διαφορές της απαιτούμενης μηνιαίας ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και της ενέργειας που καλύπτουν οι ηλιακοί συλλέκτες, δίνουν την υπολειπόμενη ενέργεια, την οποία θα καλείται κάθε μήνα να καλύπτει η αντλία θερμότητας και η οποία παρουσιάζεται στην τελευταία στήλη του πίνακα 6.32.

Σε αυτό το σημείο, γίνεται η παραδοχή πως η περίοδος θέρμανσης αφορά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο, η περίοδος ψύξης αντίστοιχα, τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ οι μήνες Μάιος, Ιούνιος και Σεπτέμβριος, Οκτώβριος θεωρούνται ουδέτεροι μήνες. Δεδομένου πως κατά την περίοδο θέρμανσης και ψύξης, η αντλία θερμότητας δεν δουλεύει 24 ώρες την ημέρα, γίνεται η παραδοχή, πως η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης θα γίνεται ταυτόχρονα με τη λειτουργία της αντλίας για θέρμανση ή ψύξη χώρων.

Επομένως, σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης κατά την περίοδο θέρμανσης και την ουδέτερη περίοδο, θα ληφθούν υπόψη οι συντελεστές απόδοσης COP του πίνακα 6.33, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος του πίνακα 6.1 των κλιματολογικών δεδομένων για το Ελληνικό και των διαγραμμάτων θερμικής και ηλεκτρικής απόδοσης της επιλεγμένης αντλίας θερμότητας (διάγραμμα 6.31 και 6.32).

Μήνας	COP	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)
Ιαν	3,53	10,3
Φεβ	3,54	10,6
Μαρ	3,66	12,4
Απρ	4,05	16,1
Μάι	4,35	20,9
Ιου	4,72	25,6
Σεπ	4,65	24,3
Οκτ	4,28	19,6
Νοε	3,97	15,4
Δεκ	3,64	11,9

Πίνακας 6.33 Συντελεστής απόδοσης αντλίας θερμότητας για την περίοδο θέρμανσης και την ουδέτερη περίοδο, για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Για την περίοδο ψύξης αντίστοιχα, θεωρείται πως δεν δαπανείται ενέργεια για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, διότι από τη μια πλευρά η υπολειπόμενη ενέργεια για παραγωγή ΖΝΧ από την αντλία κατά την περίοδο ψύξης, είναι αρκετά μικρή σύμφωνα με την τελευταία στήλη του πίνακα 6.32 και από την άλλη, η αντλία ζεσταίνει νερό μέσω ανάκτησης θερμότητας στην περίοδο ψύξης, οπότε δεν δαπανείται επιπλέον ισχύς.

Μήνας	Υπολοιπόμενη μηνιαία θερμική ενέργεια ZNX για κάλυψη από αντλία θερμότητας (kWh)	Συντελεστής απόδοσης αντλίας θερμότητας COP	Ηλεκτρική κατανάλωση αντλίας (kWh)
Ιανουάριος	176,71	3,53	50,06
Φεβρουάριος	149,76	3,54	42,31
Μάρτιος	128,72	3,66	35,17
Απρίλιος	82,02	4,05	20,25
Μάιος	43,88	4,35	10,09
Ιούνιος	1,79	4,72	0,38
Ιούλιος	0,00	-	0,00
Αύγουστος	0,00	-	0,00
Σεπτέμβριος	18,37	4,65	3,95
Οκτώβριος	76,74	4,28	17,93
Νοέμβριος	125,09	3,97	31,51
Δεκέμβριος	167,57	3,64	46,04
Σύνολο			257,68

Πίνακας 6.34 Υπολογισμός κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από αντλία θερμότητας για παραγωγή ZNX

Η τρίτη στήλη του πίνακα 6.34, προκύπτει από τη διαίρεση της θερμικής ενέργειας της πρώτης στήλης με το συντελεστή COP της δεύτερης, δεδομένου πως ο συντελεστής COP ισούται με τη θερμική απόδοση της αντλίας θερμότητας, προς την ηλεκτρική ενέργεια που αυτή καταναλώνει. Τελικά, όπως παρουσιάζεται, η ηλεκτρική κατανάλωση ανά έτος για παραγωγή ZNX θα είναι περίπου 260kWh. Στον πίνακα 6.35, παρουσιάζεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε λειτουργία της αντλίας:

Λειτουργία	Ηλεκτρική κατανάλωση πριν τις προσθήκες (kWh)	Ηλεκτρική κατανάλωση μετά τις προσθήκες (kWh)
Θέρμανση	1207,03	1002
Ψύξη	1862,25	1210
ZNX	260	260
Σύνολο	3329	2472

Πίνακας 6.35 Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της αντλίας θερμότητας ανά λειτουργία, πριν και μετά τις βιοκλιματικές προσθήκες

6.3.3.6.2 Φωτισμός

Το σύστημα φωτισμού γενικότερα χρησιμοποιείται για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους στα κτήρια κατοικιών και μπορεί να καταναλώνει πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται λαμπτήρες με χαμηλή απόδοση. Σύγχρονοι λαμπτήρες Led έχουν περίπου 6 φορές καλύτερη απόδοση από μια κοινή λάμπα πυρακτώσεως [46]. Για παράδειγμα μια λάμπα πυρακτώσεως 100W μπορεί να έχει το ίδιο αποτέλεσμα φωτεινότητας με μια λάμπα Led μόλις 13W. Επιπλέον οι λαμπτήρες Led έχουν μέχρι και 100 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν στην εξεταζόμενη κατοικία μόνο λαμπτήρες Led υψηλής απόδοσης, ισχύος 13W, προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές ανάγκες για φωτισμό [47]. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν για τους εσωτερικούς χώρους συνολικά 10 λαμπτήρες ισχύος 13W και 6 λαμπτήρες ίδιας ισχύος για τους εξωτερικούς χώρους.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζεται η εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για το φωτισμό:

	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ποσότητα	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	h/day	Ημέρες	Ενέργεια (kWh)
Χειμερινή περίοδος	13	16	0,3	8	182	91
Θερινή περίοδος	13	16	0,3	4	183	46
Σύνολο						137

Πίνακας 6.36 Εκτίμηση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

6.3.3.6.3 Ηλεκτρικές συσκευές και ηλεκτρική κατανάλωση

Οι ηλεκτρικές συσκευές καταναλώνουν και αυτές ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας του κτηρίου, οπότε θα πρέπει αυτές να είναι όσο το δυνατόν αποδοτικότερες, προκειμένου να μειώνεται περαιτέρω η ενεργειακή κατανάλωση. Οι βασικές ενεργοβόρες συσκευές που πρέπει να έχουν υψηλή απόδοση είναι η ηλεκτρική κουζίνα, τα πλυντήρια ρούχων και πιάτων, το στεγνωτήριο, το ψυγείο και ο καταψύκτης, καθώς και οποιαδήποτε συσκευή που φέρει ηλεκτρικό κινητήρα, θερμαντική αντίσταση ή και τα δυο. Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν συσκευές με την καλύτερη ενεργειακή κλάση, προκειμένου να επιτευχθούν μειωμένες καταναλώσεις ενέργειας σε βάθος χρόνων. Στον παρακάτω πίνακα, φαίνεται μια τυπική καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών της κατοικίας, καθώς και η εκτίμηση της ηλεκτρικής τους κατανάλωσης:

Συσκευή	Ισχύς (W)	Ποσότητα	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	h/day	Ημέρες	Ενέργεια (kWh)
Ηλεκτρική κουζίνα	7000	1	0,2	1	300	420
Αποροφητήρας	150	1	-	1	300	45
Ψυγείο	70	1	-	5	365	128
Φούρνος μικροκυμάτων	1000	1	-	0,15	250	38
Πλυντήριο πιάτων	1500	1	-	1	200	300
Στεγνωτήριο	2000	1	-	1,5	75	225
Πλυντήριο ρούχων	1800	1	-	1,5	75	203
Η/Υ	300	2	-	2	200	240
Τηλεόραση	60	3	-	3	320	173
Συναγερμός	30	1	-	24	365	263
Κάμερες + καταγραφικό	75	1	-	24	365	657
Λοιπά φορτία	500	1	-	2	365	365
Σύνολο						3055

Πίνακας 6.36 Εκτίμηση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από συσκευές

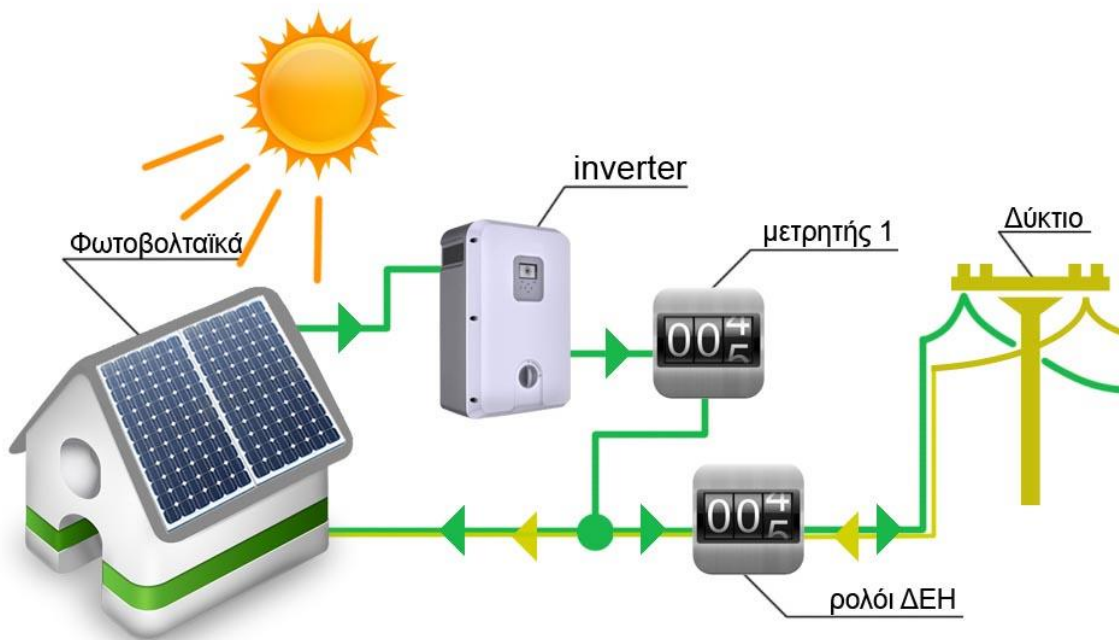
6.3.3.6.4 Σύστημα τοπικής αυτοπαραγωγής ενέργειας

Το σύστημα αυτοπαραγωγής ενέργειας αποτελεί σημείο κλειδί στην κατασκευή ενός κτηρίου “nzeb”. Γενικά στον κτηριακό τομέα και ειδικά σε αστικό περιβάλλον, χρησιμοποιείται συνήθως φωτοβολταϊκό σύστημα για την αντίστοιχη παραγωγή ενέργειας. Στην προκειμένη περίπτωση της σχεδιαζόμενης κατοικίας στη Γλυφάδα, θα χρησιμοποιηθεί φωτοβολταϊκό σύστημα επί στέγης, για την αντίστοιχη παραγωγή ενέργειας.

Η διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με την ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Για την Αθήνα προσεγγιστικά, κάθε kW_p εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών παράγει ετήσια 1450 με 1500 kWh ηλεκτρικής ενέργειας. Ουσιαστικά το φωτοβολταϊκό σύστημα θα διαστασιολογηθεί έτσι, ώστε να καλύπτει την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όλων των συσκευών συμπεριλαμβανομένης και της αντλίας θερμότητας λαμβάνοντας υπόψη έτσι και τη θέρμανση-ψύξη.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν στη νότια πλευρά της σκεπής, όπου θα τοποθετηθεί επίσης και ο ηλιακός συλλέκτης για την υποβοήθηση της παραγωγής ZNX, όπως φαίνεται στα σχήματα 6.27 και 6.28. Στην Ελλάδα ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να αδειοδοτηθεί με βάση δυο προγράμματα: το πρόγραμμα feed-in-tariff μέσω του οποίου πωλούνται ουσιαστικά οι παραγόμενες ηλεκτρικές κιλοβατώρες έναντι κάποιας τιμής, η οποία είναι κλειδωμένη βάση σύμβασης για 25 έτη. Το πρόγραμμα αυτό ήταν δημοφιλέστερο παλαιότερα (2010-2013), όπου η τιμή πώλησης ήταν αρκετά υψηλή, σχεδόν 0,55 λεπτά ανά μονάδα κιλοβατώρας. Τώρα πια με την τιμή πώλησης στα 0,09 ευρώ ανά μονάδα κιλοβατώρας το πρόγραμμα αυτό δεν συμφέρει κανένα επενδυτή. Αντιθέτως χρησιμοποιείται κατά κόρον το πρόγραμμα net-metering, το οποίο ουσιαστικά σημαίνει ενεργειακός συμψηφισμός και σύμφωνα με αυτό συμψηφίζονται (αθροίζονται αλγεβρικά) οι κιλοβατώρες που καταναλώνονται από το νοικοκυριό με τις κιλοβατώρες που παράγονται από το φωτοβολταϊκό σύστημα σε βάθος τριετίας. Σε περίπτωση που το σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια σε βάθος χρόνου από αυτήν που καταναλώνεται, τότε το σύστημα είναι υπερδιαστασιολογημένο και η επιπλέον ενέργεια δεν αποζημιώνεται.

Πολύ σημαντικός παράγοντας για τη μέγιστη εξοικονόμηση χρημάτων είναι ο ταυτοχρονισμός, δηλαδή αν καταναλώνεται ενέργεια την στιγμή που παράγεται, τότε δεν εμπλέκεται το ηλεκτρικό δίκτυο και έτσι η ενέργεια που καταναλώνεται δεν φέρει καμία χρέωση. Αν για παράδειγμα καταναλώνεται ενέργεια μόνο τη νύχτα, τότε από τη μια μεριά αποφεύγεται η χρέωση της ίδιας της κιλοβατώρας (εφόσον έχει αυτή παραχθεί την ημέρα και έχει διοχετευθεί στο δίκτυο), αλλά η μονάδα ενέργειας χρεώνεται με χρέωση δικτύου διανομής, χρέωση δικτύου μεταφοράς και άλλες χρεώσεις έχοντας ως αποτέλεσμα να μειώνεται η εξοικονόμηση χρημάτων και να αυξάνεται ο χρόνος απόσβεσης. Στο σχήμα 6.26 φαίνεται σχηματικά η έννοια του net metering. Για τον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό κτηριακό τομέα το εν λόγω φωτοβολταϊκό σύστημα απαιτείται από το νόμο να βρίσκεται επί του κτηρίου (ή στο ίδιο οικόπεδο), ενώ η μόνη εξαίρεση έχει γίνει προς το παρόν για τον αγροτικό τομέα, όπου έχει τεθεί σε λειτουργία το εικονικό net-metering (virtual net-metering), το οποίο δίνει τη δυνατότητα ενεργειακού συμψηφισμού, ακόμα και αν το φωτοβολταϊκό σύστημα βρίσκεται μακριά από την κατανάλωση. Προβλέπεται να βγει αντίστοιχο πρόγραμμα εικονικού συμψηφισμού και για τον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα στα επόμενα χρόνια.



Σχήμα 6.26 Το net metering στην πράξη [48]

Από όλα τα παραπάνω και δεδομένου πως στη σχεδιαζόμενη κατοικία θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα net-metering προκύπτει πως χρειάζεται να είναι γνωστή η ετήσια κατανάλωση ενέργειας, προκειμένου να διαστασιοποιηθεί ένα σύστημα, το οποίο σε ετήσια βάση θα παράγει σχεδόν τόση ενέργεια, όση καταναλώνεται. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των προηγούμενων παραγράφων, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Κατηγορία	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Θέρμανση	1002
Ψύξη	1210
ZNX	260
Φωτισμός	137
Συσκευές	3055
Σύνολο	5664

Πίνακας 6.37 Εκτίμηση της συνολική ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της κατοικίας

Στη νότια πλευρά της στέγης, όπου και θα τοποθετηθούν, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν υπάρχουν σκιάσεις, οπότε δεν χρειάζεται να γίνει μελέτη της επίδρασης της σκίασης στην παραγωγή.

Τα Φ/Β πλαίσια που θα χρησιμοποιηθούν θα έχουν ονομαστική ισχύ $400W_p$. Από την επίσημη ιστοσελίδα του PVGIS (Photovoltaic geographical information system) φαίνεται πως για 10 πάνελ $400W_p$ συνολικής ισχύος $4kW$, στραμμένα προς το νότο (αζιμούθιο $=0^\circ$), με 15° κλίση (η κλίση της κεραμοσκεπής) και με συνολικές απώλειες ίσες με 14% η ετήσια παραγωγή αναμένεται να είναι $5950kWh$. Το PVGIS λαμβάνει υπόψη κλιματολογικά δεδομένα και υπολογίζει έτσι σε ετήσια βάση το ηλιακό δυναμικό, επομένως και την παραγωγή.

Σχεδιασμός κατοικίας σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης με στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Παρακάτω φαίνονται πληροφορίες από το PVGIS-5 [45]:

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

Δεδομένα

Γεωγραφικό πλάτος/μήκος: 37.870, 23.757

Ορίζοντας: Υπολογισμένος

Βάση δεδομένων: PVGIS-SARAH

Τεχνολογία φωτοβολταϊκών: Κρυσταλλικού πυριτίου

Εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών: 4 kWp Με απώλειες συστήματος: 14 %

Κλίση: 15 °

Αζιμούθιο: 0 °

Αποτελέσματα προσομοίωσης

Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια: 5950 kWh

Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του συστήματος: 1953 kWh/m²

Ετήσια διακύμανση: 155.82 %

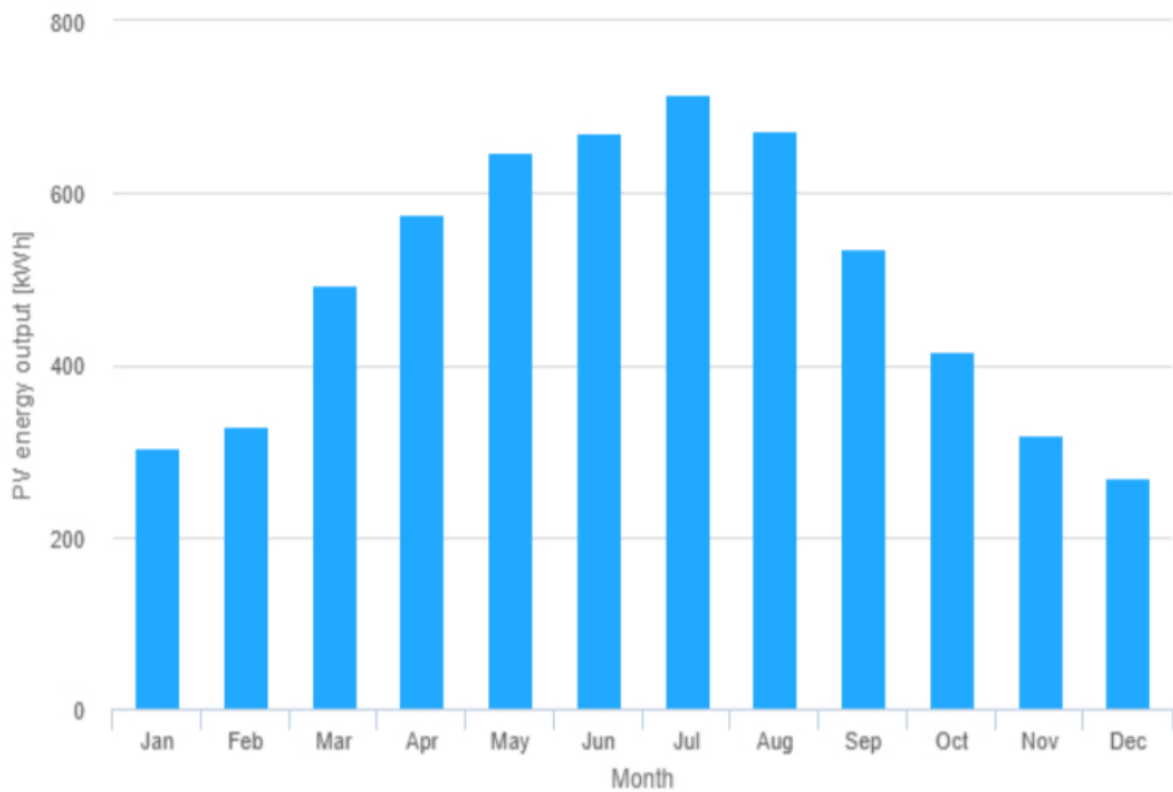
Απώλειες λόγω:

Γωνίας πρόσπτωσης: -2.82 %

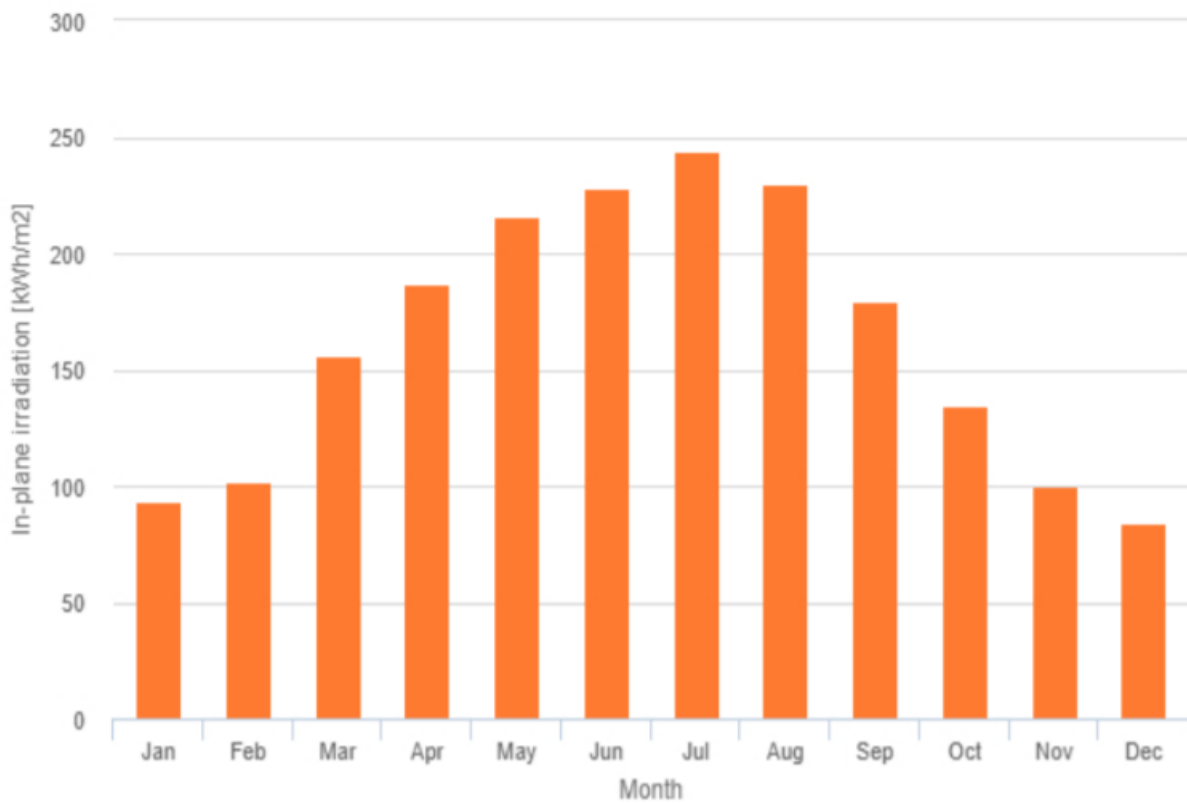
Θερμοκρασίας και χαμηλής ακτινοβολίας: -9.22 %

Συνολικές απώλειες [%]: -23.83 %

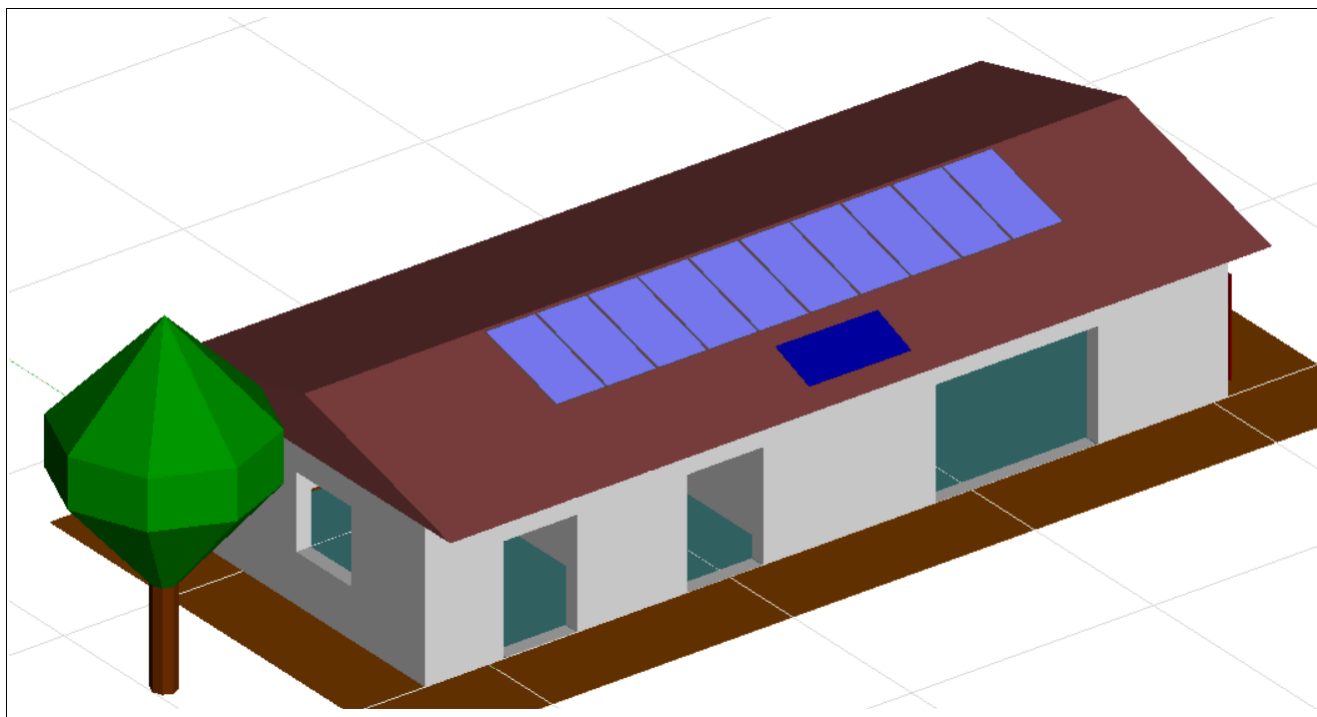
Άρα τελικά, αποφασίζεται η εγκατάσταση 10 φωτοβολταϊκών πλαισίων 400W_p στη νότια πλευρά της στέγης, δημιουργώντας έτσι φωτοβολταϊκό σύστημα ονοματικής ισχύος 4kW. Στα διαγράμματα 6.34 και 6.35, φαίνονται η μηνιαία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και η μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία αντίστοιχα. Στο σχήμα 6.27 και 6.28, παρουσιάζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση της κατασκευής, με τοποθετημένο τον ηλιακό συλλέκτη και τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.



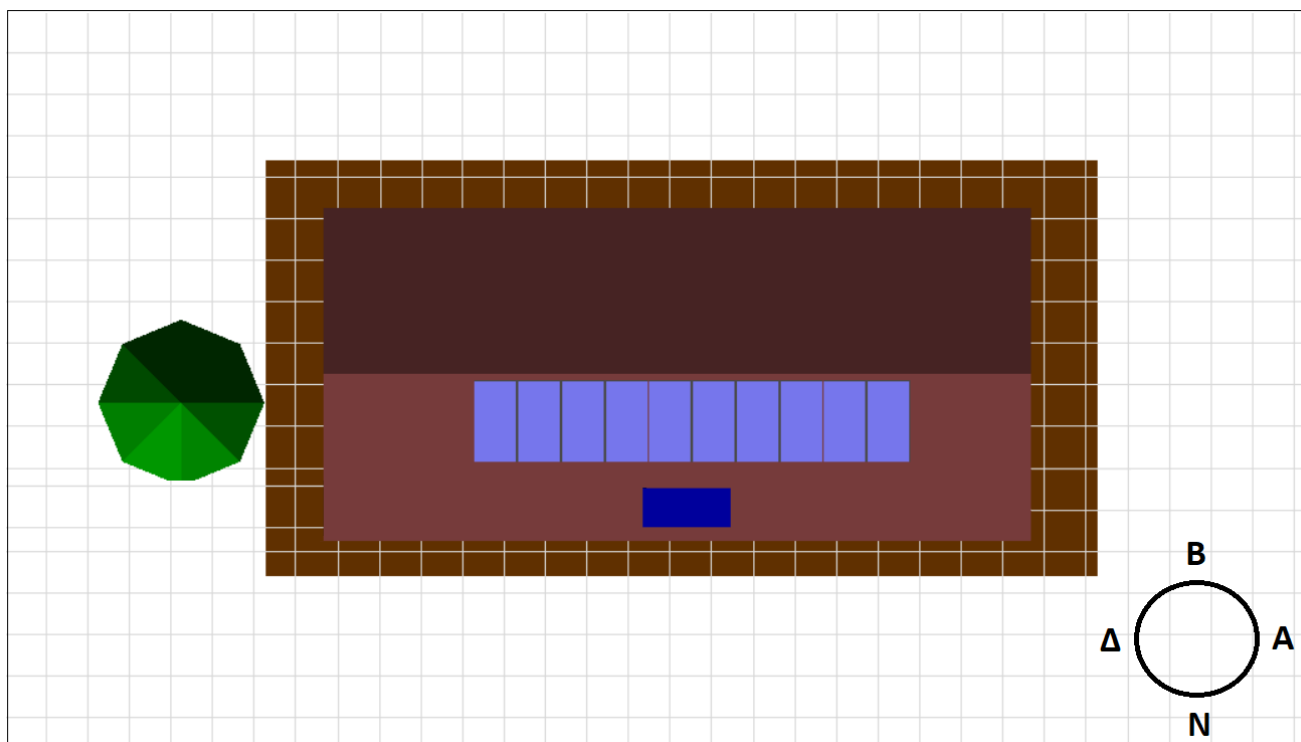
Διάγραμμα 6.34 Η παραγομένη ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα (kWh/μήνα) [45]



Διάγραμμα 6.35 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο για όλους τους μήνες του έτους (kWh/m²) [45]



Σχήμα 6.27 Το φωτοβολταϊκό σύστημα τοποθετημένο στη νότια πλευρά της στέγης της σχεδιαζόμενης κατοικίας



Σχήμα 6.28 Κάτοψη κατασκευής με το φωτοβολταϊκό σύστημα και τον ηλιακό συλλέκτη τοποθετημένα στη νότια πλευρά

6.4 Αποτελέσματα

Το τελικό αποτέλεσμα του βασικού σχεδιασμού που παρουσιάστηκε, είναι ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης, το οποίο έχει ενσωματώσει κάποιες τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αναλυτικότερα, λόγω άριστης θερμομόνωσης προκύπτουν μειωμένοι συντελεστές θερμικής αντίστασης του κελύφους, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 6.38. Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη θα είναι μειωμένη, όπως φαίνεται και από τους παραπάνω υπολογισμούς.

Επιφάνεια	U (W/m ² .K)
Μονωμένοι εξωτερικοί τοίχοι	0,269
Τζάμια	2,000
Εξώπορτες	3,000
Μονωμένη κεραμοσκεπή	0,192
Δάπεδο	0,900

Πίνακας 6.38 Τιμές θερμικής διαπερατότητας κελύφους

Όσο αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, αυτή προκύπτει από το γινόμενο της τελικής ενέργειας και του συντελεστή μετατροπής τελικής ενέργειας σε πρωτογενή. Επιπλέον, το γινόμενο του συντελεστή ρύπων και της πρωτογενούς ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα τους ρύπους που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα λόγω της λειτουργίας του κτηρίου. Στον πίνακα 6.39, φαίνεται η ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία, καθώς και η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πριν και μετά την προσθήκη του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ο συντελεστής για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή, λήφθηκε ίσως με 2,9 και ο συντελεστής ρύπων ίσος με 0,989 kg.CO₂/kWh, από την αντίστοιχη τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας 20701-1/2010. Η τελική χρήση πρωτογενούς ενέργειας, καθώς και οι ρύποι διοξειδίου του άνθρακα είναι μηδενικοί, εφόσον η παραγωγή ενέργειας είναι ίση με την κατανάλωση, οπότε και πρόκειται για κτήριο μηδενικής κατανάλωσης. Από τον πίνακα 6.39, παρατηρείται πως ακόμα και χωρίς την αυτοπαραγωγή, η ειδική ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό, είναι αρκετά μειωμένη. Σε αυτό το αποτέλεσμα βοήθησε αρκετά και η προσθήκη βιοκλιματικών τεχνικών.

Στον πίνακα 6.39, η πρωτογενής ενέργεια που αντλείται από το δίκτυο ισούται με το γινόμενο της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας (τελική ενέργεια) που καταναλώνεται ετήσια από το κτήριο, επί το συντελεστή μετατροπής 2,9. Αντίστοιχα, υπολογίζεται σε πρωτογενή ενέργεια και η παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η καταναλισκόμενη και η παραγόμενη ενέργεια αθροίζονται ως πρωτογενής ενέργεια και το αποτέλεσμα είναι μηδενικό. Στη συνέχεια στο μηδενικό αποτέλεσμα, εφαρμόζεται ο συντελεστής ρύπων.

	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh/m ² .year)	
ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	9,63	
	ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	2,50	
	ΨΥΞΗ	11,63	
	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	1,32	
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	29,38	
	ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	54,46	
	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	-57,21	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ	157,94	2,9
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ	-165,91	-2,9
	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	-7,97	-
ΡΥΠΟΙ (kg.CO ₂ /m ² .year)	-7,89		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΡΥΠΩΝ (kg.CO ₂ /kWh)
			0,989

Πίνακας 6.39 Η ειδική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση και το τελικό ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας



Διάγραμμα 6.36 Η ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: Επιπτώσεις της χρήσης “nzeb” στο περιβάλλον και συμπεράσματα

Από την ανάλυση που έγινε στο κεφάλαιο 6, μέσω του Climate Consultant 6.0 προκύπτει πως με ενσωματωμένες στην κατασκευή τις τρεις τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού που επιλέχθηκαν, θα κυριαρχούν συνθήκες θερμικής άνεσης για επιπλέον περίπου 710 ώρες μέσα στο έτος γεγονός που σημαίνει περίπου 10% του χρόνου [35]. Παρόλο που χρησιμοποιήθηκαν λίγες μόνο από τις προτεινόμενες βιοκλιματικές παρεμβάσεις, το αποτέλεσμα είναι περίπου 710 ώρες επιπλέον χωρίς τη λειτουργία θέρμανσης ή ψύξης καθιστώντας τη ζωή στο κτήριο πιο “φυσική”. Σύμφωνα με το Climate Consultant 6.0 και τους υπολογισμούς του προηγούμενου κεφαλαίου, το σύστημα θέρμανσης θα λειτουργήσει περίπου 17% λιγότερο, ενώ το σύστημα ψύξης περίπου 35% αντίστοιχα, μετά τις βιοκλιματικές προσθήκες, με μια τελική εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 27%.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ένα ισχυρό εργαλείο σε ό,τι αφορά την κατασκευή κτηρίων. Για παράδειγμα, εάν η σχεδιαζόμενη κατοικία του 6^{ου} κεφαλαίου προοριζόταν καθαρά για βιοκλιματική κατοικία και γίνονταν αρκετές βιοκλιματικές προσθήκες, τότε σύμφωνα με το Climate Consultant θα μπορούσε να επιτευχθεί θερμική άνεση για έως και 1100 ώρες μέσα στο έτος, χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων θέρμανσης και ψύξης- αφύγρανσης.

Σε ό,τι αφορά τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης, σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να αναφερθεί η σημαντικότητα που θα έχει η πλήρης ένταξη τους στην ανθρωπότητα και το περιβάλλον. Με την ευρύτερη χρήση των κτηρίων “nzeb” θα μειωθεί η ήδη πολύ μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση του κτηριακού τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο και πιο σημαντικά θα μειωθούν και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Από εκεί και έπειτα θα μπορούσε ή όχι να ενσωματωθεί ως ένα βαθμό και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στις αντίστοιχες κατασκευές, προκειμένου η ζωή εντός του κτηρίου να είναι όσο το δυνατόν πιο φυσική.

Ένα συμβατικό κτήριο κατοικίας παλιάς τεχνολογίας καταναλώνει περίπου 75% περισσότερη ενέργεια από ένα σύγχρονα δομημένο “nzeb” ή αλλιώς 40-45 kWh/m² .yr περισσότερο. Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα για κάθε κιλοβατώρα είναι κατά μέσο όρο 0,614 kg.CO₂/kWh [49]. Επομένως με κάθε “nzeb” εξοικονομούνται ετήσια περίπου 27,2 κιλά διοξειδίου του άνθρακα για κάθε τετραγωνικό μέτρο του κτηρίου. Έτσι για παράδειγμα ένα κτήριο 100m², το οποίο είναι “nzeb”, και αντικατέστησε ένα παλιό κτήριο, θα μειώσει την εκπομπή CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά περίπου 2700 κιλά ετησίως. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, ειδικά αν σκεφτεί κανείς πως τα κτήρια που υπάρχουν παγκοσμίως είναι της τάξης του δισεκατομμυρίου [49].

Καταλήγοντας, στα θέματα για επιπλέον έρευνα πάνω στο εξεταζόμενο θέμα θα μπορούσε να είναι η σύγκριση διαφορετικών μέσων μηχανικής θέρμανσης σε κτήρια μηδενικής κατανάλωσης. Το συγκεκριμένο αντικείμενο θα μπορούσε να περιέχει τον υπολογισμό και τη σύγκριση των τελικών καταναλισκόμενων ποσών ενέργειας από κάθε μέσο θέρμανσης. Πιθανά μέσα θέρμανσης προς σύγκριση θα μπορούσε να είναι η αντλία θερμότητας, η αντλία θερμότητας πολλαπλών λειτουργιών, ο καυστήρας πέλλετ και ο καυστήρας φυσικού αερίου. Επιπλέον, θα μπορούσαν να αναλυθούν οι επιπτώσεις που θα είχε η καθολική εφαρμογή των κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης στο περιβαλλοντικό αντίκτυπο, καθώς και το αν είναι οικονομικά δυνατό να συμβεί αυτό.

Μία ακόμα επέκταση του συγκεκριμένου αντικειμένου, θα μπορούσε να είναι η δημιουργία κώδικά για τον ακριβή υπολογισμό των φορτίων θέρμανσης και ψύξης πριν και μετά τις βιοκλιματικές προσθήκες, καθώς και η ένταξη του οικονομικού παράγοντα στην ανάλυση των βιοκλιματικών προσθηκών.

Συμπερασματικά είναι κοινά αποδεκτό πως το μέλλον του πλανήτη θα κριθεί άμεσα από τις αποφάσεις που θα πάρει η ανθρωπότητα σήμερα. Η κατανάλωση ενέργειας στον κτηριακό τομέα, η οποία σχετίζεται απόλυτα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ήταν μέχρι τώρα πολύ υψηλή και ήδη έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την μείωση της. Παρόλα αυτά πρέπει να γίνουν πολλές ακόμα αλλαγές. Τα κτήρια "nzeb" αποτελούν μια λύση που θα οδηγήσει την ανθρωπότητα ένα βήμα πιο κοντά στο στόχο, που αυτή έχει θέσει: την αρμονική συμβίωση του ανθρώπου και του φυσικού περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία-Αναφορές-Διαδικτυακές πηγές

- [1] ΕΛΣΤΑΤ, 2017. Κατανάλωση Ενέργειας στα Νοικοκυριά/2012. Διαθέσιμο: <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SFA40/> - Επίσκεψη (28/3/2017)
- [2] Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S, Sarafidis Y., Lalas D., 2007. European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, Building and environment 42, 1298-1314.
- [3] Boemi N., Avdimiotis S., Papadopoulos A.,2017. Domestic energy deprivation in Greece: a field study, Energy and buildings 144, 167-174.
- [4] TOTTEE ΔΚ1, 2011. Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό, θεσμικό πλαίσιο-μεθοδολογία ενεργειακής απόδοσης κτηρίων. Σελ. 3-42
- [5] Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας, 2018. Εθνικό Σχέδιο για την αύξηση του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (άρθρο 9 της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ). Διαθέσιμο: <http://www.opengov.gr/minenv/?p=9562> - Επίσκεψη (19/9/2018)
- [6] Wikipedia, 2017. Αρχιτεκτονική. Διαθέσιμο: <https://el.wikipedia.org/wiki/Αρχιτεκτονική> - Επίσκεψη (5/4/2017)
- [7] Αλέξανδρος Τομπάζης, 2010. Οικολογική σκέψη και αρχιτεκτονική.
- [8] Unsplash-Photos for everyone, 2021. Sydney opera house. Διαθέσιμο: <https://unsplash.com/s/photos/sydney-opera-house> - Επίσκεψη (3/5/2021)
- [9] Προ-οικείν, 2017. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική στην αρχαία Ελλάδα. Διαθέσιμο: <http://www.prooikein.gr/news/81-news.html> - Επίσκεψη (4/4/2017)
- [10] USAY.GR, 2021. Νίσυρος: Σαν ένα γλυπτό από λάβα... . Διαθέσιμο: <https://www.usay.gr/google-news/nisyros-san-ena-glypto-apo-lava/> - Επίσκεψη (3/5/2021)
- [11] Σέριφος, 2018. Τα δώματα είναι “μπλιασμένα”. Διαθέσιμο: http://giannisserfanto.blogspot.com/2016/10/blog-post_161.html - Επίσκεψη (14/5/2018)
- [12] I love Greece, 2021. Τα υπόσκαφα κτήρια και σπίτια της Σαντορίνης. Διαθέσιμο: <http://www.i-love-greece.com/υποσκαφα-κτιρια-σπιτια-σαντορινη/> – Επίσκεψη (3/5/2021)
- [13] This big city, 2017. The world’s greatest bioclimatic architecture. Διαθέσιμο: <http://thisbigcity.net/the-worlds-greatest-bioclimatic-architecture/> -Επίσκεψη (4/4/2017)
- [14] Open buildings, 2017. Scunthorpe sports academy. Διαθέσιμο: <http://openbuildings.com/buildings/scunthorpe-sports-academy-profile-41060#> - Επίσκεψη (3/3/2017)
- [15] Κτίριο Εκδόσεις, 2018. Βιοκλιματικό κτήριο γραφείων στην Αθήνα. Διαθέσιμο: <https://www.ktirio.gr/el/κτιρια/κτιρια-γραφειων/βιοκλιματικό-κτιριο-γραφείων-στην-αθήνα> -Επίσκεψη (3/5/2021)
- [16] Evonymos, 2018. Ενότητα: Βιοκλιματικά κτήρια- Βιοκλιματική κατοικία στην Ξάνθη. Διαθέσιμο: <http://www.evonymos.org/greek/viewarticle2.asp?id=3993> - Επίσκεψη (2/5/2018)
- [17] Yorkshire fabrications- Architectural Metalwork Feature & And Secondary Steelwork, 2021. Scunthorpe Sports Academy. Διαθέσιμο: <https://www.yorkshirefabrications.com/contact-us/8-projects/10-scunthorpe-sport-academy> - Επίσκεψη (3/5/2021)
- [18] Hans Erhorn, September 2014. Selected examples of Nearly Zero Energy Buildings: detailed report, concerted action: energy performance of buildings. Σελ. 9-72
- [19] ΚΑΠΕ, Σεπτέμβριος 2002. Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής. Σελ. 2-29

- [20] Εφημερίς της κυβερνήσεως της ελληνικής δημοκρατίας-τεύχος δεύτερο, Αρ. Φύλλου 407, Δ6/Β/οικ.5825, 9 Απριλίου 2010. Έγκριση κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.Σελ.5336-5340
- [21]ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010, Ιανουάριος 2011. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων Α έκδοση.Σελ.4-106
- [22] Σταμάτης Δ. Πέρδιος, 2007.Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας τόμος Α, Γ έκδοση.
- [23] Chatzidimitriou A., Liveris P., Bruse M., Topli L. ,2008. Urban redevelopment and microclimate improvement, a design project in Thessaloniki- Greece, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September 2013
- [24] Only Ed, A FREE EDUCATIONAL RESOURCE OF CURRENT EVENT NEWS AND VIEWS ABOUT ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND HUMAN ECOLOGY, 2021. What Is a Bioclimatic Chart? Διαθέσιμο: <https://edmortimer.wordpress.com/2011/08/14/what-is-a-bioclimatic-chart/> - Επίσκεψη (10/6/2021)
- [25] Santy, Hiroshi Matsumoto, Kazuyo Tsuzuki, LusiSusanti, March 2017. Bioclimatic Analysis in pre-design stage of passive house in Indonesia, Buildings 2017. Σελ. 2-25
- [26] ASHRAE, 2010. ASHRAE standard, thermal environment conditions for human occupancy.
- [27] Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης. Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμός II. Εργαστήριο αιολικής ενέργειας ΤΕΙ Κρήτης.
- [28] The New Zealand Digital Library, 2021. Design Handbook on Passive Solar Heating and Natural Cooling, p. 162. Διαθέσιμο: <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library.cgi?e=d-00000-00---off-0cdl--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-0l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00&a=d&c=cdl&cl=CL2.4&d=HASH019b77d75012808faaaeaa0e.3.6> - Επίσκεψη (12/6/2021)
- [29] Ali Sayligh and Hamid Marafia, 1998. Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design-Chapter 1, Renewable and sustainable energy reviews 2, 3-24.
- [30] Al-Rawahi, Nabeel & Al-Azri, Nasser & Zurigat, Yousef. (2013). Development of bioclimatic chart for passive building design. International Journal of Sustainable Energy. 10.1080/14786451.2013.813026.
- [31] Reiter, Sigrid & Herde, André. (2003). Qualitative and quantitative criteria for comfortable urban public spaces.
- [32] Semantic Scholar, 2021. The Synergistic Effects of Thermal Environment and Visibility upon the Popularity of Street Retail Area: A case study of a retail arcade in Guangzhou, Figures and Tables from this paper, Figure 9 Psychrometric chart with a comfort zone, Διαθέσιμο: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Synergistic-Effects-of-Thermal-Environment-and-Li/5fed8cbc635af74060b8e708750e3c9231c9e09f/figure/12> - Επίσκεψη (3/5/2021)
- [33] Meteonews, 2017. Το κλίμα της Αττικής, Διαθέσιμο: <http://www.meteo-news.gr/2013/07/to-klima-tis-attikis.html> - Επίσκεψη (7/11/2017)
- [34] Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2021. Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα. Διαθέσιμο: http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Attiki&poli=Athens_Hellinikon - Επίσκεψη (10/6/2021)
- [35] Λογισμικό Climate Consultant 6.0, Κλιματολογικά δεδομένα για την Αθήνα.
- [36] J. A. Duffie, William A. Beckman, February 1994. Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd edition.
- [37] Tony Day (London South Bank University), 2006. TM41: Degree days: Theory and application.
- [38] ΔΕΗ, 2018. Εξυπηρέτηση πελατών- Οικιακό τιμολόγιο Γ1. Διαθέσιμο: <https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/timologia/oikiako-timologio-xwris-xronoxrewsi-g1> - Επίσκεψη (5/9/2018)

- [39] Gelezenis J., Axaopoulos P., 2017. A Multi-Parametric Mathematical Approach on the Selection of Optimum Insulation Thicknesses in Buildings. Buildings 2017. Σελ. 2-3
- [40] Tsitsos κλίμα-Τσίτσος Νικόλαος, Μυτιληναίος Βασίλειος, Χρόνης Θωμάς. Οδηγός εγκατάστασης και υπολογισμού συστημάτων με αντλίες θερμότητας πολλαπλών λειτουργιών GALLETTI.
- [41] Π.Δ. Μπούρκας, καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1998. Εφαρμογές κτηριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Σελίδες 213-229
- [42] TOTEE 20701-2/2017, Α Έκδοση, Αθήνα Σεπτέμβριος 2017. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. (Σύμφωνα με την αναθεώρηση του KENAK 2017)
- [43] TOTEE 20701-3/2010, Νοέμβριος 2014. Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών Γ έκδοση.
- [44] Galletti Air Conditioning. Technical manual, HWMC 10 kW - 29 kW, Total heat recovery reversible multi-purpose heat pumps - DC INVERTER. Σελ. 2-36
- [45] Photovoltaic geographical information system, 2021. Interactive tools. Διαθέσιμο: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP - Επίσκεψη (14/7/2021)
- [46] Mr.Led, 2017. Αντιστοιχία φωτιστικής απόδοσης μεταξύ λαμπτήρα πυρακτώσεως, λαμπτήρα φθορισμού & λαμπτήρα Led. Διαθέσιμο: <http://www.mrled.gr/.-antistoichia-fotistikis-apodosis-metaksu-lamptira-puraktoseos-lamptira-fthorismou-kai-lamptira-led.html> – Επίσκεψη (4/12/2017)
- [47] Led it now, 2017. Πριν αγοράσετε λαμπτήρες Led. Διαθέσιμο: <https://www.leditnow.gr/prin-agorasete-lamptires-led.html> - Επίσκεψη (4/12/2017)
- [48] Photovoltaic, 2017. Τι είναι το net metering; . Διαθέσιμο: <http://www.photovoltaic.gr/el/master/page/blog/law-branch/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-net-metering> - Επίσκεψη (7/4/2017)
- [49] Maria Panagiotidou, Robert j. Fuller, 2013. Progress in ZEBs—A review of definitions, policies and construction activity, Energy policy. Σελ. 196-206