



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίου με το λογισμικό FineGREEN

Διπλωματική εργασία

Σκόπη Μαρία

Επιβλέποντες καθηγητές:

Τσουκαλάς Ελευθέριος
Καθηγητής ΠΘ
Μπαργιώτας Δημήτριος
Αναπληρωτής καθηγητής

Βόλος 2018



UNIVERSITY OF THESSALY
POLYTECHNICAL SCHOOL

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Energy design of building with FineGreen software

Diploma Thesis

Skopi Maria

Supervisors:

Tsoukalas Eleftherios
Professor UTH
Bargiotas Dimitrios
Associate Professor

Volos 2018

Ευχαριστίες

Με αφορμή την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, Κύριο Μπαργιώτα Δημήτριο και Κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, την καθοδήγησή τους και τις χρήσιμες συμβουλές τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στον Κύριο Ζημέρη Δημήτριο για την καθοριστική και πολύτιμη βοήθεια του, ο οποίος στάθηκε σημαντικός αρωγός στην προσπάθειά μου και με υποστήριξε σε κάθε φάση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Σκόπη Μαρία

Abstract

In this diploma thesis there is an energy study of the new building of the Polytechnic School of the Department of Electrical Engineering and Computer Engineering using the FineGreen software which integrates EnergyPlus into a perfectly integrated BIM environment and allows the extraction of results for the annual energy consumption in building in real time, as well as other analytical results.

The first chapter of the paper presents an extensive reference to the greek building energy efficiency regulation (KENAK). It presents the way of elaborating an energy study and describes in detail the most important components of the energy study in the building sector according to the instructions of the Technical Chamber of Greece (TOTE).

In the second and third chapters are presented the most basic heating, cooling and air conditioning systems and the process of selecting the most efficient system according to the requirements of each building.

In the fourth chapter I present some methods of calculating the cooling loads, which also use the FineGreen software, as well as the calculations of the thermal loads of a building.

In the fifth chapter I present the functionality of the FineGreen software as used to conduct the energy study of the building. Finally, the sixth chapter presents and describes all the results of the energy study.

Περίληψη

Στη παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται ενεργειακή μελέτη του νέου κτιρίου της πολυτεχνικής σχολής του τμήματος ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη χρήση του λογισμικού FineGREEN το οποίο ενσωματώνει το EnergyPlus μέσα σε ένα άψογα ολοκληρωμένο περιβάλλον BIM και επιτρέπει την εξαγωγή αποτελεσμάτων για την ετήσια κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο σε πραγματικό χρόνο καθώς και άλλα αναλυτικά αποτελέσματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται μία εκτενή αναφορά στον Ελληνικό Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕνΑΚ). Παρουσιάζεται ο τρόπος εκπόνησης μιας ενεργειακής μελέτης και περιγράφονται αναλυτικά οι πιο σημαντικές συνιστώσες της ενεργειακής μελέτης στον κτιριακό τομέα σύμφωνα με τις οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ).

Στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικότερα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού και περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία επιλογής του αποδοτικότερου συστήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις κάθε κτιρίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μερικές μέθοδοι υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων, εκ των οποίων χρησιμοποιεί και το λογισμικό FineGREEN, καθώς επίσης και οι υπολογισμοί των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της λειτουργικότητας του λογισμικού FineGREEN όπως χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή της ενεργειακής μελέτης του κτιρίου ημμυ. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και περιγράφονται όλα τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης όπως προέκυψαν μετά από τις προσομοιώσεις.

Περιεχόμενα

1. Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου.....	8
1.2 Διαδικασία Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίου	9
1.3 Απαιτούμενα στοιχεία ενεργειακής ανάλυσης.....	10
1.3.1 Ορισμός θερμικών ζωνών κτιρίου.....	10
1.3.2 Εσωκλίμα και κλιματική άνεση.....	11
1.3.3 Εσωτερικά κέρδη από χρήστες και εξοπλισμό.....	12
1.3.4 Προδιαγραφές κτιριακού κελύφους	13
1.3.7 Κλιματικές ζώνες και Κλιματικά δεδομένα	20
2. Ανάλυση και επιλογή συστήματος HVAC.....	22
2.1 Επιλογή του συστήματος	22
2.2 Συστήματα και εξοπλισμός HVAC.....	26
2.2.1 Εγκαταστάσεις ψύξης.....	26
2.2.2 Κεντρική κλιματιστική μονάδα	29
2.2.3 Γεωθερμικές Αντλίες ή Αντλίες Εδάφους – Αέρα (και Εδάφους – Νερού).....	31
2.2.4 Μονάδα λέβητα	35
2.2.5 Τερματικές μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου – Fan-coils.....	37
3. Κατάταξη των συστημάτων HVAC.....	38
3.1 Κεντρικά συστήματα κλιματισμού	38
3.1.1 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα	40
3.1.2 Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό.....	45
3.1.3 Συστήματα κλιματισμού αέρα - νερού	47
3.1.4 Συστήματα Κλιματισμού Ψυκτικού ρευστού – αέρα ή Συστήματα απευθείας εκτόνωσης (VRV - VRF)	47
3.2 Αποκεντρωμένα συστήματα κλιματισμού	50
3.2.1 Κλιματιστικές μονάδες τύπου «παραθύρου»	51
3.2.2 Διμερείς Μονάδες (Split Air conditioning Systems).....	53
3.2.3 Εξοικονομητές αέρα και νερού (Air-Side Economizer & Water-Side Economizer).....	54
3.3 Σύγκριση χαρακτηριστικών των αποκεντρωμένων και των κεντρικών συστημάτων	55
4. Υπολογισμοί θερμικών και ψυκτικών φορτίων	58
4.1 Αρχές υπολογισμού φορτίου ψύξης.....	58
4.1.1 Φορτίο ψύξης χώρου και φορτίο ψυκτικού στοιχείου.....	61

4.2 Μέθοδοι υπολογισμού φορτίου ψύξης.....	66
4.2.1 Μέθοδος CLTD/CLF κατα ASHRAE.....	66
4.2.2 Μέθοδος Heat Balance (HB).....	77
4.2.3 Μέθοδος Radiant Time Series (RTS).....	82
4.4 Φορτία Θέρμανσης.....	89
5. Μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών η/υ με το λογισμικό fineGreen της 4Μ.....	92
5.1 Το EnergyPlus.....	92
5.2 Λογισμικό υπολογισμού FineGREEN της 4Μ.....	93
5.3 Τεχνική περιγραφή κτιρίου HMMY.....	94
5.4 Περιγραφή διαδικασίας ενεργειακής ανάλυσης με το FineGREEN.....	101
5.5 Δημιουργία του κελύφους κτιρίου.....	103
5.6 Ορισμός θερμικών ζωνών κτιρίου.....	119
5.6.1 Activity Data.....	120
5.6.2 Lighting Data.....	127
5.6.3 HVAC Data.....	131
5.6.4 Zone Data.....	138
5.7 Calculation Parameters – Παράμετροι υπολογισμού.....	139
6. Προσομοιώσεις.....	143
6.1 Heating Design.....	143
6.2 Cooling Design.....	146
6.3 Προσομοίωση ενεργειακής απόδοσης κτιρίου.....	150
6.3.1 Λεπτομερή αποτελέσματα προσομοίωσης.....	150
6.4 Report.....	164
Αναφορές.....	174
Βιβλιογραφία.....	176

1. Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου

Μία ενεργειακή επιθεώρηση συνίσταται από ένα σύνολο ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να εκτιμηθούν οι πραγματικές καταναλώσεις ενέργειας και να αξιολογηθεί ο βαθμός απόδοσης ενός κτιρίου όσον αφορά τις ανάγκες θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού και αερισμού, και σύμφωνα με τα αποτελέσματα να διατυπωθούν προτάσεις για την αναβάθμιση των συστημάτων του κτιρίου και συνεπώς την κατάταξη του σε καλύτερη ενεργειακή βαθμίδα.

Στόχοι της ενεργειακής επιθεώρησης είναι:

- Η εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός, παραγωγή ζεστού νερού, αερισμός). Πόση ενέργεια χρησιμοποιείται από κάθε σύστημα και πόσο κοστίζει.
- Η κατάταξη του κτιρίου σε ενεργειακή βαθμίδα. Οι καλύτερες ενεργειακές βαθμίδες είναι οι A+, A, B+, B και αφορούν κτίρια κατασκευασμένα σύμφωνα με τον νέο κανονισμό Κ.Εν.Α.Κ και με έτος κατασκευής από το 2013 και έπειτα.
- Η έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.
- Η διατύπωση οικονομικώς αποδοτικότερων προτάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης βασίζονται σε μία πληθώρα παραγόντων που εξετάζονται κατά τον υπολογισμό, όπως για παράδειγμα τα κλιματικά δεδομένα της γεωγραφικής περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο, τα θερμικά χαρακτηριστικά όλων των δομικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται το κέλυφος του κτιρίου, των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και του φωτισμού.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια σύνοψη όλων των παραγόντων αυτών καθώς και της διαδικασίας που πρέπει να ακολουθήσει ο μελετητής σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ και τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017 και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 για την εκπόνηση της ενεργειακής επιθεώρησης.

1.2 Διαδικασία Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίου

Σύμφωνα με τον κανονισμό του Κ.Εν.Α.Κ. τα βήματα για την εκπόνηση μιας ενεργειακής μελέτης είναι τα εξής:

- **Ανάθεση Ενεργειακής Επιθεώρησης:** Ο ιδιοκτήτης του κτιρίου αναθέτει την μελέτη σε έναν μηχανικό/μελετητή ο οποίος τον ενημερώνει για την διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί καθώς και για τις υποχρεώσεις του ιδίου αλλά και του ιδιοκτήτη του κτιρίου (παροχή πληροφοριών για την κατασκευή του κτιρίου, παράδοση των αρχιτεκτονικών και ηλεκτρομηχανολογικών σχεδίων). Επιπλέον, ο ιδιοκτήτης του κτιρίου παρέχει πρόσβαση στον επιθεωρητή σε όλους τους απαραίτητους χώρους για την πραγματοποίηση της ενεργειακής επιθεώρησης.
- **Ηλεκτρονική Απόδοση Αριθμού Πρωτοκόλλου:** Τα γενικά στοιχεία του κτιρίου θα πρέπει να καταχωρηθούν στο αρχείο επιθεώρησης κτιρίων και να εκδοθεί από αρμόδια υπηρεσία του υπουργείου περιβάλλοντος αριθμός πρωτοκόλλου. Ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται για την έκδοση της τελικής έκθεσης της επιθεώρησης και για την καταχώρηση της.
- **Καταγραφή των Στοιχείων του Κτιρίου:** Καταγράφονται και επαληθεύονται από τον επιθεωρητή στο έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης, τα στοιχεία των αρχιτεκτονικών και των ηλεκτρομηχανολογικών σχεδίων, των σχεδίων ανακαίνισης και της μελέτης θερμομόνωσης. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης, με κατάλληλο εξοπλισμό, διαφόρων παραμέτρων που συμβάλουν στην δημιουργία μιας πλήρους εικόνας σχετικά με τις εγκαταστάσεις του κτιρίου και των συνθηκών λειτουργίας που επικρατούν. Αυτές οι παράμετροι μπορεί να είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, η ποσότητα της καταναλισκόμενης ενέργειας από τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, η απορροφούμενη ισχύς από τα συστήματα φωτισμού, η θερμοκρασία, η υγρασία και η κυκλοφορία αέρα. Οι παραπάνω μετρήσεις συνήθως πραγματοποιούνται σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας με πολύπλοκα συστήματα.
- **Υπολογισμοί και Ανάλυση Αποτελεσμάτων:** Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων ο μηχανικός χρησιμοποιεί κατάλληλο λογισμικό, το οποίο μετά την εισαγωγή όλων των απαραίτητων στοιχείων του κτιρίου πραγματοποιεί υπολογισμούς και προσομοιώσεις. Από τους υπολογισμούς αυτούς προκύπτει η ενεργειακή κατάσταση και η βαθμίδα του κτιρίου. Ο μηχανικός μετά την εκτίμηση των αποτελεσμάτων προτείνει εναλλακτικές λύσεις.
- **Σύνταξη και Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου:** Επόμενο βήμα στην διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης είναι η έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.
- **Ειδικές περιπτώσεις κτιρίων:** Είτε ένα κτίριο κατασκευάζεται εκ νέου είτε ανακαινίζεται, σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι δεν διαθέτει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και βρίσκεται σε ενεργειακή βαθμίδα κατώτερη της B, τότε ο

ιδιοκτήτης είναι υποχρεωμένος να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες προκειμένου να αναβαθμίσει ενεργειακά το κτίριο σε προθεσμία ενός έτους από την ημερομηνία έκδοσης του πιστοποιητικού. Κατόπιν επαναλαμβάνεται η ενεργειακή επιθεώρηση.

1.3 Απαιτούμενα στοιχεία ενεργειακής ανάλυσης

Σε αυτήν την ενότητα αναφέρονται όλα τα στοιχεία και οι παράμετροι του κτιρίου που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής επιθεώρησης ενός κτιρίου σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017.

1.3.1 Ορισμός θερμικών ζωνών κτιρίου

Κατά την εκπόνηση μιας ενεργειακής μελέτης είναι απαραίτητο το κτίριο να διαχωριστεί σε θερμικές ζώνες. Κριτήριο για τον διαχωρισμό αυτό αποτελεί η ενεργειακή απαίτηση κάθε χώρου και εξαρτάται από τη χρήση και τη λειτουργία του χώρου. Χώροι διαφορετικής χρήσης διατηρούν διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες (ανάγκες αερισμού, θερμοκρασία, υγρασία) σε σύγκριση με το υπόλοιπο κτίριο και πρέπει να οριστούν ως διαφορετικές θερμικές ζώνες. Επιπλέον παράμετροι που οδηγούν στην χωροθέτηση ανεξάρτητων θερμικών ζωνών είναι το ωράριο και το προφίλ λειτουργίας του χώρου, η επιθυμητή θερμοκρασία σε περίπτωση που διαφέρει κατά 4°C σε σχέση με τους άλλους χώρους του κτιρίου, διαφορετικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν ανταλλαγές ενέργειας σε μεγάλο βαθμό (όπως για παράδειγμα εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες).

Ένα τυπικό ωράριο λειτουργίας καθορίζεται για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης και εξαρτάται από:

- Τη δραστηριότητα που εκτελείται στο κτίριο.
- Τα χαρακτηριστικά που παρέχουν οι συνήθειες και οι επιλογές των ανθρώπων σε κάθε γενική χρήση του κτιρίου.
- Από τις κλιματικές και λειτουργικές συνθήκες.

Ο αριθμός των θερμικών ζωνών που θα οριστούν πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και εάν τα τμήματα του κτιρίου δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις απαιτήσεις τους, τότε συνίσταται η δημιουργία μίας ενιαίας θερμικής ζώνης. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017 για τον διαχωρισμό του κτιρίου σε ζώνες προτείνεται:

- Δημιουργία μίας ενιαίας θερμικής ζώνης ή εάν αυτό δεν είναι εφικτό, καθορισμός όσο το δυνατόν λιγότερων θερμικών ζωνών.
- Ο καθορισμός των ζωνών θα πρέπει να πραγματοποιείται αφού ο μελετητής έχει αποκτήσει μια πλήρη εικόνα των κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Εάν η επιφάνεια μιας θερμικής ζώνης είναι μικρότερη της συνολικής επιφάνειας ζωνών με παρόμοιες συνθήκες πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σε αυτές τις ζώνες.

Σημειώνεται πως ο καθορισμός θερμικών ζωνών αφορά κτίρια του τριτογενούς τομέα όπως για παράδειγμα νοσοκομεία και ξενοδοχεία. Για μικρότερα κτίρια όπως για παράδειγμα

κατοικίες ο διαχωρισμός αυτός δεν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στους υπολογισμούς της ενεργειακής μελέτης.

1.3.2 Εσωκλίμα και κλιματική άνεση

Σκοπός των συστημάτων αερισμού, θέρμανσης και ψύξης είναι η επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών λειτουργίας. Οι συνθήκες ανέσεως είναι εκείνες που ικανοποιούν το σύνολο των κλιματικών απαιτήσεων του χώρου και προσαρμόζονται στις επιθυμίες και τους στόχους των χρηστών του κτιρίου. Η θερμική άνεση αν και παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις από άτομο σε άτομο εξαρτάται από:

- **Τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του αέρα.**

Κατά κύριο λόγο η θερμική άνεση εξαρτάται από τον συνδυασμό θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που υφίστανται σε έναν χώρο. Σύμφωνα με την ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditions Engineers), το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμική άνεση όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από 21,5 °C έως 25 °C και το επίπεδο της σχετικής υγρασίας βρίσκεται στο 50%. Η σχετική υγρασία για λόγους υγιεινής δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη από 30%, ενώ οι τιμές κοινής αποδοχής, κυμαίνονται από 40-50% με ακραία όρια 30 και 70% [1].

- **Την ένδυση και την δραστηριότητα των χρηστών.**

Οι συνθήκες άνεσης όσον αφορά την ενδυμασία των χρηστών του κτιρίου διαφέρουν. Για παράδειγμα ένας άνθρωπος που φορά παλτό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δεν αντιλαμβάνεται το αίσθημα άνεσης που αντιλαμβάνεται κάποιος που φορά μια κοντομάνικη μπλούζα. Επιπλέον, η ενέργεια που εκπέμπεται από έναν άνθρωπο εξαρτάται από την δραστηριότητα που εκτελεί, συνεπώς το αίσθημα της ανέσεως που αντιλαμβάνεται ένας χρήστης που εκτελεί μία χειρωνακτική εργασία διαφέρει από αυτό που αντιλαμβάνεται κάποιος που εργάζεται καθισμένος ή απλά περπατά.

- **Την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των επιφανειών ενός χώρου.**

Ως μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ορίζεται ο μέσος όρος της θερμοκρασίας της τοιχοποιίας που περιβάλλει έναν χώρο και η διαφορά της από την θερμοκρασία του αέρα δεν πρέπει να ξεπερνά τους 4 °C προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης. Επιπλέον, ανοίγματα όπως τα παράθυρα δέχονται πολλές αυξομειώσεις στην θερμοκρασία τους με αποτέλεσμα η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας να είναι χαμηλότερη ή υψηλότερη σε σχέση με τον υπόλοιπο χώρο προκαλώντας έντονη δυσφορία.

- **Την ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα.**

Η ταχύτητα των εσωτερικών ρευμάτων αέρα ευθύνονται για την αυξομείωση στο βαθμό μετάβασης και εξάτμισης της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα. Όταν η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται και η θερμοκρασία του είναι μικρότερη (< 40 °C) από τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος δημιουργείται αίσθηση δροσισμού. Όταν οι χρήστες του κτιρίου εκτελούν σωματική δραστηριότητα π.χ. μετακίνηση από έναν χώρο σε άλλο με διαφορετική υγρασία, η θερμική επίδραση της αλλαγής στην υγρασία μπορεί να είναι 2-3 φορές

μεγαλύτερη. Θερμικά άνετος είναι ένας χώρος όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειακών θερμοκρασιών και του αέρα δεν υπερβαίνει τους 3°C.

1.3.3 Εσωτερικά κέρδη από χρήστες και εξοπλισμό

Ως εσωτερικά θερμικά κέρδη ορίζονται η αισθητή και η λανθάνουσα θερμότητα που εκπέμπονται σε έναν εσωτερικό χώρο και τα οποία συνεισφέρουν στα θερμικά φορτία και επιβαρύνουν τα ψυκτικά φορτία. Εάν αυτά τα κέρδη είναι σταθερά και μόνιμα λόγω της λειτουργίας του κτιρίου, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην διαστασιολόγηση του συστήματος θέρμανσης. Στα εσωτερικά θερμικά κέρδη συμπεριλαμβάνονται τρεις κατηγορίες:

- **Έκλυση θερμότητας από τους ανθρώπους:** εξαρτάται άμεσα από την χρήση των χώρων και την δραστηριότητα που εκτελούν (πληκτρολόγηση, όρθια στάση, περπάτημα κ.λπ.). Η θερμότητα μπορεί να απελευθερωθεί ως αισθητή ή λανθάνουσα θερμότητα. Η αισθητή απελευθέρωση θερμότητας οφείλεται στην υψηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να έχει η επιφάνεια του δέρματος σε σχέση με το περιβάλλον, ενώ η λανθάνουσα θερμότητα απελευθερώνεται μέσω της αναπνοής και της εφίδρωσης.
- **Έκλυση θερμότητας λόγω του συστήματος φωτισμού (αισθητά κέρδη).** Όλη η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται από μια λάμπα απελευθερώνεται τελικά ως θερμότητα. Όταν ανάβει το φως, το ίδιο το φωτιστικό απορροφά μέρος της θερμότητας που εκπέμπεται από τη λάμπα. Κάποια από αυτή τη θερμότητα μπορεί στη συνέχεια να μεταδοθεί στη δομή του κτιρίου, ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης του φωτιστικού. Η ενέργεια ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια λάμπα θα έχει ως αποτέλεσμα θερμότητα κέρδους στον χώρο μόνο αφού απορροφηθεί από τις επιφάνειες του δωματίου. Αυτό το αποτέλεσμα αποθήκευσης οδηγεί σε μια χρονική υστέρηση προτού εμφανιστεί η θερμότητα ως μέρος του φορτίου ψύξης.
- **Έκλυση θερμότητας λόγω των ηλεκτρικών συσκευών του κτιρίου (αισθητά κέρδη στην πλειοψηφία των εφαρμογών).** Η ελκυσμένη θερμική ισχύς από ηλεκτρικό εξοπλισμό αποτελεί μία από τις βασικές κατηγορίες εσωτερικών θερμικών κερδών στα κτίρια. Η χρήση προσωπικών υπολογιστών και ο εξοπλισμός γραφείου έχουν ως αποτέλεσμα έκλυση θερμότητας που μπορεί να φτάσει στο δωμάτιο επίπεδα ίσα με τη συνολική ισχύ.

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό συστατικό του συνολικού φορτίου ψύξης του κτιρίου. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για μη οικιστικά (εμπορικά, θεσμικά και βιομηχανικά) κτίρια. Τα θερμικά κέρδη για τα φώτα μπορούν να υπολογιστούν εάν είναι γνωστά ο τύπος και ο αριθμός των φωτιστικών. Αυτό ισχύει και για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Τα κέρδη για τους ανθρώπους και τα φορτία της διαδικασίας είναι κατά προσέγγιση δεδομένου ότι το επίπεδο δραστηριότητας ποικίλλει. Εξαιρούνται τα θερμικά κέρδη λόγω των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (συστήματα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού κ.α.) τα οποία βρίσκονται σε μη θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου.

Degree of activity	Typical building	Total rate of heat emission for adult male / W	Rate of heat emission for mixture of males and females / W			Percentage of sensible heat that is radiant heat for stated air movement / %	
			Total	Sensible	Latent	High	Low
Seated at theatre	Theatre, cinema (matinee)	115	95	65	30	—	—
Seated at theatre, night	Theatre, cinema (night)	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45	—	—
Moderate office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55	—	—
Standing, light work; walking	Department store, retail store	160	130	75	55	58	38
Walking; standing	Bank	160	145	75	70	—	—
Sedentary work	Restaurant	145	160	80	80	—	—
Light bench work	Factory	235	220	80	140	—	—
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking; light machine work	Factory	295	295	110	185	—	—
Bowling	Bowling alley	440	425	170	255	—	—
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285	—	—
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315	—	—

Source: ASHRAE Handbook: *Fundamentals* (2001)⁽⁶⁾

Εικόνα 1: Τυπικοί ρυθμοί με τους οποίους η θερμότητα εκπέμπεται από ανθρώπους σε διαφορετικές καταστάσεις δραστηριότητας.

1.3.4 Προδιαγραφές κτιριακού κελύφους

1.3.4.1 Γεωμετρία κτιρίου

Απαραίτητα στοιχεία για την ενεργειακή μελέτη αποτελούν τα γεωμετρικά δεδομένα του κτιρίου, οι επιφάνειες των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων, οι οποίες εκτιμούνται από την απεικόνιση τους στα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου, και τα μήκη των θερμογεφυρών που εμφανίζονται. Σύμφωνα με τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (παράγραφος 4.1) και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, ο επιθεωρητής πρέπει να καταγράψει τα παρακάτω γεωμετρικά δεδομένα:

- Την συνολική μικτή επιφάνεια δαπέδου των θερμικών ζωνών.
- Το ύψος του ορόφου.
- Τις διαστάσεις των κατακόρυφων και των οριζόντιων δομικών στοιχείων τα οποία έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή με το έδαφος.
- Τις διαστάσεις όλων των διαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου και του πλαισίου κάθε ανοίγματος.
- Τις διαχωριστικές μικτές επιφάνειες των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης προς μη θερμαινόμενους χώρους ή/και ηλιακούς χώρους ή/και άλλα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Το μήκος των θερμογεφυρών κάθε εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου.

1.3.4.2 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων κτιρίου

Για κάθε δομικό στοιχείο που βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με το φυσικό έδαφος και με μη θερμαινόμενους χώρους, δηλαδή για κάθε δομικό στοιχείο που συνθέτει το κέλυφος του κτιρίου, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι θερμοφυσικές ιδιότητες τόσο των επιμέρους στρώσεων που το συνθέτουν, όσο και της συνολικής διατομής. Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U , υπολογίζεται για κάθε δομικό στοιχείο.

- **Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U ή θερμική μετάδοση.**

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, επίσης γνωστός ως συντελεστής U , είναι ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μέσω μιας κατασκευής (η οποία μπορεί να είναι ένα απλό υλικό ή ένα σύνθετο υλικό), διαιρούμενος με τη διαφορά θερμοκρασίας σε όλη την κατασκευή. Χαμηλές τιμές του συντελεστή U φανερώνουν καλή ποιότητα κατασκευής, υψηλά επίπεδα μόνωσης και συνεπώς καλύτερη θερμική απόδοση. Μονάδα μέτρησης του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι τα W/m^2K .

- **Τιμή R ή θερμική αντίσταση.**

Η θερμική αντίσταση R είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας, με άλλα λόγια είναι η αντίσταση των στοιχείων στην ροή θερμότητας διαμέσου ομοιογενούς υλικού για διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του στοιχείου $1^\circ K$. Μεγάλες τιμές R φανερώνουν καλύτερη θερμική απόδοση. Μονάδα μέτρησης για την θερμική αντίσταση είναι τα m^2K / W .

- **Τιμή K ή θερμική αγωγιμότητα (επίσης γνωστή ως τιμή λ).**

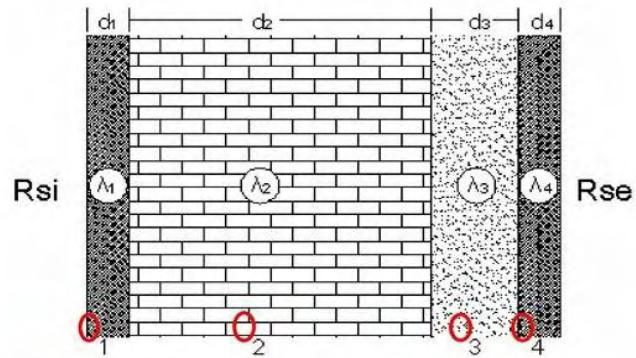
Η θερμική αγωγιμότητα είναι η ικανότητα ενός υλικού να άγει θερμότητα. Κατά συνέπεια, υψηλή θερμική αγωγιμότητα σημαίνει ότι η μεταφορά της θερμότητας σε ένα υλικό θα συμβαίνει με υψηλότερο ρυθμό και εξαρτάται από την θερμοκρασία. Αντίθετα με τις τιμές U και R , η τιμή K δεν εξαρτάται από το πάχος του εν λόγω υλικού.

Ο βασικός υπολογισμός της τιμής U είναι σχετικά απλός. Στην ουσία, η τιμή U μπορεί να υπολογιστεί με την εύρεση του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων κάθε υλικού που αποτελεί το εν λόγω δομικό στοιχείο. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι, όπως και οι υλικές αντιστάσεις, οι εσωτερικές και εξωτερικές όψεις έχουν επίσης αντιστάσεις, οι οποίες πρέπει να προστεθούν. Αυτές είναι σταθερές τιμές.

Οι υπολογισμοί απλών τιμών U μπορούν να γίνουν με τον ακόλουθο τρόπο, εξετάζοντας το στρώμα κατασκευής του δομικού στοιχείου. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι αυτό δεν λαμβάνει υπόψη την ψυχρή γέφυρα (π.χ. με τοίχους), τα κενά αέρα γύρω από τη μόνωση ή τις διαφορετικές θερμικές ιδιότητες π.χ. κονιοποιημένες αρθρώσεις. Αυτό το παράδειγμα θεωρεί ένα τοίχωμα:

Υλικό	Πάχος	Αγωγιμότητα (Τιμή K)	Αντίσταση = Πάχος / Αγωγιμότητα
Εξωτερική επιφάνεια	-	-	0.040 K*m ² /W
Τούβλο	0.100 m	0.77 W/m*K	0.130 K*m ² /W
Υαλοβάμβακας	0.100 m	0.04 W/m*K	2.500 K*m ² /W
Μπλοκ σκυροδέματος	0.100 m	1.13 W/m*K	0.090 K*m ² /W
Σοβάς	0.013 m	0.50 W/m*K	0.026 K*m ² /W
Εσωτερική επιφάνεια	-	-	0.130 K*m ² /W
Σύνολο			2.916 K*m ² /W
Συντελεστής U =		1/ 2.916 =	0.343 K*m²/W

Πίνακας 1: Παράδειγμα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας.



$$U_i = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{se}}$$

Εικόνα 2: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας.

1.3.6 Προδιαγραφές συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού

Στόχος των συστημάτων HVAC είναι να προσφέρουν θερμική άνεση και αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Ο επιθεωρητής πρέπει να εξασφαλίσει τη βέλτιστη λειτουργία των συστημάτων με όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (παράγραφος 5).

- Τρόπος χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφείο, εμπορικό κατάστημα).
- Προφίλ λειτουργίας κτιρίου (ωράριο, εσωτερικές συνθήκες).
- Χώροι με διαφορετικές ανάγκες για θέρμανση, ψύξη και αερισμό.
- Την τοποθεσία του κτιρίου (κλιματικά δεδομένα, προσανατολισμός, ηλιασμός).
- Αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά και η γεωθερμία.
- Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- Τα διαθέσιμα στην αγορά συστήματα παραγωγής-διανομής με υψηλή απόδοση.
- Αξιοποίηση των συστημάτων αυτόματου ελέγχου.
- Την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάθε συστήματος.

Ο μελετητής ή ο ενεργειακός επιθεωρητής έχει την δυνατότητα να προτείνει συστήματα με ακόμα καλύτερες προδιαγραφές και απόδοση με στόχο την ένταξη του κτιρίου σε όσο το δυνατόν καλύτερη ενεργειακή βαθμίδα.

1.3.6.1 Συστήματα Θέρμανσης

Ως σύστημα θέρμανσης ορίζεται ο απαραίτητος μηχανικός εξοπλισμός που πρέπει να εγκατασταθεί σε ένα κτίριο για την διατήρηση της θερμοκρασίας σε ένα αποδεκτό επίπεδο και την κάλυψη των θερμικών απωλειών σε ακραίες καιρικές συνθήκες χρησιμοποιώντας θερμική ενέργεια. Ένα σύστημα θέρμανσης χωρίζεται σε:

- **Μονάδες παραγωγής θερμότητας:** Κεντρικά συστήματα παραγωγής θερμότητας με περισσότερο διαδεδομένους τους λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, αερίου και οι αντλίες θερμότητας σε μικρότερο ποσοστό.
- **Δίκτυο διανομής:** Η ενέργεια που παράγεται από τις μονάδες παραγωγής θερμότητας διανέμεται στους χώρους του κτιρίου μέσω κάποιου θερμαντικού μέσου (νερό, αέρας, ατμός) από το δίκτυο διανομής, δηλαδή σωληνώσεις μεταφοράς του θερμού μέσου, αεραγωγοί διανομής (κλιματιζόμενου αέρα) ή συνδυασμός αυτών.
- **Τερματικές μονάδες εκπομπής:** Είναι τα θερμαντικά σώματα με τα οποία μεταδίδεται η θέρμανση στους χώρους, τα ενδοδαπέδια ή επιτοιχία συστήματα, οι ανεμιστήρες.

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση ενός κτιρίου καταγράφονται όλα τα απαραίτητα για τους υπολογισμούς στοιχεία του συστήματος θέρμανσης κάθε θερμικής ζώνης. Μερικά δεδομένα εισαγωγής στο λογισμικό, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η ενεργειακή επιθεώρηση, από την μονάδα παραγωγής θερμότητας είναι: ο συντελεστής θερμικής απόδοσης της μονάδας, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται, το ωράριο λειτουργίας των συστημάτων και η έκταση των

χώρων που εξυπηρετεί κάθε μονάδα παραγωγής θερμότητας. Όσον αφορά το δίκτυο διανομής με το οποίο η θερμότητα διανέμεται στους χώρους σημαντικά δεδομένα αποτελούν: ο συντελεστής θερμικής απόδοσης, η θερμοκρασία του ρευστού μέσου και το μήκος του δικτύου. Τέλος από τις τερματικές μονάδες εκπομπής της θερμικής ενέργειας λαμβάνονται υπόψη κατά την επιθεώρηση: ο συντελεστής θερμικής απόδοσης ανάλογα με το τύπο, το σύστημα ελέγχου, η θέση στο χώρο και η θερμοκρασία λειτουργίας.

1.3.6.2 Συστήματα Ψύξης

Ένα σύστημα ψύξης παρέχει έλεγχο ψύξης για το σύνολο ή ενός μέρους του κτιρίου. Η ψύξη παρέχεται μέσω της αφαίρεσης της θερμότητας από τους χώρους του κτιρίου με σκοπό την άνοδο της θερμοκρασίας. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την ψύξη όπως το νερό, ο αέρας, ο πάγος και τα χημικά αναφέρονται ως ψυκτικά μέσα. Ένα ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται είτε σε ένα σύστημα αντλίας θερμότητας στο οποίο χρησιμοποιείται ένας συμπιεστής για την οδήγηση θερμοδυναμικού κύκλου ψύξης είτε σε ένα σύστημα ελεύθερης ψύξης που χρησιμοποιεί αντλίες για να θέσει ένα δροσερό ψυκτικό μέσο σε κυκλοφορία.

Ένα σύστημα ψύξης χωρίζεται χωρίζεται σε:

- **Συστήματα παραγωγής ψύξης:** Στην Ελλάδα οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μονάδες παραγωγής ψύξης είναι οι ψύκτες (υδρόψυκτοι ή αερόψυκτοι) ή οι αντλίες θερμότητας. Στις κατοικίες συνήθως χρησιμοποιούνται τοπικές μονάδες παραγωγής ψύξης.
- **Δίκτυο διανομής ψύξης:** Δίκτυο από σωλήνες και αεραγωγών για την μεταφορά του ψυχρού μέσου.
- **Τερματικές μονάδες εκπομπής ψύξης:** Σώματα με τα οποία μεταδίδεται η ψύξη στους χώρους, τα ενδοδαπέδια ή επιτοιχία συστήματα, οι ανεμιστήρες.

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση ενός κτιρίου καταγράφονται όλα τα απαραίτητα για τους υπολογισμούς στοιχεία του συστήματος ψύξης κάθε θερμικής ζώνης. Μερικά δεδομένα εισαγωγής στο λογισμικό, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η ενεργειακή επιθεώρηση, από την μονάδα παραγωγής ψύξης είναι: ο μέσος (εποχιακός) δείκτης ενεργειακής απόδοσης EER της μονάδας, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιεί η μονάδα, τα βοηθητικά ηλεκτρικά συστήματα και το ωράριο λειτουργίας τους και τα φορτία που καλύπτει κάθε μονάδα. Όσον αφορά το δίκτυο διανομής με το οποίο η ψύξη διανέμεται στους χώρους σημαντικά δεδομένα αποτελούν: ο συντελεστής ψυκτικής απόδοσης, η θερμοκρασία του ρευστού μέσου και το μήκος του δικτύου. Τέλος από τις τερματικές μονάδες εκπομπής λαμβάνονται υπόψη κατά την επιθεώρηση: ο συντελεστής ψυκτικής απόδοσης των μονάδων ανάλογα με τον τύπο τους, το σύστημα ελέγχου το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο διότι μπορεί να συμβάλλει αισθητά στην μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων, τη θέση στον χώρο και την θερμοκρασία λειτουργίας.



Εικόνα 3: Διάγραμμα διαδικασίας λειτουργίας εγκατάστασης θέρμανσης/ψύξης.

1.3.6.3 Συστήματα μηχανικού αερισμού ή διαχείρισης κλιματιζόμενου αέρα

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 τα συστήματα μηχανικού αερισμού μπορεί να είναι αυτόνομα τοπικά ή κεντρικά συστήματα (προσαγωγή νωπού αέρα χωρίς ή με φιλτράρισμα του αέρα) ή/και εξαερισμού (απαγωγή και απόρριψη εσωτερικού αέρα) ή/και μέσω δικτύου με κεντρική κλιματιστική μονάδα διαχείρισης αέρα (θέρμανση, ψύξη, ύγρανση, αφύγρανση, φιλτράρισμα αέρα) με σκοπό την διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Ο αερισμός του κτιρίου είναι από τους πρωταρχικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα φορτία θέρμανσης και ψύξης και συνεπώς την τελική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Τα συστήματα μηχανικού αερισμού ικανοποιούν συνήθως ανάγκες κτιρίων του τριτογενούς τομέα και όχι κατοικίες οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες για νωπό αέρα μέσω του φυσικού αερισμού.

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση γίνεται καταγραφή των απαιτούμενων δεδομένων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Μεταξύ άλλων μερικά από αυτά τα δεδομένα είναι ο τύπος του μηχανικού αερισμού, η παροχή νωπού αέρα, η θερμοκρασία προσαγωγής, το προφίλ λειτουργίας του συστήματος, η ισχύς των ανεμιστήρων, η απόδοση ανάκτησης και ανακυκλοφορίας εάν υπάρχουν κ.α.

1.3.6.5 Σύστημα ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.)

Ένα σύστημα παροχής ζεστού νερού χρήσης αποτελείται από α) μια πηγή θερμικής ενέργειας, β) εξοπλισμό μεταφοράς θερμότητας, γ) ένα σύστημα διανομής και δ) θερματικές συσκευές χρήσης ζεστού νερού. Η θέρμανση του νερού μπορεί να πραγματοποιηθεί με μία πηγή θερμότητας όπως η καύση κάποιου καυσίμου, η ηλεκτρική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια ή και η ανάκτηση θερμότητας από πηγές όπως συστήματα εξαερισμού και κλιματισμού, κύκλοι ψύξης, καυσαέρια και η επεξεργασία αποβλήτων.

Ο εξοπλισμός μεταφοράς θερμότητας μπορεί να είναι άμεσος ή έμμεσος. Στην περίπτωση του άμεσου εξοπλισμού, η θερμότητα προέρχεται από την καύση καυσίμου ή την άμεση μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα και εφαρμόζεται στον εξοπλισμό θέρμανσης νερού. Για έμμεσο εξοπλισμό μεταφοράς θερμότητας, η θερμική ενέργεια αναπτύσσεται από

απομακρυσμένες πηγές θερμότητας, όπως για παράδειγμα λέβητες ή συλλέκτες ηλιακής ενέργειας, και στη συνέχεια μεταφέρεται στο νερό μέσω του συστήματος μεταφοράς θερμότητας. Οι συλλέκτες ενέργειας μπορούν να αποτελούν μέρος ή να συνδέονται με κάθε τύπο εξοπλισμού μεταφοράς θερμότητας.

Η καταναλισκόμενη ενέργεια για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αγγίζει σε ποσοστό το 15% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια. Κάθε κτίριο παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, η ζήτηση εξαρτάται άμεσα από τον τρόπο χρήσης του κτιρίου (ή τμήματος αυτού) και από τις συνήθειες των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν. Υπάρχουν περιπτώσεις κτιρίων όπου η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης είναι περιορισμένη και για τον λόγο αυτό κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής μελέτης λαμβάνεται ως μηδενική.

1.3.6.6 Συστήματα Τεχνητού Φωτισμού

Για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα συνυπολογίζονται κατά την ενεργειακή μελέτη η κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα φωτισμού καθώς επίσης και η συνεισφορά τους στα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτιρίου. Όσον αφορά τις οικίες αυτά τα φορτία συνυπολογίζονται ως εσωτερικά κέρδη στον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου.

Στα κτίρια τριτογενούς τομέα τα δεδομένα που ο επιθεωρητής πρέπει να λάβει υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης είναι (ΥΠΑΠΕΝ έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων 2011):

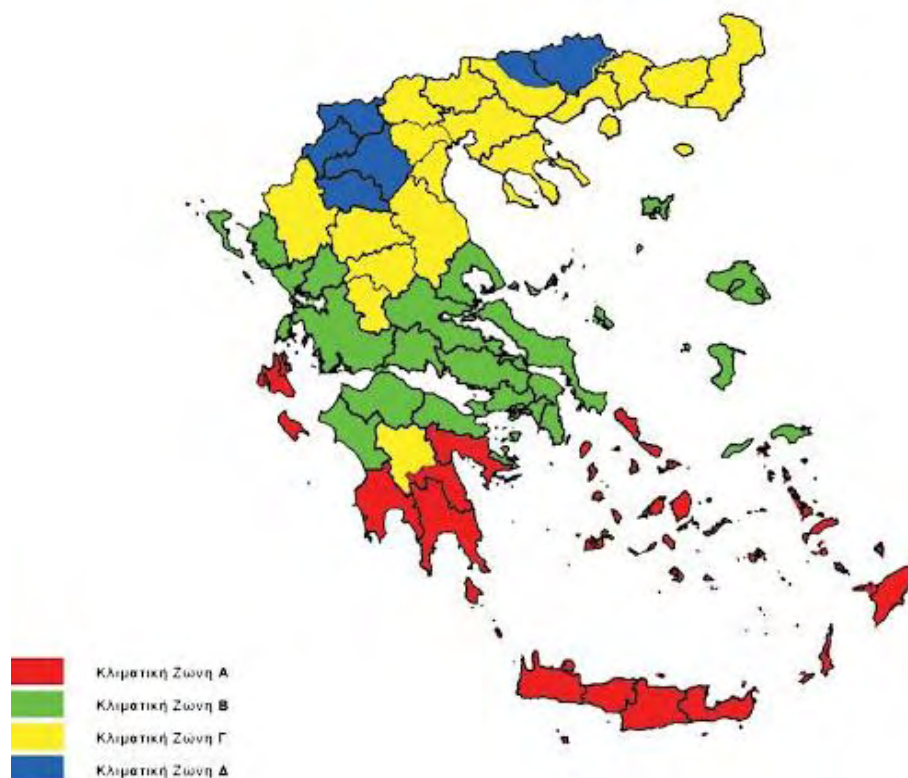
- Η εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό σε μια θερμική ζώνη, υπολογίζεται από τον τύπο των συστημάτων φωτισμού που είναι εγκατεστημένα και το πλήθος των φωτιστικών, των λαμπτήρων και του εξοπλισμού λειτουργίας τους.
- Το ποσοστό του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης που λόγω του προσανατολισμού, του ηλιασμού, του ωραρίου λειτουργίας, του τρόπου χρήσης και των πλευρικών ανοιγμάτων και των ανοιγμάτων της οροφής, λαμβάνεται ως ζώνη φυσικού φωτισμού.
- Διατάξεις αυτόματου ελέγχου του συστήματος φωτισμού.

1.3.7 Κλιματικές ζώνες και Κλιματικά δεδομένα

Η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης.

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, Φθιώπιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Πίνακας 2: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς (από την θερμότερη στην ψυχρότερη).



Εικόνα 4: Κλιματικές ζώνες Ελλάδας.

Στους υπολογισμούς για την εξαγωγή των καταναλώσεων ενός κτιρίου λαμβάνονται υπόψη τα εξής κλιματικά δεδομένα:

- Η μέση μηνιαία θερμοκρασία της περιοχής.
- Η μέση μηνιαία ειδική υγρασία της περιοχής.
- Η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου.
- Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο.
- Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία για επιφάνειες με τυχαίο προσανατολισμό και γωνία κλίσης.

2. Ανάλυση και επιλογή συστήματος HVAC

Ένα σύστημα HVAC διατηρεί τις επιθυμητές συνθήκες άνεσης σε μία θερμική ζώνη. Σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές υπάρχουν πολλές διαθέσιμες επιλογές συστημάτων που ικανοποιούν τις απαιτήσεις λειτουργίας ενός κτιρίου. Κατά την ανάλυση, επιλογή και εγκατάσταση των διαθέσιμων επιλογών, ο μηχανικός θα πρέπει να εξετάσει κάποια κριτήρια και παραμέτρους για την επίτευξη των λειτουργικών απαιτήσεων που σχετίζονται με τον σχεδιασμό του έργου. Εκτός από τον σχεδιασμό, τον εξοπλισμό και της πτυχές του προτεινόμενου σχεδιασμού, ο μηχανικός θα πρέπει να εξετάσει την βιωσιμότητα του έργου δεδομένου ότι σχετίζεται με τον υπεύθυνο ενεργειακό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό και τη δυνατότητα κατασκευής του σχεδίου.

Τα συστήματα HVAC κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την μέθοδο που χρησιμοποιούν για την παραγωγή, την διανομή και τον έλεγχο της θέρμανσης και του κλιματισμού στην κλιματιζόμενη ζώνη. Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται οι διαδικασίες για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους που σχετίζονται με τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση του συστήματος. Επιπλέον περιγράφονται κάποια βασικά συστήματα και τα χαρακτηριστικά τους.

2.1 Επιλογή του συστήματος

Ο μηχανικός σχεδιασμού είναι υπεύθυνος για την εξέταση διαφόρων συστημάτων και εξοπλισμού και προτείνει μία ή περισσότερες επιλογές συστήματος που θα ικανοποιήσουν τους στόχους του έργου και θα λειτουργήσουν με τον επιθυμητό τρόπο. Κριτήρια όπως η άνεση των χρηστών του κτιρίου, η θέρμανση, η ψύξη και ο εξαερισμός των χώρων θα πρέπει να εξεταστούν και πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Ρυθμός παροχής αέρα
- Καθαρότητα και ποιότητα του αέρα
- Εναλλαγές αέρα ανά ώρα
- Απαιτήσεις ταχύτητας αέρα ή/και νερού
- Τοπικό κλίμα
- Απαιτήσεις φορτίων
- Εφεδρικά συστήματα

- Κόστος συντήρησης
- Αξιοπιστία
- Ευελιξία
- Βιωσιμότητα του σχεδιασμού
- Θέματα ασφαλείας
- Κόστος εγκατάστασης
- Λειτουργικό κόστος συμπεριλαμβανομένου του κόστους ενέργειας

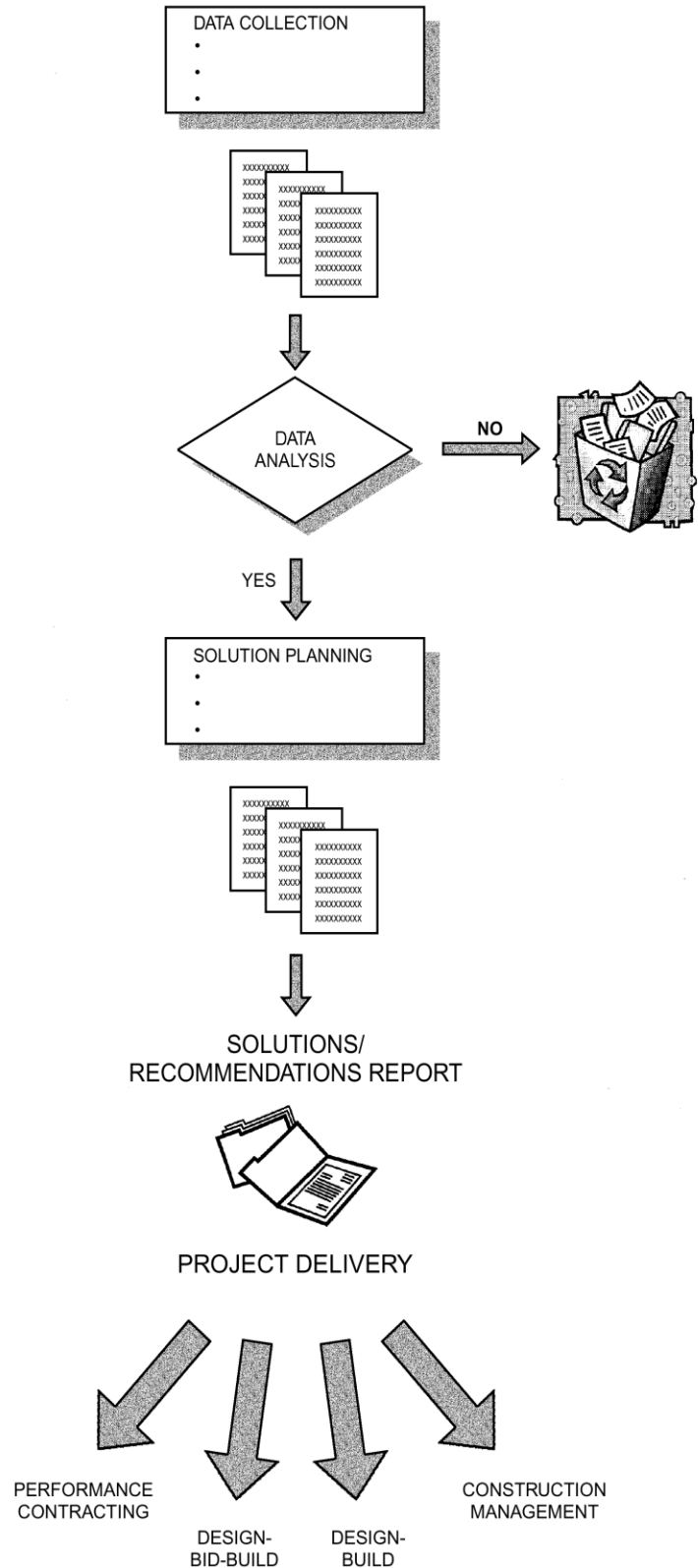
Οι παράγοντες αυτοί είναι αλληλένδετοι και ο ιδιοκτήτης με τον μελετητή θα πρέπει να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο τα κριτήρια αυτά αλληλεπιδρούν. Η σχετική σημασία των παραγόντων διαφέρει από έργο σε έργο και από ιδιοκτήτη σε ιδιοκτήτη. Για παράδειγμα, συνήθως οι ιδιοκτήτες ανησυχούν περισσότερο για το κόστος της εγκατάστασης σε σχέση με το λειτουργικό κόστος, την έκταση και τη συχνότητα της συντήρησης που απαιτεί ένα σύστημα.

Περιορισμοί συστήματος

Εκτός από τα παραπάνω κριτήρια πρέπει να εξεταστούν και να τεκμηριωθούν κάποιοι περιορισμοί που επηρεάζουν την επιλογή του συστήματος. Αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να περιλαμβάνουν τα εξής:

- Περιορισμοί επιδόσεων (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, πίεση χώρου)
- Διαθέσιμος χώρος
- Διαθέσιμη υποδομή
- Αρχιτεκτονική του κτιρίου
- Αποτελεσματικότητα συστήματος σε σχέση με τον προϋπολογισμό ενέργειας

Ο μηχανικός πρέπει να μελετήσει στενά τους περιορισμούς του συστήματος με την υπόλοιπη ομάδα σχεδιασμού καθώς και τον ιδιοκτήτη για να ξεπεράσει τα εμπόδια που σχετίζονται με τα συστήματα HVAC που εξετάζονται για το έργο.



Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής επιλογής συστήματος

Περιορισμοί κατασκευασιμότητας

Ο μηχανικός σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη κάποια ζητήματα σχετικά με την κατασκευή του συστήματος HVAC πριν από την ολοκλήρωση του έργου. Μερικοί από αυτούς τους περιορισμούς μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την υλοποίηση του σχεδιασμού και δεν πρέπει να παραβλεφθούν στη φάση σχεδιασμού. Ορισμένα ζητήματα και ανησυχίες που συνδέονται με την κατασκευαστικότητα είναι:

- Υφιστάμενες συνθήκες
- Διατήρηση της υπάρχουσας χρήσης και του προφίλ λειτουργίας του κτιρίου
- Προϋπολογισμός κατασκευής
- Χρονοδιάγραμμα κατασκευής
- Δυνατότητα εγκατάστασης του συστήματος HVAC
- Διαθεσιμότητα εξοπλισμού (δηλ. χρόνοι παράδοσης)
- Συντήρηση του εξοπλισμού

Λίγα έργα επιτρέπουν τη λεπτομερή αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών λύσεων. Η κοινή λογική, τα ιστορικά δεδομένα και η υποκειμενική εμπειρία του μελετητή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιορίσουν τις επιλογές σε ένα ή δύο πιθανά συστήματα. Τα φορτία θέρμανσης και κλιματισμού συχνά συμβάλλουν στους περιορισμούς, μειώνοντας τον αριθμό των διαθέσιμων επιλογών σε συστήματα που ταιριάζουν στο διαθέσιμο χώρο και είναι συμβατά με την αρχιτεκτονική του κτιρίου. Με τον καθορισμό της απαίτησης σε φορτία, μπορεί να καθοριστεί το μέγεθος του εξοπλισμού και η επιλογή μπορεί να περιοριστεί σε εκείνα τα συστήματα που λειτουργούν ικανοποιητικά για κάθε κτίριο.

Τα φορτία ποικίλλουν ανάλογα με τις περιόδους χρήσης του κτιρίου, τις κλιματικές συνθήκες, τις δραστηριότητες που εκτελούν οι χρήστες του κτιρίου, τα εσωτερικά φορτία και την έκθεση του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε χώρος με διαφορετική χρήση και έκθεση μπορεί να απαιτεί ανεξάρτητη θερμική ζώνη ελέγχου για να διατηρεί τις συνθήκες άνεσης στον χώρο. Ορισμένοι χώροι με ειδικές απαιτήσεις (π.χ. απαιτήσεις εξαερισμού) ενδέχεται να χρειάζονται μεμονωμένα συστήματα. Η έκταση που καταλαμβάνει η ζώνη, ο απαιτούμενος βαθμός ελέγχου κάθε ζώνης και ο απαιτούμενος χώρος για τις μεμονωμένες ζώνες περιορίζουν επιπλέον τον αριθμό των διαθέσιμων συστημάτων.

Ο έλεγχος της ψύξης και της υγρασίας στις ζώνες αποτελεί συχνά έναν από τους βασικότερους παράγοντες για την επιλογή του μεγέθους του συστήματος και των υποσυστημάτων HVAC, όπως επίσης σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος κατέχει ο αερισμός. Για παράδειγμα, εάν απαιτούνται μεγάλες ποσότητες εξωτερικού αέρα για τον αερισμό του κτιρίου, ο μηχανικός σχεδιασμού μπορεί να εξετάσει μόνο συστήματα που μεταφέρουν και λειτουργούν αποτελεσματικά τους μεγάλους όγκους εξωτερικού αέρα. Η αποτελεσματική θέρμανση του χώρου αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα στην επιλογή συστήματος. Ένα σύστημα που έχει υψηλή απόδοση και προσφέρει άνεση κατά την ψύξη μπορεί να μην έχει την ίδια απόδοση στη θέρμανση.

Κάθε επιλογή συστήματος μπορεί να απαιτεί συνδυασμό ενός πρωτεύοντος συστήματος με ένα δευτερεύον σύστημα (ή σύστημα διανομής). Το πρωτεύον σύστημα μετατρέπει την ενέργεια που παράγεται από το καύσιμο ή τον ηλεκτρισμό για να παράγει θέρμανση ή/και ψύξη. Το

δευτερεύον σύστημα διανέμει την θέρμανση, την ψύξη ή τον αερισμό στο κτίριο. Τα συστήματα είναι ανεξάρτητα σε μεγάλο βαθμό, έτσι πολλά δευτερεύοντα συστήματα μπορεί να λειτουργούν με ένα συγκεκριμένο πρωτεύον σύστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, μόνο ένα δευτερεύον σύστημα μπορεί να είναι κατάλληλο για ένα συγκεκριμένο πρωτεύον σύστημα.

Ανεξάρτητα από το πόσο αποτελεσματικά λειτουργεί ένα συγκεκριμένο σύστημα ή πόσο οικονομική είναι η εγκατάστασή του, μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλο και να επιλεγεί μόνο αν διατηρεί το επιθυμητό περιβάλλον του κτιριακού χώρου εντός αποδεκτής ανοχής υπό τις αναμενόμενες συνθήκες και τις δραστηριότητες των χρηστών του και δεν προκαλεί δυσάρεστες συνθήκες πληρότητας.

Έκθεση επιλογής

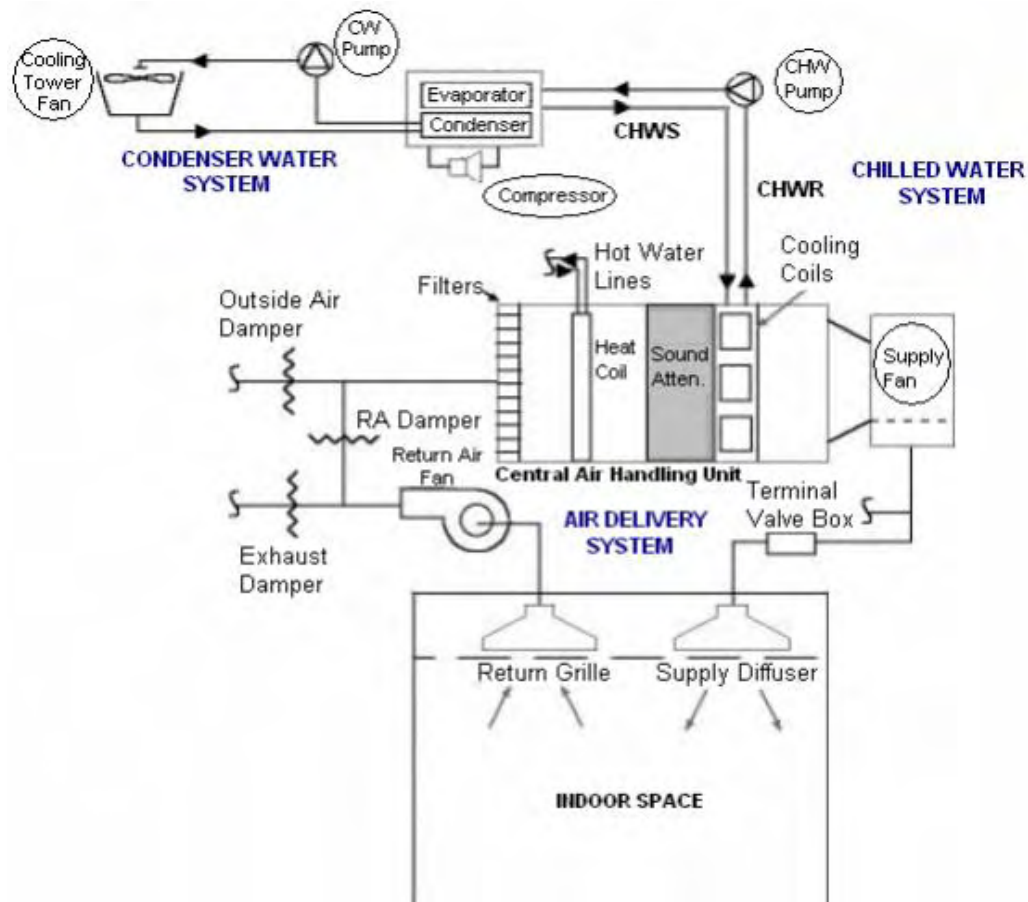
Ως τελευταίο βήμα, ο μηχανικός σχεδιασμού θα πρέπει να ετοιμάσει μια συνοπτική έκθεση που θα καλύπτει τα εξής:

- Αρχικοί στόχοι
- Κριτήρια επιλογής
- Σημαντικοί παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων
- Ενοποίηση/Ενσωμάτωση του συστήματος με άλλα συστήματα
- Θέματα ασφαλείας
- Ανάλυση συστήματος HVAC
- Προϋπολογισμός
- Τελικές προτάσεις

2.2 Συστήματα και εξοπλισμός HVAC

2.2.1 Εγκαταστάσεις ψύξης

Ως κεντρικά συστήματα ορίζονται εκείνα στα οποία η ψύξη (κρύο νερό) παράγεται σε ένα κεντρικό ψυκτικό συγκρότημα και διανέμεται σε μονάδες επεξεργασίας αέρα ή τοπικές μονάδες ανεμιστήρων που βρίσκονται εντός των χώρων του κτιρίου. Ο αέρας ψύχεται με δευτερεύοντα μέσα και μεταφέρεται μέσω αγωγών διανομής αέρα. Ένα τυπικό κεντρικό ψυκτικό σύστημα απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Το σύστημα κατανέμεται σε τρία κύρια υποσυστήματα: τη ψυκτική μονάδα, το συμπυκνωτή (ή σύστημα απόρριψης θερμότητας) και το σύστημα παροχής αέρα.



Εικόνα 6: Κεντρικό ψυκτικό σύστημα.

Σύστημα Κρύου Νερού: Ο ψύκτης παρέχει κρύο νερό για τις ανάγκες ψύξης όλων των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων του κτιρίου (ΚΚΜ). Το σύστημα περιλαμβάνει αντλία νερού που θέτει σε κυκλοφορία το κρύο νερό μέσα στον εξατμιστή και στα ψυκτικά πηνία των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων. Το σύστημα μπορεί να διαθέτει πρωτεύων και δευτερεύων αντλία ψυχρού νερού, οι πρωτεύουσες αντλίες εξασφαλίζουν συνεχή ροή κρύου νερού μέσω του ψυκτικού συγκροτήματος, ενώ οι δευτερεύουσες αντλίες παρέχουν μόνο όση ποσότητα ψυχρού νερού απαιτείται από τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες του κτιρίου.

Σύστημα νερού συμπυκνωτή: Ένα ψυκτικό σύστημα πρέπει επίσης να απορρίπτει τη θερμότητα που αφαιρεί. Υπάρχουν δύο επιλογές για απόρριψη θερμότητας: 1) στο περιβάλλον χρησιμοποιώντας αερόψυκτο ψύκτη και 2) στο νερό χρησιμοποιώντας υδρόψυκτο ψύκτη.

- **Αερόψυκτες μονάδες:**

Οι αερόψυκτες μονάδες απορροφούν θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο και την απορρίπτουν στο εξωτερικό περιβάλλον. Αποτελείται από συμπυκνωτή, συμπιεστή, ανεμιστήρες και χειριστήρια συναρμολογημένα σε μία μονάδα και τοποθετείται σε εξωτερικούς χώρους. Αυτά είναι τα πιο συνηθισμένα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε οικιακές και ελαφρές εμπορικές εφαρμογές. Οι αερόψυκτοι ψύκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μία ενιαία μονάδα ή με διαχωρισμό σε διάφορες συνθέσεις, το μέγεθος τους ποικίλλει από μοντέλα μικρής χωρητικότητας μέχρι μοντέλα εκατοντάδων τόνων που χρησιμοποιούνται για την ψύξη κτιρίων με μεγάλες απαιτήσεις.

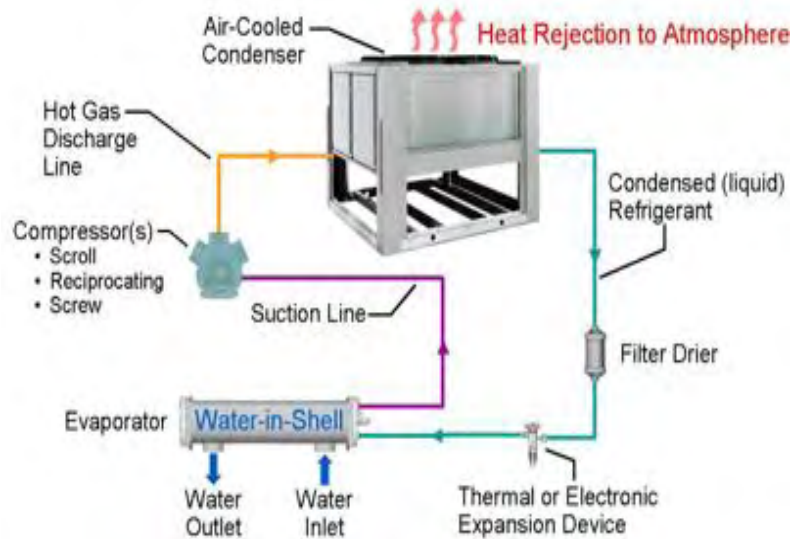
Οι αερόψυκτοι ψύκτες χρησιμοποιούν τον μηχανικό κύκλο ψύξης για την παραγωγή κρύου νερού ή ενός μείγματος κρύου νερού και αντιψυκτικού υγρού. Το ψυχρό υγρό μεταφέρεται από αντλίες και σωλήνες που συνδέονται με fan-coils και τερματικά. Απορρίπτουν τη θερμότητα του κτιρίου στο περιβάλλον με αερόψυκτο πηνίο συμπύκνωσης. Ο κύκλος ψύξης ενός αερόψυκτου ψύκτη περιλαμβάνει δύο σημαντικές διεργασίες:

1. Την εξάτμιση του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή, που απορροφά τη θερμότητα και μειώνει τη θερμοκρασία του συστήματος ψύξης.

2. Την συμπύκνωση του ατμού του ψυκτικού μέσου στον ψυχρό αέρα και την απόρριψη της θερμότητας στην ατμόσφαιρα.

Στον κύκλο ψύξης του αερόψυκτου ψύκτη, το νερό εισέρχεται στον εξατμιστή (evaporator) και ψύχεται από το ψυκτικό υγρό που ρέει μέσα στον εξατμιστή. Το κρύο νερό αντλείται από τον ψύκτη στα fan-coils του κτιρίου για την παροχή ψύξης. Ο κύκλος ολοκληρώνεται όταν το θερμότερο νερό ρέει πίσω στον εξατμιστή. Το ψυκτικό μέσο στον εξατμιστή απορροφά θερμότητα από το θερμότερο νερό επιστροφής, και τελικά εξέρχεται από τον εξατμιστή ως υπερθερμασμένος ατμός.

Ο υπερθερμασμένος ατμός ψυκτικού μέσου εισέρχεται στην είσοδο αναρρόφησης του συμπιεστή. Στον συμπιεστή, το ψυκτικό συμπιέζεται, αυξάνοντας την πίεση και τη θερμοκρασία του. Το ψυκτικό αέριο υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας εξέρχεται από τον συμπιεστή, διέρχεται από τη γραμμή εκροής και εισέρχεται στον συμπυκνωτή (condenser). Το συμπυκνωμένο ψυκτικό υγρό στη συνέχεια αφήνει τον συμπυκνωτή και εισέρχεται στη συσκευή διαστολής (expansion device). Καθώς το ψυκτικό μέσο διέρχεται διαμέσου της συσκευής διαστολής όπου η πίεση και η θερμοκρασία του μειώνονται. Μετά την έξοδο από τη συσκευή επέκτασης, το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξατμιστή και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.



Εικόνα 7: Ψυκτικός κύκλος αερόψυκτου ψύκτη.

- **Υδρόψυκτες μονάδες:**

Οι υδρόψυκτες μονάδες απορροφούν θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο και την απορρίπτουν σε νερό. Λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών συμπύκνωσης του ψυκτικού σε σύγκριση με τα συστήματα που ψύχονται με αέρα, οι ψύκτες νερού έχουν υψηλότερο συντελεστή απόδοσης (COP).

Ένα χαρακτηριστικό διαφοροποίησης των τύπων ψυκτών είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου καθώς φεύγει από τον συμπιεστή. Οι δύο μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρήση είτε αερόψυκτων είτε υδρόψυκτων συμπυκνωτών. Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές χρησιμοποιούν ως μέσο συμπύκνωσης αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον, και ανεμιστήρα για να μεταφέρουν τον αέρα πάνω στο πηνίο. Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές χρησιμοποιούν νερό ως μέσο συμπύκνωσης και χρησιμοποιούν μια αντλία για να κυκλοφορήσουν το νερό μέσω του συμπυκνωτή και σε έναν πύργο ψύξης που απορρίπτει τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα.

Το λειτουργικό κόστος είναι ένας από τους πρωταρχικούς παράγοντες στην επιλογή ανάμεσα σε αερόψυκτους ή υδρόψυκτους ψύκτες. Οι αερόψυκτοι ψύκτες έχουν συνήθως χαμηλότερο πρώτο κόστος και κόστος συντήρησης, δεδομένου ότι δεν απαιτούν πύργο ψύξης, αντλίες νερού και σχετική χημική επεξεργασία συμπυκνωμένου νερού. Ωστόσο, τα λειτουργικά έξοδα ευνοούν τους υδρόψυκτους ψύκτες. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ψύκτες με νερό μπορούν να επωφεληθούν από χαμηλότερες θερμοκρασίες συμπύκνωσης από ότι οι αερόψυκτοι ψύκτες.

Air-Cooled Chiller Advantages

- Lower installed cost
- Quicker availability
- No cooling tower or condenser pumps required
- Less maintenance
- No mechanical room required



Water-Cooled Chiller Advantages

- Higher efficiency
- Custom selections in larger sizes
- Large tonnage capabilities
- Indoor chiller location
- Longer life



Εικόνα 8: Σύγκριση αερόψυκτων και υδρόψυκτων ψυκτών.

Σύστημα διανομής αέρα: Ο αέρας εισέρχεται στο σύστημα του κτιρίου μέσω της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (ΚΚΜ). Μόλις εισέλθει στο σύστημα, ο αέρας τροφοδοσίας φιλτράρεται για να απομακρυνθούν τα βλαβερά σωματίδια (αλλεργιογόνα και σκόνη), θερμαίνεται ή ψύχεται και στη συνέχεια κυκλοφορεί σε όλο το κτίριο μέσω του συστήματος διανομής αέρα.

Στα περισσότερα κτίρια το σύστημα διανομής αέρα περιλαμβάνει επίσης ένα σύστημα με το οποίο ο κλιματισμένος αέρας επιστρέφει στην κεντρική κλιματιστική μονάδα όπου αναμιγνύεται με νωπό αέρα παροχής, φιλτράρεται και επανακυκλοφορεί σε όλο το κτίριο. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με την άντληση αέρα από τον εσωτερικό χώρο και την επιστροφή του στην ΚΚΜ χρησιμοποιώντας συσκευές επιστροφής αέρα οι οποίες τοποθετούνται στην οροφή ή στους τοίχους των χώρων και συνδέονται άμεσα με τους αγωγούς της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας αέρα.

2.2.2 Κεντρική κλιματιστική μονάδα

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας χρησιμοποιείται για την ρύθμιση και την κυκλοφορία του αέρα και αποτελεί μέρος ενός συστήματος HVAC. Η μονάδα τροφοδοτείται με κρύο νερό από το κεντρικό συγκρότημα ψύξης και με ζεστό νερό από τον λέβητα. Είναι το τμήμα της εγκατάστασης στο οποίο πραγματοποιούνται σχεδόν όλες οι επεξεργασίες του κλιματιζόμενου αέρα:

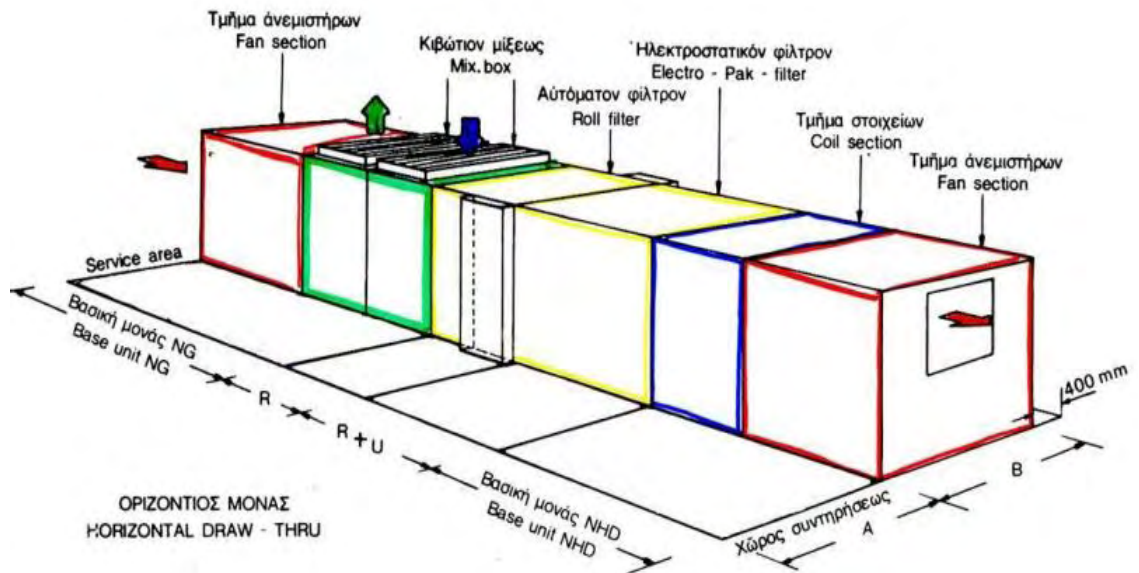
- Φιλτράρισμα του αέρα
- Ανάμιξη πρωτεύοντος και ανακυκλοφορούντος αέρα
- Θέρμανση
- Ψύξη
- Ύγρανση
- Αφύγρανση
- Προώθηση του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους

Το βασικό σύστημα διαχείρισης αέρα είναι ένα σύστημα κλιματισμού ενιαίας ζώνης ή πολλαπλών ζωνών (ανάλογα με το πόσοι κεντρικοί αεραγωγοί με αέρα διαφορετικών συνθηκών αναχωρούν από την μονάδα), το οποίο αποτελείται από μια κεντρική κλιματιστική μονάδα και ένα σύστημα διανομής αέρα. Η κεντρική κλιματιστική μονάδα μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει σταθερή ή μεταβλητή ποσότητα αέρα με χαμηλή, μέση ή υψηλή ταχύτητα διανομής. Συνήθως, ο εξοπλισμός βρίσκεται έξω από τον κλιματιζόμενο χώρο σε υπόγειο ή δώμα. Ο εξοπλισμός μπορεί να είναι τοποθετημένος δίπλα στον κύριο εξοπλισμό θέρμανσης και ψύξης ή σε μεγάλη απόσταση. Η μεταφορά της ενέργειας μπορεί να γίνεται με ψυκτικό μέσο, ζεστό νερό ή ατμό. Μια κεντρική κλιματιστική μονάδα αποτελείται από [Σελούντος, Θέρμανση - Κλιματισμός]:

- **Τμήμα φιλτραρίσματος του αέρα:** Ο καθορισμός του αέρα πραγματοποιείται με φίλτρα καθαριζόμενου ή απορριπτόμενου τύπου έτσι ώστε να παρέχεται καθαρός αέρας στους χρήστες του κτιρίου. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι 1) τα κολλοειδή φίλτρα, που αποτελούνται από ένα πλαίσιο από χονδρό χαρτόνι η επιφάνεια του οποίου έχει επιχρισθεί με ισχυρή κολλώδη ουσία, 2) τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, τα οποία είναι τα πιο αποτελεσματικά όμως έχουν μεγάλο κόστος αγοράς, 3) και τα ξηρά φίλτρα τα οποία προσφέρουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η συνολική απόδοση του συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το φίλτρο. Εάν δεν διατηρείται τακτικά το φίλτρο, αυξάνεται η αντίσταση του συστήματος και μειώνεται η ροή του αέρα.
- **Τμήμα αναμίξεως πρωτεύοντος και ανακυκλοφορούντος αέρα:** Σε αυτό το θάλαμο πραγματοποιείται μία πολύ σημαντική διεργασία. Ένα μέρος του αέρα που απομακρύνεται από τον κλιματιζόμενους χώρους, επαναχρησιμοποιείται αφού φιλτραριστεί και γίνει η ανάμιξη του με νωπό καθαρό αέρα. Η παροχή ρυθμίζεται με διασυνδεδεμένα διαφράγματα και αντιθέτως κινούμενα έτσι ώστε όσο ανοίγει το διάφραγμα του ανακυκλοφορούντος αέρα, τόσο κλείνει το διάφραγμα του νωπού αέρα.
- **Τμήμα μετωπικών και παρακαμπτήριων διαφραγμάτων:** Χρησιμοποιείται όταν επιθυμούμε ένα μέρος του αέρα να οδηγηθεί στο τμήμα του ανεμιστήρα προσαγωγής χωρίς να υποβληθεί σε θερμική επεξεργασία.
- **Τμήμα θερμικής επεξεργασίας:** Είναι το σημαντικότερο τμήμα της κεντρικής μονάδας κλιματισμού. Σε αυτό το τμήμα πραγματοποιείται η μετάδοση της θερμότητας από το μέσο (νερό, ατμό ή ψυκτικό ρευστό) στον αέρα.
- **Τμήμα υγράνσεως:** Το τμήμα αυτό είναι ενσωματωμένο ή βρίσκεται σε άμεση επαφή με το τμήμα θερμικής επεξεργασίας [2]. Η ύγρανση του αέρα είναι συχνά απαραίτητη σε

ψυχρότερα κλίματα όπου η συνεχής θέρμανση κάνει τον αέρα ξηρό, με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα του αέρα και την αύξηση του στατικού ηλεκτρισμού.

- Τμήμα ανεμιστήρα:** Σε αυτό το τμήμα δημιουργείται η απαραίτητη πίεση για την ροή του αέρα στην κλιματιστική μονάδα αλλά και στους αεραγωγούς. Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούν τυπικά έναν μεγάλο ανεμιστήρα κλωβού που οδηγείται από ηλεκτρικό μοτέρ επαγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος για την κίνηση του αέρα. Ο ανεμιστήρας μπορεί να λειτουργεί με μία μόνο ταχύτητα, να προσφέρει μια ποικιλία ρυθμιζόμενων στροφών ή να κινείται από έναν κινητήρα μεταβλητής συχνότητας για να επιτρέψει ένα ευρύ φάσμα ρυθμών ροής αέρα [3].



Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.

2.2.3 Γεωθερμικές Αντλίες ή Αντλίες Εδάφους – Αέρα (και Εδάφους – Νερού)

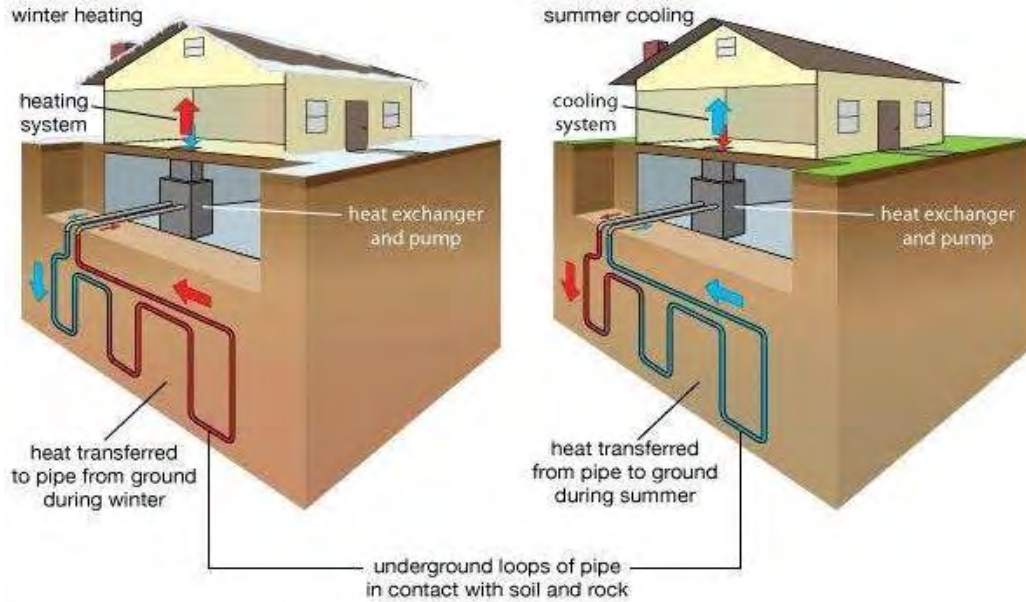
Οι γεωθερμικές αντλίες αξιοποιούν τη σχετικά σταθερή θερμοκρασία που υπάρχει στα πρώτα 300 μέτρα της επιφάνειας της γης για να παρέχουν θέρμανση στα κτίρια τους χειμερινούς μήνες και ψύξη τους καλοκαιρινούς μήνες. Σε αυτό το τμήμα της λιθόσφαιρας, οι βράχοι και τα υπόγεια ύδατα εμφανίζονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 5 και 30 ° C. Σε μικρότερα βάθη, όπου βρίσκονται οι περισσότερες γεωθερμικές αντλίες, όπως σε απόσταση 6 μέτρων από την επιφάνεια της Γης, η θερμοκρασία του εδάφους διατηρεί μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία από 10 έως 16 °C. Κατά συνέπεια, αυτή η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει την θέρμανση των κτιρίων κατά τους ψυχρότερους μήνες του έτους, όταν η θερμοκρασία του αέρα πέσει κάτω

από εκείνη του εδάφους. Ομοίως, κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών του έτους, ζεστός αέρας μπορεί να αντληθεί από ένα κτίριο και να κυκλοφορήσει υπόγεια, όπου χάνει μεγάλο μέρος της θερμότητας και επιστρέφεται.

Το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας (έναν βρόχο σωλήνων που είναι θαμμένοι στο έδαφος) και μια αντλία. Ο εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμική ενέργεια μεταξύ του εδάφους και του αέρα στην επιφάνεια μέσω ενός ρευστού που κυκλοφορεί μέσα από τους σωλήνες. το χρησιμοποιούμενο υγρό είναι συχνά νερό ή ένας συνδυασμός νερού και αντιψυκτικού. Κατά τους θερμότερους μήνες, η θερμότητα από τον θερμό αέρα μεταφέρεται στον εναλλάκτη θερμότητας και μέσα στο υγρό. Καθώς κινείται μέσα από τους σωλήνες, η θερμότητα διασκορπίζεται στους βράχους, στο έδαφος και στα υπόγεια ύδατα. Η λειτουργία της αντλίας αντιστρέφεται κατά τους ψυχρότερους μήνες. Η θερμική ενέργεια που αποθηκεύεται στο σχετικά ζεστό έδαφος αυξάνει τη θερμοκρασία του υγρού. Το υγρό στη συνέχεια μεταφέρει αυτή την ενέργεια στην αντλία θερμότητας, η οποία θερμαίνει τον αέρα μέσα στο κτίριο.

Το σύστημα της γεωθερμικής αντλίας έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Είναι πολύ αποδοτικά, χρησιμοποιώντας 25-50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και παράγουν λιγότερη ρύπανση. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που συνδέεται με τις γεωθερμικές αντλίες μπορεί να μεταφραστεί σε μείωση κατά 44% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τις αντλίες θερμότητας με αέρα (οι οποίες μεταφέρουν θερμότητα μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα). Επιπλέον, σε σύγκριση με τα συστήματα θέρμανσης με ηλεκτρική αντίσταση (τα οποία μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα) σε συνδυασμό με τα συνηθισμένα συστήματα κλιματισμού, οι γεωθερμικές αντλίες μπορούν να παράγουν μέχρι και 72% λιγότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

Η ποιότητα του εδάφους, δηλαδή η υγρασία, η σύνθεση, η πυκνότητα και η ομοιομορφία του, επηρεάζει άμεσα την απόδοση της αντλίας θερμότητας. Επιπλέον, η διαβρωτικότητα του εδάφους και η ποιότητα του δικτύου σωληνώσεων επηρεάζουν την ικανότητα μεταφοράς της θερμότητας.



Εικόνα 12: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Το κόστος λειτουργίας των αντλιών θερμότητας εξαρτάται κυρίως από την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις το κόστος αυτό είναι σημαντικά χαμηλότερο από το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μιας εγκατάστασης κεντρικής θερμάνσεως με ζεστό νερό και θερμαντικά σώματα. Επιπλέον, η αντλία θερμότητας αξιοποιεί το περιβάλλον ως πηγή ενέργειας δίνοντας την οικονομικότερη λύση. Σημαντικά πλεονεκτήματα αποτελούν επίσης: το γεγονός ότι δεν συμβάλλει στην ρύπανση του περιβάλλοντος, η εγκατάσταση δεν απαιτεί μεγάλους χώρους και έχει την δυνατότητα να προσφέρει θέρμανση και ψύξη ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου.

Βέβαια όπως σε κάθε σύστημα κλιματισμού υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα συμπεριλαμβανομένου του κόστους εγκατάστασης μιας αντλίας θερμότητας το οποίο είναι υψηλότερο από εκείνο της εγκατάστασης ενός συμβατικού καλοριφέρ και επιπλέον η απόδοση της αντλίας μειώνεται σημαντικά όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.

Heat Source and Sink	Distribution Fluid	Thermal Cycle	Diagram		
			➔ Heating	➔ Cooling	➔ Heating and Cooling
Air	Air	Refrigerant changeover			
Water	Air	Refrigerant changeover			
Water	Water	Water changeover			
Ground-coupled (or Closed-loop ground-source)	Air	Refrigerant changeover			
Ground-source, Direct-expansion	Air	Refrigerant changeover			

Εικόνα 13. Τύποι Αντλιών Θερμότητας.

2.2.4 Μονάδα λέβητα

Σε μία εγκατάσταση κεντρικής θερμάνσεως απαιτείται μια διάταξη που να εξασφαλίζει τοπικά την παραγωγή θερμικής ενέργειας που απαιτεί το κτίριο. Η εγκατάσταση αυτή μπορεί να είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ή μία μονάδα καύσεως αερίου ή πετρελαίου. Όταν η πηγή της ενέργειας είναι ένα καύσιμο απαιτείται από την μελέτη κατάλληλος χώρος, το λεβητοστάσιο που θα περιλαμβάνει την αποθήκη του καυσίμου, τον λέβητα και τον καυστήρα, σύστημα προσαγωγής του απαραίτητου για την καύση αέρα, δυνατότητα απαγωγής των καυσαερίων, διάταξη διανομής της ενέργειας και συστήματα ασφαλείας.

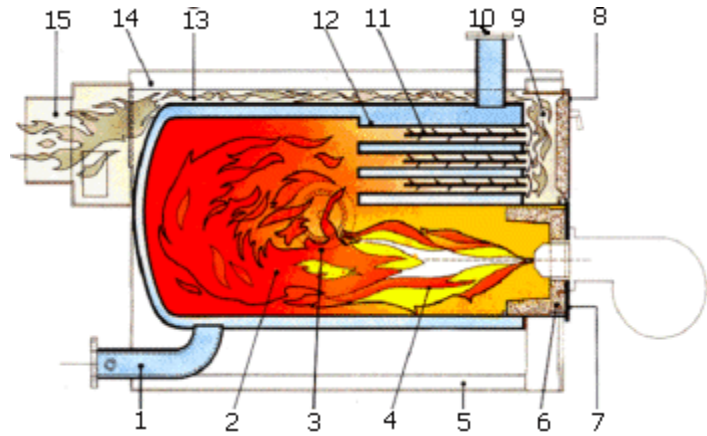
Ο λέβητας είναι ένας ογκώδης εναλλάκτης θερμικής ενέργειας αέρα – νερού ή αέρα – ατμού ή αέρα – αέρα. Στον ειδικό θάλαμο καύσεως καίγεται το καύσιμο και ανατύσσεται υψηλή θερμοκρασία. Οι λέβητες είναι δοχεία πίεσης σχεδιασμένα να μεταφέρουν τη θερμότητα που παράγεται από την καύση σε ένα υγρό. Ο ορισμός έχει επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει μεταφορά θερμότητας από στοιχεία ηλεκτρικής αντίστασης στο ρευστό ή με άμεση δράση ηλεκτροδίων στο ρευστό. Στους περισσότερους λέβητες, το υγρό είναι συνήθως νερό με τη μορφή υγρού ή ατμού. Εάν το μέσο που θερμαίνεται είναι αέρας, η συσκευή εναλλαγής θερμότητας ονομάζεται φούρνος, όχι λέβητας. Η εστία ή ο θάλαμος καύσης κάποιων λέβητων ονομάζεται επίσης φούρνος.

Εξαιρουμένων των ειδικών και ασυνήθιστων υγρών, υλικών και μεθόδων, ένας λέβητας είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας από χυτοσίδηρο, άνθρακα ή ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο ή χαλκό, σχεδιασμένος να (1) καίει ορυκτά καύσιμα (ή να χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα) και (2) να μεταφέρει την απελευθερούμενη θερμότητα στο νερό (σε λέβητες νερού) ή στο νερό και τον ατμό (σε λέβητες ατμού).

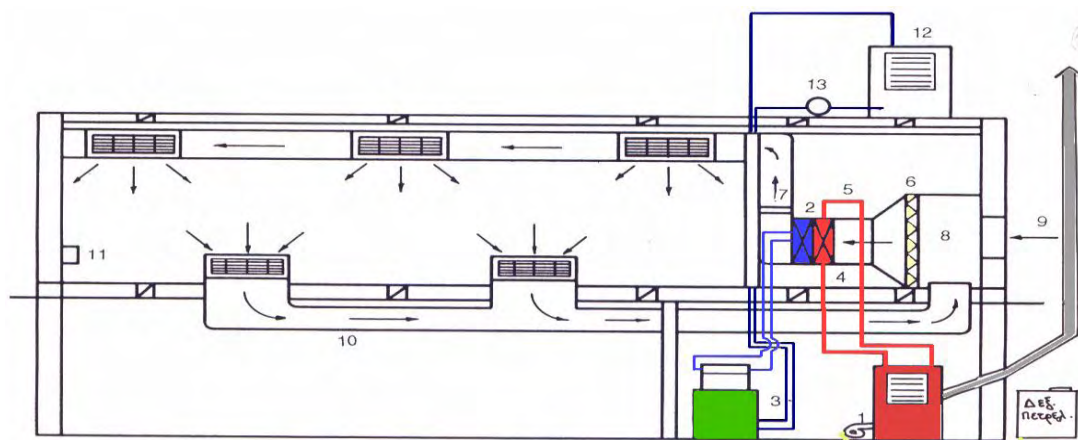
Η θερμότητα που παράγεται από την καύση του καυσίμου, με το οποίο τροφοδοτείται ο λέβητας, ανακυκλοφορεί μέσα σε σωληνώσεις και μεταφέρει τη θερμότητα αυτή στο σημείο που θα καταναλωθεί, για θέρμανση [8].

Οι λέβητες διακρίνονται σε χυτοσιδηρούς και χαλύβδινους. Οι χυτοσιδηροί παρουσιάζουν ιδιαίτερος καλή αντοχή στη διάβρωση γεγονός που συνεπάγεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μπορούν να επιδεχθούν προσθήκες στοιχείων και χρειάζονται μικρότερες ποσότητες νερού κατά τη λειτουργία τους, η μεταφορά τους είναι εύκολη διαδικασία λόγω της δυνατότητας τους να συναρμολογούνται επί τόπου και επιπλέον είναι πιο ανθεκτικοί στη θερμική καταπόνηση και στη στατική πίεση. Οι χαλύβδινι έχουν μικρότερο βάρος και καλύτερη αντοχή στις πιέσεις και στις αλλαγές θερμοκρασίας. Οι διαστάσεις τους προσαρμόζονται στις διάφορες απαιτήσεις και έχουν χαμηλό κόστος [6].

1. Επιστροφή ύδατος
2. Θάλαμος καύσεως
3. Θυρίδα ασφαλείας
4. Προθάλαμος καύσεως
5. Πλαίσιο βάσεως
6. Μόνωση θυρίδος καυστήρα
7. Θυρίδα καυστήρα
8. Θύρα επιθεωρήσεως και καθαρισμού
9. Θάλαμος καυσαερίων
10. Έξοδος θερμού ύδατος
11. Στροβιλιστής
12. Δέσμη αυλών
13. Απαγωγός καυσαερίων
14. Μονωτικός μανδύας
15. Έξοδος καυσαερίων προς καπνοδόχο



Εικόνα 14: Τομή λέβητα.



- | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------------------|
| 1. Λέβητας ζεστού νερού | 5. Ανεμιστήρας | 9. Είσοδος εξωτερικού αέρα |
| 2. Στοιχείο ψύξης | 6. Φίλτρο | 10. Αεραγωγός επιστροφής |
| 3. Συγκρότημα ψύξης | 7. Υγρανήρας | 11. Θερμοστάτης χώρου |
| 4. Στοιχείο θερμάνσεως | 8. Τμήμα αναμίξεως | 12. Πύργος ψύξης |
| | | 13. Αντλία νερού |

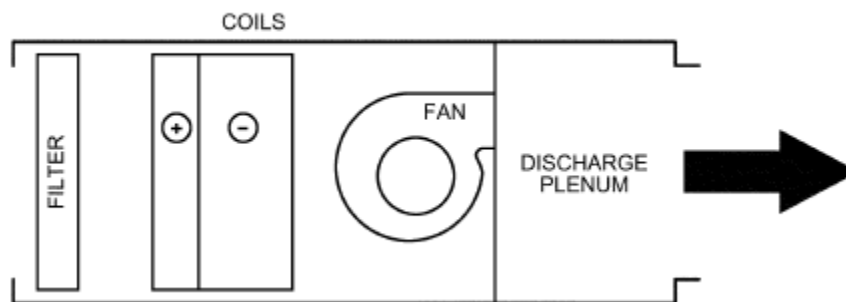
Εικόνα 15: Κεντρικός κλιματισμός με ψύκτη νερού και λέβητα νερού.

2.2.5 Τερματικές μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου – Fan-coils

Είναι συσκευές που επιτρέπουν οικονομικές και λειτουργικές εγκαταστάσεις κλιματισμού όταν πρέπει να κλιματιστούν πολλοί και μικροί χώροι που δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα [7]. Οι κατασκευαστές έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε διάφορα συστήματα fan-coil κατά τον σχεδιασμό και την μελέτη ενός κτιρίου. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από τις απαιτήσεις και τη χρήση του κτιρίου (π.χ. εγκατάσταση, εφαρμογή, λειτουργικό κόστος, απόδοση, συντήρηση κ.α.). Τα fan-coils εκτελούν έναν συνδυασμό των ακόλουθων λειτουργιών:

- Έλεγχος της θερμοκρασίας
- Ροή αέρα στον χώρο
- Φιλτράρισμα του αέρα
- Διανομή αέρα εξαερισμού

Όπως απεικονίζεται στην εικόνα 16 τα βασικά εξαρτήματα των μονάδων fan-coil είναι ένα πηνίο θέρμανσης ή ψύξης, ένα φίλτρο, ένας ανεμιστήρας και μια διάταξη ελέγχου θερμοκρασίας. Ο ανεμιστήρας επανακυκλοφορεί τον αέρα από τον κλιματιζόμενο χώρο μέσω του πηνίου, το οποίο περιέχει είτε ζεστό είτε κρύο νερό και στη συνέχεια μεταφέρει θερμότητα ή ψύξη. Ένα φίλτρο στην είσοδο της μονάδας εμποδίζει και ελαχιστοποιεί την πρόσβαση σωματιδίων που συμπαρασύρονται στον αέρα, προστατεύοντας τον κινητήρα, τον ανεμιστήρα-πηνίο, το εσωτερικό της μονάδας, τους αγωγούς και συνεπώς τον κλιματιζόμενο χώρο. Το περίβλημα των μονάδων αποτελείται από ένα στιβαρό σκελετό και κατάλληλο κέλυφος με περσίδες για την διανομή του αέρα. Το κέλυφος σχετίζεται άμεσα με την θέση στην οποία θα τοποθετηθεί το fancoil (δάπεδο, τοίχος, οροφή, ψευδοροφή, σε κόγχη τοίχου κλπ.) [7].



Εικόνα 16: Βασική μονάδα ανεμιστήρα – στοιχείου.

Τα πλεονεκτήματα των μονάδων Fan-Coil είναι:

- Απαιτείται μικρότερος παρεμβαλλόμενος χώρος, διότι το σύστημα παροχής νερού έχει υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα όγκου από ό,τι ένα σύστημα παροχής αέρα.
- Δυνατότητα ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας σε επόμενες ζώνες.
- Δυνατότητα αναβάθμισης όπου απαιτείται πρόσθετη χωρητικότητα πέρα από αυτό που μπορεί να προσφέρει το υφιστάμενο σύστημα αέρα.

3. Κατάταξη των συστημάτων HVAC

Βασικά κριτήρια για την κατάταξη των συστημάτων HVAC αποτελεί ο τρόπος και τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών ανέσεως στην θερμική ζώνη. Τις συνθήκες ανέσεως διαμορφώνουν οι η θερμοκρασία, η υγρασία, η καθαρότητα και η ταχύτητα κινήσεως του αέρα, ο θόρυβος κ.α. Λαμβάνοντας ως κριτήρια το μέγεθος και την έκταση που καταλαμβάνουν και εξυπηρετούν τα συστήματα κλιματισμού διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Κεντρικά Συστήματα
- Αποκεντρωμένα Συστήματα

Και στις δύο περιπτώσεις και σύμφωνα με την λειτουργική διαδικασία των συστημάτων κλιματισμού, δηλαδή τον τρόπο και το μέσο (νερό, αέρας, ψυκτικό ρευστό) που χρησιμοποιούν για να λειτουργήσουν και να επιτύχουν τις επιθυμητές συνθήκες ανέσεως, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Συστήματα «μόνο με αέρα»
- Συστήματα «μόνο με νερό»
- Συστήματα «αέρα – νερού»
- Συστήματα «ψυκτικού ρευστού - αέρα»

3.1 Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ένα από τα βασικά κριτήρια για την κατάταξη των συστημάτων κλιματισμού αποτελεί το πλήθος των χώρων που εξυπηρετούν. Είναι σύνηθες όταν μια εγκατάσταση ικανοποιεί τις απαιτήσεις περισσότερων από τριών χώρων να θεωρείται κεντρική [8]. Επιπλέον, όταν ο κλιματισμός βασίζεται σε απομακρυσμένη μονάδα νερού, αέρα ή ψυκτικού ρευστού θεωρείται κεντρικό ή ημικεντρικό σύστημα κλιματισμού ακόμα και αν εξυπηρετεί έναν μόνο χώρο [8].

Τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού περιλαμβάνουν:

- Μία κεντρική μονάδα θερμικής επεξεργασίας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιεί νερό, αέρα ή ψυκτικό ρευστό ως μέσο.
- Ένα δίκτυο αεραγωγών προσαγωγής ή/και απαγωγής αέρα ή/και ένα δίκτυο σωληνώσεων.
- Τις τοπικές μονάδες με τις οποίες διανέμεται ο κλιματισμένος αέρα στους χώρους.
- Τα συστήματα ελέγχου για την προσαρμογή της κεντρικής μονάδας στις εκάστοτε απαιτήσεις του κλιματιζόμενου χώρου.

Οι κεντρικές μονάδες θέρμανσης και ψύξης παράγουν θερμότητα και ψύξη και τη διανέμουν σε όλο το κτίριο μέσω του δικτύου διανομής. Οι κεντρικές μονάδες χρησιμοποιούνται στο 25% των εφαρμογών HVAC. Τα κεντρικά συστήματα ψύξης και θέρμανσης χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις κατηγορίες κτιρίων, αλλά ιδιαίτερα σε πολύ μεγάλα κτίρια και συγκροτήματα ή όπου

υπάρχει μεγάλη απαίτηση ενέργειας. Κρίνονται ιδιαίτερος κατάλληλα για εφαρμογές όπου η μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και η αποτελεσματική χρήση της ενέργειας είναι σημαντικές συνιστώσες. Μερικά παραδείγματα κτιρίων που συνήθως χρησιμοποιούν κεντρικά συστήματα ψύξης ή/και θέρμανσης είναι: ξενοδοχεία, εμπορικά κέντρα, πανεπιστήμια, μεγάλα κτίρια γραφείων, δημόσιες εγκαταστάσεις, εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις και νοσοκομεία.

Τα κεντρικά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλο εξοπλισμό ψύξης ή/και θέρμανσης που βρίσκεται σε μία εγκατάσταση ή πολλαπλές μικρότερες εγκαταστάσεις που διασυνδέονται για να λειτουργούν ως μία. Η διαμόρφωση του εξοπλισμού και ο βοηθητικός εξοπλισμός ποικίλλουν σημαντικά, ανάλογα με τη χρήση της εγκατάστασης. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί συνδυασμοί κεντρικών και αποκεντρωμένων συστημάτων (π.χ. κεντρική μονάδα ψύξης και αποκεντρωμένα συστήματα θέρμανσης και εξαερισμού). Πολλοί τύποι εξοπλισμού και πηγών καυσίμων μπορούν να συνδυαστούν σε μια εγκατάσταση. Η ενέργεια θέρμανσης και ψύξης μπορεί να είναι συνδυασμός ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου, άνθρακα, ηλιακής ενέργειας, γεωθερμικής ενέργειας, απορριπτόμενης θερμότητας κλπ. Αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε ψυχρό νερό, ζεστό νερό ή ατμό που διανέμεται μέσω της εγκατάστασης κλιματισμού.

Πλεονεκτήματα χρήσης κεντρικών συστημάτων

- Η πρωτογενής ψύξη και θέρμανση μπορεί να παρέχεται ανά πάσα στιγμή, ανεξάρτητα από τον τρόπο λειτουργίας του εξοπλισμού και των συστημάτων εκτός της κεντρικής μονάδας.
- Η χρήση μεγαλύτερων αλλά λιγότερων τεμαχίων εξοπλισμού μειώνει γενικά τη συνολική λειτουργία και το κόστος συντήρησης της εγκατάστασης. Επιτρέπει επίσης ευρύτερες περιοχές λειτουργίας.
- Μια κεντρική τοποθεσία ελαχιστοποιεί τους περιορισμούς στην εξυπηρέτηση της προσβασιμότητας.
- Οι ενεργειακά αποδοτικές στρατηγικές σχεδιασμού, η ανάκτηση ενέργειας και η διαχείριση ενέργειας μπορεί να είναι απλούστερες και πιο οικονομικές στην υλοποίηση.
- Πολλές πηγές ενέργειας μπορούν να εφαρμοστούν στην κεντρική μονάδα, παρέχοντας ευελιξία στην αγορά καυσίμων.
- Οι δυνατότητες αναμονής και οι εφεδρικές πηγές καυσίμων μπορούν εύκολα να προστεθούν στον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις όταν προγραμματιστούν εκ των προτέρων.
- Ένα κεντρικό σύστημα και η κατανομή του μπορεί να επεκταθεί για να ικανοποιήσει μελλοντική ανάπτυξη (π.χ. προσθήκη νέων κτιρίων στην ομάδα υπηρεσιών).
- Η ποικιλία φορτίου μπορεί να μειώσει σημαντικά την απαίτηση συνολικής ενέργειας του εξοπλισμού.

Μειονεκτήματα χρήσης κεντρικών συστημάτων

- Ο εξοπλισμός μπορεί να μην είναι άμεσα διαθέσιμος, με αποτέλεσμα μεγάλο χρονικό διάστημα αναμονής για την παραγωγή και τη διανομή.
- Ο εξοπλισμός μπορεί να είναι πιο περίπλοκος από τον αποκεντρωμένο εξοπλισμό και συνεπώς απαιτεί πιο καταρτισμένο χειριστή εξοπλισμού.
- Απαιτείται κεντρικός χώρος εντός ή δίπλα στο κτίριο για την τοποθέτηση του εξοπλισμού.
- Ανάλογα με την πηγή καυσίμων, μεγάλες υπόγειες ή επιφανειακές δεξαμενές αποθήκευσης ενδέχεται να απαιτούνται.
- Η λογική του συστήματος ελέγχου μπορεί να είναι περίπλοκη.
- Το πρώτο κόστος (κόστος αγοράς και εγκατάστησης εξοπλισμού) μπορεί να είναι υψηλότερο.
- Οι απαιτήσεις ασφαλείας αυξάνονται.
- Μπορεί να χρειαστεί ένα μεγάλο σύστημα διανομής σωλήνων (το οποίο μπορεί να αποτελέσει πλεονέκτημα για ορισμένες εφαρμογές).

3.1.1 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα

Στα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα πραγματοποιείται επεξεργασία του αέρα που κυκλοφορεί στον κλιματιζόμενο χώρο και του νωπού αέρα στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Στον θάλαμο μίξης που βρίσκεται εντός της κεντρικής μονάδας αναμιγνύεται εξωτερικός νωπός αέρας από το περιβάλλον με αέρα από το κτίριο αφού πρώτα φιλτραριστεί. Εν συνεχεία, διανέμεται σε όλο το κτίριο διαμέσου του δικτύου διανομής. Για την ψύξη του αέρα χρησιμοποιείται ψυχρό νερό το οποίο παρέχεται από κάποιο κεντρικό σύστημα ψύξης όπως για παράδειγμα έναν ψύκτη (αερόψυκτο ή υδρόψυκτο) και οδηγείται στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας αέρα σε εναλλάκτες αέρα-νερού (ψυκτικά στοιχεία) [9]. Για την θέρμανση του αέρα χρησιμοποιείται ζεστό νερό το οποίο παρέχεται από το λεβητοστάσιο. Η ύγρανση του αέρα γίνεται από κατάλληλες συσκευές, τους υγραντήρες, οι οποίοι διοχετεύουν νερό ή ατμό στην κεντρική μονάδα κλιματισμού [9].

Μια ακόμα σημαντική διάκριση των κεντρικών συστημάτων μόνο με αέρα είναι είναι η εξής:

- Συστήματα μονού αγωγού σταθερής παροχής
- Συστήματα μονού αγωγού μεταβαλλόμενης παροχής
- Συστήματα διπλού αγωγού σταθερής ή μεταβαλλόμενης παροχής

3.1.1.1 Συστήματα μονού αγωγού σταθερής παροχής

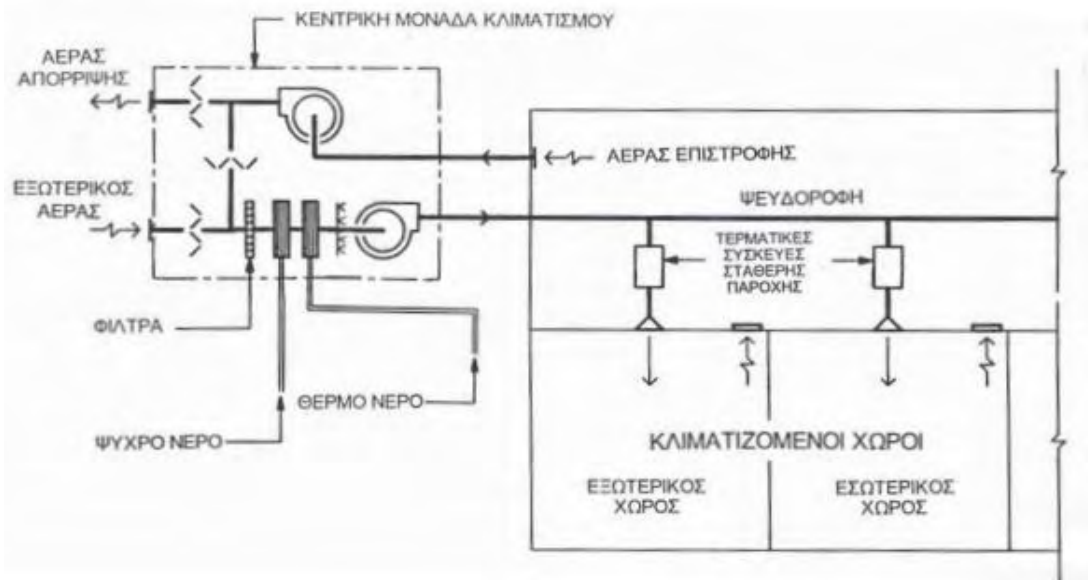
Ένα σύστημα μονού αγωγού σταθερής παροχής (Constant Air Volume CAV) μπορεί να είναι κεντρικό ή τοπικό και αποτελεί το απλούστερο σύστημα που μπορεί να εξυπηρετήσει τις απαιτήσεις θερμικής άνεσεως μιας ζώνης. Το σύστημα αυτό συναντάται σπανίως σε μεσαία και μεγάλα κτίρια. Τοποθετείται συχνά σε μικρά κτίρια λόγω της απλότητας, του χαμηλού κόστους

και τις αξιοπιστίας που διαθέτουν όμως βασικό μειονέκτημα αποτελεί η αδυναμία του συστήματος να διαφοροποιήσει την παροχή θερμότητας ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ζώνης.

Είναι ένας τύπος συστήματος που μπορεί να παρέχει θέρμανση, ψύξη και εξαερισμό. Αποτελείται από ένα σύστημα διανομής που ξεκινά από την πηγή στην οποία ο αέρας είτε ψύχεται είτε θερμαίνεται. Ο αέρας, με σταθερό όγκο, κατανέμεται έπειτα σε όλο το σύστημα για να καλύψει τις ανάγκες. Σε ένα απλό σύστημα σταθερής παροχής, ο ρυθμός του αέρα τροφοδοσίας είναι σταθερός όμως η θερμοκρασία του αέρα προσαγωγής ποικίλλει ανάλογα με τις απαιτήσεις του κλιματιζόμενου χώρου [10]. Την χειμερινή περίοδο όπου στο κτίριο παρέχεται θέρμανση υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης υγραντήρα έτσι ώστε να ρυθμίζεται η υγρασία στους χώρους. Αντίθετα, κατά την περίοδο θερινού κλιματισμού αυτή η δυνατότητα δεν παρέχεται.

Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων CAV που χρησιμοποιούνται συνήθως για να τροποποιήσουν τη θερμοκρασία του αέρα τροφοδοσίας: το σύστημα αναθέρμανσης και το σύστημα μικτού αέρα. Ένα σύστημα αναθέρμανσης προσθέτοντας πηνία αναθέρμανσης στον αγωγό, παρέχει περαιτέρω έλεγχο της θερμοκρασίας σε κάθε μεμονωμένο χώρο. Αυτό επιτρέπει σε ορισμένους χώρους να έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες παροχής από άλλους, όμως η παραλλαγή αυτή σπαταλά ενέργεια. Το σύστημα μικτού αέρα έχει δύο ρεύματα αέρα, συνήθως ένα για το ψυχρότερο και ένα για το θερμότερο αέρα που απαιτεί η ζώνη. Οι δύο ροές αέρα συνδυάζονται στρατηγικά για να αντισταθμίσουν το φορτίο του χώρου. Η επιλογή του μικτού συστήματος αέρα δεν είναι τόσο αποτελεσματική στον έλεγχο της υγρασίας σε αντίθεση με τον έλεγχο της θερμοκρασίας [11].

Τα περισσότερα συστήματα CAV είναι μικρά και εξυπηρετούν μια θερμική ζώνη. Ωστόσο, παραλλαγές του συστήματος όπως CAV με αναθέρμανση, CAV πολλαπλών ζωνών μπορούν να εξυπηρετήσουν πολλαπλές ζώνες και μεγαλύτερα κτίρια. Το σύστημα με αναθέρμανση, όπως προαναφέρθηκε παρέχει την δυνατότητα της ρύθμισης της θερμοκρασίας και της υγρασίας όμως έχει υψηλό λειτουργικό κόστος. Επιπλέον, μπορεί να γίνει προσθήκη θερμότητας τοπικά με στοιχείο νερού, ατμού ή ηλεκτρικό μέσω των αγωγών προσαγωγής ή της τερματικής μονάδας [8].

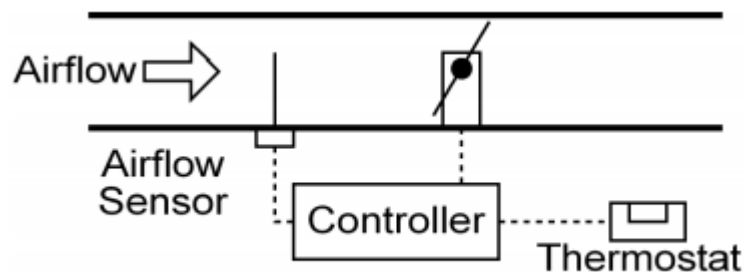


Εικόνα 17: Σύστημα κλιματισμού σταθερής παροχής αέρα-μίας ζώνης.

3.1.1.2 Συστήματα μονού αγωγού μεταβλητής παροχής

Ο στόχος οποιουδήποτε συστήματος HVAC είναι η διατήρηση μιας θερμοκρασίας εντός ενός χώρου ή μιας ζώνης. Όταν ο χώρος είναι μεγάλος, όπως ένα αμφιθέατρο ή ένας εργοστάσιος χώρος, το σύστημα HVAC παράγει αέρα με βάση ένα μόνο σημείο ρύθμισης και τη θερμοκρασία χώρου. Όταν το σύστημα πρέπει να διατηρήσει το επίπεδο άνεσης σε πολλές ζώνες, το πρόβλημα γίνεται πιο περίπλοκο. Για παράδειγμα, ένα σύστημα γραφείου πρέπει να διατηρεί μια άνετη θερμοκρασία βασισμένη σε πολλαπλά σημεία ρύθμισης σε επιμέρους χώρους. Αυτό το πολύπλοκο πρόβλημα επιλύεται συχνά με την εγκατάσταση ενός συστήματος μεταβλητού όγκου αέρα.

Το απλούστερο σύστημα μεταβλητού όγκου αέρα (Variable Air Volume VAV) ελέγχει τον αέρα από έναν αγωγό τροφοδοσίας και μεταβάλλει τη ροή αέρα σε κάθε ζώνη ή δωμάτιο με βάση τη θερμοκρασία στο δωμάτιο. Ένα σύστημα VAV αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη: έναν θερμοστάτη, έναν ενεργοποιητή ακριβείας, έναν αισθητήρα ροής αέρα και έναν ελεγκτή.



Εικόνα 18: Απλό σύστημα VAV.

Όταν ο θερμοστάτης αισθάνθει ότι η θερμοκρασία χώρου είναι στην επιθυμητή τιμή, ο ελεγκτής κλείνει τον αποσβεστήρα (damper) έως ότου η ροή αέρα φθάσει σε ένα προκαθορισμένο κατώτατο όριο. Καθώς η θερμοκρασία του χώρου μεταβάλλεται από την επιθυμητή τιμή ανέσεως, ο ελεγκτής ανοίγει τον αποσβεστήρα έως ότου η ροή αέρα φτάσει σε ένα προκαθορισμένο ανώτατο όριο.

Τα συστήματα VAV σχεδιάζονται συχνά με ορισμένες παραλλαγές. Μία από τις πιο κοινές παραλλαγές είναι η προσθήκη θερμότητας στον αέρα που διέρχεται από το σύστημα VAV. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται ως αναθέρμανση. Η αναθέρμανση προστίθεται συνήθως σε μερικές περιμετρικές αίθουσες ή ζώνες. Παρόλο που μπορεί να φαίνεται ότι ο αέρας θέρμανσης που μπορεί να έχει προηγουμένως ψυχθεί είναι σπατάλη, η χρήση της αναθέρμανσης σε μερικές εφαρμογές μπορεί να είναι πιο οικονομική όταν απαιτούνται θέρμανση και ψύξη από μία μόνο παροχή αέρα. Το στοιχείο αναθέρμανσης είναι τυπικά ένα στοιχείο ηλεκτρικής αντίστασης.

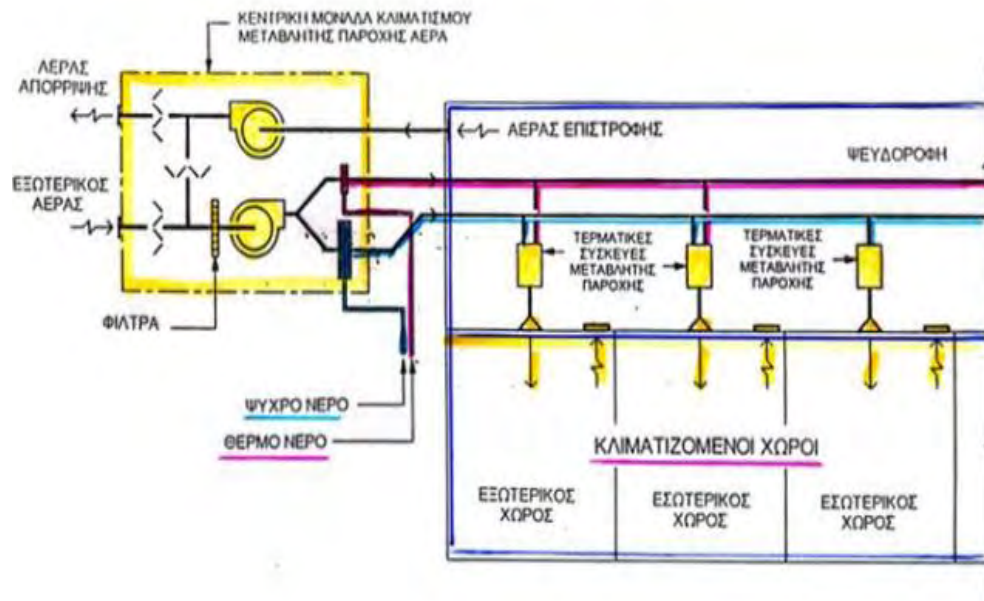
Τα συστήματα μεταβλητού όγκου αέρα (VAV) αναπτύχθηκαν με σκοπό να είναι πιο ενεργειακά αποδοτικά και να ανταποκρίνονται στις ποικίλες ανάγκες θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων. Τα συστήματα VAV μπορούν να εξοικονομήσουν το 30% του κόστους ενέργειας σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα διπλού αγωγού. Επιπλέον, είναι οικονομικά και στην

3.1.1.3 Συστήματα διπλού αγωγού σταθερής ή μεταβλητής παροχής

Στα συστήματα αυτά ο αέρας διανέμεται στους κλιματιζόμενους χώρους μέσω δύο παράλληλων αεραγωγών. Ο ένας αεραγωγός μεταφέρει θερμό αέρα και ο άλλος ψυχρό. Οι επιθυμητές συνθήκες σε κάθε ζώνη επιτυγχάνονται με την ανάμιξη θερμού και ψυχρού αέρα σε τερματικές συσκευές ή κιβώτια αναμίξεως η ποσότητα των οποίων καθορίζεται από θερμοστάτες που βρίσκονται στους χώρους. Στη συνέχεια ο αέρας διανέμεται στους χώρους μέσω του δικτύου διανομής.

Όταν ένας χώρος απαιτεί ψύξη το διάφραγμα του θερμού ρεύματος παραμένει κλειστό και στο χώρο διοχετεύεται μόνο ψυχρός αέρας. Με τη μείωση του ψυκτικού φορτίου, το διάφραγμα ρύθμισης του ψυχρού αέρα ελαττώνει σταδιακά την παροχή του ψυχρού αέρα. Όταν η παροχή του αέρα φθάσει στο ελάχιστο απαραίτητο όριο και ο χώρος αρχίζει να εμφανίζει θερμικό φορτίο, ανοίγει σταδιακά το διάφραγμα ρύθμισης του ρεύματος θερμού αέρα και κλείνει σταδιακά το διάφραγμα ρύθμισης της παροχής του ψυχρού αέρα [9].

Στα συστήματα διπλού αγωγού χρησιμοποιείται συνήθως ένας ανεμιστήρας προσαγωγής. Τα δύο ρεύματα αέρα μοιράζονται τον ίδιο αγωγό επιστροφής. Η παροχή του αέρα και στα δύο ρεύματα είναι μεταβαλλόμενη δηλαδή οι τερματικές μονάδες περιλαμβάνουν δύο βαλβίδες ρύθμισης παροχής, μία για κάθε ρεύμα.



Εικόνα 20: Σύστημα κλιματισμού μεταβλητής παροχής αέρα, διπλού αγωγού με ανεμιστήρα.

3.1.2 Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό

Πρόκειται για κεντρικά συστήματα κλιματισμού καθώς η παρασκευή και η διανομή του ψυχρού και θερμού νερού γίνεται από μια κεντρική εγκατάσταση. Τα συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό επιτυγχάνουν τις επιθυμητές συνθήκες ανέσεως στους κλιματιζόμενους χώρους διανέμοντας σε τερματικές μονάδες (fan-coils) ψυχρό νερό, το οποίο ψύχεται σε ψύκτες ή θερμό νερό το οποίο θερμαίνεται σε λέβητες. Η ψύξη, η θέρμανση, η αφύγρανση, το φιλτράρισμα και η ανανέωση του αέρα του κλιματιζόμενου χώρου πραγματοποιούνται από τις τερματικές μονάδες που περιλαμβάνουν θερμαντικό/ψυκτικό στοιχείο και ανεμιστήρα φυσικής ή εξαναγκασμένης ροής αέρα [12].

Ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στα συστήματα μόνο με νερό είναι πως δεν υπάρχει πρόβλεψη για την ανανέωση του αέρα των χώρων. Ο μηχανικός καλείται να λύσει το πρόβλημα αυτό είτε με την τοποθέτηση εξαεριστήρων στους χώρους, είτε με ανανέωση από τα ανοίγματα του κτιρίου, παρέχοντας όμως έτσι χαμηλής ποιότητας αέρα στους χώρους.

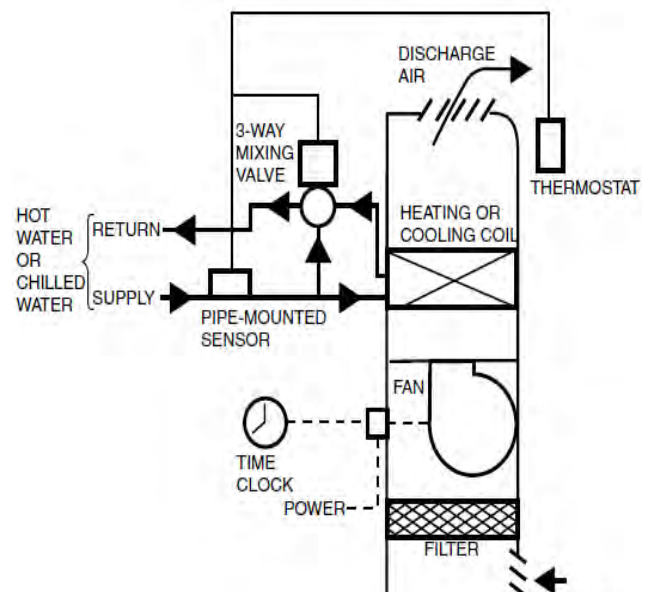
3.1.2.1 Συστήματα διανομής δύο, τριών και τεσσάρων σωλήνων

Το βασικό κεντρικό σύστημα μόνο με νερό περιλαμβάνει κεντρική εγκατάσταση θερμού νερού όπως για παράδειγμα λεβητοστάσιο, κρύου νερού, όπως για παράδειγμα ψύκτης και τοπικές μονάδες fancoil στους κλιματιζόμενους χώρους της ζώνης με δίκτυο διανομής δύο σωλήνων (προσαγωγή - επιστροφή).

Το σύστημα δύο σωλήνων αποτελείται από ένα πηνίο νερού συνδεδεμένο σε δύο σωλήνες (τροφοδοσία και επιστροφή) και μία βαλβίδα που μπορεί να χρησιμεύσει είτε ως πηνίο ψύξης είτε ως πηνίο θέρμανσης ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος. Αυτός ο τύπος fancoil δεν μπορεί να παρέχει ψύξη και θέρμανση ταυτόχρονα και εξαρτάται από την λειτουργία του κτιρίου. Το σύστημα δύο σωλήνων απαιτεί έναν αισθητήρα αλλαγής, συνήθως έναν αισθητήρα θερμοκρασίας που είναι εγκατεστημένος στην παροχή νερού, για τον προσδιορισμό του τρόπου λειτουργίας του συστήματος.

Τα συστήματα δύο σωλήνων είναι λιγότερο ευέλικτα από ένα σύστημα πολλαπλών σωλήνων. Το σύνολο του κτιρίου είναι είτε σε λειτουργία θέρμανσης είτε σε λειτουργία ψύξης. Η μετάβαση από τη θέρμανση στην ψύξη ή το αντίστροφο γίνεται χειροκίνητα και υπάρχει πάντοτε η πιθανότητα τα ασυνήθιστα καιρικά φαινόμενα να προκαλέσουν κάποια ενοχλήσεις στους χρήστες του κτιρίου.

Τα συστήματα κλιματισμού με πολλαπλούς σωλήνες αποτελούν μια βελτίωση του συστήματος δύο σωλήνων καθώς επιτρέπει την ταυτόχρονη διανομή



Εικόνα 11: Τερματική μονάδα ανεμιστήρα στοιχείου δύο σωλήνων

θερμού και ψυχρού νερού στις τοπικές μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, μετατρέποντας έτσι την τερματική μονάδα σε ανεξάρτητη ζώνη που λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε χώρου. Υπάρχουν δύο παραλλαγές του συστήματος αυτού, με τρεις και με τέσσερις σωλήνες.

Το σύστημα τριών σωληνών αποτελείται από:

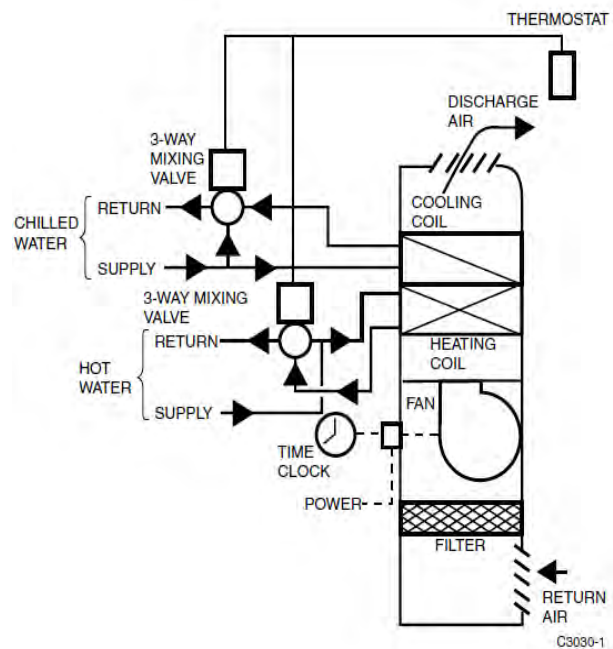
- Σωλήνας προσαγωγής ψυχρού νερού
- Σωλήνας προσαγωγής θερμού νερού
- Σωλήνας κοινής επιστροφής

Στην τερματική μονάδα αυτού του συστήματος παρέχεται μόνο θερμό ή ψυχρό νερό χωρίς την ανάμιξη των δύο ροών. Στον σωλήνα κοινής επιστροφής γίνεται ανάμιξη των δύο ροών γεγονός που οδηγεί σε ενεργειακές απώλειες οι οποίες μεγιστοποιούνται όταν υπάρχει ταυτόχρονη ζήτηση σε θερμικά και ψυκτικά φορτία σε χώρους του κτιρίου που είναι αδύνατο να ομαδοποιηθούν.

Το σύστημα τεσσάρων σωληνών αποτελείται από:

- Σωλήνας προσαγωγής ψυχρού νερού
- Σωλήνας προσαγωγής θερμού νερού
- Σωλήνας επιστροφής ψυχρού νερού
- Σωλήνας επιστροφής θερμού νερού

Το σύστημα τεσσάρων σωληνών διαθέτει δύο ανεξάρτητα κυκλώματα κυκλοφορίας ψυχρού και θερμού νερού, εξαλείφοντας το μειονέκτημα της αναμίξεως των δύο ροών. Αποτελείται από δύο χωριστά πηνία ψύξης και θέρμανσης, κάθε πηνίο έχει το δικό του ειδικό σύνολο σωληνών (τροφοδοσία και επιστροφή) και από μία τρίοδη βαλβίδα στην είσοδο ή από δυο δίοδες βαλβίδες προοδευτικής λειτουργίας. Στην έξοδο του στοιχείου συνήθως τοποθετείται μία τρίοδη βαλβίδα δύο θέσεων, που οδηγεί το νερό στον αντίστοιχο κλάδο επιστροφής. Αυτός ο τύπος πηνίου ανεμιστήρα μπορεί να παρέχει ψύξη και να θέρμανση ταυτόχρονα και δεν εξαρτάται από τον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου. Σε αντίθεση με το σύστημα των 2 σωληνών, το σύστημα 4 σωληνών δεν απαιτεί αισθητήρα αλλαγής, καθώς είναι διαθέσιμο τόσο ζεστό όσο και κρύο νερό. Αυτές οι μονάδες μπορούν να εξοπλιστούν με έναν βοηθητικό ηλεκτρικό θερμαντήρα για να αυξήσουν την ικανότητα θέρμανσης (εάν απαιτείται).



Εικόνα 22: Τερματική μονάδα ανεμιστήρα στοιχείου τεσσάρων σωληνών

3.1.3 Συστήματα κλιματισμού αέρα - νερού

Στα συστήματα αέρα – νερού για να καλύψουν τις απαιτήσεις θερμικού φορτίου και αερισμού των κλιματιζόμενων χώρων παρέχεται ταυτόχρονα νερό και επεξεργασμένος αέρας από τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Ο κλιματισμένος αέρας διανέμεται στους χώρους μέσω τερματικών μονάδων νερού (καναλάτες ή οροφής ή τύπου κασέτας) ή fancoil αναλαμβάνοντας την διαχείριση των ψυκτικών ή των θερμικών φορτίων της ζώνης και οι τοπικές ή κεντρικές κλιματιστικές μονάδες διαχείρισης αέρα είτε προσάγουν νωπό αέρα, είτε διαχειρίζονται ταυτόχρονα και ένα τμήμα του φορτίου του κτιρίου (κυρίως φορτία λόγω φωτισμού και ατόμων) [13].

Τα συστήματα αέρα-νερού έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν, με χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Τέτοια είναι τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, η γεωθερμία, τα συστήματα αποθήκευσης ψυχρού νερού η πάγου, οι πλακοειδείς εναλλάκτες ατμού-νερού, οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές άλλων ψυκτικών εγκαταστάσεων και πολλοί άλλοι συνδυασμοί που μπορούν να καταστήσουν τα συστήματα αέρα-νερού τα πλέον ενεργειακά αποδοτικά συστήματα, και με το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας, σε σύγκριση με όλα τα άλλα [13].

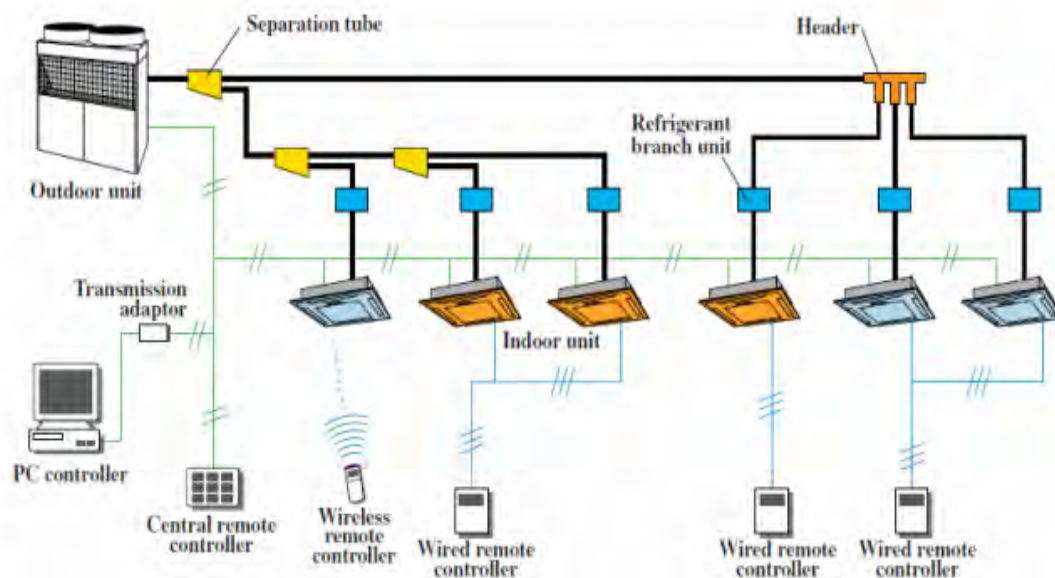
3.1.4 Συστήματα Κλιματισμού Ψυκτικού ρευστού – αέρα ή Συστήματα απευθείας εκτόνωσης (VRV - VRF)

Τα συστήματα κλιματισμού ψυκτικού ρευστού ή άμεσης εκτόνωσης είναι μια διαμόρφωση συστήματος κλιματισμού όπου υπάρχει μια εξωτερική μονάδα συμπύκνωσης και πολλές εσωτερικές μονάδες για την διανομή του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Ο όρος μεταβαλλόμενη ροή ψυκτικού αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να ελέγχει την ποσότητα του ψυκτικού ρευστού που ρέει στους εξαμιστές (εσωτερικές μονάδες), επιτρέποντας τη χρήση πολλών εξαμιστών πολλών δυνατοτήτων και διαμορφώσεων που συνδέονται με μία εξωτερική μονάδα συμπύκνωσης. Η διάταξη παρέχει εξατομικευμένο έλεγχο άνεσης και ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη σε διαφορετικές ζώνες.

Αυτό το σύστημα εφαρμόζεται ευρέως σε μεγάλα κτίρια με μεγάλα φορτία και πολλές απαιτήσεις. Παρέχοντας περισσότερη αποτελεσματικότητα και αυξημένη δυνατότητα ελέγχου, το σύστημα VRF μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη ενός βιώσιμου σχεδιασμού. Δυστυχώς, ο σχεδιασμός των συστημάτων VRF είναι πιο περίπλοκος και απαιτεί πρόσθετη εργασία σε σύγκριση με το σχεδιασμό ενός συμβατικού συστήματος άμεσης εκτόνωσης (DX).

Τα συστήματα VRF είναι παρόμοια με τα συστήματα multi-split τα οποία συνδέουν μια εξωτερική μονάδα με διάφορες εσωτερικές. Ωστόσο, τα συστήματα multi-split απενεργοποιούνται πλήρως σε απόκριση ενός κύριου ελεγκτή, ενώ τα συστήματα VRF ρυθμίζουν συνεχώς τη ροή ψυκτικού μέσου σε κάθε εσωτερικό εξαμιστή. Ο έλεγχος επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας συνεχώς τη ροή του ψυκτικού μέσου μέσω μίας βαλβίδας ρύθμισης παλμών (PMV), της οποίας το άνοιγμα καθορίζεται από την πληροφορία που λαμβάνει από τους αισθητήρες θερμίστορ σε κάθε εσωτερική μονάδα. Οι εσωτερικές μονάδες συνδέονται με ένα καλώδιο ελέγχου στην εξωτερική μονάδα, η οποία ανταποκρίνεται στη ζήτηση των εσωτερικών μονάδων μεταβάλλοντας την ταχύτητα του συμπιεστή της ώστε να ταιριάζει με τις συνολικές απαιτήσεις ψύξης ή/και θέρμανσης.

Τα συστήματα VRF υπόσχονται μια πιο ενεργειακά αποδοτική στρατηγική (οι εκτιμήσεις κυμαίνονται από 11% έως 17% μειωμένη ενέργεια σε σύγκριση με τις συμβατικές μονάδες) με κάπως υψηλότερο κόστος. Η σύγχρονη τεχνολογία VRF χρησιμοποιεί μηχανισμό λειτουργίας συμπιεστή INVERTER και επιτρέπει να λειτουργούν έως και 48 εσωτερικές μονάδες από μία μόνο εξωτερική μονάδα (ποικίλλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή). Οι συμπιεστές INVERTER είναι σε θέση να αλλάζουν την ταχύτητα ώστε να ακολουθούν τις μεταβολές στο συνολικό φορτίο ψύξης/ θέρμανσης, όπως καθορίζεται από την πίεση αερίου αναρρόφησης που μετράται στη μονάδα συμπύκνωσης.



Εικόνα 23: Σχηματική διάταξη VRF.

Τύποι VRF

Τα συστήματα VRV / VRF μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για ψύξη, άντληση θερμότητας ή ανάκτηση θερμότητας. Σε μοντέλα αντλιών θερμότητας υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων VRF: συστήματα αντλιών θερμότητας και ενεργειακή ανάκτηση.

- Συστήματα αντλιών θερμότητας – VRF:** Τα συστήματα αντλιών θερμότητας - VRF επιτρέπουν τη θέρμανση ή την ψύξη σε όλες τις εσωτερικές μονάδες αλλά δεν επιτρέπουν ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη. Όταν οι εσωτερικές μονάδες βρίσκονται στη λειτουργία ψύξης, λειτουργούν ως εξατμιστές, όταν βρίσκονται σε κατάσταση θέρμανσης, λειτουργούν ως συμπυκνωτές. Αυτά είναι επίσης γνωστά ως συστήματα δύο σωλήνων. Τα συστήματα αντλιών θερμότητας - VRF εφαρμόζονται αποτελεσματικά σε χώρους ανοιχτού χώρου, όπως για παράδειγμα ξενοδοχεία καταστήματα λιανικής πώλησης, γραφεία και οποιοδήποτε χώρο που απαιτεί ψύξη ή θέρμανση κατά τις ίδιες περιόδους λειτουργίας.

- **Σύστημα VRF ανάκτησης θερμότητας (VRF-HR):** Τα συστήματα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα σε λειτουργία θέρμανσης και / ή ψύξης, επιτρέποντας τη χρήση θερμότητας και όχι την απόρριψη της όπως θα συνέβαινε στα παραδοσιακά συστήματα αντλιών θερμότητας. Τα συστήματα VRF-HR είναι εξοπλισμένα με βελτιωμένα χαρακτηριστικά όπως οδηγοί inverter, βαλβίδες ηλεκτρονικής επέκτασης και ελεγκτές που επιτρέπουν στο σύστημα να λειτουργεί σε λειτουργία μόνο θέρμανσης ή μόνο ψύξης, όπως απαιτεί ο χώρος.

Το σύστημα αυτό προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα εκ των οποίων είναι:

- Η ικανότητά του να ανταποκρίνεται στις διακυμάνσεις των συνθηκών φορτίου του χώρου. Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τη θερμοκρασία κάθε δωματίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του και το σύστημα ρυθμίζει αυτόματα τη ροή ψυκτικού μέσου σύμφωνα με την απαίτηση.
- Τα συστήματα VRF είναι ικανά για ταυτόχρονη ψύξη και θέρμανση. Κάθε εσωτερική μονάδα μπορεί να ελεγχθεί από προγραμματιζόμενο θερμοστάτη. Τα περισσότερα VRF προσφέρουν μια κεντρική επιλογή ελέγχου, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να παρακολουθεί και να ελέγχει ολόκληρο το σύστημα από μία τοποθεσία ή μέσω του διαδικτύου.
- Τα συστήματα VRF μπορούν να δημιουργήσουν ξεχωριστή τιμολόγηση για κάθε ζώνη.
- Ακόμα και σε συνθήκες μερικού φορτίου με πολύ χαμηλή ζήτηση εξοικονομείται ενέργεια λόγω των συμπιεστών inverter που διαθέτει το σύστημα.
- Πολλές εσωτερικές μονάδες μπορούν να ομαδοποιηθούν στον ίδιο ψυκτικό βρόχο/κύκλωμα.
- Υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης, διότι το σύστημα χρησιμοποιεί μικρές διατομές σωληνώσεων που δεν απαιτούν μόνωση κατά τη διαδρομή, όπως επίσης έχουν μικρό όγκο και βάρος μηχανημάτων.
- Εύκολα προσαρμοζόμενο τόσο σε ιφιστάμενα κτίρια όσο και σε κατασκευαζόμενα κτίρια.
- Δεν απαιτούνται βοηθητικοί χώροι διότι οι εξωτερικές μονάδες καταλαμβάνουν ελάχιστο χώρο.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας, προσφέρει αυτονομία και προσαρμόζεται στη ζήτηση των κλιματιζόμενων χώρων.
- Δεν απαιτούνται δαπανηρές μονώσεις.

3.2 Αποκεντρωμένα συστήματα κλιματισμού

Τα αποκεντρωμένα συστήματα συνήθως κρίνονται κατάλληλα για εγκαταστάσεις μικρού και μεσαίου μεγέθους όπου το χαμηλό κόστος και η απλοποιημένη εγκατάσταση είναι επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα κτίρια γραφείων, εμπορικά κέντρα, εργοστάσια παραγωγής, σχολεία, εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, ξενοδοχεία, διαμερίσματα, νοσοκομεία και άλλα κτίρια πολλαπλών χρήσεων. Είναι επίσης κατάλληλα για κλιματισμό υφιστάμενων κτιρίων με περιορισμένη ζωή ή δυναμικό εισοδήματος.

Τα αποκεντρωμένα συστήματα αποτελούνται από μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μονάδες HVAC, καθεμία από τις οποίες έχει ενσωματωμένο κύκλο ψύξης, πηγή θέρμανσης και άμεσο ή έμμεσο εξαερισμό. Τα εξαρτήματα σχεδιάζονται εργοστασιακά και συναρμολογούνται σε μονάδες που περιλαμβάνουν ανεμιστήρες, φίλτρα, πηγή θέρμανσης, πηνίο ψύξης, συμπιεστή ψυκτικού, χειριστήρια και συμπυκνωτή. Η απόρριψη της ψύξης και της θερμότητας συμβαίνει εντός του περιβλήματος της μονάδας. Κάθε στοιχείο είναι προσαρμοσμένο και συναρμολογημένο για να παρέχει συγκεκριμένες προδιαγραφές απόδοσης.

Πλεονεκτήματα χρήσης αποκεντρωμένων συστημάτων:

- Η θέρμανση και η ψύξη μπορούν να παρέχονται ανά πάσα στιγμή, ανεξάρτητα από τον τρόπο λειτουργίας άλλων χώρων του κτιρίου.
- Σε περίπτωση δυσλειτουργίας κάποιας μονάδας, επηρεάζεται μόνο η ζώνη που εξυπηρετεί η συγκεκριμένη μονάδα και όχι όλο το κτίριο.
- Για εξοικονόμηση ενέργειας δύναται να απενεργοποιηθεί ο εξοπλισμός που καλύπτει τις απαιτήσεις θερμικών ζωνών όταν αυτές δεν είναι κατειλημμένες.
- Η λειτουργία του συστήματος είναι απλή και δεν απαιτούνται εκπαιδευμένοι χειριστές.
- Λιγότερος χώρος απαιτείται για την τοποθέτηση των συστημάτων σε σχέση με τα κεντρικά συστήματα.
- Το αρχικό κόστος είναι συνήθως χαμηλό.
- Η ενέργεια που καταναλώνει κάθε ζώνη μπορεί να μετρηθεί απευθείας σε κάθε μισθωτή/ενοικιαστή, σε περιπτώσεις πολυκατοικιών για παράδειγμα.
- Μπορούν να εγκατασταθούν εξοικονομητές αέρα ή νερού, ανάλογα με τον τύπο του αποκεντρωμένου συστήματος που χρησιμοποιείται.
- Ο εξοπλισμός είναι άμεσα διαθέσιμος για την εξυπηρέτηση των απαιτήσεων του κτιρίου.

Μειονεκτήματα χρήσης αποκεντρωμένων συστημάτων:

- Η απόδοση είναι περιορισμένη λόγω του σταθερού μεγέθους του πηνίου ψύξης, του συμπυκνωτή και της σταθερής ροής αέρα.
- Ο έλεγχος θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να είναι λιγότερο σταθερός, ειδικά με μηχανική ψύξη σε πολύ χαμηλά φορτία.
- Οι μονάδες μπορεί συχνά να μην είναι κατάλληλες για την κάλυψη μεγάλων αναγκών σε εξωτερικό αέρα ή για τον έλεγχο της υγρασίας. Ειδικοί εξοπλισμοί μπορεί να κρίνονται απαραίτητοι όπως για παράδειγμα σε αίθουσες υπολογιστών.

- Η ψύξη χαμηλού κόστους από τους εξοικονομητές (economizers) δεν είναι πάντα διαθέσιμη ή πρακτική.
- Ο θόρυβος λόγω της λειτουργίας των μηχανημάτων μπορεί να είναι δυνατός διότι τα μηχανήματα βρίσκονται συνήθως κοντά στους χρήστες του κτιρίου σε σχέση με τα κεντρικά συστήματα.
- Οι δυνατότητες εξαερισμού ενδέχεται να περιορίζονται από την επιλογή και τον σχεδιασμό του εξοπλισμού.
- Οι επιλογές φιλτραρίσματος αέρα ενδέχεται να είναι περιορισμένες.
- Η συντήρηση μπορεί να είναι δύσκολη ή δαπανηρή λόγω των πολλαπλών συσκευών και της θέσης που έχουν τοποθετηθεί.

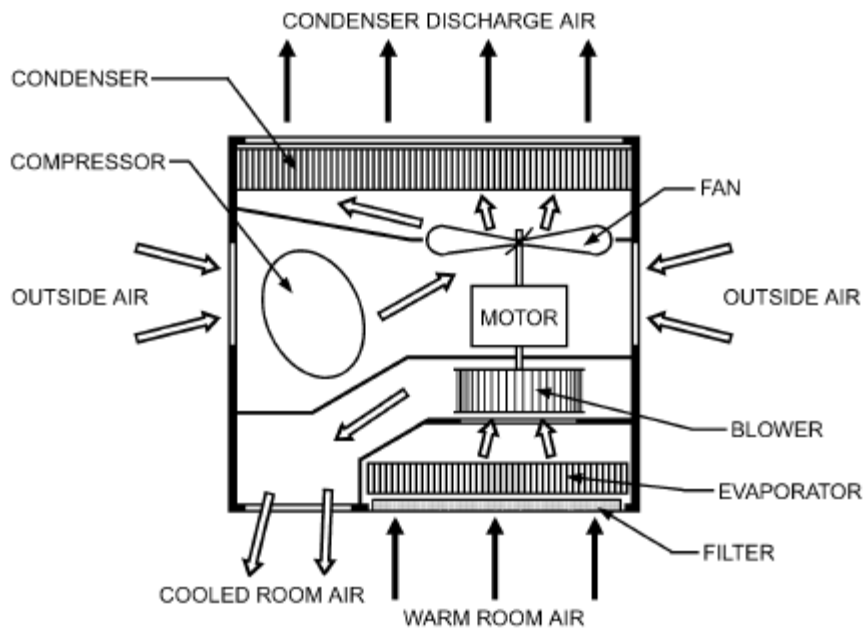
Σε αντίθεση με τον κεντρικό εξοπλισμό ψύξης και θέρμανσης, η ποικιλία φορτίων περιορίζεται από τον αποκεντρωμένο εξοπλισμό, επειδή κάθε τεμάχιο εξοπλισμού πρέπει να έχει μέγεθος για την εξυπηρέτηση του μέγιστου φορτίου του χώρου που εξυπηρετεί.

3.2.1 Κλιματιστικές μονάδες τύπου «παραθύρου»

Τα κλιματιστικά δωματίων είναι μονάδες για τοποθέτηση σε παράθυρο ή σε τοίχο και έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν θέρμανση ή ψύξη σε ανεξάρτητους χώρους είτε χωρίς αγωγούς είτε χρησιμοποιώντας πολύ μικρούς αγωγούς (μέχρι το πολύ 120 εκ). Κάθε μονάδα περιλαμβάνει μια κύρια πηγή ψύξης και αφύγρανσης και ένα μέσο κυκλοφορίας και φιλτραρίσματος του αέρα. Η βασική λειτουργία αυτών των μονάδων είναι να παρέχουν τις απαιτούμενες συνθήκες ανέσεως με ψύξη, αφύγρανση, φιλτράρισμα ή καθαρισμό και κυκλοφορία του αέρα του δωματίου. Ο εξαερισμός πραγματοποιείται μέσω των παραθύρων ή μπορεί να παρέχουν οι μονάδες αερισμό εισάγοντας εξωτερικό αέρα μέσα στο δωμάτιο. Η θερμοκρασία ελέγχεται από ενσωματωμένο θερμοστάτη. Χρησιμοποιούνται όπου το χαμηλό κόστος, η γρήγορη εγκατάσταση και άλλα κριτήρια λειτουργίας και απόδοσης υπερβαίνουν τα πλεονεκτήματα των πιο εξελιγμένων συστημάτων. Η εγκατάσταση αυτών των κλιματιστικών είναι συνήθως δημοφιλείς σε κατοικίες, διαμερίσματα και μοτέλ.

Οι μονάδες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικός εξοπλισμός σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης ή ψύξης για να καλύψουν τις ανάγκες επιλεγμένων χώρων όταν κλείσει το κεντρικό σύστημα. Συνήθως εξυπηρετούν μόνο ένα μέρος των χώρων που εξυπηρετούνται από το βασικό σύστημα. Τόσο το βασικό σύστημα όσο και οι μονάδες παραθύρων πρέπει να έχουν τέτοιο μέγεθος ώστε να ψύχουν επαρκώς τον χώρο χωρίς να λειτουργεί το άλλο σύστημα.

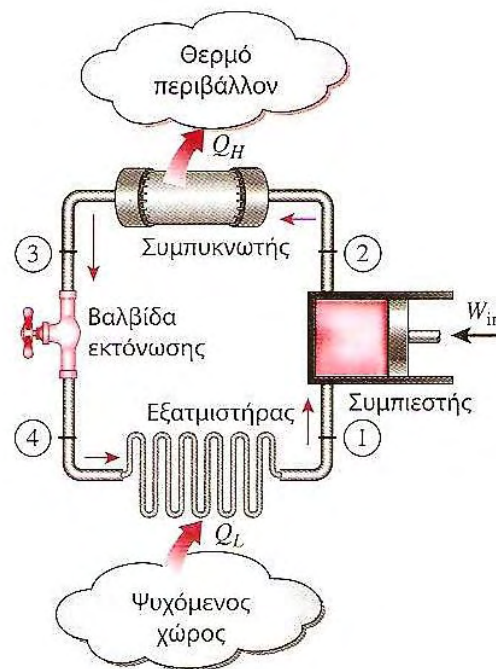
Η εικόνα 24 δείχνει ένα τυπικό κλιματιστικό σε κατάσταση ψύξης. Ο ζεστός αέρας του δωματίου περνάει πάνω από το πηνίο ψύξης και δίνει αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα. Στη συνέχεια, ο κλιματιζόμενος αέρας επανακυκλοφορεί στο δωμάτιο από ανεμιστήρα ή φυσητήρα.



Εικόνα 24: Τυπικό κλιματιστικό δωματίου.

Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται σε κατάσταση κορεσμένου ατμού στον συμπιεστή στην κατάσταση 1 και συμπιέζεται ισεντροπικά στην πίεση του συμπυκνωτή. Η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου κατά τη διάρκεια της ισεντροπικής συμπίεσης αυξάνεται αρκετά πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσου. Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στο συμπυκνωτή ως υπέρθερμος ατμός στην κατάσταση 2 και εξέρχεται από αυτόν ως κορεσμένο υγρό στην κατάσταση 3 εξαιτίας της απόρριψης θερμότητας προς το περιβάλλον. Η θερμοκρασία του ψυκτικού στην κατάσταση αυτή παραμένει υψηλότερη της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Το ψυκτικό με τη μορφή κορεσμένου υγρού στην κατάσταση 3 στραγγαλίζεται στην πίεση του εξατμιστήρα, καθώς διέχεται διαμέσου μιας βαλβίδας εκτόνωσης ή ενός τριχοειδούς σωλήνα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας η θερμοκρασία του πέφτει κάτω από την θερμοκρασία του ψυχόμενου χώρου. Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξατμιστήρα στην κατάσταση 4 με τη μορφή κορεσμένου μίγματος χαμηλής ποιότητας και εξατμίζεται πλήρως, απορροφώντας θερμότητα από τον ψυχόμενο χώρο. Το ψυκτικό εγκαταλείπει τον εξατμιστήρα ως κορεσμένος ατμός και εισέρχεται εκ νέου στο συμπιεστή, ολοκληρώνοντας τον κύκλο.

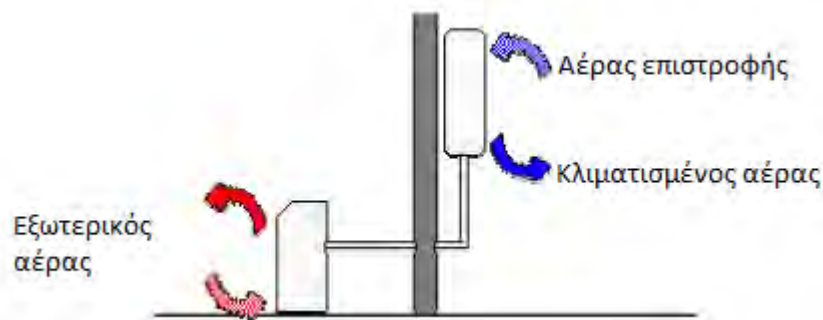


Εικόνα 25: Ψυκτικός κύκλος.

3.2.2 Διμερείς Μονάδες (Split Air conditioning Systems)

Οι Διμερείς μονάδες αποτελούνται από δύο μέρη: την εξωτερική μονάδα και την εσωτερική μονάδα. Η εξωτερική μονάδα αποτελεί τη μονάδα συμπυκνώσεως, τοποθετημένη έξω από τον κλιματιζόμενο χώρο, στεγάζει εξαρτήματα όπως ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής και η βαλβίδα εκτόνωσης. Η εσωτερική μονάδα περιλαμβάνει τον εξατμιστή ή το ψυκτικό πηνίο και τον ανεμιστήρα ψύξης ο οποίος ανακυκλοφορεί τον αέρα του χώρου, περσίδες και πτερύγια κατευθύνσεως της ροής του κλιματισμένου αέρα. Οι δύο μονάδες συνδέονται με σωλήνες καταθλίψεως και αναρροφήσεως του ψυκτικού ρευστού [12]. Τα συστήματα διαχωρισμού είναι δημοφιλή σε κατοικίες. Για αυτή τη μονάδα δεν χρειάζεται η δημιουργία υποδοχής στον τοίχο του δωματίου.

Η ευελιξία είναι το κυριότερο πλεονέκτημα ενός τέτοιου συστήματος. Επειδή ένα σύστημα διαχωρισμού συνδέεται μέσω ενός προσαρμοσμένου συστήματος σωληνώσεων ψυκτικού, ο μηχανικός διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία πιθανών διαθέσιμων λύσεων για την κάλυψη αρχιτεκτονικών και φυσικών απαιτήσεων, ιδιαίτερα για κτίρια με εσωτερικούς και/ή εξωτερικούς περιορισμούς. Για παράδειγμα, η μονάδα εξατμιστή μπορεί να βρίσκεται σε υπόγειο ή σοφίτα ενώ η μονάδα συμπιεστή / συμπυκνωτή μπορεί να βρίσκεται δίπλα, στο πίσω μέρος ή στην οροφή ενός κτιρίου.



Εικόνα 26: Τυπική διάταξη μονάδας split.

Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό αρχικό κόστος, λιγότερος θόρυβος και ευκολία εγκατάστασης.
- Καλή εναλλακτική των συστημάτων με αγωγούς.
- Κάθε σύστημα είναι απόλυτα ανεξάρτητο και έχει τον δικό του έλεγχο.

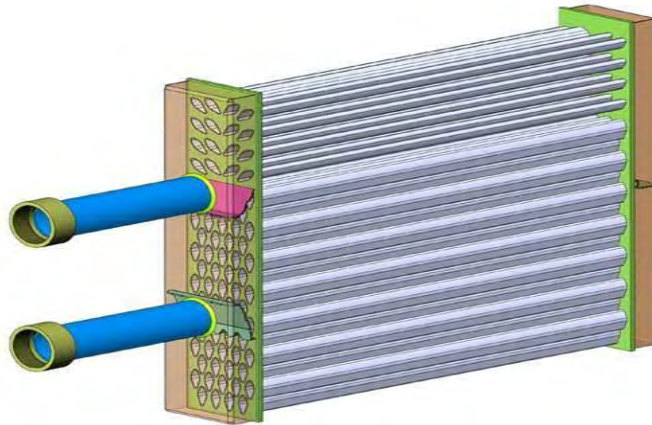
Μειονεκτήματα

- Υπάρχει περιορισμός στην απόσταση μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής μονάδας, δηλαδή οι σωληνώσεις ψυκτικού δεν μπορούν να υπερβούν τα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής.
- Η συντήρηση (καθαρισμός / αλλαγή φίλτρων) πραγματοποιείται εντός του εσωτερικού χώρου.
- Περιορισμένη παροχή αέρα που μπορεί να οδηγήσει σε πιθανές ζεστές/κρύες περιόδους.

- Επιπτώσεις στην αισθητική των μεγάλων κτιρίων σε περίπτωση τοποθέτησής πολλών μονάδων.

3.2.3 Εξοικονομητές αέρα και νερού (Air-Side Economizer & Water-Side Economizer)

Το σύστημα HVAC του κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν εξοικονομητή αέρα για εξοικονόμηση ενέργειας, χρησιμοποιώντας δροσερό εξωτερικό αέρα ως μέσο ψύξης του εσωτερικού χώρου. Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του επανακυκλοφορούμενου αέρα, ο εξοικονομητής εκμεταλλεύεται τις εξωτερικές συνθήκες και χρησιμοποιεί δροσερό εξωτερικό αέρα για την παροχή μερικής ψύξης μειώνοντας έτσι τις ώρες λειτουργίας του μηχανικού συστήματος ψύξης. Όταν ο εξωτερικός αέρας είναι επαρκώς δροσερός και ξηρός (ανάλογα με το κλίμα), η ποσότητα ενθαλπίας στον αέρα είναι αποδεκτή και είναι δυνατή η παροχή πλήρους ψύξης από τον εξοικονομητή. Οι εξοικονομητές μπορούν να μειώσουν το κόστος της ενέργειας των συστημάτων HVAC σε περιοχές με κρύο και εύκρατο κλίμα, ενώ παράλληλα βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, αλλά συχνά δεν είναι κατάλληλες σε ζεστά και υγρά κλίματα. Όταν οι θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα είναι αρκετά χαμηλές, ένας εξοικονομητής νερού μπορεί να χρησιμοποιήσει ψυχρό νερό για την ψύξη του κτιρίου χωρίς τη λειτουργία μηχανικού ψυκτικού συστήματος.



Εικόνα 27: Εξοικονομητής.

3.3 Σύγκριση χαρακτηριστικών των αποκεντρωμένων και των κεντρικών συστημάτων

Χαρακτηριστικά	Αποκεντρωμένο σύστημα	Κεντρικό σύστημα
Απαιτήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης	Μπορεί να εκπληρώσει μερικές ή και όλες αυτές τις παραμέτρους σχεδιασμού, αλλά όχι τόσο αποτελεσματικά όσο ένα κεντρικό σύστημα.	Είναι σε θέση να εκπληρώσει οποιαδήποτε από αυτές τις απαιτήσεις σχεδιασμού και με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα από ένα αποκεντρωμένο σύστημα.
Απαιτήσεις φορτίων	Ένα αποκεντρωμένο σύστημα συνήθως απαιτεί κάθε μέρος του εξοπλισμού να έχει διαστασιολογηθεί σύμφωνα με την μέγιστη απαίτηση φορτίων της ζώνης που εξυπηρετεί, εκτός εάν τα συστήματα είναι μεταβλητού όγκου.	Συνήθως επιτρέπει στον μηχανικό σχεδιασμού να εξετάζει παράγοντες που μειώνουν τα απαιτούμενα φορτία του εξοπλισμού. Ως αποτέλεσμα, αυτό προσφέρει κάποια οφέλη λειτουργικού κόστους.
Εφεδρεία	Ένα αποκεντρωμένο σύστημα μπορεί να μην έχει το πλεονέκτημα ενός εφεδρικού συστήματος εν αναμονή.	Έχει το πλεονέκτημα ενός εφεδρικού συστήματος εν αναμονή.
Διαχείριση εγκατάστασης	Μπορεί να επιτρέψει στο διαχειριστή του κτιρίου να μεγιστοποιήσει τις επιδόσεις χρησιμοποιώντας καλές τεχνικές διαχείρισης της λειτουργίας και της συντήρησης του εξοπλισμού και των συστημάτων HVAC.	Μπορεί να επιτρέψει στο διαχειριστή του κτιρίου να μεγιστοποιήσει τις επιδόσεις χρησιμοποιώντας καλές τεχνικές διαχείρισης της λειτουργίας και της συντήρησης του εξοπλισμού και των συστημάτων HVAC.
Απαιτήσεις σε χώρο	Ενδέχεται να απαιτεί αρκετό χώρο για την τοποθέτηση του εξοπλισμού. Λόγω περιορισμών που μπορεί να υπάρχουν από την αρχιτεκτονική του κτιρίου τα αποκεντρωμένα συστήματα	Βρίσκονται συνήθως εκτός της κλιματιζόμενης ζώνης: σε υπόγειο, δώμα, δίπλα ή μακριά από το κτίριο. Ως αποτέλεσμα αυτής της προσέγγισης μπορεί να είναι το πρόσθετο κόστος για ένα

	<p>μπορεί να τοποθετηθούν στην στέγη ή και στο έφαφος δίπλα στο κτίριο. Ανάλογα με τον εξοπλισμό του συστήματος, μπορεί να απαιτείται πρόσθετος χώρος στο κτίριο για ψύκτες και λέβητες όπως επίσης για το δίκτυο διανομής.</p>	<p>δευτερεύον σύστημα διανομής του αέρα ή / και του νερού και των φυσικών περιορισμών της αρχιτεκτονικής του κτιρίου στην εγκατάσταση των αγωγών.</p>
Κόστος αγοράς και εγκατάστασης	<p>Ένα αποκεντρωμένο σύστημα είναι πιθανώς πιο οικονομικό. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να ενισχυθεί με τη σταδιακή αγορά του αποκεντρωμένου εξοπλισμού (δηλ. αγορά εξοπλισμού για τους χώρους του κτιρίου που χρησιμοποιούνται).</p>	<p>Είναι περισσότερο δαπανηρό από τα αποκεντρωμένα συστήματα HVAC. Ωστόσο ο εξοπλισμός του κεντρικού συστήματος έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Έτσι, μια ανάλυση κόστους κύκλου ζωής είναι πολύ σημαντική κατά την αξιολόγηση κεντρικών και αποκεντρωμένων συστημάτων.</p>
Λειτουργικό κόστος	<p>Μπορεί να εξοικονομήσει λειτουργικό κόστος με στρατηγική εκκίνηση και τερματισμό λειτουργίας του εξοπλισμού όταν κρίνεται απαραίτητο. Όταν συγκρίνεται η κατανάλωση ενέργειας βάσει της ενέργειας αιχμής, ο αποκεντρωμένος εξοπλισμός μπορεί να μην είναι τόσο ελκυστικός όσο ο μεγαλύτερος, πιο ενεργειακά αποδοτικός κεντρικός εξοπλισμός.</p>	<p>Έχει το πλεονέκτημα ενός μεγαλύτερου, πιο ενεργειακά αποδοτικού πρωτογενούς εξοπλισμού σε σύγκριση με τον εξοπλισμό του αποκεντρωμένο συστήματος. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα πολλών τεμαχίων εξοπλισμού HVAC επιτρέπει τη σταδιακή λειτουργία του εξοπλισμού ώστε να ταιριάζει με τα φορτία του κτιρίου, μεγιστοποιώντας παράλληλα τη λειτουργική αποτελεσματικότητα.</p>
Αξιοπιστία	<p>Διαθέτει αξιόπιστο εξοπλισμό, αν και η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του μπορεί να είναι μικρότερη από εκείνη του κεντρικού συστήματος. Ο εξοπλισμός αποκεντρωμένου συστήματος λόγω της τοποθέτησης του</p>	<p>Ο κεντρικός εξοπλισμός του έχει γενικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.</p>

	μπορεί να απαιτεί συντήρηση σε κατειλημένο χώρο.	
Ευελιξία	Το αποκεντρωμένο σύστημα είναι πολύ ευέλικτο διότι μπορεί να τοποθετηθεί σε πολλές και διάφορες τοποθεσίες.	Η ευελιξία μπορεί να είναι επωφελής στην επιλογή συστήματος που παρέχει εναλλακτική ή εφεδρική πηγή HVAC.
Επίπεδο ελέγχου	Χρησιμοποιούν συχνά άμεση επέκταση ψυκτικού μέσου (direct refrigerant expansion DX) για ψύξη και θέρμανση. Αυτός ο έλεγχος οδηγεί σε μεγαλύτερη διακύμανση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του χώρου, όπου δεν είναι επιθυμητός ή απαραίτητος ο στενός έλεγχος. Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα υγρασίας και προβλήματα μούχλας.	Τα κεντρικά συστήματα χρησιμοποιούν γενικά κρύο νερό για ψύξη, και ατμό ή νερό για θέρμανση. Αυτό συνήθως επιτρέπει τον στενό έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας του χώρου όπου είναι επιθυμητό ή απαραίτητο.

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά αποκεντρωμένων και κεντρικών συστημάτων.

4. Υπολογισμοί θερμικών και ψυκτικών φορτίων

Οι υπολογισμοί των θερμικών και ψυκτικών φορτίων αποτελούν την πρωταρχική βάση σχεδιασμού για τα περισσότερα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού. Αυτοί οι υπολογισμοί επηρεάζουν το μέγεθος των σωληνώσεων και των αγωγών, των λεβήτων, των ψυκτών, των στοιχείων, των συμπιεστών, των ανεμιστήρων και κάθε άλλου εξαρτήματος των συστημάτων κλιματισμού και θέρμανσης. Οι υπολογισμοί των θερμικών και ψυκτικών φορτίων μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το αρχικό κόστος κατασκευής των κτιρίων, το λειτουργικό κόστος και την κατανάλωση ενέργειας.

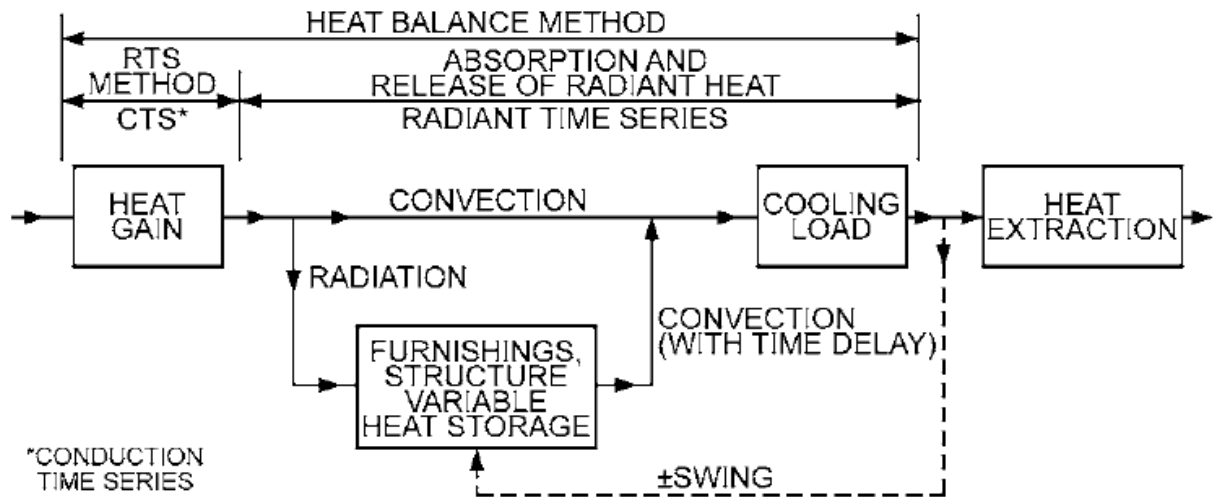
Με άλλα λόγια, τα φορτία θέρμανσης και ψύξης είναι οι ρυθμοί εισαγωγής θερμότητας (θέρμανση) ή αφαίρεσης θερμότητας (ψύξη) που απαιτούνται για τη διατήρηση του εσωτερικού περιβάλλοντος ενός κτιρίου σε μια επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία. Τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού σχεδιάζονται, διαστασιολογούνται και ελέγχονται για την επίτευξη αυτής της μεταφοράς ενέργειας. Η ποσότητα θέρμανσης ή ψύξης που απαιτείται σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη χρονική στιγμή ποικίλλει και εξαρτάται από διάφορους εξωτερικούς και εσωτερικούς παράγοντες.

4.1 Αρχές υπολογισμού φορτίου ψύξης

Κατά τον σχεδιασμό του κλιματισμού, διακρίνονται τέσσερις διαφορετικοί σχετικοί ρυθμοί ροής θερμότητας οι οποίοι ποικίλλουν με το χρόνο.

1. **Θερμικά κέρδη χώρου (Space heat gain):** είναι ο ρυθμός με τον οποίο εισέρχεται η θερμότητα ή παράγεται εντός ενός χώρου. Το κέρδος αυτό ταξινομείται σύμφωνα με τον τρόπο εισόδου του στο χώρο και από το αν είναι αισθητό ή λανθάνον. Στους τρόπους εισόδου περιλαμβάνονται α) η είσοδος μέσω διαφανών επιφανειών λόγω ηλιακής ακτινοβολίας β) η είσοδος μέσω εξωτερικών τοίχων λόγω αγωγιμότητας, γ) η είσοδος μέσω οροφών, δαπέδων και εσωτερικών χωρισμάτων λόγω αγωγιμότητας, δ) η θερμότητα που δημιουργείται στο χώρο από τους ανθρώπους, τα φώτα και τις συσκευές, ε) η μεταφορά θερμότητας μέσω εξαερισμού και διείσδυσης εξωτερικού αέρα και στ) διάφορα άλλα κέρδη θερμότητας.
2. **Αισθητό κέρδος θερμότητας (Sensible heat gain):** Η αισθητή θερμότητα προστίθεται απευθείας στον διαμορφωμένο χώρο με αγωγιμότητα, μεταφορά και / ή ακτινοβολία.
3. **Λανθάνον κέρδος θερμότητας (Latent heat gain):** Λανθάνουσα αύξηση θερμότητας συμβαίνει όταν προστίθεται υγρασία στο χώρο (π.χ. από υδρατμούς που εκπέμπονται από τους ανθρώπους και τον εξοπλισμό). Για να διατηρηθεί ένας λόγος σταθερής υγρασίας, οι υδρατμοί πρέπει να συμπυκνώνονται στη συσκευή ψύξης και να αφαιρούνται με τον ίδιο ρυθμό που προστίθεται στον χώρο. Σε εξαιρετικά ξηρά κλίματα, μπορεί να απαιτείται υγρασία, αντί για αφύγρανση, για να διατηρηθεί η θερμική άνεση.
4. **Κέρδος λόγω ακτινοβολίας (Radiant heat gain):** Η θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τις επιφάνειες που περικλείουν το χώρο (τοίχους, δάπεδο

και οροφή) και από αντικείμενα στο χώρο (έπιπλα κ.λπ.). Όταν αυτές οι επιφάνειες και τα αντικείμενα γίνουν θερμότερα από τον περιβάλλοντα αέρα, εκλύουν θερμότητα στον χώρο. Η σύνθετη χωρητικότητα αποθήκευσης θερμότητας αυτών των επιφανειών και αντικειμένων καθορίζει την ταχύτητα με την οποία αυξάνονται οι αντίστοιχες επιφανειακές θερμοκρασίες για μια δεδομένη θερμική είσοδο και έτσι ρυθμίζει τη σχέση μεταξύ του θερμικού κέρδους λόγω ακτινοβολίας και του φορτίου ψύξης χώρου (εικόνα 28). Η ενέργεια που απορροφάται από τους τοίχους, το δάπεδο, τα έπιπλα κ.λπ., συμβάλλει στο φορτίο ψύξης του χώρου μετά από μια χρονική καθυστέρηση. Κάποια από αυτήν την ενέργεια εξακολουθεί να υπάρχει και επαναδραστηριοποιείται ακόμη και μετά την απενεργοποίηση ή την αφαίρεση των πηγών θερμότητας, όπως φαίνεται στην εικόνα 29. Η αποθηκεύμενη θερμότητα απελευθερώνεται στον εξωτερικό αέρα μόνο όταν η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του δομικού στοιχείου γίνει μικρότερη από την θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας. Για να διατηρηθούν οι συνθήκες ανέσεως, η θερμότητα που έχει μεταφερθεί στον κλιματιζόμενο χώρο θα πρέπει να αφαιρεθεί.



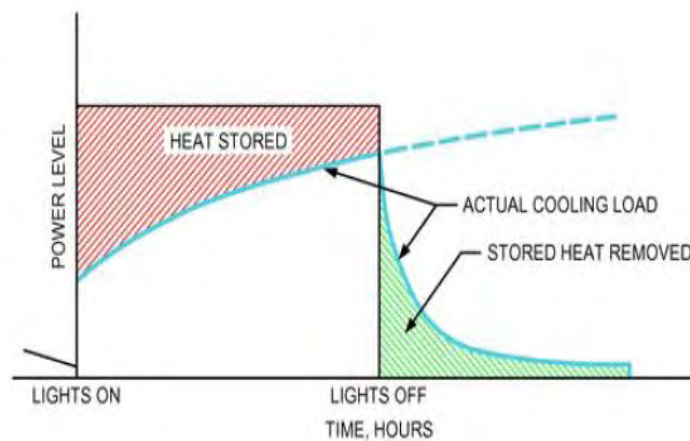
Εικόνα 28: Προέλευση της διαφοράς μεταξύ του μεγέθους της στιγμιαίας αύξησης θερμότητας και της στιγμιαίας ψύξης.

Cooling Load: Είναι ο ρυθμός με το οποίο πρέπει να απομακρύνεται η αισθητή και η λανθάνουσα θερμότητα από τον χώρο για να διατηρείται μια σταθερή θερμοκρασία και υγρασία. Το άθροισμα των στιγμιαίων κερδών θερμότητας σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή, δεν είναι απαραίτητα ίσο με το φορτίο ψύξης για τον χώρο εκείνη την δεδομένη στιγμή.

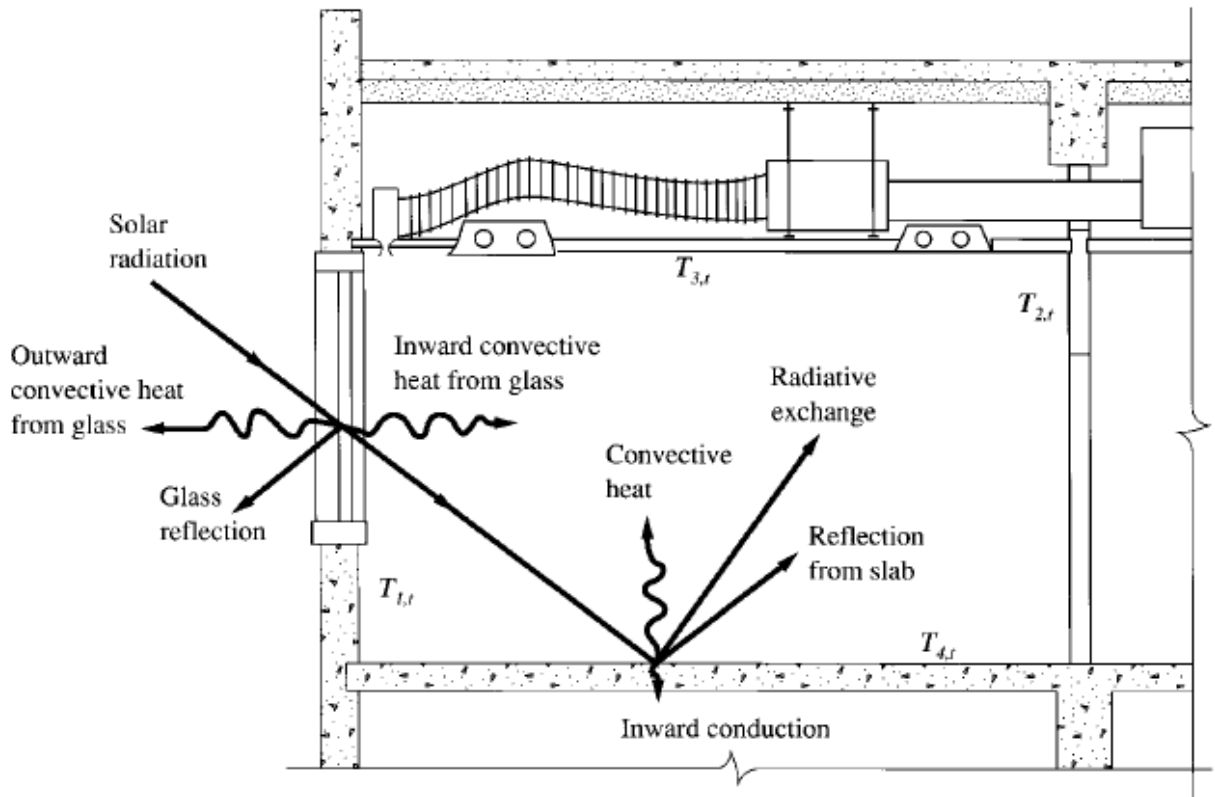
Space Heat Extraction Rate: Ο ρυθμός με τον οποίο αφαιρείται η αισθητή και η λανθάνουσα θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο είναι ίσος με το φορτίο ψύξης χώρου μόνο εάν η θερμοκρασία του αέρα και η υγρασία του δωματίου είναι σταθερές. Μαζί με τη διακοπτόμενη λειτουργία του συστήματος ψύξης, τα συστήματα ελέγχου επιτρέπουν μια κυκλική μεταβολή ή ταλάντευση (swing) στη θερμοκρασία του χώρου. Ως εκ τούτου, η σωστή προσομοίωση του συστήματος ελέγχου δίνει μια πιο ρεαλιστική αξία της απομάκρυνσης

θερμότητας σε μια καθορισμένη περίοδο από ότι οι τιμές του φορτίου ψύξης. Ωστόσο, αυτό είναι σημαντικό για την εκτίμηση της χρήσης ενέργειας με την πάροδο του χρόνου.

Cooling Coil Load: Ο ρυθμός με τον οποίο απομακρύνεται η θερμότητα από ένα ψυκτικό στοιχείο, που εξυπηρετεί έναν ή περισσότερους κλιματιζόμενους χώρους, ισούται με το άθροισμα των στιγμιαίων φορτίων ψύξης των χώρων που εξυπηρετεί το ψυκτικό στοιχείο (ή του ρυθμού εξαγωγής θερμότητας, αν υποθέσουμε ότι η θερμοκρασία χώρου και η υγρασία ποκίλουν), συν τυχόν φορτία του συστήματος. Τα φορτία του συστήματος περιλαμβάνουν την αύξηση της θερμότητας του ανεμιστήρα, την αύξηση της θερμότητας του αγωγού και τη θερμότητα και την υγρασία του εξωτερικού αέρα που εισέρχονται στον εξοπλισμό ψύξης για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις του εξαερισμού.



Εικόνα 29: Αποτέλεσμα θερμότητας λόγω ακτινοβολίας από τα φώτα στο ψυκτικό φορτίο.



Εικόνα 20: Αγωγή και ακτινοβόλα θερμότητα σε έναν κλιματιζόμενο χώρο και οι θερμοκρασίες των εσωτερικών επιφανειών.

4.1.1 Φορτίο ψύξης χώρου και φορτίο ψυκτικού στοιχείου

Συνιστώσες φορτίου ψύξης χώρου

Οι υπολογισμοί του φορτίου ψύξης για τον σχεδιασμό του συστήματος κλιματισμού, χρησιμοποιούνται κυρίως για τον προσδιορισμό του ρυθμού ροής αέρα του συστήματος καθώς και του φορτίου ψύξης του εξοπλισμού. Όπως προαναφέρθηκε, τα ψυκτικά φορτία προκύπτουν από διάφορες διαδικασίες αγωγιμότητας, ακτινοβολίας και μεταφοράς θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου και από εσωτερικές πηγές και εξαρτήματα των διάφορων συστημάτων. Οι συνιστώσες του φορτίου ψύξης μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

- **Εξωτερικά φορτία ψύξης** τα οποία δημιουργούνται λόγω των θερμικών κερδών στον κλιματιζόμενο χώρο από εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου. Στις πηγές εξωτερικών φορτίων περιλαμβάνονται:
 1. Θερμικό κέρδος που εισέρχεται από τους εξωτερικούς τοίχους και τις οροφές.
 2. Θερμικό κέρδος λόγω ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται μέσω των διαφανών επιφανειών.

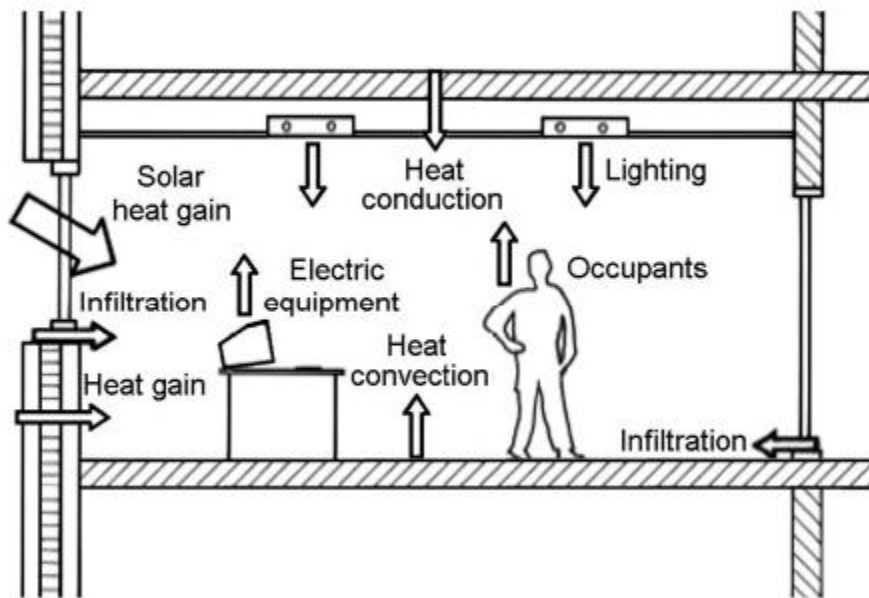
3. Αγώγιμο θερμικό κέρδος που προέρχεται από τις διαφανείς επιφάνειες.
4. Θερμικό κέρδος που εισέρχεται από τοίχους διαχωρισμού και εσωτερικές θύρες.
5. Διείσδυση του εξωτερικού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο.

- **Εξωτερικά φορτία ψύξης** τα οποία σχηματίζονται λόγω της απελευθέρωσης αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας από πηγές στο εσωτερικό του κλιματιζόμενου χώρου. Στις πηγές εσωτερικών φορτίων περιλαμβάνονται:

1. Άνθρωποι
2. Φωτισμός
3. Εξοπλισμός και συσκευές

Εάν η μεταφορά υγρασίας από τις δομικές κατασκευές και τα έπιπλα αγνοηθεί, μόνο ο αέρας διείσδυσης, οι άνθρωποι, ο εξοπλισμός και οι συσκευές έχουν τόσο αισθητά όσο και λανθάνοντα ψυκτικά φορτία. Οι υπόλοιπες συνιστώσες έχουν μόνο αισθητό φορτίο ψύξης.

Όλα τα αισθητά κέρδη θερμότητας που εισέρχονται στον διαμορφωμένο χώρο αποτελούνται από θερμότητα λόγω ακτινοβολίας και θερμότητα μεταφοράς, εκτός από τον αέρα διείσδυσης. Η θερμική ακτινοβολία προκαλεί αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, μετατρέπει μέρος του θερμικού κέρδους σε φορτίο ψύξης και κάνει τους υπολογισμούς φορτίου ψύξης πιο περίπλοκους. Λανθάνουσα αύξηση θερμότητας προκαλείται από τη μεταφορά υγρασίας από τους ανθρώπους, τον εξοπλισμό, τις συσκευές ή τον εξωτερικό αέρα διείσδυσης. Εάν η επίδραση της υγρασίας δεν ληφθεί υπόψη, όλα τα παραπάνω απελευθερώνουν θερμότητα στον αέρα στιγμιαία και επομένως είναι στιγμιαία φορτία ψύξης.



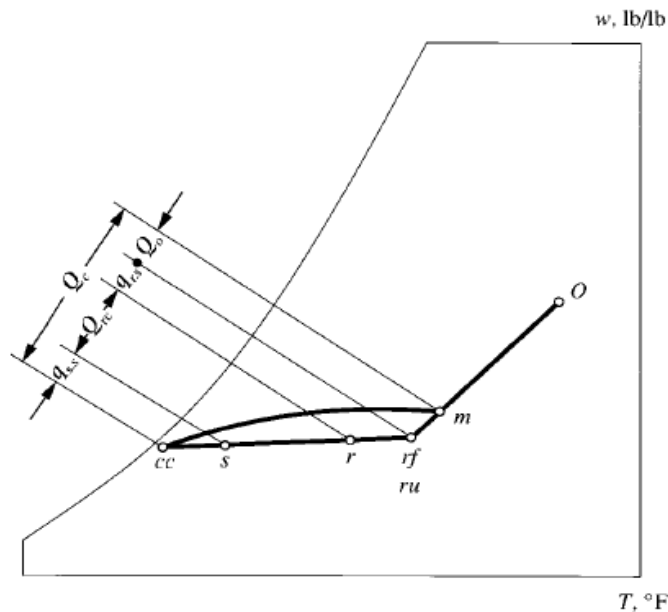
Εικόνα 31: Θερμικά κέρδη χώρου.

Συνιστώσες φορτίου ψύξης ψυκτικού στοιχείου

Εάν το αγωγήμο κέρδος θερμότητας από το σκελετό του στοιχείου αγνοηθεί, το φορτίο ψύξης του ψυκτικού στοιχείου αποτελείται από τις ακόλουθες συνιστώσες, όπως φαίνεται στην εικόνα 32, και τον κύκλο θερινής λειτουργίας Om-cc-sr-rf-m για ένα σύστημα με σταθερή παροχή αέρα, μονού αγωγού τροφοδοσίας που εξυπηρετεί μία ζώνη.

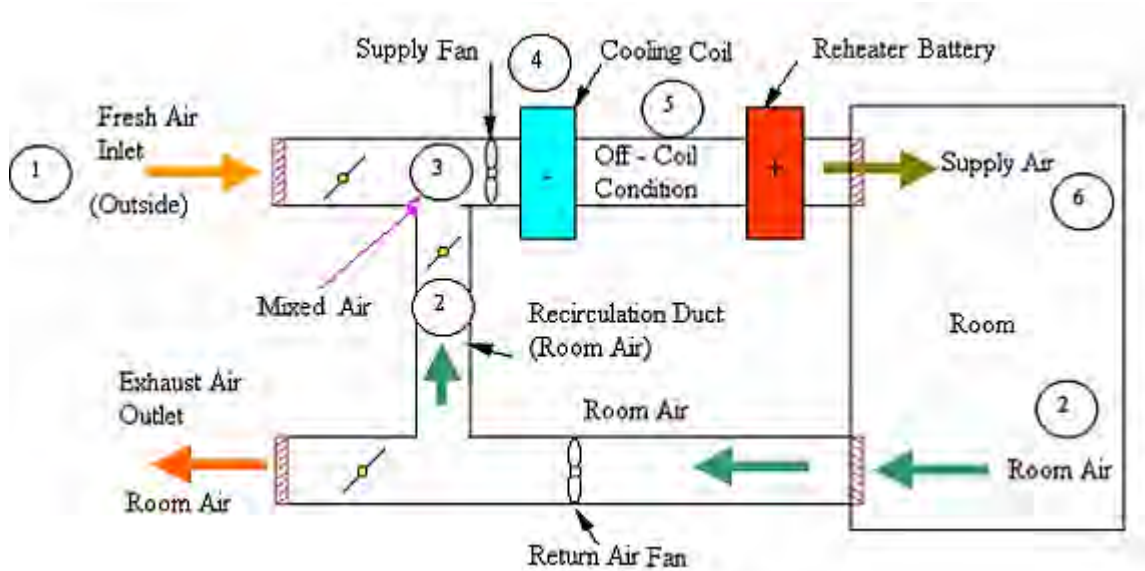
1. Φορτίο ψύξης χώρου Q_{rc} , συμπεριλαμβανομένου του αισθητού και λανθάνοντος φορτίου.
2. Κέρδη θερμότητας λόγω του συστήματος παροχής Q_{ss} , του ανεμιστήρα τροφοδοσίας Q_{sf} , και του αγωγού παροχής Q_{sd} .
3. Κέρδη θερμότητας λόγω του φωτισμού Q_{rs} , της οροφής Q_{rp} , του αγωγού επιστροφής Q_{rd} , και του ανεμιστήρα επιστροφής Q_{rd} , εάν υπάρχει.
4. Αισθητό και λανθάνον φορτίο λόγω των ρυθμών εξαερισμού Q_o για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των ανθρώπων κ.λπ.

Στην εικόνα 32, ο κύκλος θερινής λειτουργίας του κλιματισμού Om-cc-sr-rf-m αποτελείται από μια διαδικασία αδιαβατικής ανάμιξης O-m-rf, μία διαδικασία ψύξης και αφύγρανσης m-cc, μία διαδικασία θέρμανσης από το σύστημα τροφοδοσίας cc-s, μία διαδικασία κλιματισμού r-s, και μία διαδικασία επιστροφής θέρμανσης r-rf. Εδώ, το O υποδεικνύει την κατάσταση του εξωτερικού αέρα, το m την ανάμειξη του εξωτερικού αέρα και του ανακυκλοφορόντος αέρα, το cc τον κλιματιζόμενο αέρα που εξέρχεται από το ψυκτικό στοιχείο, το s τον αέρα τροφοδοσίας, r τον κλιματιζόμενο χώρο και rf τον ανακυκλοφορούντα αέρα. Όλα τα φορτία ψύξης και τα κέρδη θερμότητας είναι σε Btu / h (W). Συνήθως, τόσο τα κέρδη θερμότητας του συστήματος τροφοδοσίας όσο και του συστήματος επιστροφής είναι αισθητά φορτία. Οι συνιστώσες αυτές απορροφώνται από τον αέρα τροφοδοσίας και τον αέρα επιστροφής και εμφανίζονται ως φορτία ψύξης και αφύγρανσης στο ψυκτικό πηνίο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



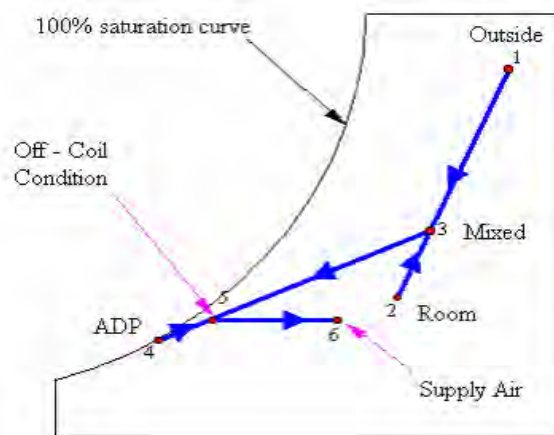
Εικόνα 32: Διαφορές ψυκτικού φορτίου χώρου και φορτίου στοιχείου στον ψυχομετρικό χάρτη.

Πιο συγκεκριμένα για μία κεντρική κλιματιστική μονάδα που λειτουργεί την θερινή περίοδο ισχύει:



Εικόνα 33: Κεντρική κλιματιστική μονάδα σε θερινή λειτουργία.

Ο αέρας του κλιματιζόμενου χώρου (2) αναμιγνύεται με το απαιτούμενο ποσό εξωτερικού αέρα (1) στο σημείο (3) για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών, αποδεκτής ποιότητας εσωτερικού αέρα και εξοικονόμηση ενέργειας. Το μίγμα στη συνέχεια ψύχεται και αφαιρείται η υγρασία (4) στο ψυκτικό στοιχείο. Η πραγματική συνθήκη off-coil αντιπροσωπεύεται ως (5) λόγω της ανεπάρκειας (bypass) του ψυκτικού πηνίου. Ο κλιματιζόμενος αέρας τροφοδοτείται στο δωμάτιο μέσω του ανεμιστήρα τροφοδοσίας, του αγωγού τροφοδοσίας και του διανομέα οροφής (6). Ο αέρας τροφοδοσίας στη συνέχεια απορροφά το αισθητό και λανθάνον φορτίο από το χώρο, και έτσι συνίσταται ο αέρας του χώρου (2). Ο αέρας χώρου επιστρέφει ξανά στη μονάδα ψύξης και σχηματίζει έναν κλειστό κύκλο. Μέρος του αέρα επιστροφής απορρίπτεται στο εξωτερικό περιβάλλον για να εξισορροπήσει την πρόσληψη και διείσδυση εξωτερικού αέρα. Η ψυχομετρική διαδικασία απεικονίζεται παρακάτω για τον κύκλο του καλοκαιριού:



Εικόνα 34: Ψυχομετρικός χάρτης θερινού κύκλου κλιματιστικής μονάδας.

Διαφορές φορτίου χώρου και φορτίου ψυκτικού στοιχείου

Για τον κύκλο κλιματισμού που φαίνεται στην εικόνα 32, ισχύουν τα εξής:

1. Το φορτίο ψύξης χώρου αντιπροσωπεύεται από την ποσότητα Q_{rc} και το φορτίο του ψυκτικού στοιχείου αντιπροσωπεύεται από την ποσότητα Q_c . Δεδομένου ότι η αύξηση της θερμότητας του συστήματος τροφοδοσίας q_{ss} και η αύξηση της θερμότητας του συστήματος επιστροφής q_{rs} είναι και τα δύο στιγμιαία φορτία ψύξης, τότε

$$Q_c = Q_{rc} + q_{ss} + q_{rs} + Q_o$$

όπου το Q_o = φορτίο λόγω της εισαγωγής εξωτερικού αέρα εξαερισμού, Btu / h (W)

2. Το φορτίο ψύξης χώρου χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ρυθμού παροχής, ενώ το φορτίο του ψυκτικού στοιχείου χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μεγέθους του ψυκτικού στοιχείου σε μια μονάδα επεξεργασίας αέρα ή σε στοιχείο DX σε ενιαία μονάδα.
3. Μια συνιστώσα του ψυκτικού φορτίου μπορεί να επηρεάσει και τον ρυθμό παροχής όγκου V_s και το μέγεθος του ψυκτικού στοιχείου, σε αντίθεση με μία συνιστώσα του ψυκτικού φορτίου του στοιχείου που ενδέχεται να μην επηρεάσει τον ρυθμό παροχής V_s .
4. Η θερμική αύξηση λόγω της διείσδυσης εξωτερικού αέρα είναι ένα στιγμιαίο φορτίο ψύξης. Από την εικόνα 32, είναι φανερό ότι το φορτίο που οφείλεται στον εξαερισμό Q_o είναι συνιστώσα του φορτίου του στοιχείου. Εάν το Q_o θεωρηθεί φορτίο ψύξης, ο ρυθμός ροής του συστήματος παροχής αέρα θα είναι υπερμεγέθης.

4.2 Μέθοδοι υπολογισμού φορτίου ψύξης

Με την πάροδο των ετών αναπτύχθηκαν πολλές μέθοδοι υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων. Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τρεις μέθοδοι υπολογισμού φορτίου με χρονολογική σειρά. Η πρώτη μέθοδος είναι η μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE ακολουθεί η μέθοδος Heat Balance (HB) και η τέλος η Radiant Time Series (RTS), η οποία αποτελεί απλοποίηση της διαδικασίας HB. Ο υπολογισμός του φορτίου ψύξης ενός πραγματικού κτιρίου απαιτεί περίπλοκο λογισμικό που εφαρμόζει τις αρχές κάθε μεθόδου.

4.2.1 Μέθοδος CLTD/CLF κατά ASHRAE

Η μέθοδος «Cooling load temperature differential» αναπτύχθηκε το 1975, απλουστεύοντας τις μεθόδους των προηγούμενων ετών. Βασίζεται σε μια τεχνική ενός βήματος, που μεταβαίνει από ακατέργαστα δεδομένα φορτίου ψύξης χωρίς ενδιάμεση μετατροπή του κέρδους ακτινοβολίας σε ψυκτικό φορτίο. Η μέθοδος είναι απλή και δεν απαιτεί ειδικό λογισμικό σε αντίθεση με τις άλλες δύο.

Το κέρδος θερμότητας στο κτίριο δεν μετατρέπεται στιγμιαία σε ψυκτικό φορτίο. Οι συντελεστές CLTD, SCL και CLF περιλαμβάνουν την επίδραση (1) της χρονικής καθυστέρησης στην αγωγιμότητα της θερμότητας μέσω αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών και (2) τη θερμική αποθήκευση για τη μετατροπή της ακτινοβολούμενης θερμικής απόδοσης σε φορτίο ψύξης.

Συντελεστής CLTD: είναι μια θεωρητική διαφορά θερμοκρασίας που αντιπροσωπεύει τις συνδυασμένες επιδράσεις της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, της ημερήσιας θερμοκρασίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και της αποθηκευμένης θερμότητας στη μάζα του κτιρίου. Επηρεάζεται από τον προσανατολισμό, την κλίση, το μήνα, την ημέρα, την ώρα, το γεωγραφικό πλάτος κλπ. Οι συντελεστές CLTD χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση των θερμικών κερδών από τοίχους, οροφή, δάπεδο και γυαλί.

Συντελεστής CLF: υπολογίζει το γεγονός ότι η θερμότητα ακτινοβολίας που εισέρχεται στον κλιματιζόμενο χώρο σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή δεν γίνεται άμεσα μέρος του φορτίου ψύξης. Οι συντελεστές CLF χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση των θερμικών κερδών από εσωτερικά φορτία, όπως φώτα, άνθρωποι, ηλεκτρικές συσκευές.

Συντελεστής SCL: χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση των ηλιακών θερμικών κερδών λόγω μετάδοσης από τις διαφανείς επιφάνειες.

Θερμικά κέρδη μέσω του κελύφους του κτιρίου

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το συνολικό φορτίο ψύξης σε ένα κτίριο αποτελείται από εξωτερικά και εσωτερικά φορτία. Τα εξωτερικά φορτία συνίστανται σε μεταφορά θερμότητας λόγω αγωγιμότητας των τοίχων, της στέγης, του δαπέδου, των θυρών κ.λπ. και αύξηση της θερμότητας μέσω εξωτερικών αδιαφανών επιφανειών που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα παραπάνω αποτελούν αισθητά φορτία.

❖ Οροφές

Η βασική εξίσωση θερμικού κέρδους λόγω αγωγιμότητας είναι:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Όπου

- q = κέρδος θερμότητας
- U = θερμική μετάδοση
- A = επιφάνεια στέγης
- ΔT = Διαφορά θερμοκρασίας

Για τον υπολογισμό του φορτίου ψύξης που προκύπτει από το θερμικό κέρδος της οροφής η εξίσωση τροποποιείται ως:

$$Q_{\text{ROOF}} = U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{corr}}$$

Όπου

- Q_{ROOF} = φορτίο ψύξης, W
- U = Συντελεστής θερμοπερατότητας στέγης, $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
- A = εμβαδόν επιφάνειας στέγης, m^2
- $\text{CLTD}_{\text{corr}}$ = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference), K. Οι τιμές καθορίζονται από τους πίνακες που είναι διαθέσιμοι στο εγχειρίδιο ASHRAE fundamentals.

α/α ΟΡΟ-ΦΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΒΑΡΟΣ kg/m ²	W/m ² /°C	Η Λ Ι Α Κ Η Ω Ρ Α																	ΟΡΟΜΕ-ΓΕΤΟΥ
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
Χ Ω Ρ Ι Σ Ψ Ε Υ Δ Ο Ρ Ο Φ Η																					
1	Φύλλο χάλυβα με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	34 (39)	1.21 (0.70)	-2	3	11	19	27	34	40	43	44	43	39	33	25	17	10	7	14	
2	25 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	39	0.97	-2	-1	2	8	15	22	29	36	39	41	41	39	35	29	21	15	16	
3	100 mm ελαφρύ μιστόν	88	1.21	-2	-2	1	5	11	18	25	31	36	39	40	40	37	32	25	19	16	
4	50 mm βαρύ μιστόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	142	1.17 (0.69)	-1	0	2	6	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	16	
5	25 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	44	0.62	-4	-4	-2	3	9	15	22	27	32	36	36	35	32	27	20	14	16	
6	150 mm ελαφρύ μιστόν	117	0.90	2	1	0	2	4	8	13	18	24	29	33	35	36	35	32	28	18	
7	60 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	63	0.74	6	4	3	4	5	8	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	19	
8	200 mm ελαφρύ μιστόν	151	0.72	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	25	28	30	30	29	20	
9	100 mm βαρύ μιστόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	254 (254)	1.14 (0.68)	5	4	4	6	8	11	15	18	22	25	28	29	30	29	27	24	18	
10	60 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	63	0.53	8	6	5	5	5	7	10	13	17	21	24	27	28	29	29	27	19	
11	Οροφή σκεπήςματος παράταξ	366	0.60	11	9	8	7	8	8	10	12	15	18	20	22	24	25	26	25	20	
12	100 mm βαρύ μιστόν + 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	366 (366)	1.10 (0.66)	10	9	8	8	9	10	12	15	17	20	22	24	25	25	25	24	19	
13	100 mm ξύλο με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	83 (88)	0.60 (0.44)	14	13	11	10	9	9	9	10	12	14	16	18	20	22	23	24	21	
Μ Ε Ψ Ε Υ Δ Ο Ρ Ο Φ Η																					
1	Φύλλο χάλυβα με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	44 (49)	0.76 (0.52)	-3	0	5	13	20	28	36	40	43	43	41	37	31	23	16	10	16	
2	25 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	49	0.65	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	17	
3	100 mm ελαφρύ μιστόν	97	0.76	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	17	
4	50 mm βαρύ μιστόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	146	0.74	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	18	
5	25 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	49	0.47	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	18	
6	150 mm ελαφρύ μιστόν	127	0.62	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	20	
7	60 mm ξύλο με 25 mm μόνωση	73	0.55	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	25	24	20	
8	200 mm ελαφρύ μιστόν	161	0.53	13	11	10	9	8	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	25	20	
9	100 mm βαρύ μιστόν με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	259 (264)	0.73 (0.51)	13	12	11	11	11	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	19	
10	60 mm ξύλο με 50 mm μόνωση	73	0.41	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	21	
11	Οροφή σκεπήςματος παράταξ	376	0.47	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	19	21	
12	100 mm βαρύ μιστόν + 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	376 (376)	0.71 (0.50)	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	20	
13	100 mm ξύλο με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	93 (97)	0.47 (0.36)	16	15	14	14	13	12	12	12	12	13	14	15	16	16	19	20	21	

Εικόνα 35: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου CLTD για υπολογισμό ψυκτικού φορτίου σε επίπεδες οροφές.

❖ Τοιχοποιίες

Το φορτίο ψύξης από τους τοίχους υπολογίζεται με παρόμοιο τρόπο:

$$Q_{\text{Wall}} = U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{corr}}$$

Όπου

- Q_{Wall} = φορτίο ψύξης, W
- U = Συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου, $\text{W/m}^2\text{K}$
- A = επιφάνεια στέγης, m^2
- $\text{CLTD}_{\text{corr}}$ = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference), K

❖ Ηλιακό φορτίο από γυάλινες επιφάνειες

Το ηλιακό φορτίο μέσω γυαλιού αποτελείται από δύο συνιστώσες: 1) αγωγιμότητα και 2) ηλιακή μετάδοση. Το απορροφημένο και στη συνέχεια αγωγίμο τμήμα της ακτινοβολίας μέσω των παραθύρων αντιμετωπίζεται όπως η στέγη και οι τοίχοι όπου οι τιμές CLTD για τυποποιημένα τζάμια καταγράφονται στο εγχειρίδιο ASHARE fundamentals. Για ηλιακή μετάδοση, το φορτίο ψύξης υπολογίζεται από το συντελεστή SCL φορτίου ψύξης και τον συντελεστή σκίασης SC. Οι εξισώσεις φορτίου ψύξης για το γυαλί είναι:

$$\text{Ψυκτικό φορτίο από αγωγιμότητα: } Q_{\text{Glass Conductive}} = U \cdot A \cdot \text{CLTD}_{\text{Glass Corrected}}$$

$$\text{Ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία: } Q_{\text{Glass Solar}} = A \cdot \text{SC} \cdot \text{SCL}$$

Όπου:

- $Q_{\text{Glass Conductive}}$ = Φορτίο από αγωγιμότητα μέσα από το γυαλί, W
- Q_{Solar} = Ηλιακό φορτίο μετάδοσης μέσω του γυαλιού, W
- U = Συντελεστής θερμοπερατότητας για γυαλί, $\text{W/m}^2\text{K}$
- A = επιφάνεια γυαλιού, m^2
- CLTD = Διαφορά θερμοκρασίας φορτίου ψύξης για το γυαλί, K
- SC = Συντελεστής σκίασης, χαρακτηριστικό μέγεθος του παραθύρου και εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και από το είδος της εσωτερικής σκίασης.
- SCL = Συντελεστής φορτίου ψύξης, που μετατρέπει το θερμικό ηλιακό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο για μια συγκεκριμένη ώρα.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΠΕΡΣΙΔΕΣ (BLINDS)	ΡΟΛΑ (ROLLER SHADES)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ SC
Διαφανής	1	2.4-4.8	Ενδιάμεσο χρώμα	-	0.64
Διαφανής	1	2.4-4.8	Ανοιχτό χρώμα	-	0.55
Διαφανής	1	2.4-4.8	-	Σκούρο χρώμα	0.59
Διαφανής	1	2.4-4.8	-	Ανοιχτό χρώμα	0.25
Διαφανής	1	2.4-4.8	-	Διαφανή	0.39
Διαφανής	1	6.4	Ενδιάμεσο χρώμα	-	0.64
Διαφανής	1	6.4	Ανοιχτό χρώμα	-	0.55
Διαφανής	1	6.4	-	Σκούρο χρώμα	0.59
Διαφανής	1	6.4	-	Ανοιχτό χρώμα	0.25
Διαφανής	1	6.4	-	Διαφανή	0.39
Διαφανής	2	2.4-3.2	Ενδιάμεσο χρώμα	-	0.57
Διαφανής	2	2.4-3.2	Ανοιχτό χρώμα	-	0.51
Διαφανής	2	2.4-3.2	-	Σκούρο χρώμα	0.60
Διαφανής	2	2.4-3.2	-	Ανοιχτό χρώμα	0.25
Διαφανής	2	2.4-3.2	-	Διαφανή	0.37
Διαφανής	2	6.4	Ενδιάμεσο χρώμα	-	0.57
Διαφανής	2	6.4	Ανοιχτό χρώμα	-	0.51
Διαφανής	2	6.4	-	Σκούρο χρώμα	0.60
Διαφανής	2	6.4	-	Ανοιχτό χρώμα	0.25
Διαφανής	2	6.4	-	Διαφανή	0.37

Εικόνα 36: Συντελεστής SC ανά τύπο υαλοπίνακα.

ΠΡΟΣΑΝΑ-ΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΖΑΜΙΟΥ	h																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.55	0.63	0.71	0.78	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
B(σκιασμ)	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.39	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
BBA	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
BA	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
ABA	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
A	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
ANA	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
NA	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12

Εικόνα 37: Συντελεστής θερμικού φορτίου CLF για παράθυρα.

❖ Εσωτερικά δομικά στοιχεία

Κάθε φορά που ένας χώρος βρίσκεται δίπλα σε έναν άλλο χώρο με διαφορετική θερμοκρασία, υπάρχει ροή θερμότητας μέσω του διαχωριστικού δομικού στοιχείου (εσωτερικό δάπεδο, εσωτερική οροφή, εσωτερικές πόρτες και εσωτερικοί τοίχοι) που πρέπει να ληφθεί υπόψη.

$$Q = U \cdot A \cdot (T_a - T_{rc})$$

Όπου

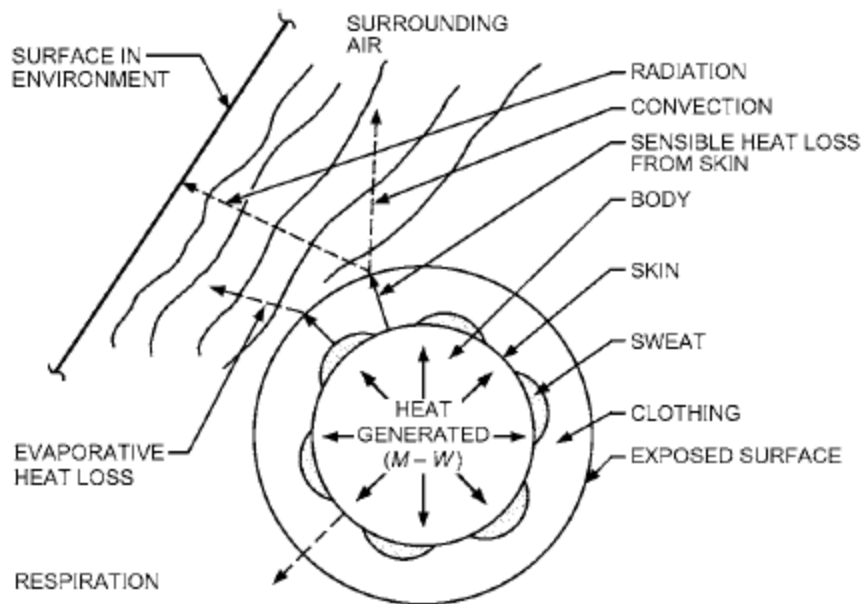
- U = συντελεστής θερμοπερατότητας μεταξύ παρακείμενου και κλιματιζόμενου χώρου
- A = το εμβαδόν της επιφάνειας του δομικού στοιχείου, m^2
- T_a = Θερμοκρασία παρακείμενου χώρου, K
- T_{rc} = Θερμοκρασία εσωτερικού κλιματιζόμενου χώρου, K

❖ Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα εσωτερικά κέρδη θερμότητας από τους ανθρώπους, τον φωτισμό, τις συσκευές και τον εξοπλισμό μπορούν να συνεισφέρουν το μεγαλύτερο μέρος του ψυκτικού φορτίου σε ένα σύγχρονο κτίριο. Καθώς το κέλυφος των κτιρίων βελτιώθηκε με την πάροδο των χρόνων, τα εσωτερικά φορτία αυξήθηκαν λόγω παραγόντων όπως η αυξημένη χρήση υπολογιστών και η έντονη χρήση των χώρων. Τα διάφορα εσωτερικά φορτία συνίστανται σε αισθητή και λανθάνον μεταφορά θερμότητας. Το φορτίο φωτισμού είναι μόνο αισθητό.

❖ Άνθρωποι

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει αντιπροσωπευτικές τιμές αισθητής θερμότητας και υγρασίας που εκπέμπονται από τον άνθρωπο σε διαφορετικές δραστηριότητες. Σε χώρους μεγάλης πυκνότητας, όπως είναι τα αμφιθέατρα, αυτά τα αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη περιλαμβάνουν ένα μεγάλο κλάσμα του συνολικού φορτίου. Ακόμα και για βραχύχρονη χρήση, η συμβολή αισθητής θερμότητας και υγρασίας που εισάγονται από τους ανθρώπους μπορεί να είναι σημαντική. Η μετατροπή του αισθητού κέρδους θερμότητας από τα άτομα σε φορτίο ψύξης χώρου επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά θερμικής αποθήκευσης του χώρου επειδή κάποιο ποσοστό του αισθητού φορτίου είναι ακτινοβόλα ενέργεια.



Εικόνα 38: Θερμική αντίδραση ανθρώπινου σώματος και περιβάλλοντος.

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους υπολογίζεται από την εξίσωση [14]:

$$Q_{αν,αισθ} = N \cdot SenHG \cdot CLF$$

Όπου:

- N = ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στην ζώνη.
- $SensHG$ = το αισθητό φορτίο κάθε ατόμου, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την δραστηριότητα που εκτελεί το άτομο.
- CLF = συντελεστής μετατροπής, μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο.

Το στιγμιαίο λανθάνον ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους είναι ίσο με το λανθάνον θερμικό κέρδος και δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{αν, λαν} = N \cdot LatHG$$

Όπου:

- N = ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στην ζώνη.
- $LatHG$ = το λανθάνον φορτίο κάθε ατόμου, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου, την δραστηριότητα που εκτελεί το άτομο, καθώς και από τη σχετική υγρασία του χώρου.

Degree of Activity	Location	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
		Seated at theater	Theater, matinee	390	330	225	105
Seated at theater, night	Theater, night	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	550	500	250	250		
Sedentary work	Restaurant ^c	490	550	275	275		
Light bench work	Factory	800	750	275	475		
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625		
Bowling ^d	Bowling alley	1500	1450	580	870		
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965		
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090		

Πίνακας 4: Αντιπροσωπευτικές τιμές αισθητής θερμότητας και υγρασίας που εκπέμπονται από τον άνθρωπο σε διαφορετικές δραστηριότητες.

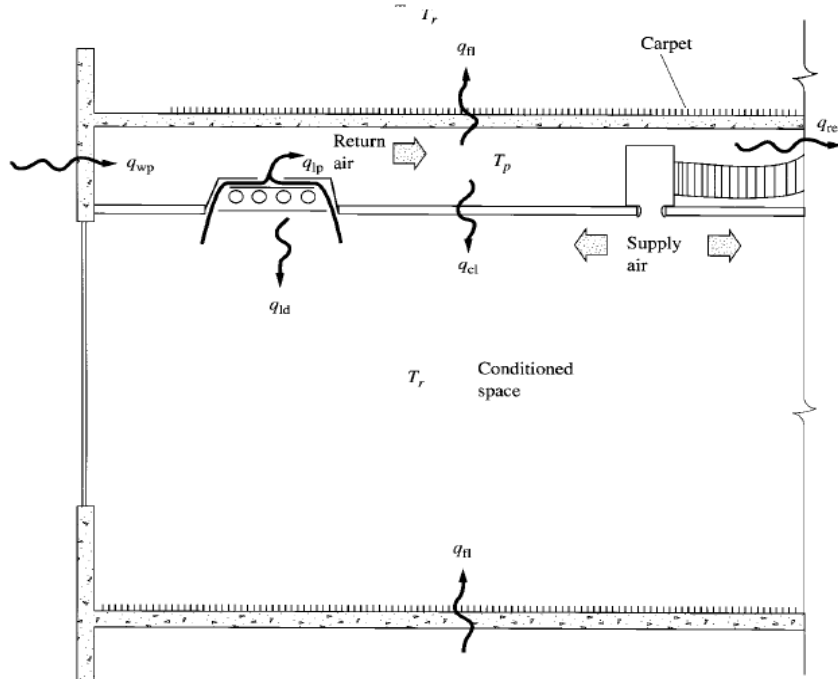
❖ Φωτισμός

Επειδή ο φωτισμός είναι ένα σημαντικό συστατικό του φορτίου ψύξης ενός χώρου, απαιτείται μια ακριβής εκτίμηση του κέρδους θερμότητας που επιβάλλει. Ο υπολογισμός αυτού του στοιχείου φορτίου δεν είναι απλός, ο ρυθμός ψυκτικού φορτίου λόγω φωτισμού σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικός από το ισοδύναμο θερμότητας της ισχύος που τροφοδοτείται στιγμιαία σε αυτά τα φώτα λόγω της αποθηκευμένης θερμότητας. Η κύρια πηγή θερμότητας από τον φωτισμό προέρχεται από στοιχεία εκπομπής φωτός ή από λαμπτήρες, αν και μπορεί να δημιουργηθεί σημαντική πρόσθετη θερμότητα από πηνία και άλλα εξαρτήματα στα φωτιστικά. Γενικά, ο στιγμιαίος ρυθμός της αισθητής απόδοσης θερμότητας από τον ηλεκτρικό φωτισμό μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$q_{el} = 3.41 \cdot CLF \cdot W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa}$$

Όπου

- q_{el} = θερμικό κέρδος, W
- W = συνολική ισχύς φωτιστικών, αναγράφεται από τον κατασκευαστή, W
- F_{ul} = συντελεστής χρήσης φωτισμού, είναι ο λόγος των Wattage σε χρήση προς τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ.
- F_{sa} = ειδικός συντελεστής φωτισμού, για λαμπτήρες που καταναλώνουν περισσότερη ισχύ από την ονομαστική.
- CLF = συντελεστής μετατροπής, μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο και εξαρτάται από τις ώρες λειτουργίας των φωτιστικών.



Εικόνα 39: Θερμότητα που εκπέμπεται από φωτιστικό οροφής.

❖ Συσκευές και εξοπλισμός γραφείου

Η εκτίμηση του φορτίου ψύξης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αύξηση της θερμότητας από όλες τις συσκευές (ηλεκτρικές, αερίου ή άλλο). Λόγω της ποικιλίας των συσκευών, των εφαρμογών, των χρονοδιαγραμμάτων, της χρήσης και των εγκαταστάσεων, οι εκτιμήσεις δεν μπορούν εύκολα να γενικευτούν. Συχνά, η μόνη διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με την αύξηση της θερμότητας σε έναν χώρο από τον εξοπλισμό είναι εκείνη στην πινακίδα του κατασκευαστή, η οποία μπορεί να υπερεκτιμά την πραγματική αύξηση θερμότητας για πολλούς τύπους συσκευών. Οι υπολογιστές, οι εκτυπωτές, οι φωτοαντιγραφικές συσκευές κ.λπ., μπορούν να παράγουν πολύ σημαντικά κέρδη θερμότητας, μερικές φορές μεγαλύτερα από όλα τα άλλα κέρδη σε συνδυασμό.

Ο μέσος ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας της συσκευής μπορεί να εκτιμηθεί από την πινακίδα του κατασκευαστή ή την ονομαστική κατανάλωση ενέργειας με την εφαρμογή ενός κύκλου λειτουργίας ή ενός συντελεστή χρήσης F_u . Έτσι, η αισθητή και η λανθάνουσα αύξηση θερμότητας για τις γενικές ηλεκτρικές, ατμού και αερίου συσκευές μπορούν να εκτιμηθούν από τις εξισώσεις:

$$Q \text{ sensible} = Q_{in} \cdot F_u \cdot F_r \cdot (CLF)$$

$$Q \text{ latent} = Q_{in} \cdot F_u$$

Όπου

- Q_{in} = Ονομαστική ισχύς συσκευών, W

- F_u = Συντελεστής χρήσης.
- F_r = συντελεστής ακτινοβολίας.
- CLF = συντελεστής μετατροπής, μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο και εξαρτάται από τις ώρες λειτουργίας της συσκευής.

Equipment	Description	Nameplate Power, W	Average Power, W	Radiant Fraction
Desktop computer ^a	Manufacturer A (model A); 2.8 GHz processor, 1 GB RAM	480	73	0.10 ^a
	Manufacturer A (model B); 2.6 GHz processor, 2 GB RAM	480	49	0.10 ^a
	Manufacturer B (model A); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	77	0.10 ^a
	Manufacturer B (model B); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	48	0.10 ^a
	Manufacturer A (model C); 2.3 GHz processor, 3 GB RAM	1200	97	0.10 ^a
Laptop computer ^b	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 17 in. screen	130	36	0.25 ^b
	Manufacturer 1; 1.8 GHz processor, 1 GB RAM, 17 in. screen	90	23	0.25 ^b
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 14 in. screen	90	31	0.25 ^b
	Manufacturer 2; 2.13 GHz processor, 1 GB RAM, 14 in. screen, tablet PC	90	29	0.25 ^b
	Manufacturer 2; 366 MHz processor, 130 MB RAM (4 in. screen)	70	22	0.25 ^b
	Manufacturer 3; 900 MHz processor, 256 MB RAM (10.5 in. screen)	50	12	0.25 ^b
Flat-panel monitor ^c	Manufacturer X (model A); 30 in. screen	383	90	0.40 ^c
	Manufacturer X (model B); 22 in. screen	360	36	0.40 ^c
	Manufacturer Y (model A); 19 in. screen	288	28	0.40 ^c
	Manufacturer Y (model B); 17 in. screen	240	27	0.40 ^c
	Manufacturer Z (model A); 17 in. screen	240	29	0.40 ^c
	Manufacturer Z (model C); 15 in. screen	240	19	0.40 ^c

Source: Hosni and Beck (2008).

Πίνακας 5: Θερμικά κέρδη από ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Equipment	Maximum Input Rating, W	Recommended Rate of Heat Gain, W
Mail-processing equipment		
Folding machine	125	80
Inserting machine, 3600 to 6800 pieces/h	600 to 3300	390 to 2150
Labeling machine, 1500 to 30,000 pieces/h	600 to 6600	390 to 4300
Postage meter	230	150
Vending machines		
Cigarette	72	72
Cold food/beverage	1150 to 1920	575 to 960
Hot beverage	1725	862
Snack	240 to 275	240 to 275
Other		
Bar code printer	440	370
Cash registers	60	48
Check processing workstation, 12 pockets	4800	2470
Coffee maker, 10 cups	1500	1050 W sens., 1540 Btu/h latent
Microfiche reader	85	85
Microfilm reader	520	520
Microfilm reader/printer	1150	1150
Microwave oven, 1 ft ³	600	400
Paper shredder	250 to 3000	200 to 2420
Water cooler, 32 qt/h	700	350

Πίνακας 6: Θερμικά κέρδη από εξοπλισμό γραφείου.

❖ Χαραμάδες

Η διείσδυση είναι η ανεξέλεγκτη εισερχόμενη ροή του εξωτερικού αέρα μέσω ρωγμών και ανοιγμάτων στο περίβλημα του κτιρίου λόγω της διαφοράς πίεσης κατά μήκος του κελύφους. Η διαφορά πίεσης μπορεί να οφείλεται σε οποιοδήποτε από τα παρακάτω:

1. Πίεση ανέμου
2. Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού χώρου
3. Μηχανικός αερισμός

Το καλοκαίρι, για τα κτίρια χαμηλού ύψους που έχουν τα εξωτερικά τους παράθυρα καλά σφραγισμένα και αν διατηρείται θετική πίεση στον κλιματιζόμενο χώρο όταν λειτουργεί το σύστημα αέρα, κανονικά η διείσδυση μπορεί να θεωρηθεί μηδενική. Διαφορετικά:

$$Q \text{ sensible} = 1.08 \cdot \text{CFM} \cdot (T_o - T_i)$$

$$Q \text{ latent} = 4840 \cdot \text{CFM} \cdot (W_o - W_i)$$

$$Q \text{ total} = 4.5 \cdot \text{CFM} \cdot (h_o - h_i)$$

Όπου

- CFM = Ροή αέρα από χαραμάδες
- T_o, T_i = Εξωτερική / Εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού
- W_o, W_i = Εξωτερικός / Εσωτερικός λόγος υγρασίας
- h_o, h_i = Ενθαλπία εξωτερικού / εσωτερικού αέρα

4.2.2 Μέθοδος Heat Balance (HB)

Η ακριβής μέθοδος για τον υπολογισμό του φορτίου ψύξης ενός χώρου είναι η χρήση εξισώσεων ισοζυγίου θερμότητας για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας των εσωτερικών επιφανειών της δομής του κτιρίου σε χρόνο t ταυτοχρόνως και κατόπιν για τον υπολογισμό του αισθητού φορτίου ψύξης χώρου, το οποίο είναι ίσο με το άθροισμα της αγωγίμης θερμότητας από αυτές τις επιφάνειες, τα λανθάνοντα φορτία ψύξης και το φορτίο ψύξης λόγω του διηθημένου αέρα κατά το χρόνο t .

Η εκτίμηση του φορτίου ψύξης περιλαμβάνει τον υπολογισμό ενός ισοζυγίου αγωγίμης και ακτινοβολούμενης θερμότητας, επιφάνεια προς επιφάνεια, για όλη τη ζώνη και ένα ισοζύγιο θερμότητας για τον αέρα της ζώνης. Ορισμένοι υπολογισμοί που απαιτούνται από αυτή την αυστηρή προσέγγιση απαιτούν τη χρήση υπολογιστών. Η διαδικασία ισοζυγίου θερμότητας δεν είναι καινούργια. Πολλά προγράμματα υπολογισμών ενέργειας την έχουν χρησιμοποιήσει σε κάποια μορφή για πολλά χρόνια. Η πρώτη εφαρμογή που ενσωμάτωσε όλα τα στοιχεία για να σχηματίσει μια πλήρη μέθοδο ήταν η NBSLD (Kusuda 1967). Η διαδικασία ισοζυγίου θερμότητας εφαρμόζεται επίσης και στα προγράμματα ανάλυσης ενέργειας BLAST και TARP (Walton 1983). Πριν από το ερευνητικό πρόγραμμα ASHRAE RP-875, η μέθοδος δεν είχε ποτέ περιγραφεί πλήρως ή σε μορφή που να ισχύει για τους υπολογισμούς του φορτίου ψύξης.

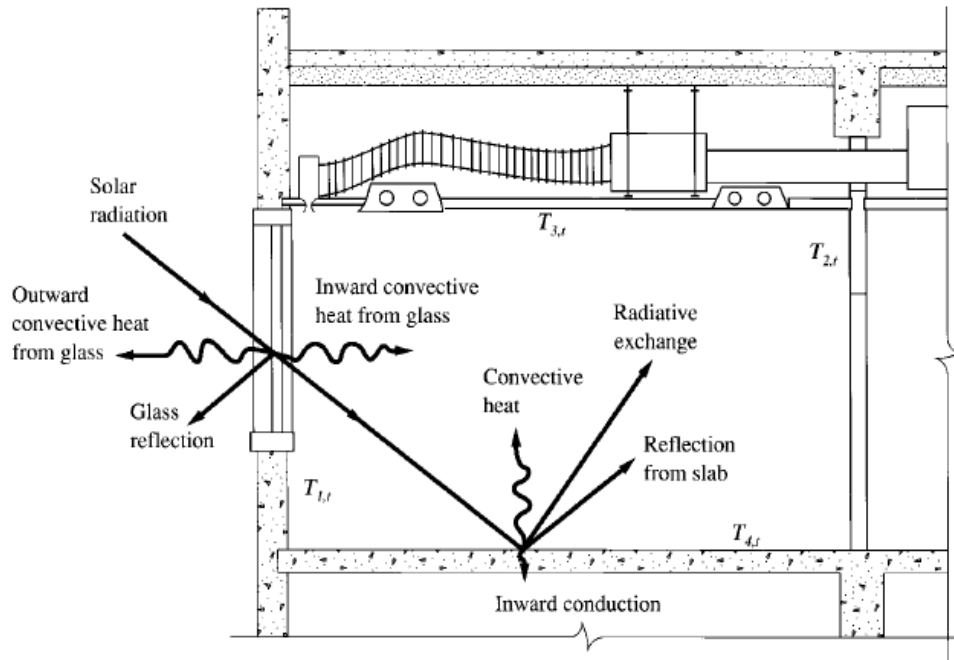
Όλες οι διαδικασίες υπολογισμού περιλαμβάνουν κάποιο είδος μοντέλου. Όλα τα μοντέλα απαιτούν απλουστευμένες υποθέσεις και κατά συνέπεια είναι κατά προσέγγιση. Η πιο θεμελιώδης παραδοχή είναι ότι ο αέρας στη θερμική ζώνη μπορεί να διαμορφωθεί και να αναμιχθεί, δηλαδή η θερμοκρασία είναι ομοιόμορφη σε όλη τη ζώνη. Το ερευνητικό πρόγραμμα ASHRAE RP-664 (Fisher και Pedersen 1997) διαπίστωσε ότι η υπόθεση αυτή ισχύει σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών.

Σε ένα τυπικό κλιματιζόμενο δωμάτιο, όπως αυτό της εικόνας 40, το κέλυφος αποτελείται κυρίως από τοίχους, παράθυρα, οροφή και δάπεδο. Υπάρχει επίσης μεταφορά θερμότητας από τους ανθρώπους, τα ηλεκτρικά φώτα και τον εξοπλισμό. Η μεταφορά θερμότητας μεταξύ διαφόρων επιφανειών λαμβάνει χώρα κάτω από τις ακόλουθες παραδοχές:

- Λαμβάνεται υπόψη μόνο η μονοδιάστατη παροδική ροή θερμότητας μέσω του κελύφους του κτιρίου.
- Ο αέρας του δωματίου αναμιγνύεται τέλεια με τον αέρα τροφοδοσίας έτσι ώστε η προκύπτουσα θερμοκρασία του δωματίου να είναι ομοιόμορφη.
- Τα υλικά του κελύφους του κτιρίου είναι ομοιογενή. Η επιφανειακή θερμοκρασία, ο συντελεστής θερμικής μεταβολής της επιφάνειας και η απορροφητικότητα κάθε επιφάνειας έχουν ομοιόμορφες τιμές. Η αντανάκλαση είναι πολύ μικρή και μπορεί να αγνοηθεί.
- Το φορτίο ψύξης υπολογίζεται με βάση τη μέση τιμή ενός σταθερού χρονικού διαστήματος, όπως 1 ώρα.

Οποιαδήποτε εσωτερική επιφάνεια ενός κλιματιζόμενου δωματίου μπορεί να λάβει θερμότητα λόγω αγωγής στο χρόνο t , που δηλώνεται με q_i, t , Btu / h (W), από το γειτονικό οικοδομικό υλικό. Κάθε εσωτερική επιφάνεια λαμβάνει ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους από τις γυάλινες επιφάνειες των παραθύρων και ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος από άλλες εσωτερικές επιφάνειες, από τα φωτιστικά, τις συσκευές, τον εξοπλισμό και τους ανθρώπους.

Υπάρχει επίσης μεταφορά θερμότητας μεταξύ αυτών των εσωτερικών επιφανειών και του αέρα του δωματίου.

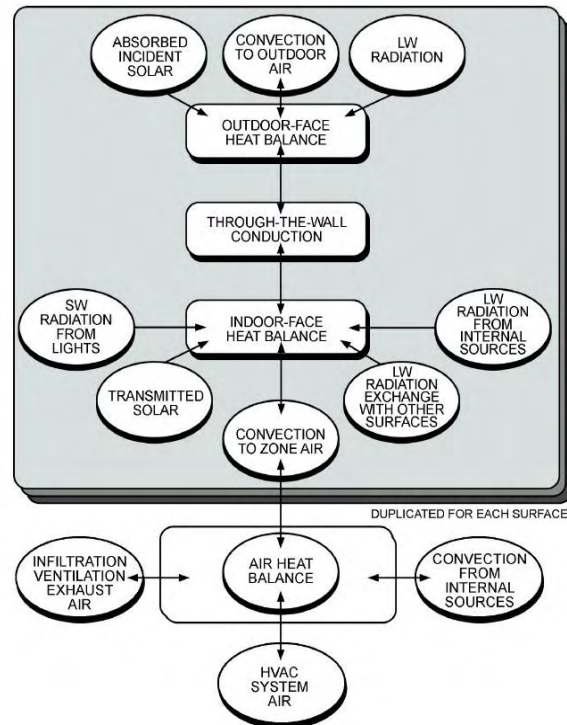


Εικόνα 30: Αγωγή και ακτινοβόλα θερμότητα σε έναν κλιματιζόμενο χώρο και οι θερμοκρασίες των εσωτερικών επιφανειών

Στο πλαίσιο των παραδοχών, η μέθοδος heat balance μπορεί να θεωρηθεί ως τέσσερις ξεχωριστές διαδικασίες:

1. Εξωτερική θερμική ισορροπία
2. Διαδικασία αγωγιμότητας τοιχοποιίας
3. Εσωτερική θερμική ισορροπία
4. Θερμική ισορροπία αέρα

Η εικόνα 41 δείχνει τη σχέση μεταξύ αυτών των διεργασιών για μία απλή αδιαφανή επιφάνεια. Το άνω μέρος του σχήματος, μέσα στο σκιασμένο κουτί, επαναλαμβάνεται για κάθε επιφάνεια που περικλείει τη ζώνη.



Εικόνα 41: Σχηματική διεργασία ζυγοσταθμίσεων στη ζώνη.

Εξιιώσεις μεθοδολογίας Heat Balance

Το αισθητό ισοζύγιο θερμότητας στην *i*-οστή επιφάνεια στον χρόνο *t* μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$q_{i,t} = [h_{ci}(T_{r,t} - T_{i,t}) + \sum_{j=1}^k h_{ij}(T_{j,t} - T_{i,t})]A_i + S_{ir,t} + L_{ir,t} + E_{ir,t} + O_{ir,t}$$

Όπου:

- h_{ci} = συντελεστής μεταφερόμενης θερμότητας *i*-οστής επιφάνειας, Btu/h·ft²·°F (W/m²·°C)
- h_{ij} = συντελεστής ακτινοβολούμενης θερμότητας μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας *i* και *j*, $i \neq j$, Btu/h·ft²·°F (W/m²·°C)
- $T_{r,t}$ = θερμοκρασία δωματίου στον χρόνο *t*, °F (°C)
- $T_{i,t}$ = θερμοκρασία *i*-οστής επιφάνειας στον χρόνο *t*, °F (°C)
- $T_{j,t}$ = θερμοκρασία *j*-οστής επιφάνειας στον χρόνο *t*, °F (°C)
- A_i = εμβαδόν *i*-οστής επιφάνειας, ft² (m²)
- $S_{ir,t}$ = ηλιακή ακτινοβολία που μεταδίδεται μέσω γυάλινης επιφάνειας και απορροφάται από την *i*-οστή επιφάνεια την χρονική στιγμή *t*, Btu/h (W)
- $L_{ir,t}$ = ενέργεια λόγω ακτινοβολίας από τα φώτα που απορροφάται από την *i*-οστή επιφάνεια την χρονική στιγμή *t*, Btu/h (W)
- $E_{ir,t}$ = ενέργεια λόγω ακτινοβολίας από τον εξοπλισμό που απορροφάται από την *i*-οστή επιφάνεια την χρονική στιγμή *t*, Btu/h (W)
- $O_{ir,t}$ = ενέργεια λόγω ακτινοβολίας από τους ανθρώπους που απορροφάται από την *i*-οστή επιφάνεια την χρονική στιγμή *t*, Btu/h (W)

Συνήθως, η θερμοκρασία αέρα του χώρου $T_{r,t}$ θεωρείται σταθερή και η παραπάνω εξίσωση και η εξίσωση της συνάρτησης μεταφοράς μπορούν να λυθούν ταυτόχρονα για να προσδιοριστούν οι θερμοκρασίες εσωτερικών επιφανειών $T_{i,t}$. Στη συνέχεια, το αισθητό φορτίο ψύξης στο χρόνο *t*, που δηλώνεται με $Q_{rs,t}$, Btu / h (W), μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$Q_{rs,t} = \sum_{i=1}^m h_{ci}(T_{i,t} - T_{r,t})A_i + 60\dot{V}_{if,t}\rho c_{pa}(T_{o,t} - T_{r,t}) + S_{c,t} + L_{c,t} + E_{c,t} + O_{c,t}$$

Όπου:

- $V_{if,t}$ = όγκος ροής του αέρα κατά τον χρόνο *t*, cfm [m³/60s]
- ρ = πυκνότητα αέρα, lb/ft³ (kg/m³)
- c_{pa} = ειδική θερμότητα υγρού αέρα, Btu/lb * °F (J/kg * °C)
- $T_{o,t}$ = θερμοκρασία εξωτερικού αέρα στον χρόνο *t*, ° F (° C)

- $S_{c,t}$ = ηλιακή θερμότητα από τα παράθυρα και μεταφέρεται στον αέρα του χώρου κατά τον χρόνο t , Btu / h (W)
- $L_{c,t}$ = αισθητή θερμότητα από τα ηλεκτρικά φώτα και μετατρέπεται σε αέρα δωματίου κατά το χρόνο t , Btu / h (W)
- $E_{c,t}$ = αισθητή θερμότητα από τον εξοπλισμό, μετατρέπεται σε αέρα δωματίου κατά τη χρονική στιγμή t , Btu / h (W)
- $O_{c,t}$ = αισθητή θερμότητα από τους ανθρώπους, μετατρέπεται σε αέρα δωματίου κατά τον χρόνο t , Btu / h (W)

Δεδομένου ότι τα κέρδη λανθάνουσας θερμότητας μετατρέπονται στιγμιαία σε φορτία λανθάνουσας ψύξης, το φορτίο λανθάνουσας ψύξης στο χρόνο t , ή $Q_{rl,t}$, Btu / h (W), μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$Q_{rl,t} = q_{il,t} + 60\dot{V}_{if}\rho(w_{o,t} - w_{r,t})h_{fg} + E_{l,t} + O_{l,t}$$

Όπου:

- $q_{il,t}$ = λανθάνουσα θερμότητα από την i -οστή εσωτερική επιφάνεια που μετατρέπεται σε αέρα δωματίου την χρονική στιγμή t , Btu / h (W)
- $w_{o,t}$ = λόγος υγρασίας αέρα διείσδυσης την χρονική στιγμή t , lb/lb (kg/kg)
- $w_{r,t}$ = λόγος υγρασίας του αέρα δωματίου την χρονική στιγμή t , lb/lb (kg/kg)
- h_{fg} = λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης, Btu / lb (J / kg)
- $E_{l,t}$ = λανθάνουσα θερμότητα από τον εξοπλισμό κατά τη χρονική στιγμή t , Btu / h (W)
- $O_{l,t}$ = λανθάνουσα θερμότητα από τους ανθρώπους τη χρονική στιγμή t , Btu / h (W)

Το φορτίο ψύξης χώρου στο χρόνο t , που δηλώνεται με $Q_{rc,t}$, Btu / h (W), είναι:

$$Q_{rc,t} = q_{rs,t} + q_{rl,t}$$

Ισοζύγιο του κλιματιζόμενου αέρα

Ο κλιματιζόμενος αέρας του δωματίου της εικόνας τροφοδοτείται από την οροφή και στην συνέχεια αναμιγνύεται με τον αέρα του χώρου. Το προκύπτον μίγμα απορροφά την αισθητή θερμότητα και την λανθάνουσα θερμότητα από διάφορες επιφάνειες. Το ισοζύγιο αισθητής θερμότητας του χώρου μπορεί να εκφραστεί ως:

$$60\dot{V}_{s,t}\rho_s c_{pa}(T_{r,t} - T_{s,t}) = \sum_{i=1}^m h_{ci} A_i (T_{i,t} - T_{r,t}) + 60\dot{V}_{if,t}\rho c_{pa}(T_{o,t} - T_{r,t}) + S_{c,t} + L_{c,t} + E_{c,t} + O_{c,t}$$

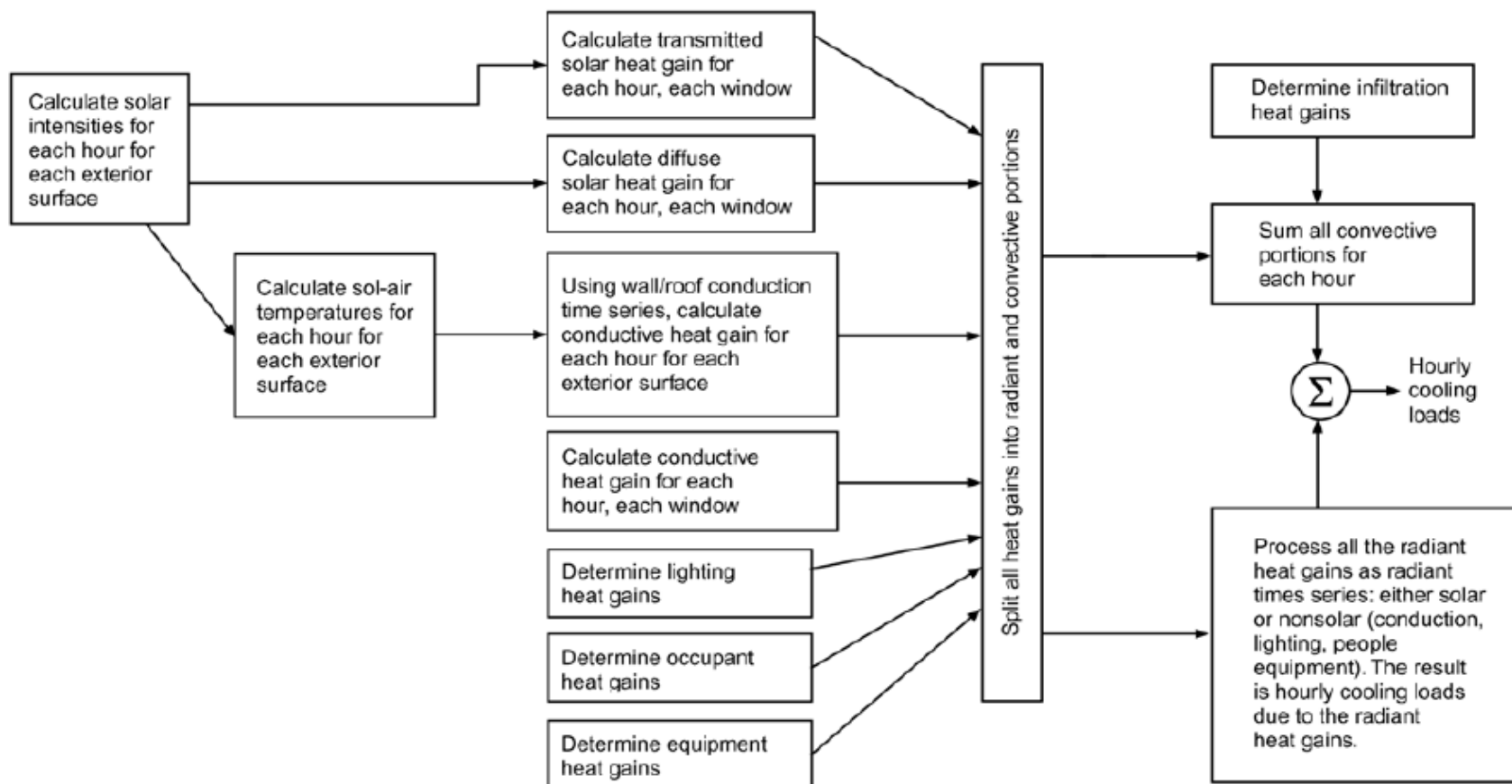
Όπου :

- $V_{s,t}$ = Ο ρυθμός παροχής αέρα στον χρόνο t
- $\rho_{s,t}$ = η πυκνότητα παροχής αέρα στον χρόνο t
- $T_{s,t}$ = θερμοκρασία αέρα παροχής στον χρόνο t

4.2.3 Μέθοδος Radiant Time Series (RTS)

Η μέθοδος RTS είναι μια απλοποιημένη μέθοδος για τον υπολογισμό του φορτίου ψύξης και προκύπτει από τη μέθοδο ισοζυγίου θερμότητας (Heat Balance). Αναπτύχθηκε για να προσφέρει μια μέθοδο που είναι αυστηρή, αλλά δεν απαιτεί επαναληπτικούς υπολογισμούς, και που ποσοτικοποιεί τη συμβολή κάθε συστατικού στο συνολικό φορτίο ψύξης. Επιπλέον, ο χρήστης είναι σε θέση να επιθεωρεί και να συγκρίνει τους συντελεστές για διαφορετικούς τύπους κατασκευής και να απεικονίζει τη σχετική τους επίδραση στο αποτέλεσμα. Η παρακάτω εικόνα δίνει μια γενική εικόνα της μεθόδου RTS. Σημαντικές περιοχές που διαφέρουν από άλλες απλοποιημένες μεθόδους είναι:

- Υπολογισμός του αγωγίμου κέρδους θερμότητας.
- Διαχωρισμός όλων των θερμικών κερδών σε ακτινοβόλα και αγωγή τμήματα.
- Μετατροπή των ακτινοβολούμενων θερμικών κερδών σε φορτία ψύξης.



Εικόνα 42: Μέθοδος RTS

RTS Διαδικασία Υπολογισμών

Η γενική διαδικασία για τον υπολογισμό του φορτίου ψύξης για κάθε συνιστώσα που συμβάλλει στο φορτίο (φώτα, άνθρωποι, τοίχοι, στέγες, παράθυρα, συσκευές κλπ.) με το RTS έχει ως εξής:

1. Υπολογισμός του προφίλ των θερμικών κερδών για την ημέρα σχεδιασμού.
2. Διαχωρισμός των θερμικών κερδών σε θερμικά κέρδη λόγω ακτινοβολίας και λόγω θερμοαγωγής.
3. Εφαρμογή της κατάλληλης χρονικής ακολουθίας ακτινοβολίας στο ακτινοβολών κομμάτι των θερμικών κερδών. Συνυπολογίζουμε έτσι, την χρονική καθυστέρηση της μετατροπής σε ψυκτικά φορτία.
4. Προσθέτουμε το μεταγωγικό και το χρονικά μετατοπισμένο (καθυστερημένο) ακτινοβολών κομμάτι των θερμικών κερδών ώστε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο για κάθε ώρα και για κάθε ένα από τα συνιστάμενα ψυκτικά φορτία.

Πιο αναλυτικά για κάθε ένα από τα παραπάνω βήματα έχουμε (πηγή υπολογισμών ADAPT/FCALC-Win «Τεύχος υπολογισμών»):

❖ Υπολογισμός θερμικού κέρδους για δομικά στοιχεία.

Το ποσό της θερμότητας λόγω αγωγιμότητας είναι:

$$q_{i,\theta-n} = U \cdot A \cdot (t_{e,\theta-n} - t_{rc})$$

Όπου:

- $q_{i,\theta-n}$ = Θερμότητα λόγω αγωγιμότητας για την επιφάνεια n ώρες νωρίτερα.
- U = Συντελεστής θερμοπερατότητας επιφάνειας.
- A = Εμβαδόν επιφάνειας.
- $t_{e,\theta-n}$ = Ηλιακή θερμοκρασία αέρα n ώρες νωρίτερα.
- t_{rc} = Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία δωματίου.

Ο υπολογισμός των θερμικών κερδών λόγω αγωγιμότητας και για κάθε ώρα γίνεται με την χρήση της χρονικής ακολουθίας αγωγιμότητας στα παραπάνω υπολογισμένα ποσά θερμότητας για τις προηγούμενες 23 ώρες:

$$q_{\theta} = c_0 q_{i,\theta} + c_1 q_{i,\theta-1} + c_2 q_{i,\theta-2} + c_3 q_{i,\theta-3} + \dots + c_{23} q_{i,\theta-23}$$

Όπου:

- q_{θ} = Ωριαίο θερμικό κέρδος επιφάνειας.
- $q_{i,\theta}$ = Θερμότητα λόγω αγωγιμότητας για την ώρα υπολογισμού.
- $q_{i,\theta-n}$ = Θερμότητα λόγω αγωγιμότητας για την επιφάνεια n ώρες νωρίτερα.

- c_0, c_1 , κτλ: Συντελεστές ακολουθίας αγωγιμότητας.

❖ **Υπολογισμός θερμικού κέρδους για ανοίγματα.**

Το θερμικό κέρδος των ανοιγμάτων υπολογίζεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$q_{b,i} = A \cdot E_D \cdot SHGC(\theta)$$

$$q_{d,i} = A \cdot (E_d - E_r) \cdot \langle SHGC \rangle_D$$

$$q_{c,i} = A \cdot U \cdot (t_{out} - t_{in})$$

Όπου:

- $q_{b,i}$ = το θερμικό κέρδος λόγω άμεσης ακτινοβολίας.
- A = Εμβαδόν επιφάνειας ανοίγματος
- E_D = Άμεση επιφανειακή ακτινοβολία
- $SHGC(\theta)$ = Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους

- $q_{d,i}$ = θερμικό κέρδος λόγω διάχυσης.
- A = Εμβαδόν επιφάνειας ανοίγματος
- E_d = Ακτινοβολία διάχυσης
- E_r = Ακτινοβολία αντανάκλασης εδάφους
- $\langle SHGC \rangle_D$ = Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους έμμεσης ακτινοβολίας

- $q_{c,i}$ = το θερμικό κέρδος λόγω αγωγιμότητας.
- A = Εμβαδόν επιφάνειας ανοίγματος
- U = Συντελεστής θερμοπερατότητας επιφάνειας
- t_{out} = Εξωτερική θερμοκρασία
- t_{in} = Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία

Σε περίπτωση ύπαρξης εσωτερικής σκίασης, τα τρία παραπάνω μέρη αθροίζονται και μεταχειρίζονται στα επόμενα βήματα ως μία ποσότητα.

❖ **Υπολογισμός υπολοίπων εσωτερικών θερμικών κερδών.**

• **Θερμικά κέρδη λόγω φωτισμού**

Τα θερμικά κέρδη λόγω φωτισμού υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$Q_{\text{tot}} = Q_{c,\theta} + Q_{r,\theta} = (q_{t,\theta} \times C_p) + R_p \times (r_0 \times q_{r,\theta} + r_1 \times q_{r,\theta-1} + \dots + r_{23} \times q_{r,\theta-23})$$

Όπου:

- $q_{t,\theta} = q_\theta \times L_c \times H_{c,\theta}$
- $q_{r,\theta} = q_{t,\theta} \times R_p$
- $q_\theta =$ Φορτίο φωτισμού ανά ώρα θ
- $L_c =$ Συντελεστής φωτισμού
- $H_{c,\theta} =$ Ετεροχρονισμός ανά ώρα θ
- $R_p, C_p =$ Ποσοστό ακτινοβολών και μεταγωγικών θερμικών κερδών.
- $r_0, r_1, \dots =$ Συντελεστές ακολουθίας ακτινοβολίας

• **Θερμικά κέρδη λόγω ανθρώπων**

Τα θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους διακρίνονται σε αισθητά και λανθάνοντα. Η σχέση υπολογισμού του αισθητού μέρους είναι:

$$q_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_{ji}$$

Όπου:

- $q_{ai} =$ Το αισθητό θερμικό κέρδος από τα άτομα την ώρα i
- $j =$ Ο τύπος βαθμού ενεργητικότητας των ατόμων σύμφωνα με τον πίνακα της Ashrae
- $F_{aj} =$ Το αισθητό φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j που εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου
- $N_{ji} =$ Ο αριθμός των ατόμων βαθμού ενεργητικότητας j που βρίσκονται στο χώρο κατά την ώρα i

- **Θερμικά κέρδη λόγω συσκευών**

Όπως τα θερμικά κέρδη από τα άτομα έτσι και στις συσκευές διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Η σχέση υπολογισμού του αισθητού μέρους είναι:

$$q_a = \left(\sum_{j=1}^k F_{a_j} \times N_j \right) + q_1$$

Όπου:

- q_a = Το συνολικό αισθητό θερμικό κέρδος από συσκευές
- j = Ο τύπος της συσκευής σύμφωνα με την ASHRAE
- F_{a_j} = Το αισθητό φορτίο μιας συσκευής τύπου j
- N_j = Ο αριθμός των συσκευών τύπου j που λειτουργούν στο χώρο
- q_1 = Συνολικό αισθητό θερμικό κέρδος από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

- **Θερμικά κέρδη λόγω χαραμάδων**

Τα θερμικά αυτά κέρδη λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν δεν υπάρχουν στο χώρο εναλλαγές αέρα από κλιματιστικές συσκευές και υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$q_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \times a_j \times b \right) \times D_{t_i}$$

Όπου:

- q_i = Το συνολικό θερμικό κέρδος από χαραμάδες την ώρα i
- P_j = Η περίμετρος του ανοίγματος j
- n = Ο αριθμός των ανοιγμάτων
- a_j = Ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα για το άνοιγμα j . Εξαρτάται από τον τύπο του ανοίγματος
- b = Συντελεστής που εξαρτάται από την έκθεση του κτιρίου σε ανέμους, το λόγο της επιφάνειας των εξωτερικών ανοιγμάτων προς την επιφάνεια των εσωτερικών ανοιγμάτων και τη θέση του ανοιγμάτων. Η τιμή του κυμαίνεται από 0.24 έως 1.6
- D_{t_i} = Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

- **Θερμικά κέρδη λόγω αερισμού**

Ο υπολογισμός αυτός αφορά την εισαγωγή εξωτερικού αέρα για αερισμό των κλιματιζόμενων χώρων. Το φορτίο του αερισμού διακρίνεται σε αισθητό και σε λανθάνον, και υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$q_{a_i} = 0.29 \times V \times n \times D_{t_i}$$

Όπου:

- q_{a_i} = Το αισθητό θερμικό κέρδος αερισμού την ώρα i
- V = Ο όγκος του χώρου
- n = Ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα
- D_{t_i} = Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

- ❖ **Χωρισμός θερμικών κερδών σε ακτινοβολών και μεταγωγικό κομμάτι.**

Τα θερμικά κέρδη του προηγούμενου βήματος χωρίζονται σε δύο μέρη, το ακτινοβολών και το μεταγωγικό κομμάτι. Ο διαχωρισμός γίνεται με χρήση του ενδεικτικού πίνακα της ASHRAE που ένα μέρος του παρουσιάζεται παρακάτω:

Ακτινοβολών (%) R_p	Μεταγωγικό C_p (%)	
100	0	Εκπεμπόμενη ηλιακή ενέργεια χωρίς εσωτερική σκίαση
63	37	Ανοίγματα με εσωτερική σκίαση
63	37	Απορροφημένη ηλιακή ενέργεια (από εξωτερική σκίαση)
0	100	Προσαγωγή και απόρριψη αέρα
56	44	Άτομα καθισμένα σε θέατρο. Πολύ ελαφρά εργασία
52	48	Εργασία γραφείου, όρθιοι, ελαφρά εργασία, περπάτημα.
88	12	Υπολογιστής
63	37	Οθόνη
78	22	Αντιγραφικό

Πίνακας 7: Χωρισμός θερμικών κερδών σε ακτινοβολών και μεταγωγικό κομμάτι.

- ❖ **Εφαρμογή συντελεστών ακολουθίας ακτινοβολίας**

Η μέθοδος RTS μετατρέπει το ακτινοβολών κομμάτι των θερμικών κερδών σε ψυκτικό φορτίο χρησιμοποιώντας τους συντελεστές ακολουθίας ακτινοβολίας. Έτσι, το ψυκτικό φορτίο που οφείλεται στην ακτινοβολία είναι:

$$Q_{r,\theta} = r_0 q_{r,\theta} + r_1 q_{r,\theta-1} + r_2 q_{r,\theta-2} + r_3 q_{r,\theta-3} + \dots + r_{23} q_{r,\theta-23}$$

Όπου:

- $Q_{r,\theta}$ = Ψυκτικό φορτίο ακτινοβολίας (Q_r) για την τρέχουσα ώρα.
- $q_{r,\theta}$ = Θερμικό κέρδος ακτινοβολίας για την τρέχουσα ώρα.
- $q_{r,\theta-n}$ = Θερμικό κέρδος ακτινοβολίας για n ώρες νωρίτερα.
- t_0, t_1, \dots = Συντελεστές ακολουθίας ακτινοβολίας.

4.4 Φορτία Θέρμανσης

Βασικές αρχές

Το φορτίο θέρμανσης είναι η μέγιστη θερμική ενέργεια που θα χρειαστεί να παραδοθεί στον θερμαινόμενο χώρο σε χειμερινές συνθήκες για να διατηρηθούν οι εσωτερικές συνθήκες ανέσεως. Το μέγιστο φορτίο θέρμανσης συνήθως συμβαίνει πριν από την ανατολή τις ψυχρότερες ημέρες. Ακολουθούν οι βασικές αρχές υπολογισμού του φορτίου θέρμανσης που είναι διαφορετικές από αυτές για τον υπολογισμό του φορτίου ψύξης:

- Όλες οι απώλειες θέρμανσης είναι στιγμιαία φορτία θέρμανσης. Η επίδραση της αποθηκευμένης θερμότητας στη δομή του κτιρίου αγνοείται.
- Τα κέρδη από την ηλιακή θερμότητα και τα εσωτερικά φορτία συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη εκτός από τα εσωτερικά φορτία Q_{in} , Btu / h (W), που απελευθερώνουν συνεχώς θερμότητα στον κλιματιζόμενο χώρο κατά τη διάρκεια της περιόδου λειτουργίας σε ολόκληρη την περίοδο θέρμανσης.
- Μόνο η λανθάνουσα θερμότητα Q_l , Btu / h (W), που απαιτείται για την εξάτμιση του νερού για τη διατήρηση της απαιτούμενης υγρασίας, θεωρείται φορτίο θέρμανσης.

Για ένα σύστημα θέρμανσης που λειτουργεί συνεχώς, το φορτίο θέρμανσης Q_{rh} , Btu / h (W), μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$Q_{rh} = Q_{tran} + Q_{if,s} + Q_l + Q_{mat} - Q_{in}$$

Όπου:

- Q_{tran} = απώλεια μετάδοσης, Btu / h (W)
- $Q_{if,s}$ = αισθητή απώλεια θερμότητας από τον διεισδυμένο αέρα, Btu / h (W)
- Q_{mat} = προστιθέμενη θερμότητα για την είσοδο ψυχρότερου μέσου, Btu / h (W)

➤ Απώλεια μετάδοσης

Η απώλεια μετάδοσης Q_{tran} , Btu / h (W), είναι το άθροισμα των θερμικών απωλειών από τον κλιματιζόμενο χώρο μέσω των εξωτερικών τοίχων, της οροφής, του δαπέδου και του διαφανών επιφανειών. Αν ο υπολογισμός απλουστευθεί, σε σταθερή ροή θερμότητας έχουμε:

$$Q_{\text{tran}} = \Sigma \cdot A \cdot U \cdot (Tr - To)$$

Όπου

- A = επιφάνεια τοίχων, οροφής, δαπέδου ή διαφανών επιφανειών, ft² (m²)
- U = συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχων, οροφής, δαπέδου ή διαφανών επιφανειών, Btu/h · ft² · °F (W/m² · °C)

➤ Παρακείμενοι μη θερμαινόμενοι χώροι

Η απώλεια θερμότητας από τον παρακείμενο μη θερμαινόμενο χώρο Q_{un} , Btu / h (W) θεωρείται συνήθως ότι εξισορροπείται από τη μεταφορά θερμότητας από τον μη θερμαινόμενο χώρο στον εξωτερικό αέρα, και αυτό μπορεί να υπολογιστεί περίπου με τον ακόλουθο τύπο:

$$Q_{\text{un}} = \sum_{i=1}^n A_i U_i (T_r - T_{\text{un}}) = (\sum_{j=1}^m A_j U_j + \dot{V}_{\text{inf}} \rho_o c_{pa}) (T_{\text{un}} - T_o)$$

Όπου

- A_i, U_i = η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας των διαχωρισμάτων μεταξύ θερμαινόμενου χώρου και μη θερμαινόμενου χώρου, ft² (m²) και Btu / h · ft² · °F, (W / m² · °C)
- A_j, U_j = η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου που εκτίθενται σε εξωτερικό αέρα στον μη θερμαινόμενο χώρο, ft² (m²) και Btu / h · ft² · °F (W / m² · °C)

Η θερμοκρασία του μη θερμαινόμενου χώρου μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$T_{\text{un}} = \sum_{i=1}^n A_i U_i T_r + \frac{(60 \dot{V}_{\text{inf}} \rho_o c_{pa} + \sum_{j=1}^m A_j U_j) T_o}{\sum_{i=1}^n A_i U_i + 60 \dot{V}_{\text{inf}} \rho_o c_{pa} + \sum_{j=1}^m A_j U_j}$$

➤ Λανθάνουσα απώλεια θερμότητας και απώλεια θερμότητας από προϊόντα

Στην παραπάνω εξίσωση η ποσότητα Q_l αντιπροσωπεύει την απαιτούμενη θερμότητα για την εκτόνωση του υγρού νερού έτσι ώστε να αυξηθεί η σχετική υγρασία του αέρα του χώρου ή για την διατήρηση ενός συγκεκριμένου επιπέδου υγρασίας στον χώρο.

$$Q_l = \dot{m}_w h_{fg,57} = [60V_{oinf}\rho_o(w_r - w_o) - \dot{m}_p]h_{fg,57}$$

Όπου:

- m_w = η ροή μάζας του νερού που εξατμίστηκε, lb/h (kg/s)
- V_{oinf} = όγκος ροής εξωτερικού αέρα εξαερισμού και αέρα διείσδυσης, cfm [$m^3 / (60 \text{ s})$]
- m_p = η ροή μάζας νερού που εξατμίζεται από τον ελάχιστο αριθμό ανθρώπων που παραμένουν πάντα σε κλιματιζόμενο χώρο όταν λειτουργεί σύστημα θέρμανσης, lb/h (kg / s)

Για εργοστάσια, η θερμότητα που προστίθεται στα προϊόντα ή τα υλικά που εισέρχονται στον θερμαινόμενο χώρο εντός της κατειλημμένης περιόδου Q_{mat} , Btu / h (W), πρέπει να θεωρείται μέρος του φορτίου θέρμανσης και μπορεί να υπολογιστεί ως

$$Q_{mat} = \dot{m}_{mat}c_{pm}(T_r - T_o)$$

Όπου:

- m_{mat} = ρυθμός ροής μάζας ψυχρών υλικών που εισέρχονται στον θερμαινόμενο χώρο.
- C_{pm} = ειδική θερμότητα προϊόντος ή υλικού.

➤ Διείσδυση εξωτερικού αέρα

Η διείσδυση αέρα από χαραμάδες μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι 0,15 έως 0,4 εναλλαγές αέρα ανά ώρα στις συνθήκες χειμερινής σχεδίασης μόνο όταν (1) το εξωτερικό παράθυρο δεν είναι καλά σφραγισμένο και (2) υπάρχει μεγάλη ταχύτητα ανέμου. Όσοι περισσότεροι τοίχοι έχουν παράθυρα σε ένα δωμάτιο, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η διείσδυση εξωτερικού αέρα.

Μόλις καθοριστεί ο ρυθμός ροής όγκου διεισδυμένου αέρα V_{inf} (m^3 / min), η αισθητή απώλεια θερμότητας από την διείσδυση $Q_{inf,s}$, Btu / h (W), μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$Q_{inf,s} = V_{inf}\rho_o c_{pa}(T_r - T_o)$$

5. Μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών η/υ με το λογισμικό fineGreen της 4M

Το λογισμικό FineGREEN που χρησιμοποιήθηκε για την ενεργειακή μελέτη του νέου κτιρίου της πολυτεχνικής σχολής ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, ενσωματώνει το πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης EnergyPlus γι' αυτό κρίνεται αναγκαία μία συνοπτική αναφορά στο EnergyPlus προτού αναλυθεί το FineGREEN και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

5.1 Το EnergyPlus

Το EnergyPlus είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης των θερμικών φορτίων. Με βάση τα χαρακτηριστικά της φυσικής κατασκευής του κτιρίου και των συναφών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, το EnergyPlus υπολογίζει τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που είναι απαραίτητα για την διατήρηση και τον έλεγχο των σημείων ρύθμισης (thermal control setpoints) και των συνθηκών που επικρατούν στα συστήματα HVAC και την κατανάλωση ενέργειας του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων καθώς και πολλές άλλες λεπτομέρειες για να εξακριβωθεί ότι η προσομοίωση εκτελείται όπως θα συμπεριφερόταν το πραγματικό κτίριο. Ακολουθεί μία λίστα με μερικά από τα χαρακτηριστικά του EnergyPlus η οποία αποσκοπεί να δώσει μια ιδέα της αυστηρότητας και της δυνατότητας εφαρμογής του EnergyPlus σε διάφορες καταστάσεις προσομοίωσης.

- Ενοποιημένη, ταυτόχρονη λύση όπου η απόκριση του κτιρίου, τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα συστήματα είναι στενά συζευγμένα (όταν είναι απαραίτητο πραγματοποιείται επανάληψη της προσομοίωσης).
- Ωριαία χρονικά βήματα προσομοίωσης καθορισμένα από τον χρήστη για την αλληλεπίδραση των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος, μεταβλητά χρονικά βήματα για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC (μεταβάλλεται αυτόματα για να εξασφαλίζεται η σταθερότητα της λύσης).
- Αρχεία εισόδου και εξόδου των καιρικών συνθηκών που περιέχουν ωριαίες ή υπο-ωριαίες περιβαλλοντικές συνθήκες, και αναφορές που ορίζονται από τον χρήστη.
- Τεχνική λύση βασισμένη στην θερμική ισορροπία για τα θερμικά φορτία του κτιρίου, που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό διαφόρων επιδράσεων όπως της ηλιακής ακτινοβολίας τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά σε κάθε χρονικό βήμα.
- Μεταβατική αγωγιμότητα θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων του κτιρίου όπως τοίχοι, στέγες, δάπεδα κλπ.
- Βελτιωμένη μοντελοποίηση της μεταφοράς της θερμότητας προς το έδαφος μέσω τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους πεπερασμένων διαφορών και απλουστευμένων τεχνικών αναλύσεων.
- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που αντιπροσωπεύει την απορρόφηση/εκρόφηση υγρασίας.
- Μοντέλα θερμικής άνεσης που βασίζονται στη δραστηριότητα, στην υγρασία κλπ.

- Ανισοτροπικό μοντέλο ουρανού για βελτιωμένο υπολογισμό διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες.
- Προηγμένος σχεδιασμός παραθύρων, συμπεριλαμβανομένων ελεγχόμενων περσίδων παραθύρων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων, θερμική ισορροπία στρώματος-στρώματος που επιτρέπει τη σωστή εκχώρηση της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τα παράθυρα και μια βιβλιοθήκη ποικίλων διαθέσιμων παραθύρων.
- Έλεγχος φωτισμού ημέρας συμπεριλαμβανομένων υπολογισμών φωτισμού εσωτερικού χώρου, προσομοίωση και έλεγχος φωτισμού, χειριστήρια ελέγχου φωτιστικών και επίδραση του τεχνητού φωτισμού στη θέρμανση και την ψύξη.
- Δυνατότητα ρύθμισης των συστημάτων HVAC που επιτρέπουν στους χρήστες να διαμορφώνουν τα συστήματα όπως επιθυμούν χωρίς να ανασυνθέτουν τον πηγαίο κώδικα του προγράμματος.
- Υπολογισμοί ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προβλέπουν την παραγωγή CO₂, SO_x, NO_x, CO, σωματιδίων και υδρογονανθράκων τόσο για επιτόπου όσο και για εξ αποστάσεως μετατροπή ενέργειας.
- Σύνδεση με άλλα δημοφιλή περιβάλλοντα προσομοίωσης / εξαρτήματα όπως το WINDOW5, το WINDOW6 και το DELight για πιο λεπτομερή ανάλυση των κατασκευαστικών στοιχείων.

5.2 Λογισμικό υπολογισμού FineGREEN της 4M

Για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό FineGREEN της εταιρείας 4M. Το FineGREEN είναι ένα περιβάλλον προσομοίωσης BIM (building information modelling) που συνδυάζει την δύναμη της μοντελοποίησης ενός κτιρίου και την φιλική διεπαφή χρήστη, με την αξιοπιστία και την ακρίβεια του EnergyPlus. Το FineGREEN ενσωματώνει την πιο πρόσφατη έκδοση του EnergyPlus και επιτρέπει τον προσδιορισμό των ενεργειακά αποδοτικότερων λύσεων σχεδιασμού κτιρίων από την αρχική αρχιτεκτονική ιδέα έως τα συστήματα HVAC και την ολοκλήρωση του έργου.

Το FineGREEN παράγει τα δεδομένα εισόδου για το EnergyPlus όσον αφορά α) το κέλυφος του κτιρίου (παράμετροι γεωμετρίας των στοιχείων του κτιρίου, θέση κτιρίου και προσανατολισμός, μοντέλο σκίασης που ενημερώνεται αυτόματα από τα γειτονικά κτίρια και άλλα υπαίθρια αντικείμενα) και β) όλα τα απαραίτητα συμπληρωματικά δεδομένα (κλιματικές συνθήκες, παράμετροι των συστημάτων HVAC, χρονοδιαγράμματα λειτουργίας, παράμετροι που αφορούν τις ζώνες του κτιρίου όπως για παράδειγμα η πυκνότητα των χρηστών ενός κτιρίου).

Η υψηλή αποδοτικότητα του FineGREEN οφείλεται στο έξυπνο 3D μοντέλο προσομοίωσης κτιρίου το οποίο αποτελείται από έξυπνες δομικές μονάδες με δικές τους ιδιότητες (τιμές U, τύποι που ακολουθούν το πρότυπο της ASHRAE). Σε αυτό το 3D μοντέλο BIM, ο χρήστης μπορεί εύκολα να ορίσει τις ιδιότητες του υπο μελέτη κτιρίου όπως για παράδειγμα τον οπτικό ορισμό των ζωνών του κτιρίου, τους μή κλιματιζόμενους χώρους, την σκίαση από παρακείμενα κτίρια κλπ. Το FineGREEN δίνει την δυνατότητα στον σχεδιαστή να

μελετήσει πολλές εναλλακτικές λύσεις και σενάρια λειτουργίας έτσι ώστε να οδηγηθεί στην βέλτιστη λύση για κάθε τύπο κατασκευής και να εντοπίσει τις πιο ενδιαφέρουσες εναλλακτικές λύσεις για κτίρια που χρήζουν ανακαίνισης.

Το FineGREEN ενσωματώνει το EnergyPlus μέσα σε ένα άψογα ολοκληρωμένο περιβάλλον BIM. Χρησιμοποιεί δείκτες απόδοσης και κατανάλωσης που υπολογίζονται με ακρίβεια για σενάρια εναλλακτικού σχεδιασμού και επιτρέπει την εξαγωγή αποτελεσμάτων για την ετήσια κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο σε πραγματικό χρόνο μαζί με το κόστος καθώς και άλλα αναλυτικά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης οργανώνονται σε λεπτομερείς πίνακες αποτελεσμάτων, διαγράμματα και γραφικές παραστάσεις προκειμένου να γίνει εύκολα η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και των εναλλακτικών λύσεων.

Τέλος το λογισμικό περιέχει ποικίλλες βιβλιοθήκες συμπεριλαμβανομένων δομικών στοιχείων, κατασκευαστικών υλικών, κλιματικών δεδομένων, εξοπλισμό συστημάτων HVAC και φωτισμού καθώς και διάφορα χρονοδιαγράμματα και προφίλ λειτουργίας.

5.3 Τεχνική περιγραφή κτιρίου HMMY

Το νέο κτίριο της πολυτεχνικής σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ πρόκειται να ανεγερθεί σε οικόπεδο επιφάνειας 4.918 τ.μ., το ίδιο θα καταλαμβάνει επιφάνεια 3.930 τ.μ. και θα επιμερίζεται σε δύο επιμήκεις όγκους διατεταγμένους παράλληλα και με προσανατολισμό προς τη μεσημβρία [15]. Το βόρειο τμήμα θα στεγάσει τους εκπαιδευτικούς χώρους ενώ τα γραφεία των καθηγητών θα στεγαστούν στο νότιο τμήμα, ενδιάμεσα θα υπάρχει ψηλός κοινόχρηστος ημιυπαίθριος χώρος.

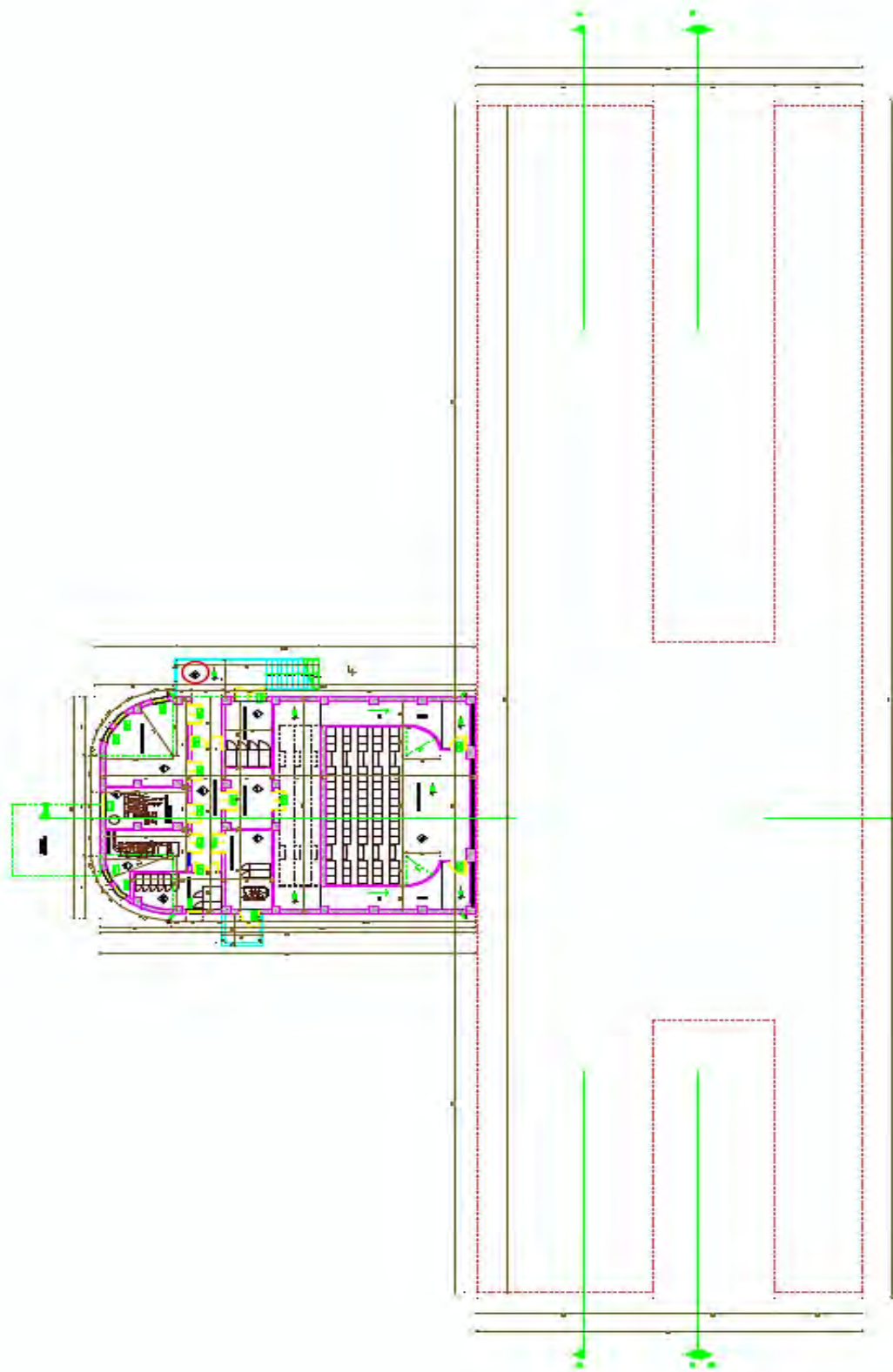
Στην εγκάρσια τομή του κτιρίου αναδεικνύονται η βιοκλιματική του λειτουργία, ο φυσικός φωτισμός, ο ηλιασμός, η φυσική θέρμανση και ο δροσισμός με τον τρόπο που επιτυγχάνεται με τις ροές φυσικού αέρα, οριζόντια και κατακόρυφα [15]. Η κατασκευή είναι συμβατική από σπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία πληρώσεως, ενώ το κεντρικό τμήμα είναι μεταλλική κατασκευή. Προκατασκευασμένα πάνελα από μπετόν ντύνουν την μεσημβρινή όψη για ηλιοπροστασία της επιφάνειας όψης [15].

Στο ισόγειο του κτιρίου θα στεγαστούν οι χώροι της γραμματείας, τρία αμφιθέατρα, μία αίθουσα διδασκαλίας, η πηλωτή και φουαγιέ με φύτευση. Στον πρώτο όροφο του κτιρίου θα στεγαστούν δύο αμφιθέατρα, δύο εργαστήρια η/υ και φουαγιέ. Ο δεύτερος όροφος θα αποτελείται από δύο αίθουσες διδασκαλίας, δύο εξειδικευμένα εργαστήρια, γραφείο τεχνικής υποστήριξης, δεκαέξι γραφεία καθηγητών και φουαγιέ. Τέλος ο τρίτος όροφος θα στεγάσει δεκαοκτώ γραφεία καθηγητών και ομοίως με τους προηγούμενους ορόφους φουαγιέ και υπαίθριο καθιστικό/δώμα.

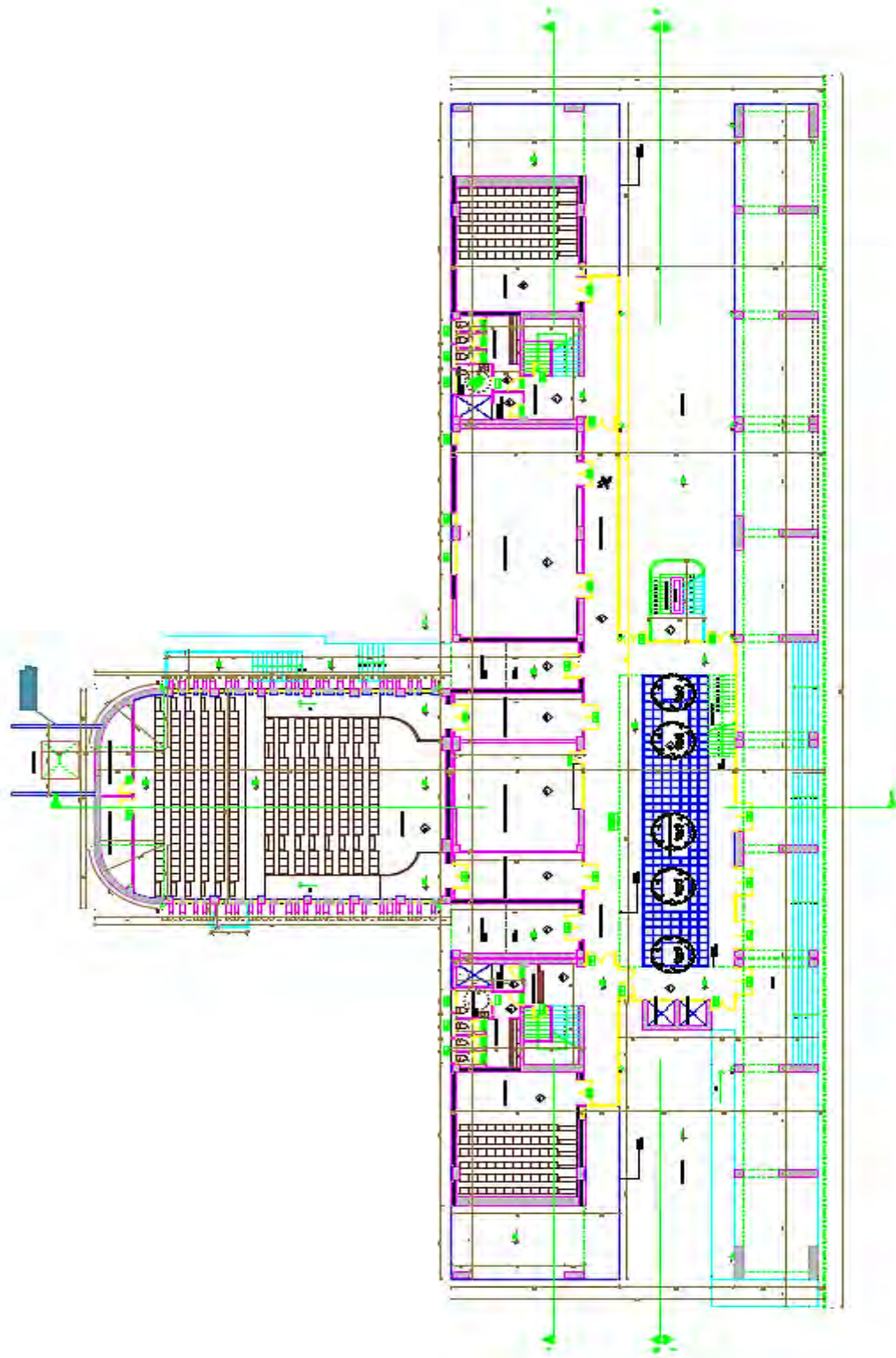
Όλοι οι χώροι που προαναφέρθηκαν θα θεωρηθούν θερμαινόμενοι, πλήν των φουαγιέ, των ημιυπαίθριων χώρων, των κλιμακοστασίων και του μηχανοστασίου, του λεβητοστασίου, του χώρου στάθμευσης και των λοιπών χώρων που βρίσκονται στο βόρειο μισό του υπογείου. Το

ωράριο λειτουργίας του κτιρίου θα διαφοροποιείται ως προς τις χρήσεις του. Το κτίριο βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017 ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.

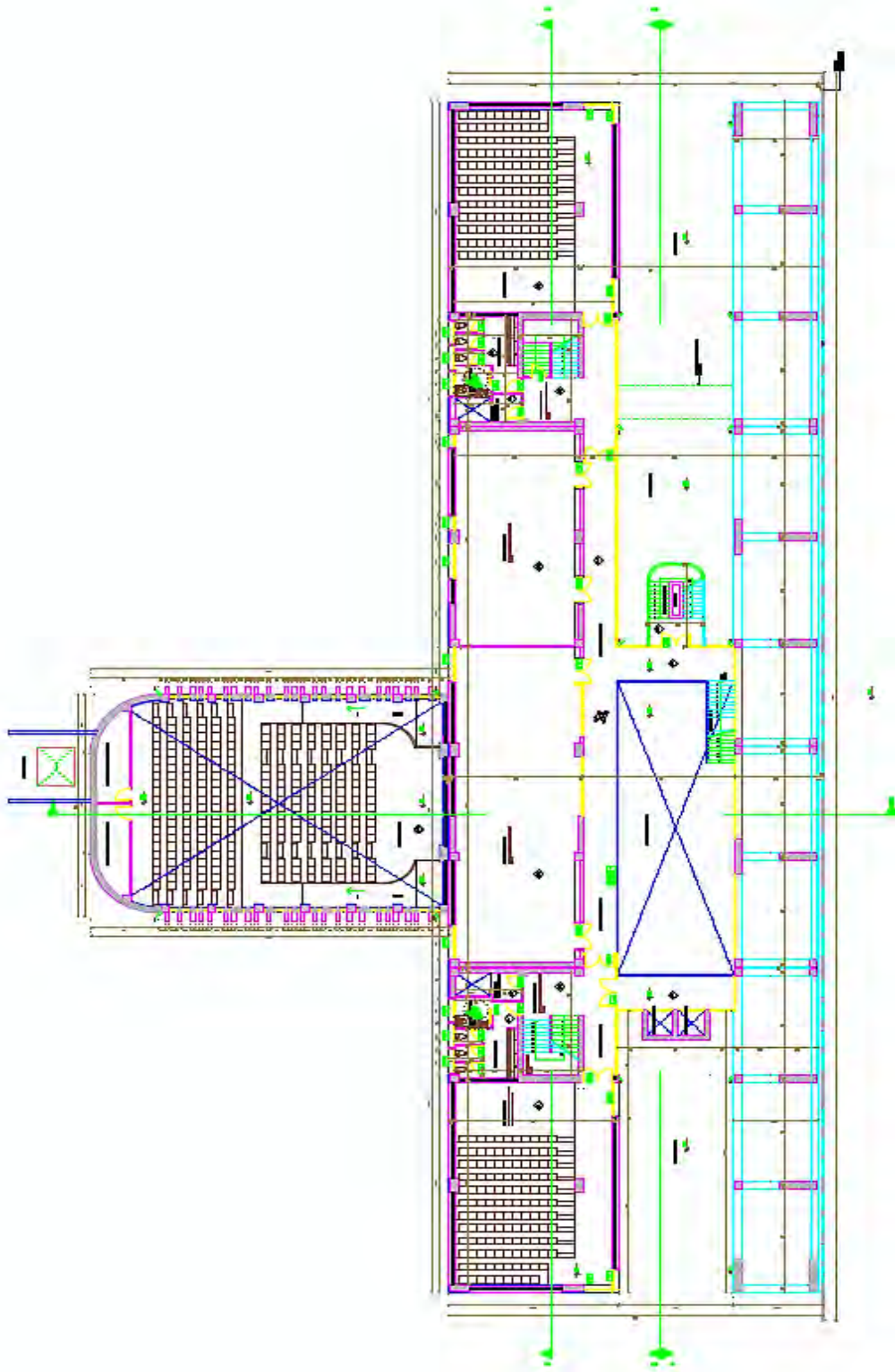
Παρακάτω παρατίθενται τα αρχιτεκτονικά σχέδια των κατόψεων των ορόφων του κτιρίου όπως εισηχθησαν στο λογισμικό της 4M fineGREEN.



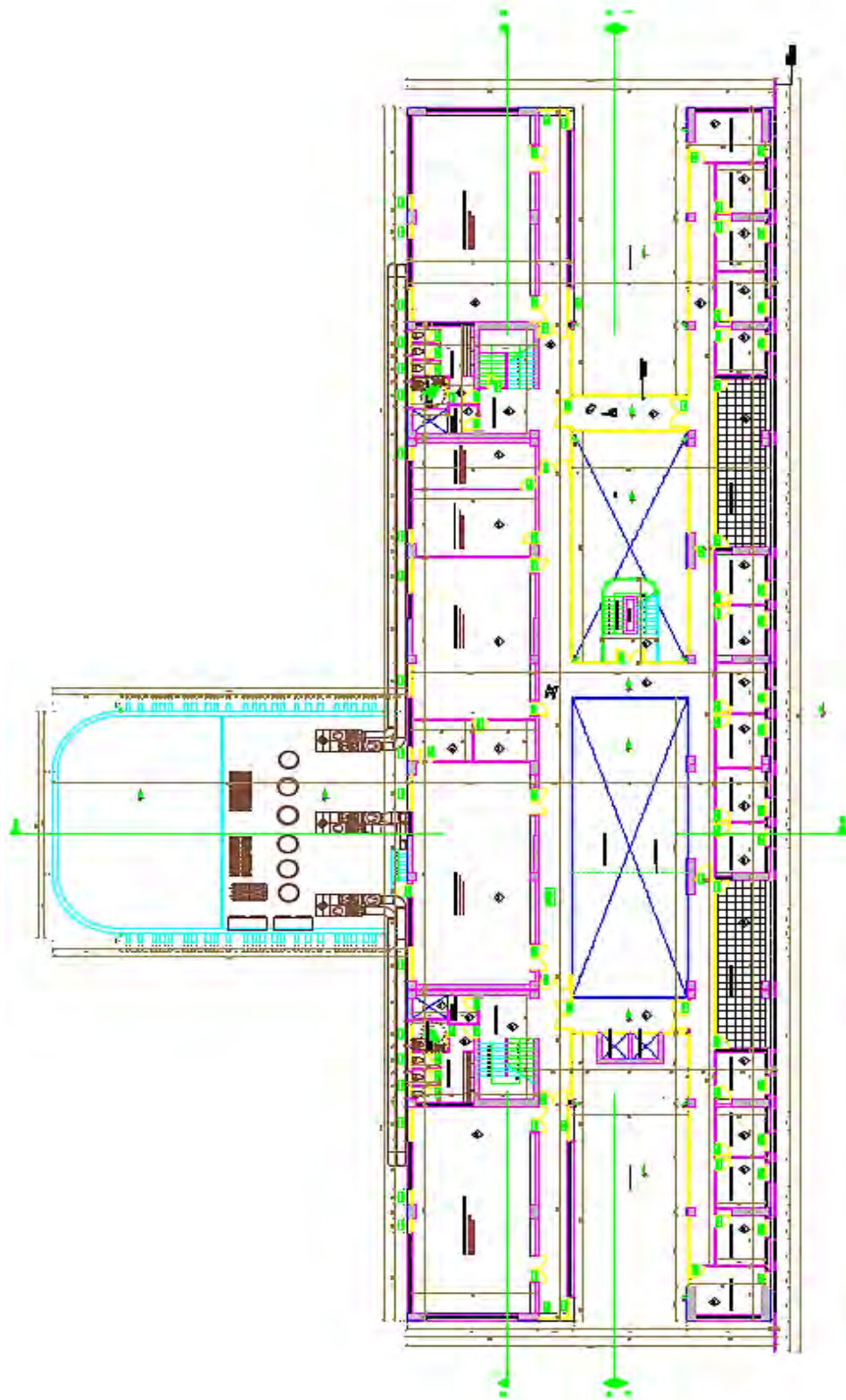
Εικόνα 43: Κάτοψη υπογείου



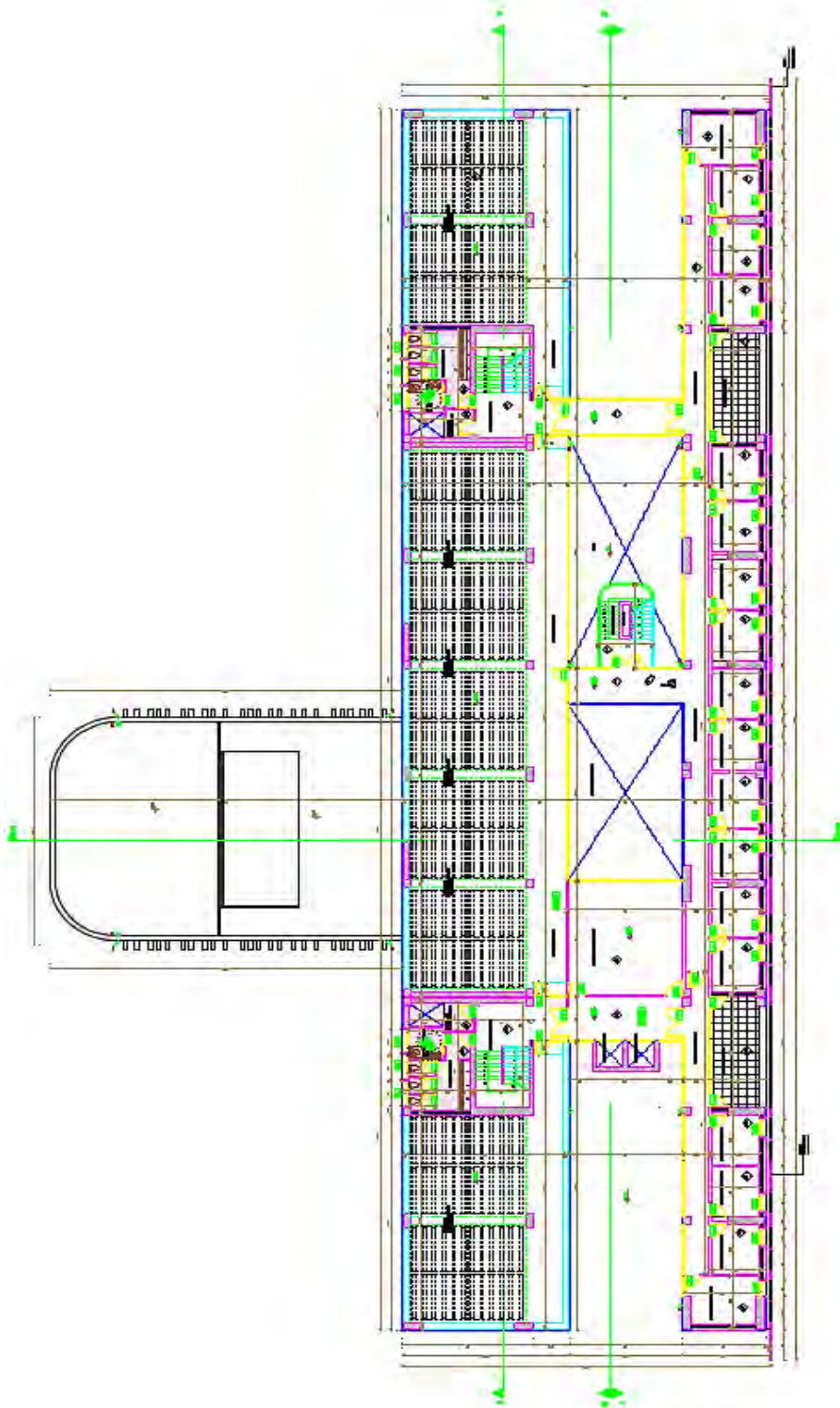
Εικόνα 44: Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 45: Κάτοψη πρώτου ορόφου



Εικόνα 46: Κάτοψη δευτέρου ορόφου

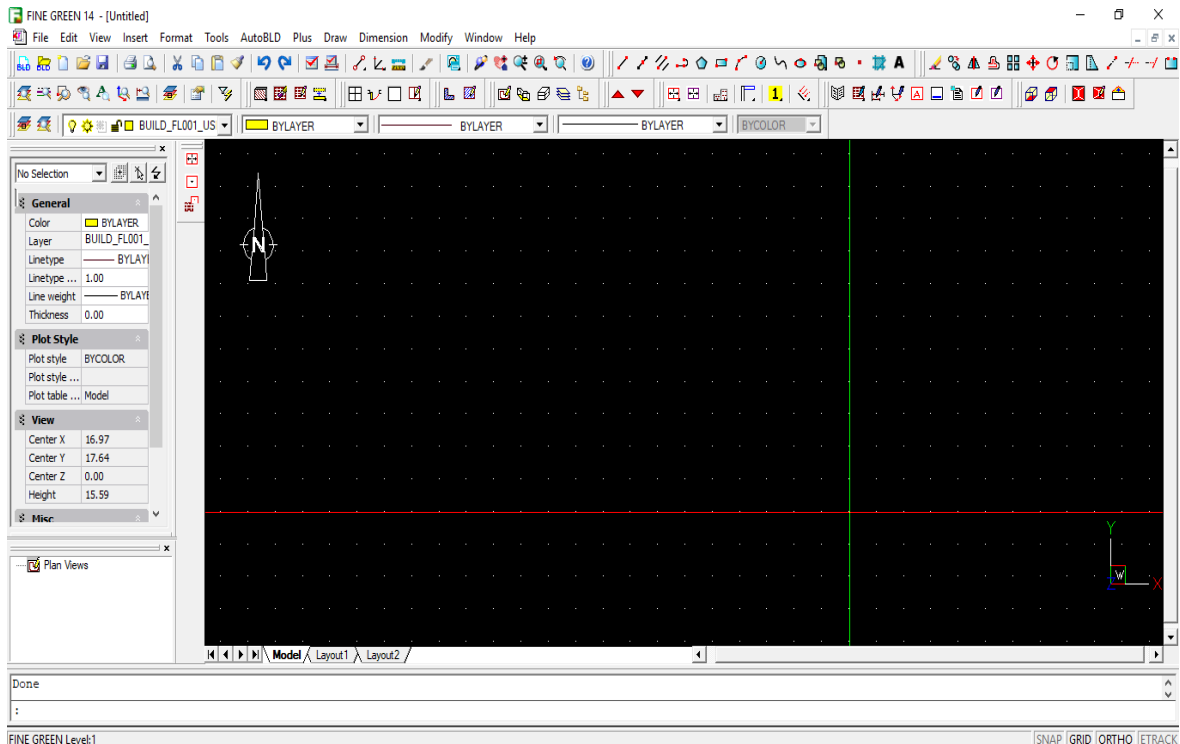


Εικόνα 47: Κάτοψη τρίτου ορόφου

5.4 Περιγραφή διαδικασίας ενεργειακής ανάλυσης με το FineGREEN

5.4.1 Αρχικό περιβάλλον

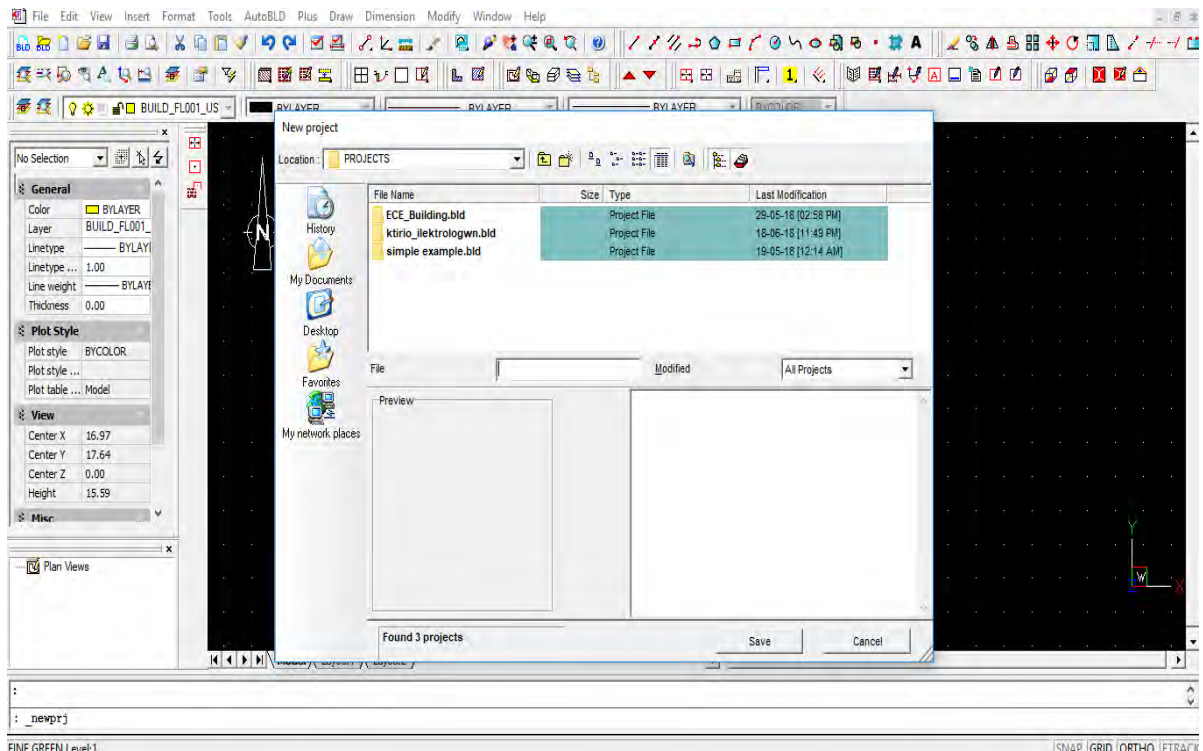
Με το άνοιγμα του προγράμματος εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη η οποία περιέχει το κύριο μενού και το περιβάλλον σχεδίασης.



Εικόνα 48: Αρχικό περιβάλλον

5.4.2 Δημιουργία νέας μελέτης

Για την δημιουργία νέας μελέτης πατάμε: File > New project, πληκτρολογούμε το όνομα που επιθυμούμε και έπειτα Save.

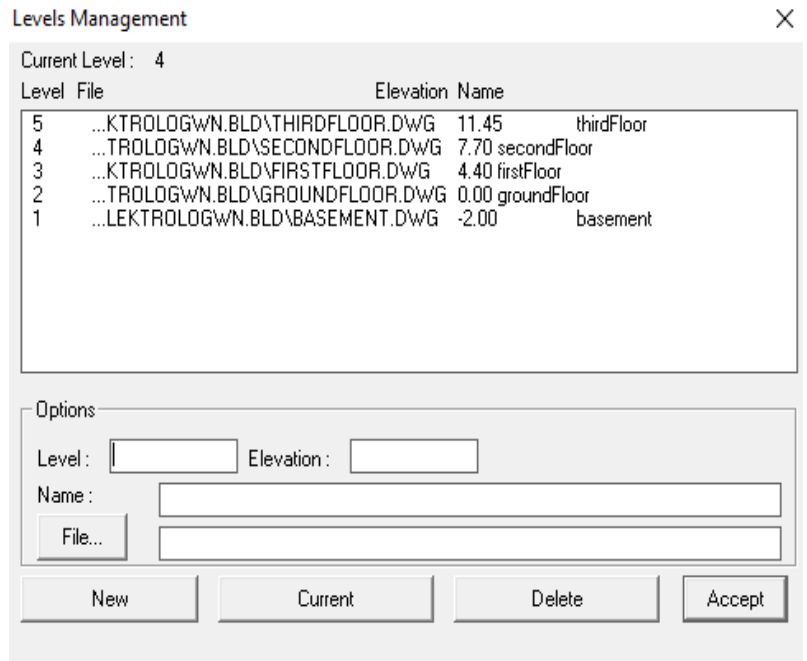


Εικόνα 49: Δημιουργία νέας μελέτης.

5.4.3 Ορισμός του κτιρίου

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των ορόφων του κτιρίου και η στάθμη κάθε ορόφου. Από το μενού επιλέγω *AutoBLD > Building Definition* και εμφανίζεται το παράθυρο διαχείρισης των επιπέδων του κτιρίου. Συγκεκριμένα τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν είναι:

- Στο πεδίο “Level” ορίζω το επίπεδο του κτιρίου ξεκινώντας από τον αριθμό 1.
- Στο πεδίο “Elevation” ορίζω τη στάθμη του ορόφου, δηλαδή το ύψος στο οποίο φτάνει ο όροφος (υπάρχει η δυνατότητα ορισμού αρνητικών επιπέδων π.χ. -1 για υπόγειο).
- Στο πεδίο “Name” ορίζω το όνομα του ορόφου.
- Στο πεδίο “File” επιλέγω το αρχιτεκτονικό σχέδιο DWG του ορόφου.



Εικόνα 50: Ορισμός επιπέδων κτιρίου.

Μετά την εισαγωγή όλων των ορόφων πατάω *New* και στο τέλος *Accept*.

5.5 Δημιουργία του κελύφους κτιρίου

Επόμενο βήμα της μελέτης αποτελεί ο ορισμός των δομικών στοιχείων που απαιτούνται για την κατασκευή του κτιρίου. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής έτοιμων δομικών στοιχείων που διαθέτει το λογισμικό στις βιβλιοθήκες του ή η εισαγωγή νέων που εξυπηρετούν τις ανάγκες έκαστης μελέτης. Για την μελέτη του κτιρίου ΗΜΜΥ εισήχθησαν νέα δομικά στοιχεία, ποιά είναι αυτά και η διαδικασία εισαγωγής αναφέρεται παρακάτω.

Σημαντική παράμετρος στην εισαγωγή νέων δομικών στοιχείων είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας να μη ξεπερνά τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές ανά κλιματική ζώνη που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ και η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 και φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

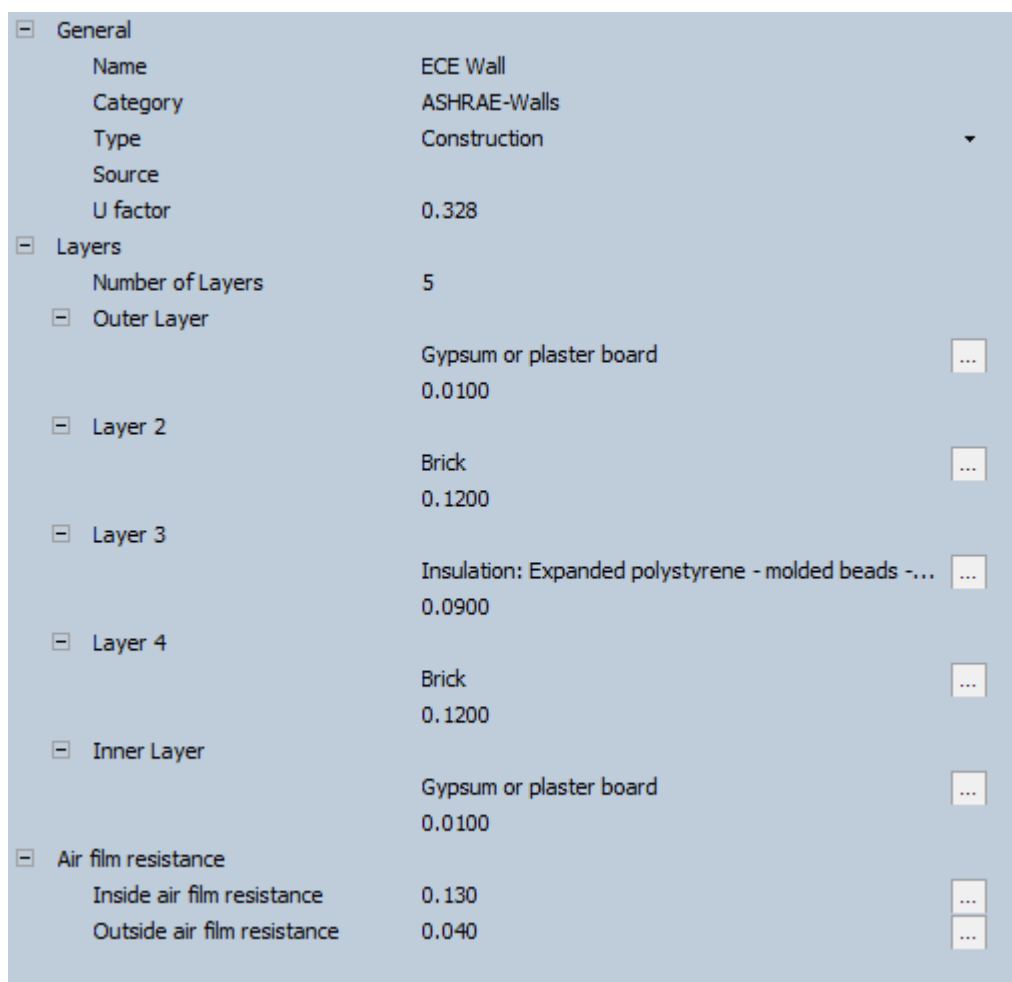
Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ·K)]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Γυάλινη πρόσοψη κτηρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,80	3,40	3,00	2,80

Πίνακας 8: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους δομικών στοιχείων ανά ανάκλιματική ζώνη σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε

5.5.1 Εισαγωγή επιθυμητών τοιχοποιιών στην βιβλιοθήκη του λογισμικού

Για την δημιουργία του 3D μοντέλου του κτιρίου HMMY εισήχθησαν δύο νέες τοιχοποιίες:

- **Εξωτερικοί τοίχοι κτιρίου:** Αυτή η τοιχοποιία χρησιμοποιήθηκε στο μεγαλύτερο μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, έχει πάχος 0.35 εκατοστά και αποτελείται από πέντε στρώσεις υλικών (σοβάς, τούβλο, μόνωση, τούβλο, σοβάς) όπως φαίνεται στην εικόνα. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή της τοιχοποιίας, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 0.328 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.45).



General	Name	ECE Wall
	Category	ASHRAE-Walls
	Type	Construction
	Source	
	U factor	0.328
Layers	Number of Layers	5
Outer Layer		Gypsum or plaster board 0.0100
Layer 2		Brick 0.1200
Layer 3		Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -... 0.0900
Layer 4		Brick 0.1200
Inner Layer		Gypsum or plaster board 0.0100
Air film resistance	Inside air film resistance	0.130
	Outside air film resistance	0.040

Εικόνα 51: Ορισμός εξωτερικής τοιχοποιίας.

- **Εξωτερική τοιχοποιία και κολόνες (τοιχία):** Αυτή η τοιχοποιία χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή του μεγάλου αμφιθεάτρου και σε κάποια τοιχία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, έχει πάχος 0.35 εκατοστά και αποτελείται από τέσσερις στρώσεις υλικών (σοβάς, μπετό, μόνωση, σοβάς) όπως φαίνεται στην εικόνα. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή της τοιχοποιίας, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U

ο οποίος έχει τιμή 0.385 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.45).

General	Name	ECE concrete wall and columns
	Category	ASHRAE-Walls
	Type	Construction
	Source	
	U factor	0.385
Layers	Number of Layers	4
Outer Layer		
		Gypsum or plaster board
		0.0100
Layer 2		
		Insulation: Expanded polystyrene - molded beads - ...
		0.0800
Layer 3		
		4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ...
		0.2500
Inner Layer		
		Gypsum or plaster board
		0.0100
Air film resistance		
	Inside air film resistance	0.130
	Outside air film resistance	0.040

Εικόνα 52: Ορισμός εξωτερικής τοιχοποιίας και κολόνας

5.5.2 Σχεδιασμός τοιχοποιίας

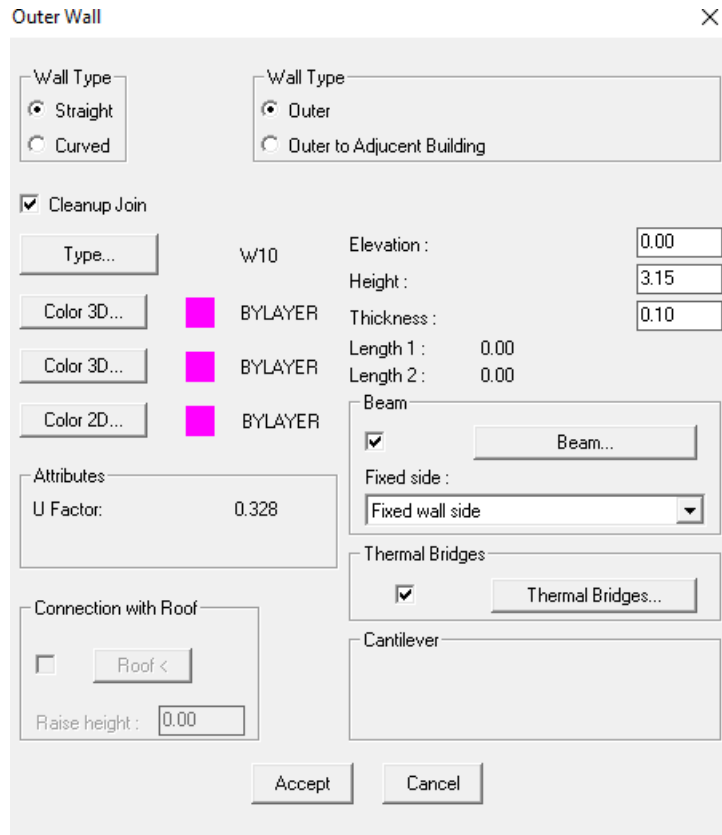
Το μενού AutoBLD περιέχει όλες τις εντολές που απαιτούνται για την τοποθέτηση των τοίχων, όπως η παράλληλη μετακίνηση των τοίχων, η επέκταση, η ένωση και η τοποθέτηση ανοιγμάτων οποιουδήποτε είδους πάνω σε αυτούς (παράθυρα, συρόμενες πόρτες, ανοίγματα, καμάρες). Κατά τη διάρκεια της σχεδίασης, καθώς και κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε τροποποίησης σε οποιοδήποτε στάδιο, το σχέδιο ενημερώνεται αυτόματα.

Για την σχεδίαση της εξωτερικής τοιχοποιίας πατάμε *AutoBLD > Wall > External wall* και εμφανίζεται το παράθυρο:

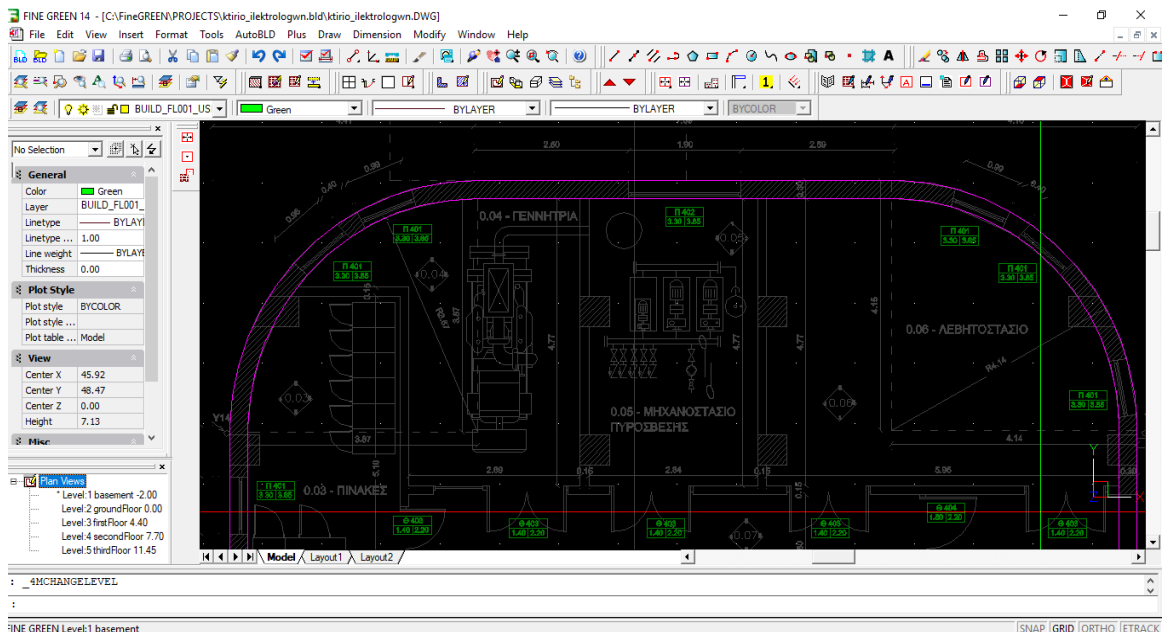
Στο παράθυρο αυτό ορίζουμε τις εξής παραμέτρους:

- Εάν η τοιχοποιία είναι ευθεία ή με καμπύλη (**straight** ή **curved**),
- Εάν η τοιχοποιία είναι εξωτερική ή εξωτερική προς γειτονικό κτίριο (**Outer** ή **Outer to Adjacent Building**),
- Στο πεδίο Type επιλέγουμε το είδος της τοιχοποιίας που επιθυμούμε,
- Τις διαστάσεις της τοιχοποιίας (**Height** και **Thickness**),
- Εάν θα υπάρχει δοκάρι ή όχι, το είδος του και τις διαστάσεις του (**Beam**),
- Τις θερμογέφυρες που θα δημιουργούνται στον τοίχο (**Thermal Bridges**).

Πατώντας **Accept** ξεκινάμε την σχεδίαση του τοίχου ορίζοντας με το ποντίκι σημείο έναρξης (wall start), σημείο τερματισμού (wall end) και πλευρικό σημείο (side point).



Εικόνα 53: Ορισμός παραμέτρων τοιχοποιίας προς σχεδίαση.

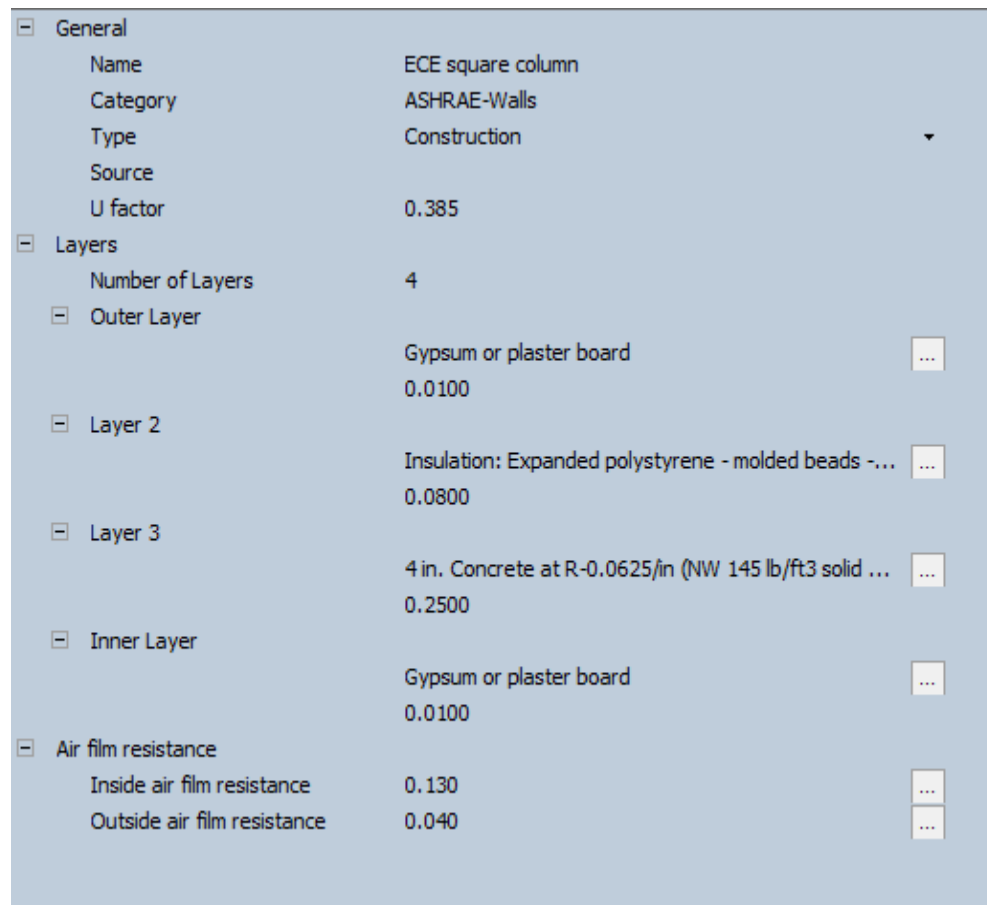


Εικόνα 54: Καμπυλωτή τοιχοποιία

5.5.3 Εισαγωγή επιθυμητών κολονών στην βιβλιοθήκη του λογισμικού

Για την δημιουργία του 3D μοντέλου του κτιρίου HMMY εισήχθη μια νέα κατασκευή για να χρησιμοποιηθεί ως κολόνα.

- **Κολόνες:** Αυτό το δομικό στοιχείο χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή όλων των τετράγωνων κολονών του κτιρίου και αποτελείται από τέσσερις στρώσεις υλικών (σοβάς, μπετό, μόνωση, σοβάς) όπως φαίνεται στην εικόνα. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή της κολόνας, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 0.385 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.45).



General	Name	ECE square column
	Category	ASHRAE-Walls
	Type	Construction
	Source	
	U factor	0.385
Layers	Number of Layers	4
Outer Layer		Gypsum or plaster board 0.0100
Layer 2		Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -... 0.0800
Layer 3		4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ... 0.2500
Inner Layer		Gypsum or plaster board 0.0100
Air film resistance	Inside air film resistance	0.130
	Outside air film resistance	0.040

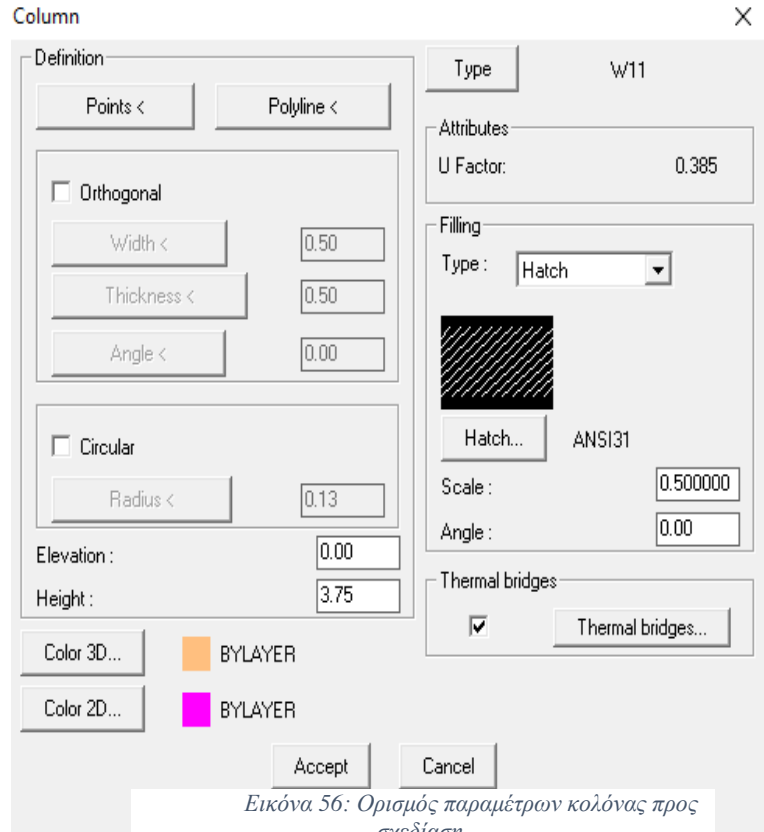
Εικόνα 55: Ορισμός κολονών.

5.5.4 Σχεδιασμός κολόνας

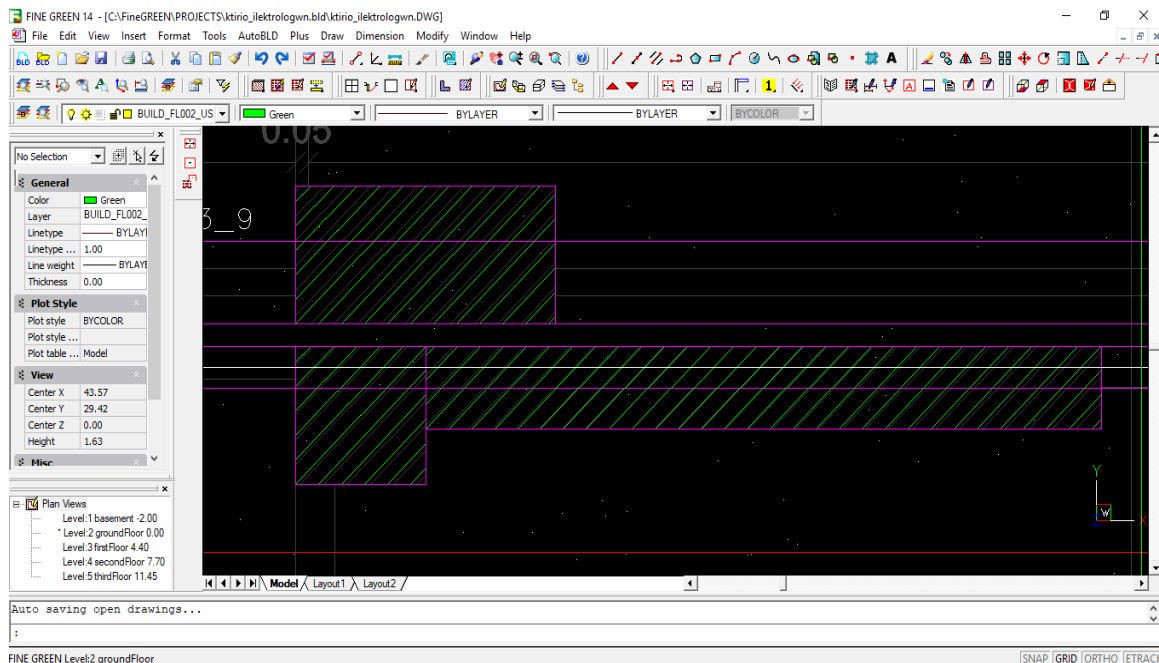
Για την τοποθέτηση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων φέροντος οργανισμού του κτιρίου πατάμε *AutoBLD* > *Column* > *placement* ή το εικονίδιο που αντιστοιχεί στις κολόνες από την γραμμή των εργαλείων, και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο όπου ορίζουμε κάποιες παραμέτρους ομοίως με την τοιχοποιία.

- Τις διαστάσεις της κολόνας (**Height**, **Width**, **Thickness**),
- Τον τύπο της κολόνας που επιθυμούμε να ορίσουμε (**Type**),
- Τις θερμογέφυρες που θα δημιουργούνται στην κολόνα (**Thermal Bridges**).

Πατώντας *Accept* ξεκινάμε την σχεδίαση της κολόνας ορίζοντας με το ποντίκι σημείο εισαγωγής (insertion point) και γωνία εισαγωγής (insertion angle).



Εικόνα 56: Ορισμός παραμέτρων κολόνας προς σχεδίαση.

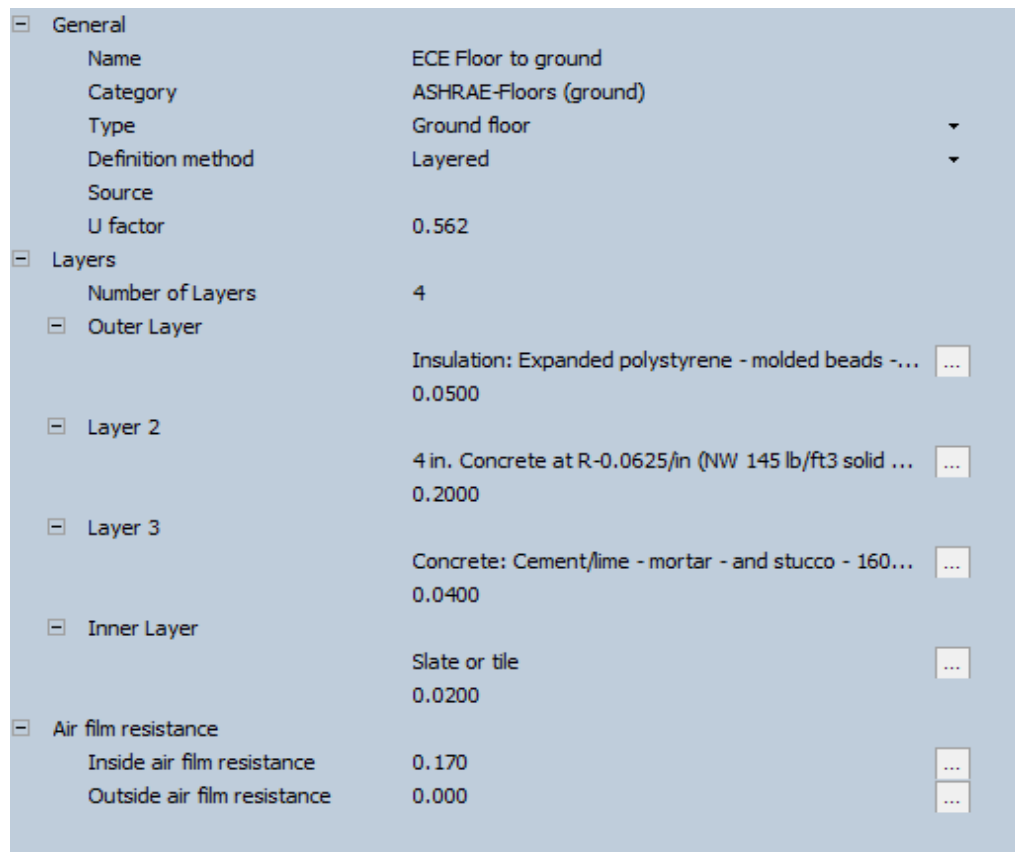


Εικόνα 57: Κολόνες και τοιχίο.

5.5.5 Εισαγωγή επιθυμητών δαπέδων στην βιβλιοθήκη του λογισμικού

Για την δημιουργία του 3D μοντέλου του κτιρίου ΗΜΜΥ εισήχθησαν τρεις νέες κατασκευές δαπέδων:

- **Δάπεδο σε φυσικό έδαφος:** Χρησιμοποιήθηκε σε όλους τους χώρους του ισογείου και σε ένα μέρος του μεγάλου αμφιθεάτρου. Αποτελείται από τέσσερις στρώσεις υλικών (πλακάκι, τσιμεντοκονία, πλάκα, μόνωση) όπως φαίνεται στην εικόνα 41. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή του δαπέδου, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 0.562 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.80).



[-] General	
Name	ECE Floor to ground
Category	ASHRAE-Floors (ground)
Type	Ground floor
Definition method	Layered
Source	
U factor	0.562
[-] Layers	
Number of Layers	4
[-] Outer Layer	
	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads - ...
	0.0500
[-] Layer 2	
	4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ...
	0.2000
[-] Layer 3	
	Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 160...
	0.0400
[-] Inner Layer	
	Slate or tile
	0.0200
[-] Air film resistance	
Inside air film resistance	0.170
Outside air film resistance	0.000

Εικόνα 58: Ορισμός δαπέδου σε φυσικό έδαφος.

- **Δάπεδο σε μη θερμαινόμενο χώρο:** Χρησιμοποιήθηκε στο μεγάλο αμφιθέατρο του ισογείου στο τμήμα που βρίσκεται πάνω από τους ηλεκτρομηχανολογικούς χώρους. Αποτελείται από τέσσερις στρώσεις υλικών (πλακάκι, τσιμεντοκονία, πλάκα, μόνωση) όπως φαίνεται στην εικόνα. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή του δαπέδου, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 0.55 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.80).

[-] General	
Name	ECE Floor to non-heated space
Category	ASHRAE-Floors (external)
Type	Construction
Source	
U factor	0.55
[-] Layers	
Number of Layers	4
[-] Outer Layer	
	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -... 0.0500
[-] Layer 2	
	4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ... 0.1500
[-] Layer 3	
	Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 160... 0.0400
[-] Inner Layer	
	Slate or tile 0.0200
[-] Air film resistance	
Inside air film resistance	0.170
Outside air film resistance	0.170

Εικόνα 59: Ορισμός δαπέδου σε μη θερμαινόμενο χώρο.

- **Δάπεδο σε πλοτή:** Χρησιμοποιήθηκε στο μικρά αμφιθέατρα του πρώτου ορόφου. Αποτελείται από τέσσερις στρώσεις υλικών (πλακάκι, τσιμεντοκονία, πλάκα, μόνωση) όπως φαίνεται στην εικόνα. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή του δαπέδου, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 0.377 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.80).

[-] General	
Name	ECE Floor to pilotis
Category	ASHRAE-Floors (external)
Type	Construction
Source	
U factor	0.377
[-] Layers	
Number of Layers	5
[-] Outer Layer	
	Gypsum or plaster board
	0.0200
[-] Layer 2	
	Insulation: Expanded polystyrene - molded beads -...
	0.0800
[-] Layer 3	
	4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ...
	0.1500
[-] Layer 4	
	Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 160...
	0.0400
[-] Inner Layer	
	Slate or tile
	0.0200
[-] Air film resistance	
Inside air film resistance	0.170
Outside air film resistance	0.040

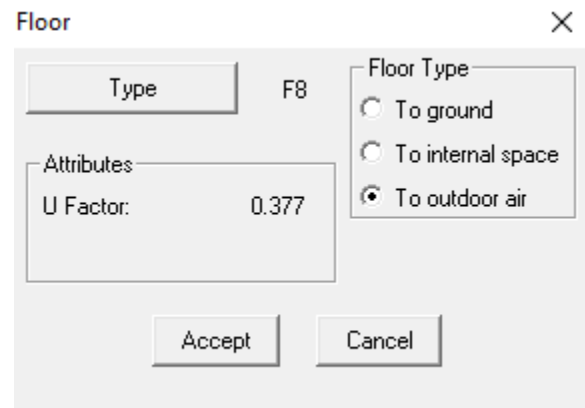
Εικόνα 60: Ορισμός δαπέδου σε πλοτή.

5.5.6 Σχεδιασμός δαπέδων

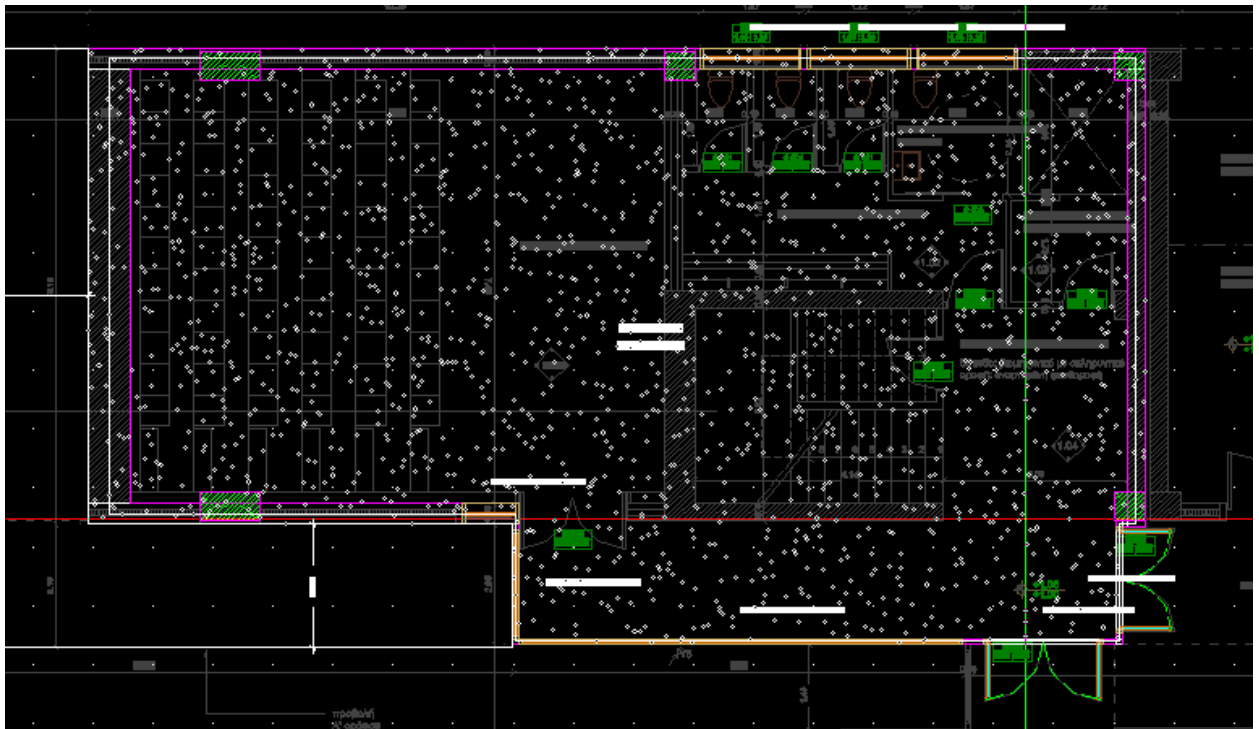
Επόμενο βήμα της μελέτης είναι η τοποθέτηση των δαπέδων. Από το μενού επιλέγουμε το αντίστοιχο εικονίδιο, εναλλακτικά *AutoBLD* > *Floors-Ceilings* > *Floor* και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο όπου ορίζουμε τα εξής:

- Τον τύπο του δαπέδου που επιθυμούμε,
- Ως προς τι συνορεύει: έδαφος, εσωτερικό χώρο ή υπαίθρο (**to ground, to internal space, to outdoor air**).

Πατώντας **Accept** ξεκινάμε την σχεδίαση του δαπέδου.



Εικόνα 61α: Ορισμός δαπέδου



Εικόνα 61β: Σχεδιασμός δαπέδου

5.5.7 Εισαγωγή επιθυμητής οροφής στην βιβλιοθήκη του λογισμικού

Για την δημιουργία του 3D μοντέλου του κτιρίου HMMY εισήχθη μια νέα κατασκευή οροφής:

- **Οροφή σε εσωτερικό θερμαινόμενο χώρο:** Χρησιμοποιήθηκε στον δεύτερο και τρίτο όροφο για την ολοκλήρωση του κελύφους του κτιρίου. Αποτελείται από πέντε στρώσεις υλικών (πλακάκι, τσιμεντοκονία, μόνωση, πλάκα, σοβάς) όπως φαίνεται στην εικόνα. Αφού οριστούν τα υλικά και το πάχος κάθε στρώματος για την κατασκευή της οροφής, υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 0.394 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.80).

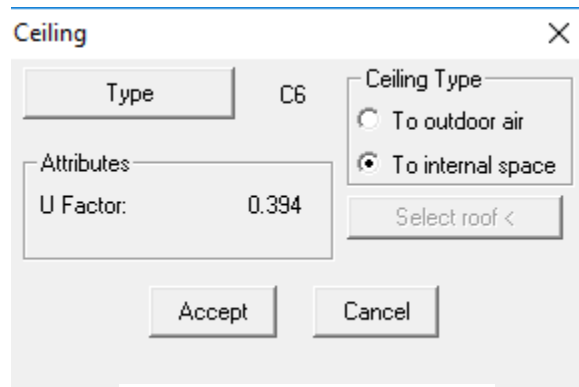
General	Name	ECE Roof
	Category	ASHRAE-Roofs
	Type	Construction
	Source	
	U factor	0.394
Layers	Number of Layers	5
Outer Layer		Gypsum or plaster board 0.0200
Layer 2		4 in. Concrete at R-0.0625/in (NW 145 lb/ft3 solid ... 0.1500
Layer 3		Insulation: Expanded polystyrene - molded beads - ... 0.0800
Layer 4		Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 128... 0.0400
Inner Layer		Slate or tile 0.0200
Air film resistance	Inside air film resistance	0.100
	Outside air film resistance	0.040

Εικόνα 62: Ορισμός οροφής

5.5.8 Σχεδιασμός Οροφών

Για την τοποθέτηση της οροφής επιλέγουμε από το μενού το αντίστοιχο εικονίδιο, εναλλακτικά *AutoBLD* > *Floors-Ceilings* > *Ceilings* και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο όπου ορίζουμε τα εξής:

- Τον τύπο της οροφής που επιθυμούμε,
- Ως προς τι συνορεύει: εσωτερικό χώρο ή υπαίθρο (**to internal space, to outdoor air**).
- Πατώντας *Accept* ξεκινάμε την σχεδίαση της οροφής.
-

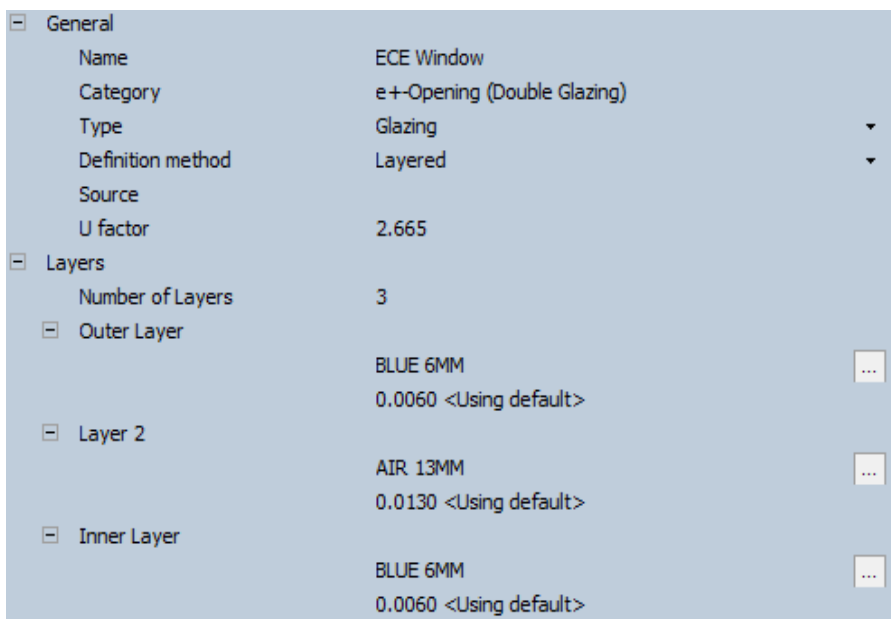


Εικόνα 63: Ορισμός οροφής

5.5.9 Εισαγωγή επιθυμητών ανοιγμάτων στην βιβλιοθήκη του λογισμικού

Για την δημιουργία του 3D μοντέλου του κτιρίου HMMY εισήχθη μια νέα κατασκευή οροφής:

- **Παράθυρο:** Χρησιμοποιήθηκε σε όλο το κτίριο. Αποτελείται από τρεις στρώσεις (γυαλί, διάκενο αέρα, γυαλί) όπως φαίνεται στην εικόνα. Ομοίως υπολογίζεται αυτόματα ο συντελεστής U ο οποίος έχει τιμή 2.665 και σύμφωνα με τον πίνακα 3 δεν ξεπερνά το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο (0.80).



Εικόνα 64: Ορισμός παραθύρων

5.5.10 Σχεδιασμός ανοιγμάτων

Για την τοποθέτηση των παραθύρων και των πορτών του κτιρίου πατάμε *AutoBLD > Opening > Window ή Door* ή τα αντίστοιχα εικονίδια από την γραμμή εργαλείων και εμφανίζονται αντίστοιχα τα παρακάτω παράθυρα όπου ορίζουμε τις εξής παραμέτρους:

- Τον τύπο του ανοίγματος (π.χ. διπλό διακένου 13 mm εάν πρόκειται για παράθυρο, εξωτερική ή εσωτερική πόρτα),
- Τις διαστάσεις του ανοίγματος (**height, rise, length**),
- Τις θερμογέφυρες που θα δημιουργούνται (**Thermal Bridges**),
- Επιλογή του 3D σχεδίου του παραθύρου ή της πόρτας μέσα από μια μεγάλη βιβλιοθήκη.

Πατώντας **Accept** ξεκινάμε τη σχεδίαση. Επιλέγουμε τον τοίχο στον οποίο θα τοποθετηθεί το άνοιγμα και με το ποντίκι καθορίζουμε τα σημεία έναρξης και τερματισμού.

The screenshot shows the 'Window' dialog box with the following settings:

- Type: Window
- Attributes: U factor(Watt/m²K): 2.67
- Height: 0.55
- Rise: 1.95
- Length: 1.67
- Proposed Length: 0.55
- Draw 2D:
- Airflow control windows: Airflow control
- Source: Indoor air
- Destination: Outdoor air
- Max flowrate (m³/s-m): 0.0100
- Schedule multiplier: ASHRAE 90.1 Occupancy - Office
- 3D Drawing: WIND58, 1 panel, hopper, orthogonal
- Alignment: Casing Alignment: Center, Frames Alignment: Center
- Thermal Bridges: Thermal Bridges...
- Frame and shadings: Frame, Shade

Εικόνα 65: Ορισμός παραμέτρων σχεδίασης παραθύρων.

Door ✕

Type:

external door

Attributes

U factor(Watt/m²K) 0.969

Number:

Height:

Top:

Rise:

Length:

Proposed Length: 1.29

Turn X:

Turn Y:

Draw 2D

Airflow control windows

Airflow control

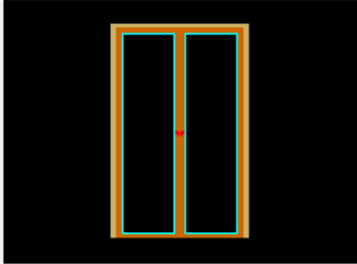
Source:

Destination:

Max flowrate (m³/s-m):

Schedule multiplier:

3D Drawing



DOOR9
2 panels, casement, orthogonal, with glass

Alignment

Casing Alignment

1st Side Center 2nd Side

Distance of Casing from

Wall Side:

Frames Alignment

1st Side Center 2nd Side

Distance of Frames from

Casing Side:

Thermal Bridges

Cantilever

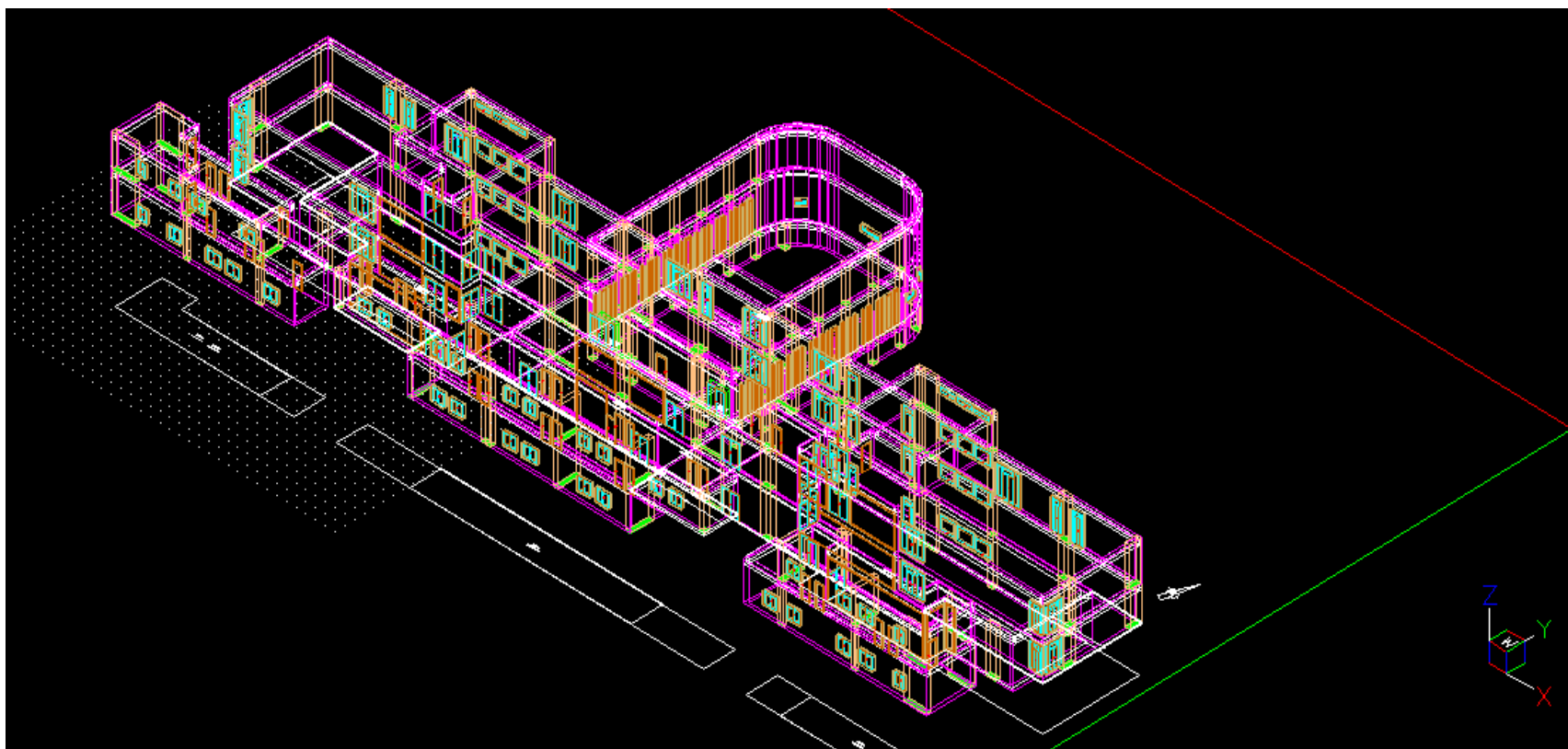
Not exists

Frame and shadings

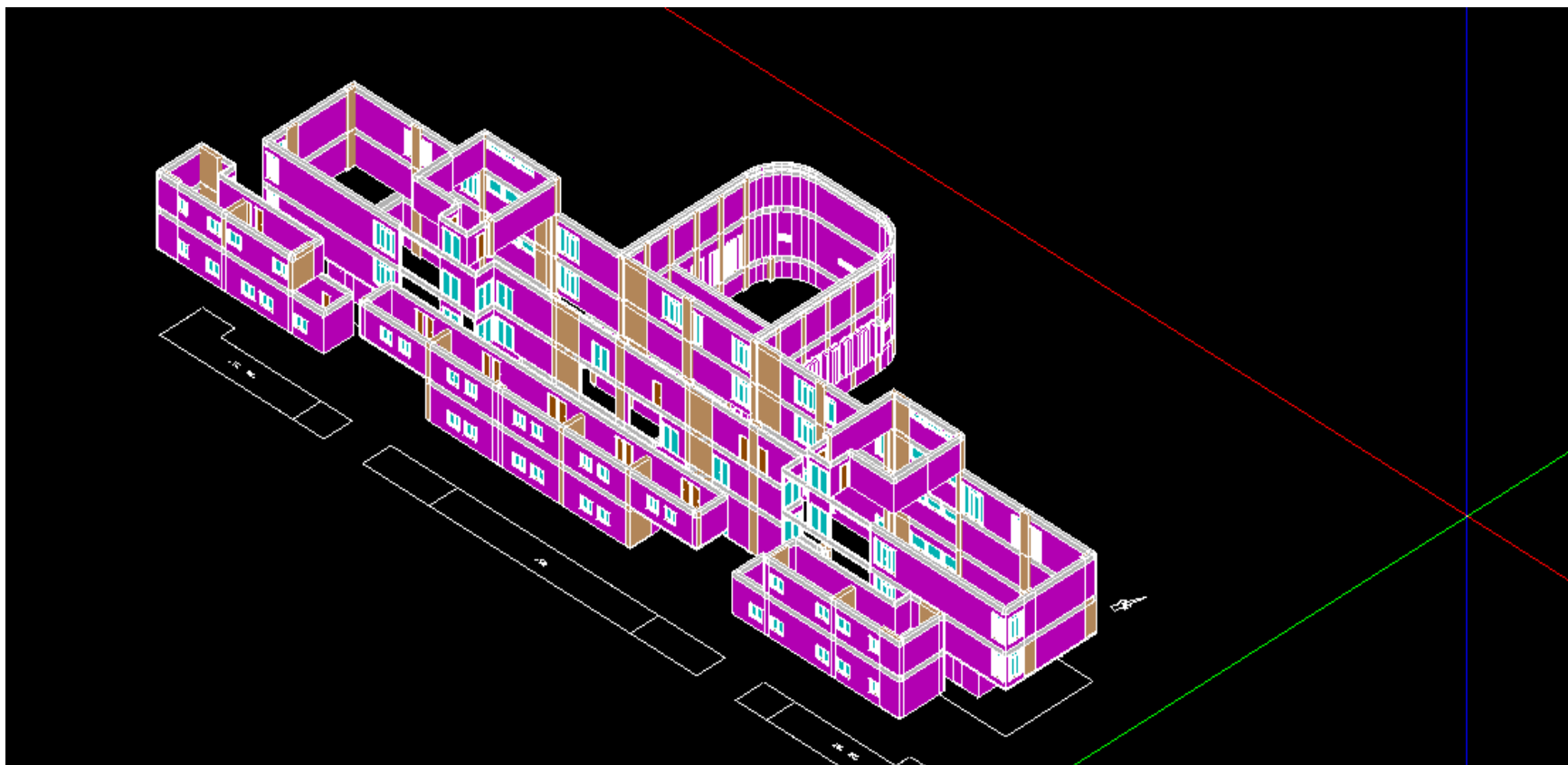
Frame

Shade

Εικόνα 66: Ορισμός παραμέτρων σχεδίασης θυρών.



Εικόνα 67: Κέλυφος κτιρίου ΗΜΜΥ μετά τον σχεδιασμό όλων των δομικών στοιχείων.

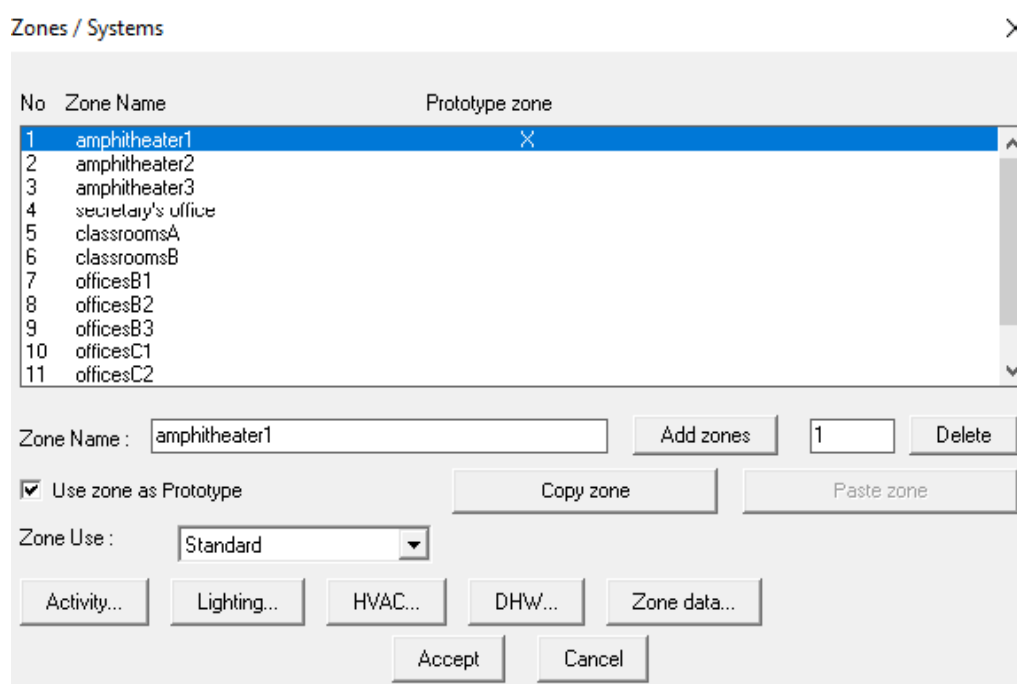


Εικόνα 68: Κέλυφος κτιρίου ΗΜΜΥ μετά τον σχεδιασμό όλων των δομικών στοιχείων (shade effect).

5.6 Ορισμός θερμικών ζωνών κτιρίου

Στην παρακάτω ενότητα επεξηγείται η διαδικασία ορισμού των θερμικών ζωνών του κτιρίου. Ορίζονται όλες οι παράμετροι που αφορούν την δραστηριότητα που πραγματοποιείται στο κτίριο, τον φωτισμό, τα συστήματα κλιματισμού, το ζεστό νερό χρήσης και διάφορες άλλες σημαντικές παράμετροι που αφορούν την θερμική ζώνη όπως για παράδειγμα το ωράριο λειτουργίας, τα κλιματικά δεδομένα κ.α. Παρακάτω παρουσιάζεται η θερμική ζώνη του αμφιθέατρου 1 που βρίσκεται στο υπογείο του κτιρίου, η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τις υπόλοιπες ζώνες είναι όμοια με ελάχιστες διαφορές σε κάποιες από τις τιμές των παραμέτρων κυρίως στο πρότυπο δραστηριότητας που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε ζώνη. Για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης ορίστηκαν δώδεκα θερμικές ζώνες:

- Αμφιθέατρο 1 (ισόγειο)
- Αμφιθέατρο 2 (ισόγειο)
- Αμφιθέατρο 3 (ισόγειο)
- Γραμματεία (ισόγειο)
- Αίθουσες διδασκαλίας (πρώτος όροφος)
- Αίθουσες διδασκαλίας (δεύτερος όροφος)
- Γραφεία καθηγητών B1, B2, B3 (δεύτερος όροφος)
- Γραφεία καθηγητών C1, C2, C3 (τρίτος όροφος)



Εικόνα 69: Ορισμός θερμικών ζωνών.

Στο παραπάνω παράθυρο οι παράμετροι που πρέπει να οριστούν είναι το όνομα της ζώνης και η χρήση της. Στο πεδίο Zone Use ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία από τις επιλογές Standard, Semi exterior unconditioned, Cavity, Plenum και Semiheated. Στο κτίριο HMMY όλες οι ζώνες ορίστηκαν ως Standard και σημαίνει ότι η ζώνη θερμαίνεται ή ψύχεται. Είναι πιθανό η ζώνη να μην θερμαίνεται ή να μην ψύχεται απευθείας ή να μη χρησιμοποιείται προσωρινά.

5.6.1 Activity Data

Επόμενο βήμα στον ορισμό της θερμικής ζώνης είναι η εισαγωγή των κατάλληλων τιμών στο παρακάτω παράθυρο που αντιστοιχεί στην δραστηριότητα που πραγματοποιείται στην θερμική ζώνη.

Activity template	
Template	Educational Facilities - Lecture h... ...
<input type="checkbox"/> Exclude zone from thermal calculations	
Floor Areas and Volumes	
Floor area (m2)	321.72
Occupancy	
Density (people/m2)	1.5000
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Asse... ...
Metabolic	
Metabolic rate per person (W/person)	108.000 ...
Factor (men=1.00, women=0.85, children=0.75)	0.90
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.0000000382
Clothing	
Winter clothing (do)	1.00
Summer clothing (do)	0.50
Generic Contaminant Generation	
<input type="checkbox"/> Generic contaminant generation/removal	
DHW	
Consumption Rate (l/m2-day)	0.000
Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (°C)	20.0
Heating set back (°C)	13.0
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (°C)	26.0
Cooling set back (°C)	32.0
Humidity Control	
RH Humidification Setpoint (%)	10.0
RH Dehumidification Setpoint (%)	90.0

Εικόνα 70α: Καρτέλα ορισμού δραστηριότητας

- **Πεδίο Template:** Ο χρήστης καλείται να επιλέξει ένα κατάλληλο πρότυπο σύμφωνα με την θερμική ζώνη. Όταν ο χρήστης επιλέξει ένα πρότυπο δραστηριότητας όλα τα παρακάτω πεδία συμπληρώνονται αυτόματα όμως ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί όλα τα πεδία

όπως κρίνει απαραίτητο. Για το αμφιθέατρο 1 χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο “Educational Facilities – Multi Use Assembly”.

- **Πεδίο Floor area:** Συμπληρώνεται με τα τετραγωνικά μέτρα που καταλαμβάνει η θερμική ζώνη.
- **Πεδίο Occupancy:** Στο πεδίο αυτό ορίζεται ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στον χώρο ανά τετραγωνικό μέτρο (Density) καθώς και ένα χρονοπρόγραμμα χρήσης της θερμικής ζώνης (Schedule) δηλαδή ποιές ώρες της ημέρας χρησιμοποιείται.
- **Πεδίο Metabolic:** Καθορίζει την ποσότητα θερμικού κέρδους ανά άτομο στη ζώνη. Συμπληρώνεται ανάλογα με την δραστηριότητα των ατόμων που βρίσκονται στη ζώνη.
- **Πεδίο Clothing:** Ορίζονται τα επίπεδα ένδυσης των χρηστών της θερμικής ζώνης για την καλοκαιρινή και την χειμερινή περίοδο. Τα ρούχα μειώνουν την απώλεια θερμότητας του ανθρώπινου σώματος και κατατάσσονται ανάλογα με την τιμή μόνωσης.
- **Πεδίο Generic Contaminant Generation:** Επιλέγεται σε περίπτωση που η ζώνη είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία μολυσματικών παραγόντων.
- **Πεδίο DHW (Domestic Hot Water):** Το ποσό της κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης θεωρείται συνάρτηση της δραστηριότητας στη ζώνη. Ο ρυθμός κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης είναι η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για μια ολόκληρη ημέρα ανά ζώνη. Η κατανάλωση θα πρέπει να καταχωρείται για την ημέρα του έτους που έχει την μεγαλύτερη κατανάλωση. Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης από κάθε χώρο πρέπει να ανατεθεί σε ένα σύστημα ζεστού νερού, ακόμη και αν το ίδιο το σύστημα δεν υπάρχει στο χώρο. Η επίδραση της κατανάλωσης ζεστού νερού στην ενέργεια που καταναλώνει το κτίριο συμπεριλαμβάνεται στο θερμικό μοντέλο εάν ενεργοποιηθεί η επιλογή DHW στο παράθυρο HVAC. Για το κτίριο HMMY το ποσό κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης θεωρήθηκε μηδενικό διότι πρόκειται για κτίριο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και η χρήση ζεστού νερού δεν κρίνεται απαραίτητη.
- **Πεδία Environmental Control:**
 - **Heating setpoint Temperature:** Αυτή η θερμοκρασία αντιστοιχεί στη θερμοκρασία αέρα της ζώνης και ορίζει την ιδανική θερμοκρασία όταν απαιτείται η θέρμανση του χώρου (δηλαδή τη ρύθμιση του θερμοστάτη θέρμανσης).
 - **Heating Set back Temperature:** Σε περιπτώσεις που το κτίριο απαιτεί μικρά φορτία θέρμανσης, κυρίως σε περιόδους που το κτίριο δεν είναι κατειλημμένο όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύκτας, τα σαββατοκύριακα και τις αργίες, ορίζεται μία χαμηλή θερμοκρασία ώστε να αποφευχθεί η συμπύκνωση και ζημιές λόγω παγετού καθώς επίσης για την αποφυγή μεγάλων απαιτήσεων σε ενέργεια εξαιτίας πολύ χαμηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου.

- **Cooling setpoint Temperature:** Αυτή η θερμοκρασία αντιστοιχεί στη θερμοκρασία αέρα της ζώνης και ορίζει την ιδανική θερμοκρασία στη ζώνη όταν απαιτείται η ψύξη του χώρου (δηλαδή τη ρύθμιση του θερμοστάτη ψύξης).
- **Cooling Set back Temperature:** Σε περιπτώσεις που το κτίριο απαιτεί χαμηλό επίπεδο ψύξης, κυρίως σε περιόδους που το κτίριο δεν είναι κατειλημμένο όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύκτας, τα σαββατοκύριακα και τις αργίες, ορίζεται μία υψηλή θερμοκρασία ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική ζέστη στη θερμική ζώνη και να μειωθεί το φορτίο ψύξης το επόμενο πρωί.
- **Πεδία Humidity Control:** Υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου των επιπέδων υγρασίας στη θερμική ζώνη.
 - **Humidification setpoint:** Επίπεδα υγρασίας στη ζώνη για την εκκίνηση ύγρανσης (0 έως 100%).
 - **Dehumidification setpoint:** Επίπεδα υγρασίας στη ζώνη για την εκκίνηση αφύγρανσης (0 έως 100%).

[-] Ventilation Setpoint Temperatures	
[-] Natural Ventilation	
<input type="checkbox"/> Indoor Min Temperature Control	
Min Temperature (°C)	22.0
<input type="checkbox"/> Indoor Max Temperature Control	
Max Temperature (°C)	100.0
[-] Minimum Fresh Air	
Fresh Air (lt/s-person)	3.800
Mech vent per area (lt/s-m ²)	0.300
[-] Lighting	
Target Illuminance (lux)	300
Default display lighting density (W/m ²)	9.6
[-] Computers	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Gain (W/m ²)	5.00
Schedule	On 24/7
Radiant fraction	0.200
[-] Office Equipment	
<input type="checkbox"/> On	
[-] Miscellaneous	
<input type="checkbox"/> On	
[-] Catering	
<input type="checkbox"/> On	
[-] Process	
<input type="checkbox"/> On	

Εικόνα 70β: Καρτέλα ορισμού δραστηριότητας.

- **Πεδία Ventilation Setpoint Temperatures:**

- **Natural Ventilation indoor min temperature control:** Γίνεται επιλογή του συγκεκριμένου πεδίου σε περίπτωση που είναι επιθυμητός ο φυσικός εξαερισμός για την ψύξη της ζώνης προς μία συγκεκριμένη θερμοκρασία ρύθμισης και ο τερματισμός του φυσικού εξαερισμού όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από από την επιθυμητή τιμή **Min temperature**. Για να βεβαιωθούμε ότι ο φυσικός εξαερισμός συμβαίνει ανεξάρτητα από την εσωτερική θερμοκρασία (π.χ. για την παροχή καθαρού αέρα) δεν πρέπει να γίνει επιλογή αυτής της παραμέτρου.
- **Natural ventilation indoor max temperature control:** Εάν υπάρχει μέγιστη θερμοκρασία αέρα στη ζώνη πάνω από την οποία ο φυσικός εξαερισμός πρέπει να κλείσει, τότε επιλέγουμε αυτή την παράμετρο. Αυτό το ανώτατο όριο θερμοκρασίας αποσκοπεί στην αποφυγή υπερθέρμανσης ενός χώρου και / ή στην άσκοπη αύξηση των ψυκτικών φορτίων.

- **Πεδία Minimum Fresh air:** Η απαίτηση για καθαρό αέρα στη ζώνη ορίζεται στην καρτέλα «Δραστηριότητα» επειδή εξαρτάται από τη δραστηριότητα/τρόπος χρήσης του χώρου.

- **Fresh air:** Το πεδίο αυτό ορίζει την ελάχιστη απαίτηση για καθαρό αέρα ανά άτομο στην ζώνη και χρησιμοποιείται για την δημιουργία μηχανικών ρυθμών διανομής εξωτερικού αέρα όταν οι μέθοδοι καθορισμού εξωτερικού αέρα με μηχανικό αερισμό έχουν οριστεί στην καρτέλα HVAC:
 - **Min fresh air per person**, όπου ο ρυθμός ροής νωπού αέρα υπολογίζεται ως: καθαρός αέρας (l / s / άτομο) x Άνθρωποι / m² x τετραγωνικά της ζώνης (m²).
 - **Min fresh air (Sum per person + per area)** (Άθροισμα ανά άτομο + ανά περιοχή), όπου ο ρυθμός ροής του καθαρού αέρα είναι το άθροισμα των απαιτήσεων καθαρού αέρα ανά άτομο και ανά περιοχή.
 - **Min fresh air (Max per person and per area)**, όπου ο ρυθμός ροής του νωπού αέρα με βάση το "ανά άτομο" συγκρίνεται με την ποσότητα "ανά περιοχή" και χρησιμοποιείται το μέγιστο.
- **Mech vent per area:** Το πεδίο αυτό ορίζει τις απαιτήσεις της ζώνης για καθαρό αέρα ανα περιοχή και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των μηχανικών ρυθμών διανομής εξωτερικού αέρα όταν οι μέθοδοι μηχανικού εξαερισμού στην καρτέλα HVAC έχουν οριστεί σε:
 - **Min fresh air per person**, όπου ο ρυθμός ροής του καθαρού αέρα υπολογίζεται ως ο μηχανικός εξαερισμός ανά m² (l / s / m²) x τετραγωνικά της ζώνης (m²).
 - **Min fresh air (Sum per person + per area).**
 - **Min fresh air (Max per person and per area).**

- **Πεδίο Lighting:** Όσον αφορά το πεδίο φωτισμού, ο χρήστης πρέπει να ρυθμίσει την επιθυμητή φωτεινότητα (lux) και την ένταση του φωτισμού.
- **Πεδία Computer Gains:** Στο πεδίο αυτό ορίζονται τα θερμικά κέρδη που οφείλονται στους υπολογιστές και σε άλλους σχετικούς εξοπλισμούς ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου.
 - **Radiant Fraction:** Δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0.0 - 1.0. Χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ποσότητα ακτινοβολούμενης (βραχέας, μικροκυματικής) θερμότητας που εκπέμπεται από τον εξοπλισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών σε μια ζώνη. Το κλάσμα αυτό θα πολλαπλασιαστεί με την συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό για να δώσει την ποσότητα κέρδους ακτινοβολίας από τον εξοπλισμό των υπολογιστών.
Τιμή 0 σημαίνει: Ότι το κέρδος θερμότητας είναι εντελώς συνεκτικό και η θερμότητα μεταφέρεται στον αέρα στις προσομοιώσεις.
Τιμή 1 σημαίνει: Ότι το κέρδος θερμότητας είναι εντελώς ακτινοβόλο οπότε όλη η θερμότητα κατανέμεται στις εσωτερικές επιφάνειες. Μια τυπική τιμή είναι κάπου μεταξύ 0.1 και 0.2.
- **Πεδία Office equipment:** Στο πεδίο αυτό ορίζονται τα θερμικά κέρδη ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου που οφείλονται στον εξοπλισμό γραφείου. Το καύσιμο ορίστηκε ότι είναι ηλεκτρικό ρεύμα, όλα τα κέρδη θεωρείται ότι εκπέμπονται στο χώρο.
 - **Radiant Fraction:** Ορίστηκε παραπάνω. Μια τυπική τιμή είναι κάπου μεταξύ 0.1 και 0.4.
- **Πεδία Miscellaneous:** : Στο πεδίο αυτό ορίζονται τα θερμικά κέρδη ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου που οφείλονται σε διάφορους εξοπλισμούς.
 - **Fraction lost:** Δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0.0 - 1.0. Χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την «χαμένη» θερμότητα που εκπέμπεται από τον εξοπλισμό μιας ζώνης. Ο αριθμός που προσδιορίζεται σε αυτό το πεδίο θα πολλαπλασιαστεί με την συνολική ενέργεια που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό για να δώσει την ποσότητα θερμότητας που χάνεται και δεν επηρεάζει τα ενεργειακά υπόλοιπα της ζώνης. Μπορεί να αντιστοιχεί σε ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε μηχανικό έργο ή θερμότητα που εξαερίζεται στην ατμόσφαιρα.
 - **Latent Fraction:** Δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0.0 - 1.0. Χαρακτηρίζει το ποσό της λανθάνουσας θερμότητας που εκπέμπεται από τις συσκευές σε μια ζώνη. Ο αριθμός που καθορίζεται σε αυτό το πεδίο θα πολλαπλασιαστεί με την συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για να δώσει την ποσότητα της λανθάνουσας ενέργειας που παράγεται από τον διάφορο εξοπλισμό. Αυτή η λανθάνουσα ενέργεια επηρεάζει την ισορροπία υγρασίας στη ζώνη.
 - **Radiant Fraction:** Ορίστηκε παραπάνω. Μια τυπική τιμή είναι κάπου μεταξύ 0.1 και 0.5.

- **Πεδία Catering:** Στο πεδίο αυτό ορίζονται τα θερμικά κέρδη ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου που προκύπτουν από το μαγείρεμα και άλλες δραστηριότητες εστίασης.
 - **Fraction lost:** Ομοίως με παραπάνω για τον εξοπλισμό εστίασης.
 - **Latent Fraction:** Ομοίως με παραπάνω για τον εξοπλισμό εστίασης.
 - **Radiant Fraction:** Ομοίως με παραπάνω για τον εξοπλισμό εστίασης.
- **Πεδία Process:** Στο πεδίο αυτό ορίζονται τα θερμικά κέρδη ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου λόγω της δραστηριότητας επεξεργασίας.
 - **Fraction lost:** Ομοίως με παραπάνω για τον εξοπλισμό διαδικασίας.
 - **Latent Fraction:** Ομοίως με παραπάνω για τον εξοπλισμό διαδικασίας.
 - **Radiant Fraction:** Ομοίως με παραπάνω για τον εξοπλισμό διαδικασίας.
- **Schedules:** Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει τον προγραμματισμό λειτουργίας του συστήματος HVAC, του φωτισμού, των θερμοστατικών ελέγχων και του ζεστού νερού χρήσης. Επιπλέον, τα προγράμματα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της σκίασης στο κτίριο.

Schedules		
Mechanical ventilation schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Asse...	...
Auxiliary energy schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Asse...	...
Natural ventilation schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Asse...	...
Heating schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability -
Cooling schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability -
DHW schedule	Off 24/7	...
General lighting schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptad...	...
Task and display lighting schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptad...	...

Εικόνα 70γ: Καρτέλα ορισμού δραστηριότητας

ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Restaurant	General	Name	ASHRAE 90.1 Occupancy - Assembly
ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Retail		Source	ASHRAE 90.1-2007 User's Manual
ASHRAE 90.1 HVAC Availability - School	Data	Occupancy Assembly,	
ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Warehouse		Fraction,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Assembly		Through: 31 Dec,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Health		For: Weekdays,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Hotel/Motel		Until: 08:00,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Laboratory		0,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Light Manufacturing		Until: 11:00,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Office		0.2,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Restaurant		Until: 18:00,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Retail		0.8,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - School		Until: 20:00,	
ASHRAE 90.1 HVAC NightCycle Availability - Warehouse		0.2,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Assembly		Until: 23:00,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Health		0.1,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Hotel/Motel		Until: 24:00,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Laboratoty		0,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Light Manufacturing		For: Saturday,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Office		Until: 08:00,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Restaurant		0,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Retail		Until: 11:00,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - School		0.2,	
ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - Warehouse		Until: 21:00,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Assembly		0.6,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Health		Until: 22:00,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Hotel/Motel		0.8,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Laboratory		Until: 23:00,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Light Manufacturing		0.1,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Office		Until: 24:00,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Restaurant		0,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Retail		For: Sunday,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - School		Until: 08:00,	
ASHRAE 90.1 Occupancy - Warehouse		0,	
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Assembly		Until: 13:00,	
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Health		0.1	
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Hotel/Motel			
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Light Manufacturing			
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Office			
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Restaurant			
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Retail			
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - School			
ASHRAE 90.1 Service Hot Water - Warehouse			

Εικόνα 71: Προγράμματα βιβλιοθήκης λογισμικο.

5.6.2 Lighting Data

Σε αυτή την καρτέλα ορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τον φωτισμό της θερμικής ζώνης:

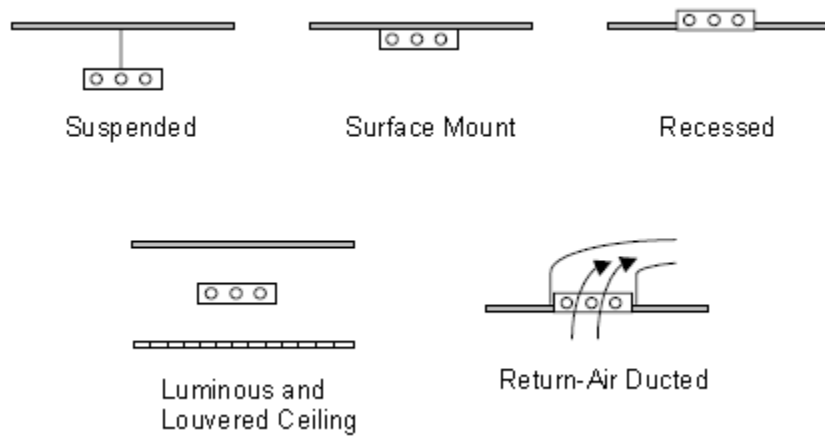
Lighting	
Lighting template	
Template	Building Area Method School/Un... ...
General lighting	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Normalised power density (W/m2-100lux)	3.5670
Schedule	ASHRAE 90.1 Lighting Receptade - ...
Luminaire type	Recessed
Radiant fraction	0.370
Visible fraction	0.180
Convective fraction	0.450
Lighting control	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Working plane height (m)	0.80
Control type	Linear/off
Min output fraction	0.100
Min input power fraction	0.100
Glare	
Maximum allowable glare index	20.0
View angle rel. to y-axis (°)	0.0
Lighting Area 1	
% Zone covered by Lighting ar...	100.0
Lighting Area 2	
<input type="checkbox"/> Second lighting area	
Task and display lighting	
<input type="checkbox"/> On	
Schedule	7:00 - 18:00 Monday - Friday

Εικόνα 72: Καρτέλα ορισμού φωτισμού

- **Πεδίο Template:** Ο χρήστης καλείται να επιλέξει ένα κατάλληλο πρότυπο φωτισμού σύμφωνα με την θερμική ζώνη. Όταν ο χρήστης επιλέξει ένα πρότυπο όλα τα παρακάτω πεδία συμπληρώνονται αυτόματα.
- **Πεδία General Lighting:** Αντιπροσωπεύει τον κύριο φωτισμό στη θερμική ζώνη. Θεωρείται ότι μπορεί να αντικατασταθεί από το φως της ημέρας μέσω του ελέγχου φωτισμού, εάν επιλεγεί αυτό το πεδίο.

- **Normalised power density:** Ο τρόπος καθορισμού της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε μία ζώνη για τον φωτισμό είναι:
 - **Watt ανά m2 ανά 100 lux** – όπου τα μέγιστα θερμικά κέρδη λόγω του φωτισμού ορίζονται ως W/m2/100lux και η πραγματική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τον φωτισμό της ζώνης στη προσομοίωση βασίζεται σε αυτήν την τιμή, την επιφάνεια δαπέδου και τις απαιτήσεις φωτισμού ως εξής:

Μέγιστη ισχύς φωτισμού (W) = Ενέργεια φωτισμού (W / m2-100lux) x Τετραγωνικά ζώνης (m2) x Απαιτούμενος φωτισμός ζώνης / 100.
- **Luminaire Type:** Επιλογή του κατάλληλου τύπου φωτιστικού από τις παρακάτω επιλογές και φορτώνεται ένα κατάλληλο σύνολο προεπιλογών για τον τύπο φωτιστικού.

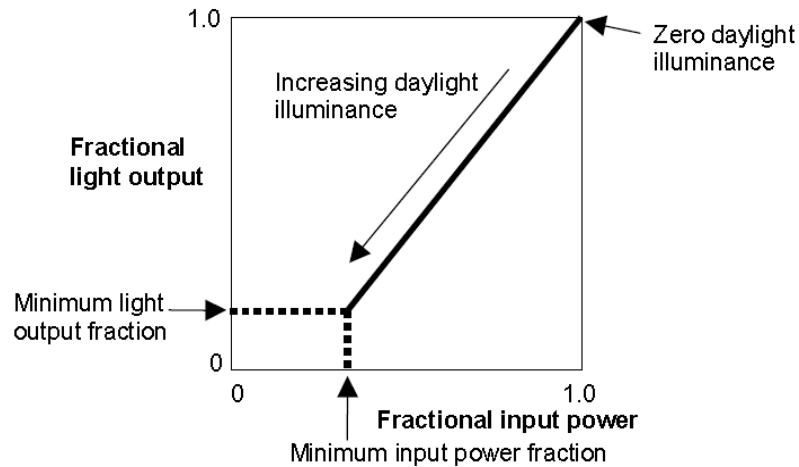


Εικόνα 73: Τύποι φωτιστικών.

Data	1-Suspended	2-Surface Mount	3-Recessed	4-Luminous and Recessed Ceiling	5-Return-air Ducted
Return Air Fraction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.54
Radiant Fraction	0.42	0.72	0.37	0.37	0.18
Visible Fraction	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Convected Fraction	0.40	0.10	0.45	0.45	0.10

Πίνακας 4: Προεπιλεγμένες τιμές ανα είδος φωτιστικού.

- **Πεδία Lighting Control:** Ο ηλεκτρικός φωτισμός μπορεί να ελεγχθεί ανάλογα με τη διαθεσιμότητα φυσικού φωτός. Όταν ενεργοποιείται ο έλεγχος φωτισμού, τα επίπεδα φωτισμού υπολογίζονται σε κάθε βήμα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστεί πόσο μπορεί να μειωθεί ο ηλεκτρικός φωτισμός. Το επίπεδο φωτεινότητας της ημέρας σε μια ζώνη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η κατάσταση του ουρανού, η θέση του ηλίου, οι θέσεις των αισθητήρων φωτοκύτταρου, η τοποθεσία, το μέγεθος και η διαπερατότητα των παραθύρων, οι σκιάσεις των παραθύρων και η ανακλαστικότητα των εσωτερικών επιφανειών. Η μείωση του ηλεκτρικού φωτισμού εξαρτάται από το επίπεδο φωτισμού της ημέρας, το σημείο ρύθμισης της φωτεινότητας και τον τύπο ελέγχου φωτισμού.
 - **Control Type: Linear.** Με τον γραμμικό έλεγχο η ισχύς των φωτιστικών μειώνεται συνεχώς και γραμμικά από τη μέγιστη ηλεκτρική ισχύ και την μέγιστη απόδοση φωτεινότητας έως την ελάχιστη ηλεκτρική ισχύ και την ελάχιστη απόδοση φωτεινότητας καθώς το φυσικό φως της ημέρας αυξάνεται.
 - **Min output fraction:** Για **linear control type** είναι η χαμηλότερη έξοδος φωτισμού που μπορεί να φτάσει το σύστημα με ελάχιστη ισχύ εισόδου. Είναι το κλάσμα εξόδου φωτός ακριβώς πριν τα φώτα απενεργοποιηθούν τελείως.
 - **Min input power fraction:** Για **linear control type** είναι η ελάχιστη ενέργεια που μπορεί να φτάσει ο φωτισμός. Είναι το κλάσμα ισχύος που επιτυγχάνεται λίγο πριν τα φώτα σβήσουν τελείως.



Εικόνα 74: Γραμμικός έλεγχος φωτισμού.

- **Πεδία Glare:**
 - **Maximum allowable glare index:** Εάν μια ζώνη έχει παράθυρα με μηχανισμούς σκίασης παραθύρων, οι σκιάσεις θα αξιοποιηθούν εάν το φως της ημέρας στον αισθητήρα υπερβεί την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου δείκτη. Συνιστώμενες τιμές του Maximum allowable glare index:

Activity or zone type	Maximum Allowable Discomfort Glare Index
Art Galleries	16
Rough work	28
Engine assembly	26
Fine assembly	24
Instrument assembly	22
Hospital wards	18
Laboratories	22
Museums	20
Offices	22
School classrooms	20

Πίνακας 9 : Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή glare index σύμφωνα με το energyPlus.

- **View angle relative to y-axis:** Η αντανάκλαση του φωτός της ημέρας εξαρτάται από την οπτική γωνία. Είναι υψηλότερη όταν κοιτάμε απευθείας σε ένα παράθυρο και μικρότερη όταν κοιτάμε μακριά από αυτό. Το πεδίο αυτό καθορίζει την οπτική γωνία για τον υπολογισμό της αντανάκλαστικότητας.
- **Πεδία Lighting Area:** Όταν ενεργοποιείται ο έλεγχος φωτισμού όλες οι λυχνίες στη ζώνη ελέγχονται από τον πρώτο αισθητήρα φωτισμού και το πεδίο zone controlled by Area 1 έχει τιμή 100%. Μερικοί μεγαλύτεροι χώροι μπορεί να έχουν δύο περιοχές φωτισμού όπου κάθε περιοχή έχει τον δικό της αισθητήρα φωτισμού και καλύπτει μια περιοχή της ζώνης.
- **Πεδία Task and display lighting:** Εάν υπάρχει φωτισμός που χρησιμοποιείται για συγκεκριμένες ενέργειες όπως για παράδειγμα λάμπες γραφείου, φωτισμός προϊόντων σε μαγαζιά ορίζεται σε αυτά τα πεδία.

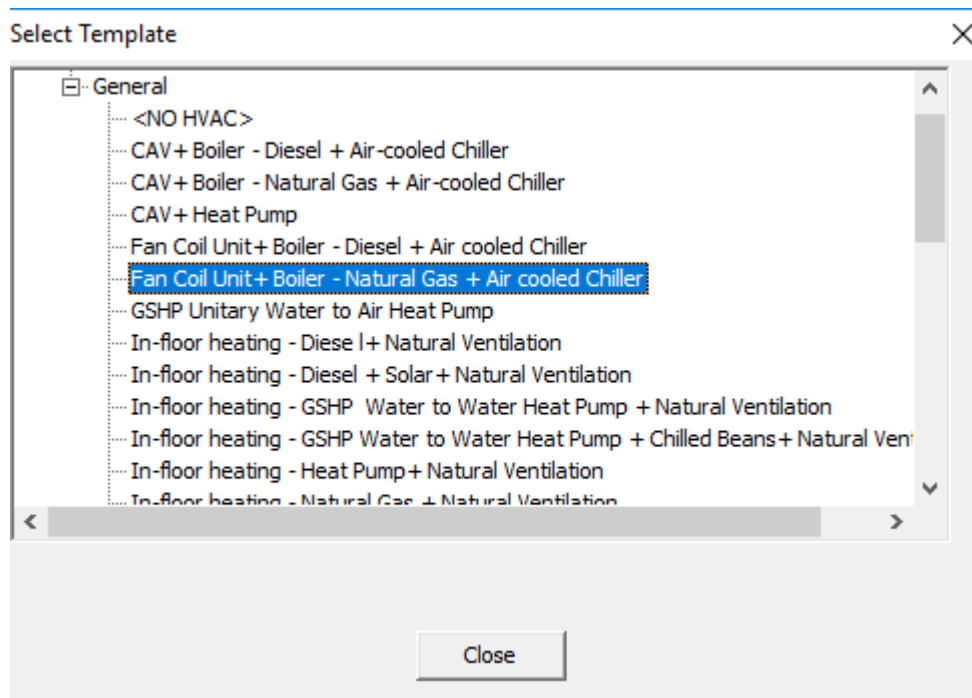
5.6.3 HVAC Data

Σε αυτή την καρτέλα ορίζονται όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τα συστήματα κλιματισμού της θερμικής ζώνης:

[-] HVAC Template	Template	Fan Coil Unit+ Boiler - Natural G... [...]
[-] Mechanical ventilation	<input checked="" type="checkbox"/> On	
	Outside Air Definition Method	By Zone ▼
	Outside Air (ac/h)	4.0
[-] Operation	Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Assembly
[-] Heat Recovery	<input checked="" type="checkbox"/> On	
	Heat Recovery Type	Sensible ▼
	Sensible Heat Recovery effective	0.700
	Latent Heat Recovery effective	0.650
[-] Economiser	Type	None ▼
[-] Auxiliary Energy	Pump etc. energy (W/m2)	7.0000
	Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Assembly
[-] Heating	<input checked="" type="checkbox"/> Heated	
	Fuel	Natural gas ▼
	Heating system CoP	0.900
[-] Type	[-] Supply Air Condition	
	Maximum supply air temperature	35.00
	Maximum supply air humidity	0.0156
	HeatingLimitType	LimitFlowRateAndCapacity ▼
[-] Operation	Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availibilty - Asse...

Εικόνα 75a: Καρτέλα ορισμού συστημάτων HVAC

- **Πεδίο Template:** Ο χρήστης καλείται να επιλέξει ένα κατάλληλο σύστημα ψύξης, θέρμανσης, ζεστού νερού χρήσης ή μηχανικού εξαερισμού σύμφωνα με την θερμική ζώνη. Όταν ο χρήστης επιλέξει ένα πρότυπο κλιματισμού όλα τα παρακάτω πεδία συμπληρώνονται αυτόματα σύμφωνα με το σύστημα. Το σύστημα που επιλέχθηκε για το κτίριο HMMY είναι το εξής:



Εικόνα 45β: Επιλογή κατάλληλου template HVAC.

- **Πεδίο Auxilarity Energy:** Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω ανεμιστήρων και αντλιών, οργάνων ελέγχου και οποιουδήποτε άλλου εξοπλισμού που σχετίζεται με το σύστημα κλιματισμού και δεν λαμβάνεται υπόψη αλλού.
- **Πεδίο Mechanical Ventilation:** Γίνεται επιλογή αυτού του πεδίου για να υποδείξουμε ότι εξωτερικός αέρας ή/και ανακυκλωμένος αέρας ρέει μέσα στη ζώνη. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη παράμετρο για να ορίσουμε τον μηχανικό αερισμό και τον αέρα που διανέμετε μέσω συστημάτων κλιματισμού με κεντρικό σύστημα ή τοπικό σύστημα αερισμού.
 - **Πεδίο Heat Recovery:** Γίνεται επιλογή αυτής της παραμέτρου όταν η ανάκτηση θερμότητας είναι ενεργή. Διαθέσιμες επιλογές:
 - **Sensible** που παρέχει αισθητή ανάκτηση θερμότητας όταν η θερμοκρασία του αέρα της ζώνης είναι πιο ευνοϊκή από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

- **Enthalpy** όπου παρέχεται λανθάνουσα και αισθητή ανάκτηση θερμότητας κάθε φορά που η ενθαλπία ζώνης εξαγωγής αέρα είναι ευνοϊκότερη από την ενθαλπία του υπαίθριου αέρα.
- **Πεδίο Economiser:** Οι εξοικονομητές χρησιμοποιούνται για την παροχή ψύξης όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία. Ένας εξοικονομητής αντλεί μέχρι και 100% εξωτερικό αέρα όταν ο αέρας αυτός είναι πιο δροσερός από τη θερμοκρασία μέσα στο κτίριο, παρέχοντας έτσι ψύξη χωρίς κόστος. Μπορεί να μειώσει τις απαιτήσεις ενέργειας για την ψύξη κατά περίπου 20% έως 30% ή περίπου 5% της χρήσης ενέργειας λόγω κλιματισμού και συχνά απαιτούνται από μεγαλύτερες μονάδες κλιματισμού.
- **Πεδία Heating (αντίστοιχα για τα πεδία Cooling):**
 - **Fuel:** Επιλογή του καυσίμου που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση.
 - **Heating system CoP:** Ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης θέρμανσης. Η τιμή αντιπροσωπεύει τη συνολική εποχιακή απόδοση ολόκληρου του συστήματος θέρμανσης και πρέπει να περιλαμβάνει την επίδραση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας που συνδέεται με τη θέρμανση του κτιρίου, όπως οποιαδήποτε ενέργεια ανεμιστήρα λέβητα, αναποτελεσματικότητα του λέβητα, εξοπλισμός ελέγχου κλπ. Δεν περιλαμβάνει ενέργεια που εμπλέκεται στην διανομή αέρα ή νερού (ανεμιστήρες ή αντλίες) ή μηχανισμό ελέγχου, ο οποίος υπολογίζεται στην βοηθητική ενέργεια. Τα δεδομένα CoP του συστήματος θέρμανσης καθορίζονται από τη ζώνη έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα διαμόρφωσης διαφορετικών αποδόσεων θέρμανσης σε κάθε ζώνη.
 - **Maximum supply air delivery temperature:** Η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα που παρέχεται για τη θέρμανση της ζώνης (σε ° C ή ° F).
 - **Maximum supply air humidity ratio:** Ο λόγος σταθερής υγρασίας (μάζα νερού ανά μάζα ξηρού αέρα) του θερμού αέρα που πρέπει να παραδοθεί όταν απαιτείται θέρμανση. Ο προεπιλεγμένος λόγος υγρασίας είναι 0,0156.
 - **Heating limit type:** Υπάρχουν 3 τρόποι με τους οποίους το σύστημα EnergyPlus μπορεί να περιορίσει την ικανότητα θέρμανσης της ζώνης:
 - **Limit flow rate:** σημαίνει ότι η παροχή αέρα θέρμανσης θα περιορίζεται στην τιμή που καθορίζεται στο επόμενο πεδίο εισαγωγής.
 - **Limit capacity:** σημαίνει ότι η αισθητή θερμότητα θα περιορίζεται στην τιμή που καθορίζεται στο πεδίο.

- **Πεδία Humidity control:**

- **Humidification:**

- **Constant supply humidity ratio:** σημαίνει ότι κατά τη θέρμανση ο αέρας τροφοδοσίας θα είναι πάντοτε στη μέγιστη αναλογία υγρασίας θέρμανσης.
 - **Humidistat:** σημαίνει ότι η υγρασία στη ζώνη ελέγχεται χρησιμοποιώντας το σημείο ρύθμισης υγρασίας που ορίζεται στην καρτέλα Δραστηριότητα (activity tab).

- Ομοίως για το πεδίο Dehumidification

Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availibility - Asse...
Cooling	
<input checked="" type="checkbox"/> Cooled	
Fuel	Electricity
Cooling system CoP	3.200
Supply Air Condition	
Minimum Supply Air Temperature	12.00
Minimum Supply Air Humidity ratio	0.0077
CoolingLimitType	LimitFlowRateAndCapacity
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availibility - Asse...
Humidity Control	
<input checked="" type="checkbox"/> Humidification	
Humidification control type	Humidistat
<input checked="" type="checkbox"/> Dehumidification	
Dehumidification control type	Humidistat
Natural Ventilation	
<input type="checkbox"/> On	
Air changes/hour	2.7500

Εικόνα 75γ: Καρτέλα ορισμού συστημάτων HVAC

Τα επόμενα πεδία δεν έχουν επιλεγεί για το σύστημα HVAC του κτιρίου HMMY όμως επεξηγούνται παρακάτω:

Natural Ventilation	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Outside Air Definition Method	By zone
Air changes/hour	2.7500
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Assembly
Outdoor Temperature Limits	
<input checked="" type="checkbox"/> Outdoor Min Temperature Control	
Min temperature definition	By value
Min temperature (°C)	-100.0
<input checked="" type="checkbox"/> Outdoor Max Temperature Control	
Max temperature definition	By value
Max temperature (°C)	100.0

Εικόνα 75δ: Καρτέλα ορισμού συστημάτων HVAC.

- **Πεδία Natural Ventilation:** Μπορεί να γίνει έλεγχος του φυσικού αερισμού χρησιμοποιώντας τα δεδομένα κάτω από την επιλογή του πεδίου natural ventilation.
 - **Outside air definition method:** Μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση του μέγιστου ρυθμού φυσικού αερισμού. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι:
 - By zone:** Εισαγωγή του ρυθμού φυσικού αερισμού της ζώνης σε εναλλαγές αέρα ανά ώρα.
 - Min fresh air per person:** Ο μέγιστος φυσικός εξαερισμός ορίζεται με τις ελάχιστες απαιτήσεις για καθαρό αέρα όπως ορίζεται στην καρτέλα δραστηριότητα (activity tab).
 - **Outdoor Temperature Limits:**
 - **Outdoor min temperature control:** Επιλογή αυτού του πεδίου εάν θέλουμε να ορίσουμε περιορισμό στη λειτουργία του φυσικού αερισμού όταν η εξωτερική θερμοκρασία πέσει κάτω από μια επιθυμητή θερμοκρασία. Επιπλέον για την αποφυγή υπερψύξης ενός χώρου που θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα φορτίο θέρμανσης.
 - **Min temperature definition:** Υπάρχουν δύο τρόποι για τον ορισμό της ελάχιστης εξωτερικής θερμοκρασίας.
 - By Value:** Χρήση αυτής της επιλογής όταν η επιθυμητή τιμή δεν αλλάζει με το χρόνο, οπότε γίνεται εισαγωγή μιας σταθερής θερμοκρασίας ρύθμισης.
 - By Schedule:** Χρήση αυτής της επιλογής όταν η επιθυμητή τιμή αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, οπότε γίνεται επιλογή ενός χρονοδιαγράμματος των μεταβαλλόμενων τιμών θερμοκρασίας.
 - **Outdoor min temperature:** Αυτή είναι η σταθερή εξωτερική θερμοκρασία (σε ° C ή ° F) κάτω από την οποία ο αερισμός απενεργοποιείται. Αυτός ο έλεγχος είναι ορατός όταν έχει επιλεγεί η επιλογή τιμής **By value** για τον καθορισμό ελάχιστης θερμοκρασίας.
 - **Outdoor max temperature control:** Επιλογή αυτού του πεδίου για τον ορισμό περιορισμών στη λειτουργία του φυσικού αερισμού όταν η εξωτερική θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από μια επιθυμητή θερμοκρασία. Επιπλέον, για την αποφυγή υπερθέρμανσης ενός χώρου η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα φορτίο ψύξης.
 - **Max temperature definition:** Υπάρχουν δύο τρόποι για τον ορισμό της μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας.
 - By Value:** Χρήση αυτής της επιλογής όταν η επιθυμητή τιμή δεν αλλάζει με το χρόνο, οπότε γίνεται εισαγωγή μιας σταθερής θερμοκρασίας ρύθμισης.

By Schedule: Χρήση αυτής της επιλογής όταν η επιθυμητή τιμή αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, οπότε γίνεται επιλογή ενός χρονοδιαγράμματος των μεταβαλλόμενων τιμών θερμοκρασίας.

- **Outdoor max temperature:** Αυτή είναι η σταθερή εξωτερική θερμοκρασία (σε ° C ή ° F) πάνω από την οποία ο εξαερισμός κλείνει. Αυτός ο έλεγχος είναι ορατός όταν έχει επιλεγεί η επιλογή τιμής **By value** για τον ορισμό της μέγιστης θερμοκρασίας.

Delta T Limits	
<input type="checkbox"/> Delta T Limit Control	
Delta T (deltaC)	-100.0
Delta T and Wind Speed Coefficients	
Constant	1.0
Temperature	0.0
Velocity	0.0
Velocity squared	0.0
Mixed Mode Zone Equipment	
<input type="checkbox"/> Mixed mode on	

Εικόνα 75ε: Καρτέλα ορισμού συστημάτων HVAC

ο Delta T Limits

- **Delta T Limit Control:** Επιλογή αυτού του πεδίου για τον περιορισμό της λειτουργίας του φυσικού αερισμού με βάση τη διαφορά θερμοκρασίας του εξωτερικού και του εσωτερικού αέρα. Παρέχει την δυνατότητα διακοπής του αερισμού εάν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή και ενδεχομένως να οδηγήσει σε θέρμανση του χώρου. Εάν είναι επιθυμητός ο εξαερισμός ακόμα και αν η εξωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία τότε δεν χρειάζεται να επιλέξουμε αυτό το πεδίο.
- **Delta T Limit Definition:** Υπάρχουν δύο τρόποι ορισμού του Delta T για τον έλεγχο της διαφοράς θερμοκρασίας:
 - By Value:** Χρήση αυτής της επιλογής όταν η επιθυμητή τιμή δεν αλλάζει με το χρόνο, οπότε γίνεται εισαγωγή μιας σταθερής θερμοκρασίας ρύθμισης.
 - By Schedule:** Χρήση αυτής της επιλογής όταν η επιθυμητή τιμή αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, οπότε γίνεται επιλογή ενός χρονοδιαγράμματος των μεταβαλλόμενων τιμών Delta T.
- **Delta T (deltaC):** Είναι η διαφορά θερμοκρασίας (σε ° C ή ° F) μεταξύ των θερμοκρασιών εσωτερικού και εξωτερικού αέρα κάτω από την οποία κλείνει ο αερισμός. Αυτό το πεδίο επιτρέπει τον τερματισμό του αερισμού εάν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή και θα μπορούσε ενδεχομένως να θερμάνει το χώρο. Οι τιμές αυτού του πεδίου μπορεί να είναι αρνητικοί αριθμοί.

Η θερμοκρασία Delta χρησιμοποιείται στον κώδικα με τον ακόλουθο τρόπο:

IF ((IndoorTemp - OutdoorTemp) < DeltaTemperature) Ο εξαερισμός δεν επιτρέπεται.

Παράδειγμα:

Τιμή delta T	Αποτέλεσμα
0	Ο φυσικός εξαερισμός λειτουργεί μόνο όταν: $OutdoorTemp < IndoorTemp$
-100	Φυσικός εξαερισμός χωρίς περιορισμούς από την τιμή Inside-Outside delta T.
2	Ο φυσικός εξαερισμός λειτουργεί μόνο όταν: $OutdoorTemp + 2 < IndoorTemp$

- **Delta T and wind speed coefficients:** Στο EnergyPlus Input Output reference συνίσταται να χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες τιμές σύμφωνα με την ASHRA, BLAST ή DOE-2. Οι προκαθορισμένες τιμές στο fineGreen όπως και στο EnergyPlus είναι 1,0,0,0 που δίνουν μια σταθερή ροή όγκου διήθησης κάτω από όλες τις συνθήκες.
- **Πεδίο Mixed Mode Zone Equipment:** Απαιτείται για την αποφυγή της ταυτόχρονης λειτουργίας των συστημάτων HVAC και του φυσικού αερισμού.

5.6.4 Zone Data

- **Model Infiltration:** Η αθέλητη ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μια θερμική ζώνη ως αποτέλεσμα της ρωγμής γύρω από τα ανοίγματα ή από το άνοιγμα και το κλείσιμο των ανοιγμάτων.
- **Delta T and wind speed coefficients:** Στο EnergyPlus Input Output reference συνίσταται να χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες τιμές σύμφωνα με την ASHRA, BLAST ή DOE-2. Οι προκαθορισμένες τιμές στο fineGreen όπως και στο EnergyPlus είναι 1,0,0,0 που δίνουν μια σταθερή ροή όγκου διήθησης κάτω από όλες τις συνθήκες.

Zone data

General

Model Infiltration

Constant rate (ac/h) 0.500

Schedule 7:00 - 18:00 Monday - Friday

Delta T and wind speed coefficients

Constant 1.000

Temperature 0.000

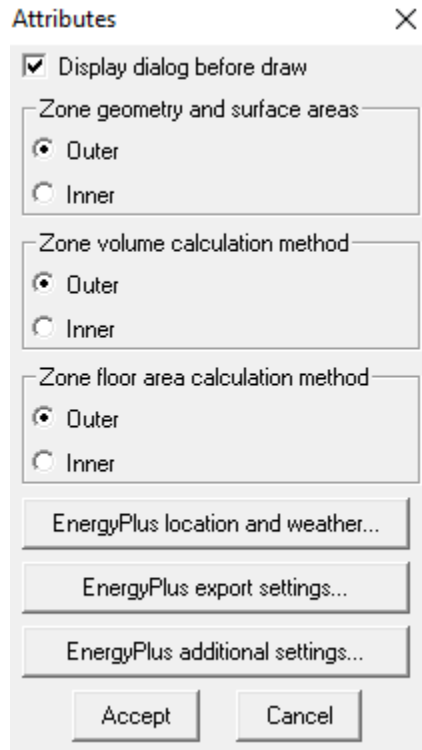
Velocity 0.000

Velocity squared 0.000

Εικόνα 76: Καρτέλα Zone data.

5.7 Calculation Parameters – Παράμετροι υπολογισμού

Αφού οριστούν όλα τα δεδομένα για όλες τις ζώνες, επομένο βήμα είναι η επιλογή των κατάλληλων κλιματικών δεδομένων και οι επιθυμητές ρυθμίσεις της προσομοίωσης. Από το μενού επιλέγουμε: AutoBLD > Element Parameters > Other Functions ή το αντίστοιχο εικονίδιο στη γραμμή εργαλείων και εμφανίζεται το παράθυρο της εικόνας 77.



Εικόνα 77: Ορισμός παραμέτρων υπολογισμού

- **EnergyPlus location and weather**

Για τον ορισμό των κλιματικών δεδομένων στο πεδίο Weather data file (.erw) επιλέγουμε τα δεδομένα της πόλης που επιθυμούμε και τα παρακάτω πεδία συμπληρώνονται αυτόματα.

Location and Weather Options

Location Template	
Template	Thessaloniki
Design day file (*.ddy)	C:\FineGREEN\GCAD\DataSets\weather d...
Weather data file (*.erw)	C:\FineGREEN\GCAD\DataSets\weather d...
Site location	
Latitude (°)	
Longitude (°)	22.97
Elevation above sea level (m)	4.00
Time	
Time zone (hrs)	UTC+2
<input checked="" type="checkbox"/> Daylight Saving Time	
Winter design data	
<input checked="" type="radio"/> Heating 99.6% coverage	
Outside design temperature (°C)	-3.2
Wind speed (m/2)	3.9
Wind direction (°)	110.0
<input type="radio"/> Heating 99% coverage	
Summer design data	
<input checked="" type="radio"/> 99.6% coverage based on dry-bulb te...	
Max dry-bulb design temperature (°C)	34.1
Wet-bulb temperature (°C)	21.6
Min dry-bulb temperature (°C)	22.9
<input type="radio"/> 99% coverage based on dry-bulb temp.	
<input type="radio"/> 98% coverage based on dry-bulb temp.	
<input type="radio"/> 99.6% coverage based on wet-bulb te...	
<input type="radio"/> 99% coverage based on wet-bulb temp.	
<input type="radio"/> 98% coverage based on wet-bulb temp.	

Εικόνα 78: Καρτέλα κλιματικών δεδομένων

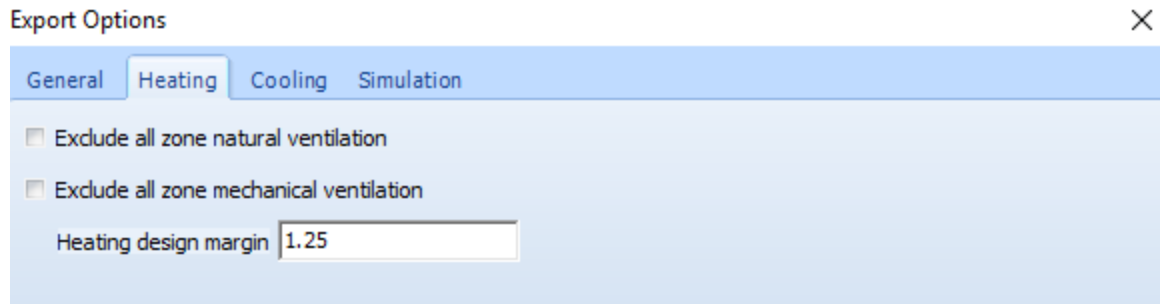
Export Options

Export Options	
General Heating Cooling Simulation	
Temperature control	1-Air temperature
Heating control radiant fraction	0.50
Cooling control radiant fraction	0.00
Simulation control radiant fraction	0.00
Heating/cooling sizing	Autosize
Mechanical ventilation method	Ideal loads
<input type="checkbox"/> Thermal bridge calculation	
Inside convection algorithm	TARP
Outside convection algorithm	DOE-2
<input type="checkbox"/> Daylight calculations	
Grid divisions in X and Y directions	10
<input type="checkbox"/> Daylight at reference points	

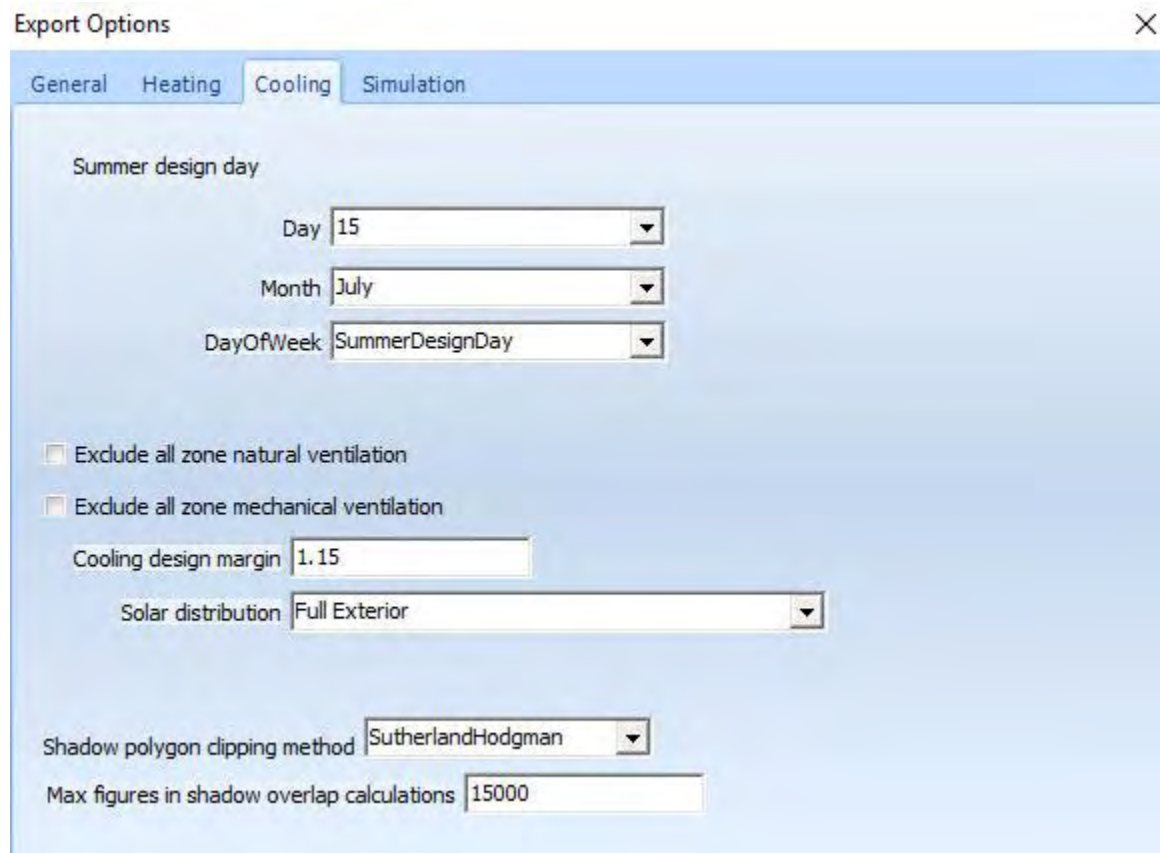
Εικόνα 79α: Καρτέλα επιλογών εξαγωγής αποτελεσμάτων

- **EnergyPlus export settings**

Εδώ πρέπει να καθοριστούν οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού θέρμανσης, ψύξης και προσομοίωσης. Για την μελέτη του κτιρίου ΗΜΜΥ χρησιμοποιήθηκαν οι προεπιλεγμένες τιμές.



Εικόνα 79β: Καρτέλα επιλογών εξαγωγής αποτελεσμάτων



Εικόνα 79γ: Καρτέλα επιλογών εξαγωγής αποτελεσμάτων

Export Options

General Heating Cooling **Simulation**

Simulation start date 03/02

Simulation end date 10/02

Simulation interval for reporting Hourly

Time steps per hour 2

Solar distribution Minimal Shadowing

Shadow calculation frequency 20

Shadow polygon clipping method SutherlandHodgman

Max figures in shadow overlap calculations 15000

Reporting tolerance for time heating setpoint not met 0.2

Reporting tolerance for time cooling setpoint not met 0.2

Εικόνα 79δ: Καρτέλα επιλογών εξαγωγής αποτελεσμάτων.

6. Προσομοιώσεις

Το λογισμικό προσφέρει τρεις τρόπους προσομοίωσης:

- Heating Design Simulation
- Cooling Design Simulation
- Building Energy Performance Simulation

6.1 Heating Design

Οι υπολογισμοί σχεδιασμού θέρμανσης πραγματοποιούνται για τον προσδιορισμό του μεγέθους του συστήματος θέρμανσης που απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων του κτιρίου κατά τη διάρκεια των δυσμενέστερων χειμερινών καιρικών συνθηκών. Οι υπολογισμοί αυτοί εκτελούνται χρησιμοποιώντας μεθόδους σταθερής κατάστασης. Οι προσομοιώσεις σχεδιασμού θέρμανσης που χρησιμοποιούν το EnergyPlus έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

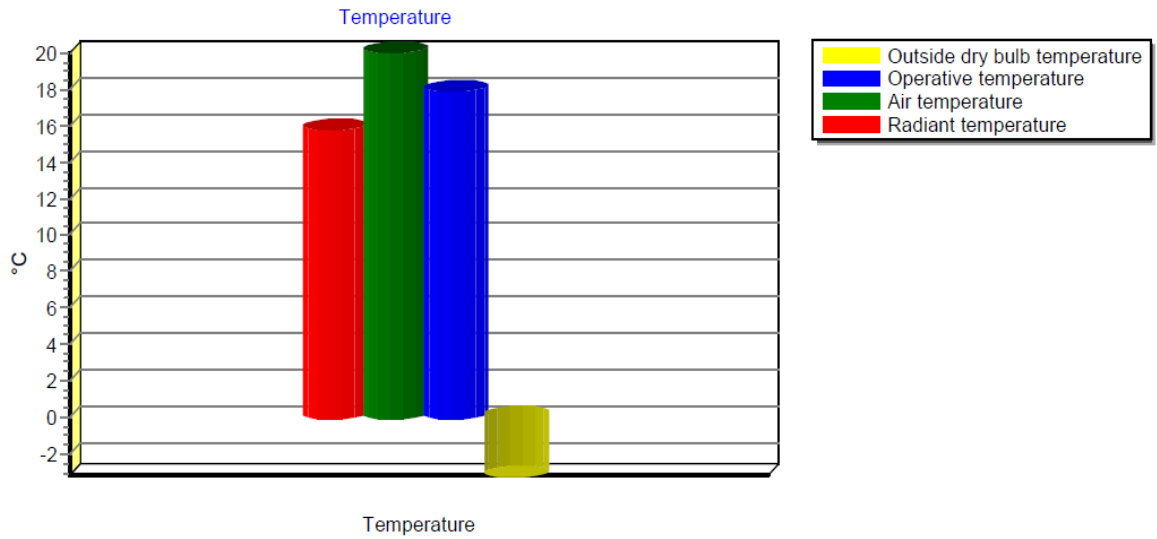
- Σταθερή κατάσταση εξωτερικής θερμοκρασίας που έχει ρυθμιστεί στην δυσμενέστερη εξωτερική θερμοκρασία.
- Απουσία ηλιακών κερδών.
- Απουσία εσωτερικών θερμικών κερδών (φωτισμός, εξοπλισμός, άνθρωποι κλπ).
- Οι θερμαινόμενες ζώνες θερμαίνονται συνεχώς για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών ανέσεως χρησιμοποιώντας ένα απλό σύστημα θέρμανσης.
- Περιλαμβάνει την μεταφορά θερμότητας μεταξύ ζωνών με διαφορετική θερμοκρασία.

Η προσομοίωση υπολογίζει τα απαιτούμενα φορτία για την διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών σε κάθε ζώνη και εμφανίζει τη συνολική απώλεια θερμότητας από τζάμια, τοιχοποιίες, δάπεδα, οροφές και χαραμάδες.

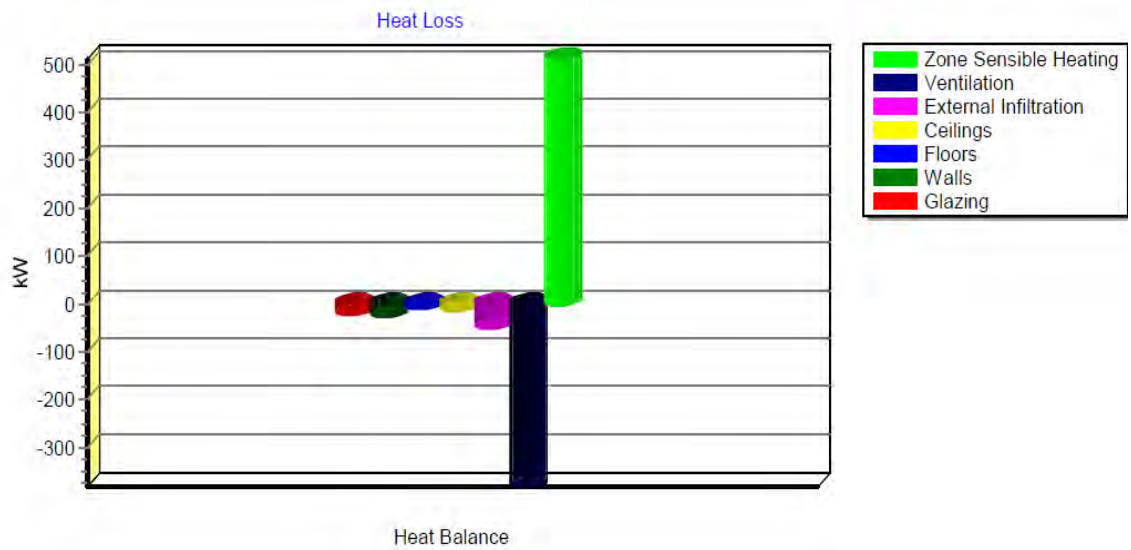
Summary table: Στον πίνακα των αποτελεσμάτων (πίνακας 1) εμφανίζονται τα εξής αποτελέσματα:

- Comfort temperature: Ο μέσος όρος θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα και των θερμοκρασιών λόγω ακτινοβολούμενης θερμότητας.
- Steady state heat loss: Παροχή θερμότητας για την διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σχεδιασμού θέρμανσης.
- Design capacity: Η απώλεια θερμότητας σε σταθερή κατάσταση πολλαπλασιασμένη με τον παράγοντα Design Margin¹ για να προκύψει το συνιστώμενο μέγεθος του εξοπλισμού θέρμανσης.

¹ Το Design Margin χρησιμοποιείται για τον πολλαπλασιασμό των υπολογιζόμενων φορτίων θέρμανσης σταθερής κατάστασης σε κάθε ζώνη έτσι ώστε να προκύψει ένα συνιστώμενο μέγεθος μονάδας θέρμανσης. Αντιπροσωπεύει την πρόσθετη θερμότητα που απαιτείται για να φτάσει η θερμοκρασία του κτιρίου στο επιθυμητό επίπεδο σε μία σχετικά βραχεία περίοδο προθέρμανσης και εξασφαλίζει την διατήρηση των συνθηκών ανέσεως σε όλες τις χειμερινές συνθήκες εκτός από τις πιο ακραίες.



Εικόνα 50: Κατανομή θερμοκρασιών.



Εικόνα 81: Απώλειες θερμότητας

Steady State							
Comfort							
Zone	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)	
amphitheater1	20.000	14.83671	17.41835	-3.20000	20.0145725	4.81151	
amphitheater2	20.000	13.55066	16.77533	-3.20000	20.0145728	4.81147	
amphitheater3	20.000	15.27861	17.63930	-3.20000	20.0145726	4.81149	
secretary's office	20.000	15.59088	17.79544	-3.20000	20.0145726	4.81149	
classroomsA	20.000	17.34057	18.67029	-3.20000	20.0145724	4.81155	
classroomsB	20.000	16.47254	18.23627	-3.20000	20.0145725	4.81158	
officesB1	20.000	15.99418	17.99709	-3.20000	20.0145726	4.81159	
officesB2	20.000	16.05807	18.02904	-3.20000	20.0145725	4.81158	
officesB3	20.000	16.01256	18.00628	-3.20000	20.0145725	4.81158	
officesC1	20.000	16.05337	18.02668	-3.20000	20.0145727	4.81161	
officesC2	20.000	15.74778	17.87389	-3.20000	20.0145726	4.81163	
officesC3	20.000	16.20627	18.10314	-3.20000	20.0145725	4.81164	
Heat loss							
Zone	Glazing (kW)	Walls (kW)	Floors (kW)	Ceilings (kW)	External Infiltration (kW)	Ventilation (kW)	Zone sensible Heating (kW)
amphitheater1	-2.3265361	-4.0579924	-1.3461028	-3.1608300	-10.9762642	-81.1829085	103.4758209
amphitheater2	-1.8707241	-1.4280882	-1.5295237	0.0000000	-3.0443292	-22.5322955	30.5641674
amphitheater3	-3.1109233	-2.3342757	-3.0267906	0.1247443	-5.3838686	-39.8374118	53.6845284
secretary's office	-0.5832332	-1.3308836	-1.2913906	0.0431447	-2.2808932	-16.8771542	22.9097923
classroomsA	-6.2118272	-3.8918540	-1.1154065	-0.5436275	-10.9037755	-80.5731798	104.5697199
classroomsB	-6.5003710	-4.3528070	0.0000000	-7.7286264	-12.4000240	-91.5604321	122.6103827
officesB1	-0.4250512	-1.2157496	-0.4959184	-0.0086590	-1.1312262	-8.3517865	11.8378327
officesB2	-0.5129474	-1.3425970	-0.5447847	-0.0179679	-1.2634064	-9.3275423	13.2697028
officesB3	-0.4082176	-1.2193907	-0.4985548	-0.0062185	-1.1311649	-8.3513179	11.8219716
officesC1	-0.3311328	-0.8765681	0.0000000	-0.5748130	-0.7894464	-5.8223077	8.5455144
officesC2	-0.7615615	-1.6870336	-0.3649900	-1.2682276	-1.7549475	-12.9428552	19.1582314
officesC3	-0.3273614	-0.9371440		-0.5766659	-0.7890791	-5.8194827	8.4431186
Building total	-23.3698868	-24.6743838	-10.2134620	-13.7177470	-51.8484251	-383.1786742	510.8907830
Summary	Comfort temperature (°C)	Steady state heat loss (kW)	Design capacity (kW)	Design capacity (W/m²)			
	17.880925	510.8907830	638.6134788	218.3622421			

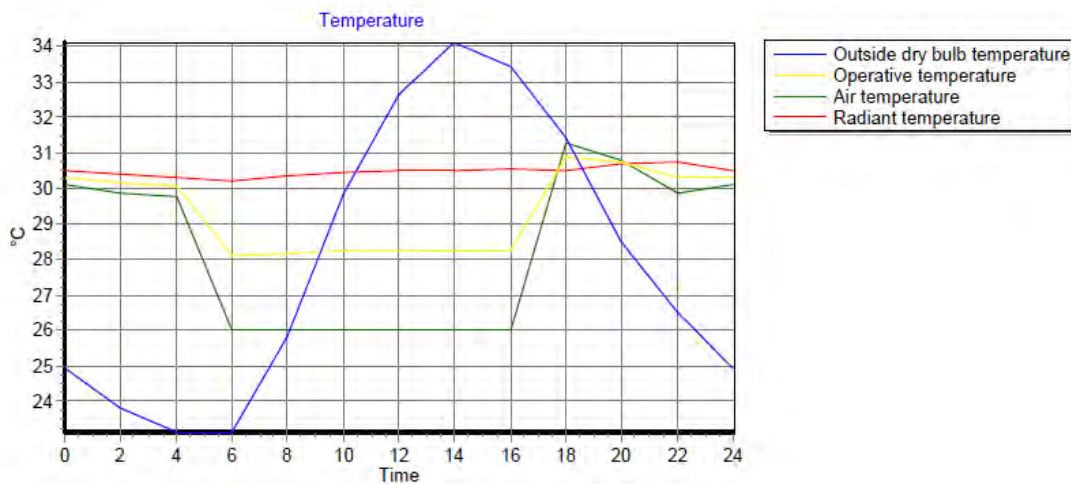
Πίνακας 10: Αποτελέσματα προσομοίωσης «Heating Design».

6.2 Cooling Design

Οι υπολογισμοί σχεδιασμού ψύξης πραγματοποιούνται για τον προσδιορισμό του μεγέθους του μηχανικού εξοπλισμού ψύξης που απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων κατά τη διάρκεια των δυσμενέστερων θερινών καιρικών συνθηκών. Σε ζώνες που δεν ψύχονται μηχανικά, οι θερμοκρασίες υπολογίζονται συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων του φυσικού ή μηχανικού εξαερισμού, αν αυτές οι επιλογές είναι επιλεγμένες στην καρτέλα HVAC της ζώνης. Οι υπολογισμοί αυτοί εκτελούνται χρησιμοποιώντας μεθόδους σταθερής κατάστασης. Οι προσομοιώσεις σχεδιασμού θέρμανσης που χρησιμοποιούν το EnergyPlus έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

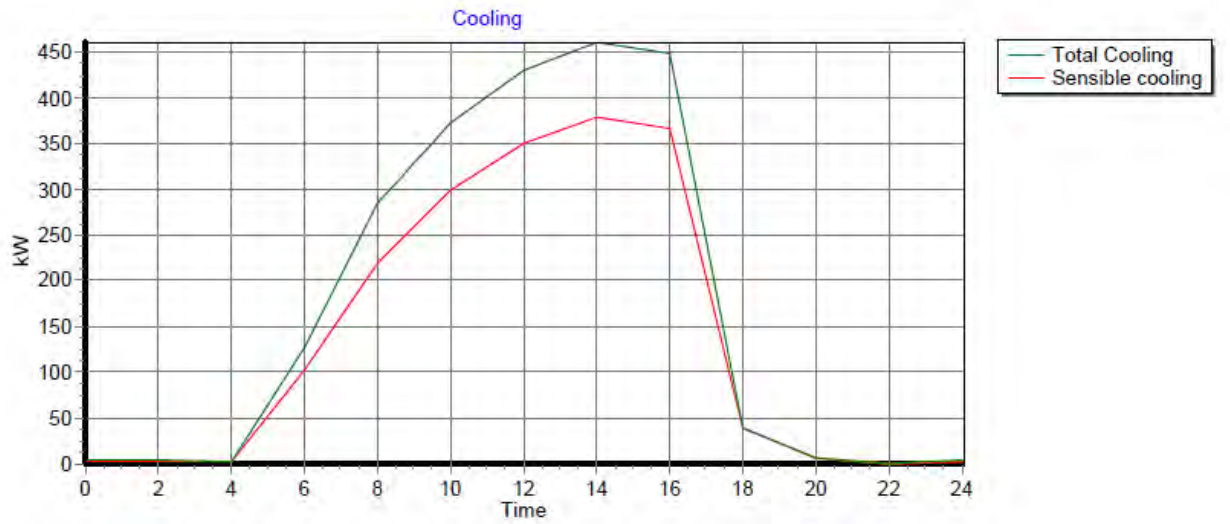
- Οι περιοδικές εξωτερικές θερμοκρασίες σταθερής κατάστασης υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας μέγιστες και ελάχιστες καλοκαιρινές καιρικές συνθήκες.
- Απουσία ανέμου.
- Περιλαμβάνει ηλιακά κέρδη από παράθυρα και προγραμματισμένο φυσικό εξαερισμό.
- Περιλαμβάνει εσωτερικά κέρδη από ανθρώπους, φωτισμό και άλλο εξοπλισμό.
- Περιλαμβάνει μεταφορά θερμότητας μεταξύ ζωνών διαφορετικών θερμοκρασιών.

Η προσομοίωση υπολογίζει τις θερμοκρασίες και τις θερμικές ροές για κάθε ζώνη και υπολογίζει τα φορτία ψύξης που απαιτούνται για τη διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών θερμοκρασίας σε κάθε ζώνη. Το μέγιστο φορτίο ψύξης σε κάθε ζώνη πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή ασφαλείας² (design margin) για να προκύψει το συνιστώμενο μέγεθος του εξοπλισμού ψύξης.

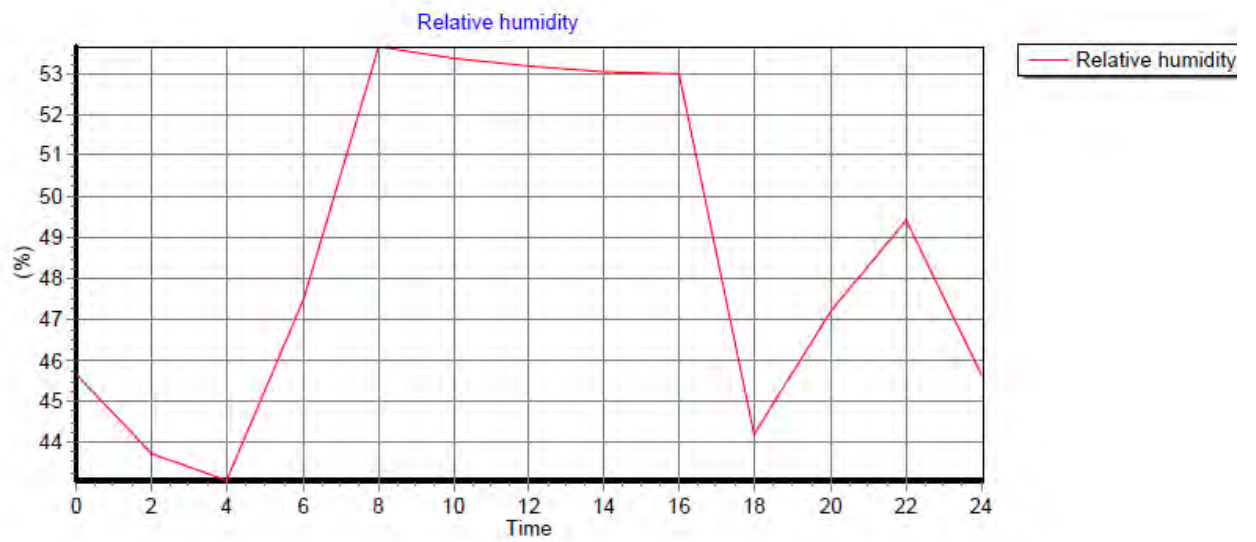


Εικόνα 82: Κατανομή θερμοκρασιών.

² Το Design Margin είναι ένας συντελεστής ασφαλείας και χρησιμοποιείται για τον πολλαπλασιασμό των υπολογιζόμενων φορτίων ψύξης σταθερής κατάστασης σε κάθε ζώνη έτσι ώστε να προκύψει ένα συνιστώμενο μέγεθος μονάδας ψύξης. Αντιπροσωπεύει την πρόσθετη ψύξη που απαιτείται για να φτάσει η θερμοκρασία του κτιρίου στο επιθυμητό επίπεδο σε μία σχετικά βραχεία περίοδο προψύξης και εξασφαλίζει την διατήρηση των συνθηκών ανέσεως σε όλες τις θερινές συνθήκες εκτός από τις πιο ακραίες.



Εικόνα 83: Ψύξη ανά ώρα



Εικόνα 84: Σχετική υγρασία ανά ώρα

Αναλυτικά αποτελέσματα προσομοίωσης Cooling design:

Comfort												
	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	
Air temperature (°C)	29.87551	29.75595	25.98887	25.99999	26.00000	26.00000	26.00000	26.00000	31.26077	30.76142	29.85400	
Radiant temperature (°C)	30.37633	30.31030	30.19311	30.32619	30.44535	30.47326	30.48729	30.52619	30.50136	30.68716	30.71564	
Operative temperature (°C)	30.12592	30.03312	28.09099	28.16309	28.22268	28.23663	28.24365	28.26310	30.88106	30.72429	30.29482	
Outside dry bulb	23.79600	23.12400	23.12400	25.81200	29.84400	32.64400	34.10000	33.42800	31.41200	28.50000	26.48400	
Relative humidity (%)	43.7395532	43.0581444	47.4916380	53.6611881	53.3913718	53.1749988	53.0381315	53.0009308	44.2024816	47.2191227	49.3992380	
Mech vent + nat vent + infiltration	5.60936	5.61997	5.55865	6.00427	5.92444	5.87025	5.84247	5.85529	5.50170	5.54160	5.55800	
Fabric and ventilation, Gains												
Glazing (kW)	-10.3537486	-4.5421131	22.5949083	47.4609894	51.0479790	45.3893286	43.5265292	41.5979138	-1.0883612	-4.7033362	-6.7929182	
Walls (kW)	3.7209060	3.3701073	27.8499278	4.5628214	3.3506663	2.7884946	2.6063823	3.9754568	-17.3414899	-12.3607383	-8.6981687	
Floors (kW)	-0.5710527	-1.0033014	27.1721451	0.1498863	-0.2402153	2.4233959	1.6549489	-0.1697981	-19.1898066	-17.0474391	-14.6388294	
Ceilings (kW)	9.1920547	5.7110652	22.1318702	-5.4838306	-4.8745218	-0.9670469	2.5059378	5.9419274	-7.1897557	-3.7300089	-0.2208467	
External Infiltration (kW)	10.7287354	11.6094376	4.6528428	0.4414415	-7.5974231	-13.0552448	-15.8539957	-14.5655681	0.4360516	4.6938591	6.6157283	
Ventilation (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	64.4834889	111.4376926	135.8390248	124.5608073	0.0098354	0.0000000	0.0000000	
Zone sensible cooling (kW)	2.1249790	1.9636199	102.6452918	222.5291349	234.2018581	239.9170623	242.6645360	242.228291	46.9248251	57.3370561	71.5392693	
Sensible cooling (kW)	2.1249790	1.9636199	101.7856293	219.5709978	298.5383727	351.2176247	378.3986023	366.7062140	39.5431422	5.6076073	0.0000000	
Total cooling (kW)	3.2179117	2.7542483	127.4283645	285.4414863	372.9166737	430.2660370	460.8388951	448.3986000	39.5431422	5.6076073	0.0000000	
Computers+Equipment (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	
Catering (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	
Process (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	
Miscellaneous (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	
General Lighting (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.6890705	0.6890705	0.6890705	0.6890705	0.6890705	0.6890705	0.6890705	0.6890705	
Task Lighting (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	
Occupancy (kW)	0.0000000	0.0000000	0.0000000	128.4050676	128.4046986	128.4046928	128.4046926	128.4046926	56.2414336	56.3926886	64.0328268	

Πίνακας 11α: Αποτελέσματα προσομοίωσης «Cooling design».

Summary	Design capacity (kW)		Total cooling load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)	Air temperature (°C)	Humidity (%)	Time of max cooling	Maximum operative temperature in day (°C)
amphitheater1	92.4619496		80.4016953	42.5147026	37.8869927	26.00000	57.1631219	15:00	32.63601
amphitheater2	40.9998927		35.6520806	19.3617995	16.2902811	26.00000	54.5869253	15:00	32.28587
amphitheater3	75.7141507		65.8383919	35.3802355	30.4581564	26.00000	57.2726405	15:00	32.12590
secretary's office	12.6413587		10.9924859	5.0125633	5.9799226	26.00000	53.1990886	15:00	29.82469
classroomsA	124.2768816		108.0668536	56.7207543	51.3460993	26.00000	51.0639703	15:00	31.59169
classroomsB	139.1801553		121.0262220	63.2848354	57.7413866	26.00000	50.2165157	15:00	31.57177
officesB1	7.2274870		6.2847713	3.3258851	2.9588862	26.00000	53.3006931	15:00	29.87481
officesB2	8.0658391		7.0137731	3.7091929	3.3045802	26.00000	53.3006941	15:00	29.78336
officesB3	6.6655540		5.7961339	2.8374114	2.9587225	26.00000	53.4170460	15:00	29.48610
officesC1	5.7968848		5.0407694	2.7719478	2.2688215	26.00000	51.9740470	15:00	30.30729
officesC2	12.0278344		10.4589864	5.8739248	4.5850616	26.00000	53.3730185	15:00	30.20835
officesC3	7.3767533		6.4145681	3.2874171	3.1271510	26.00000	46.5567351	15:00	31.20046
Building total	532.4347412		462.9867314	244.0806697	218.9060617	26.00000	52.9520413	15:00	30.90803

Πίνακας 11β: Αποτελέσματα προσομοίωσης «Cooling design».

- **Design Capacity:** Η μέγιστη τιμή του συνολικού φορτίου ψύξης πολλαπλασιασμένου με τον παράγοντα Design margin για να προκύψει το συνιστώμενο μέγεθος του εξοπλισμού θέρμανσης.
- **Total Cooling Load:** Το συνολικό φορτίο ψύξης είναι το συνολικό μέγιστο φορτίο Αισθητό + Λανθάνον για τη ζώνη κατά το μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης. Αν το λανθάνον φορτίο είναι αρνητικό τότε αγνοείται και το συνολικό φορτίο ψύξης είναι το ίδιο με το αισθητό φορτίο.
- **Sensible:** Είναι το μέγιστο αισθητό φορτίο ψύξης για τη ζώνη κατά την ημέρα σχεδιασμού.
- **Latent:** Είναι το λανθάνον φορτίο για τη ζώνη κατά τη στιγμή του μέγιστου αισθητού φορτίου, υπολογίζεται ως Total Cooling - Sensible Cooling.
- **Air Temperature:** Η θερμοκρασία του αέρα στη ζώνη κατά τη στιγμή του μέγιστου αισθητού φορτίου.
- **Humidity:** Η υγρασία (%) στη ζώνη κατά τη στιγμή του μέγιστου αισθητού φορτίου.
- **Time of Max Cooling:** Ο χρόνος κατά τον οποίο λαμβάνει χώρα η μέγιστη ψύξη.
- **Maximum operative temperature in day:** Η μέγιστη λειτουργική θερμοκρασία στη ζώνη κατά την ημέρα σχεδιασμού.

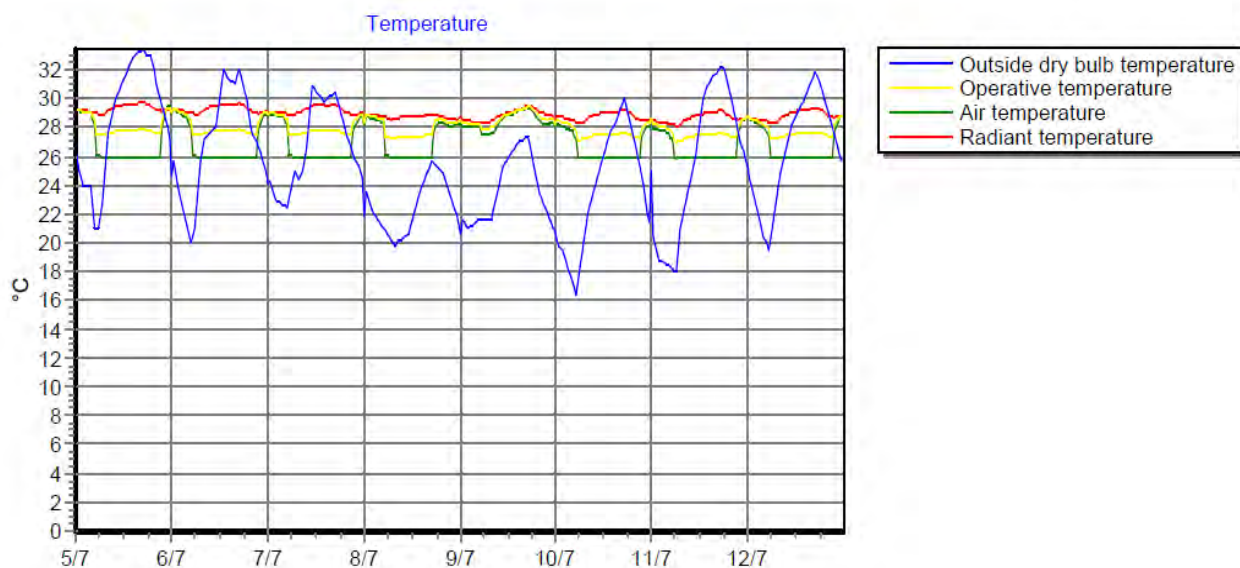
6.3 Προσομοίωση ενεργειακής απόδοσης κτιρίου [16]

Με την προσομοίωση δημιουργούνται λεπτομερή δεδομένα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου χρησιμοποιώντας πραγματικά κλιματικά δεδομένα. Οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούν το EnergyPlus έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

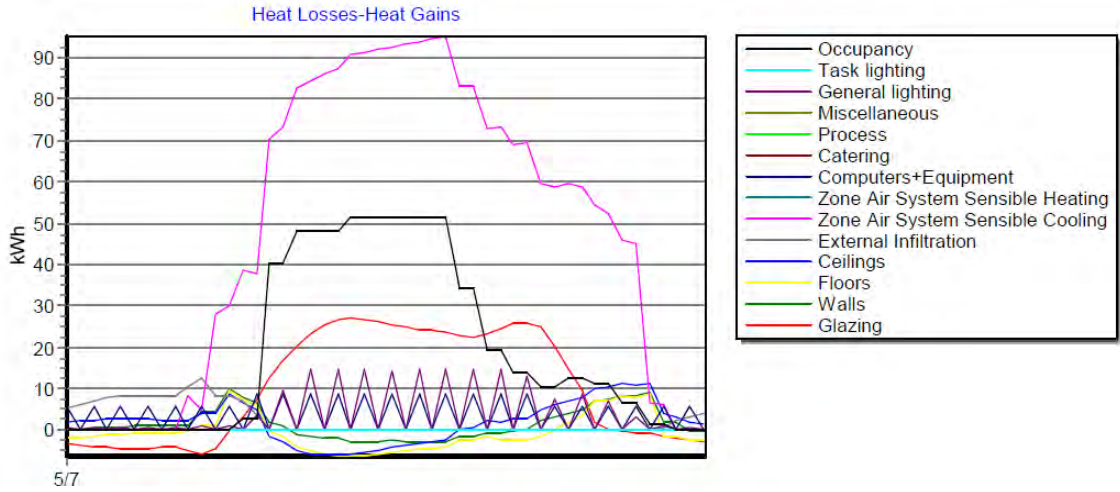
- Τα δεδομένα του καιρού προέρχονται από το αρχείο εισόδου ωριαίων κλιματικών δεδομένων.
- Περιλαμβάνεται η αγωγιμότητα και η μεταφορά θερμότητας μεταξύ ζωνών διαφορετικών θερμοκρασιών.
- Περιλαμβάνεται το ηλιακό κέρδος μέσω παραθύρων.
- Πραγματοποιείται προσομοίωση εξοπλισμού HVAC.
- Περιλαμβάνει μία ή περισσότερες ημέρες για να διασφαλιστεί η σωστή κατανομή της θερμότητας στο κτίριο και η έναρξη της προσομοίωσης.

6.3.1 Λεπτομερή αποτελέσματα προσομοίωσης

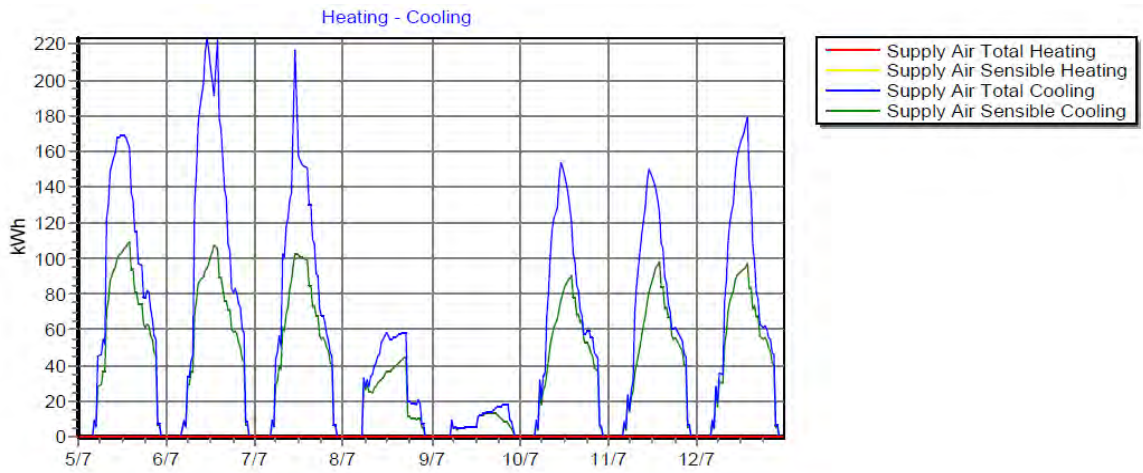
Για την προσομοίωση **θερινής περιόδου** επελέγη η 5^η ημέρα του Ιουλίου διότι αποτελεί τον δυσμενέστερο θερινό μήνα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα θερμοκρασίας, θερμικών απωλειών και θερμικών κερδών, παροχής ψύξης και υγρασίας μιας εβδομάδας του Ιουλίου και στους πίνακες 12α και 12β τα αναλυτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης όπως επίσης η επεξήγηση των πεδίων που περιέχει.



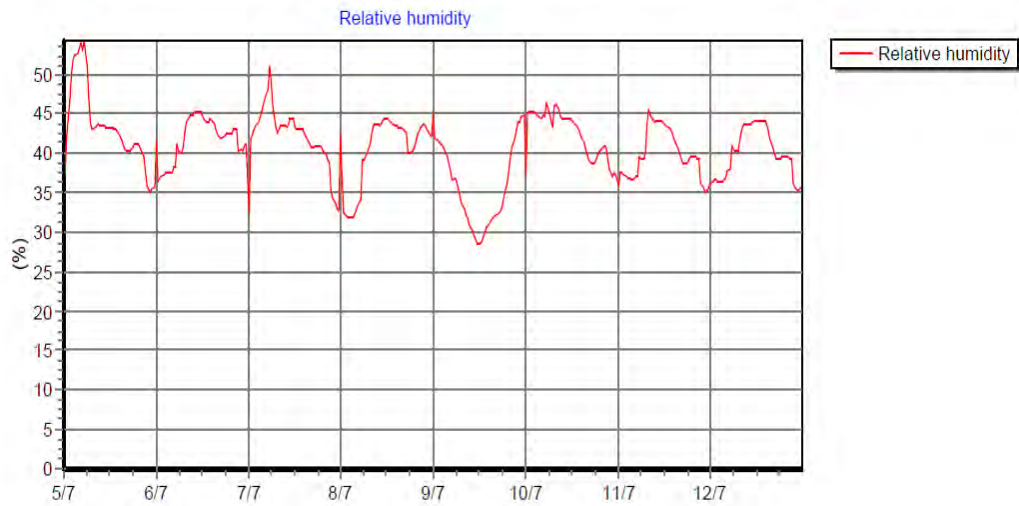
Εικόνα 85: Θερμοκρασίες από 5/7 έως 12/7



Εικόνα 86: Απώλειες θερμότητας και θερμικά κέρδη την 5η Ιουλίου



Εικόνα 87: Παροχή ψύξης από 5/7 έως 12/7



Εικόνα 88: Ποσοστά υγρασίας από 5/7 έως 12/7

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
3/7 00:00	28.85135	28.98277	28.91706	25.07500	44.3456532	5.57171
3/7 01:00	28.63437	28.88248	28.75842	22.72500	44.9718727	5.60980
3/7 02:00	28.52447	28.84820	28.68634	22.30000	45.0191279	5.61355
3/7 03:00	28.49523	28.81829	28.65676	21.87500	45.7151151	5.61909
3/7 04:00	28.36974	28.77212	28.57093	21.10000	46.2992918	5.63082
3/7 05:00	27.83173	28.70640	28.26906	20.37500	47.0034845	5.64818
3/7 06:00	25.97588	28.61689	27.29638	20.05000	47.9345641	8.51777
3/7 07:00	25.99898	28.60691	27.30294	21.50000	43.4212610	12.73990
3/7 08:00	25.99996	28.87109	27.43553	25.75000	43.1479391	46.87571
3/7 09:00	26.00000	29.04829	27.52414	27.00000	44.2736401	49.34890
3/7 10:00	26.00000	29.17895	27.58948	28.12500	44.0488188	49.32286
3/7 11:00	26.00000	29.28940	27.64470	29.62500	43.7549635	50.11661
3/7 12:00	26.00000	29.34816	27.67408	31.12500	43.5314290	50.11726
3/7 13:00	26.00000	29.40177	27.70089	32.62500	43.5835094	50.10093
3/7 14:00	26.00000	29.45578	27.72789	33.00000	43.4658007	50.09131
3/7 15:00	26.00000	29.45012	27.72506	32.92500	42.5858772	44.25912
3/7 16:00	26.00000	29.48703	27.74352	32.75000	41.5709960	39.27162
3/7 17:00	26.00000	29.54152	27.77076	32.62500	41.1559541	18.75303
3/7 18:00	26.00000	29.48632	27.74316	31.62500	41.7986024	11.63608
3/7 19:00	26.00000	29.30980	27.65490	30.40000	42.8286152	12.49186
3/7 20:00	26.00000	29.06870	27.53435	29.12500	43.6196027	12.10607
3/7 21:00	26.00000	28.93840	27.46920	27.75000	43.9400779	10.46380
3/7 22:00	27.87686	28.88861	28.38274	26.35000	42.1238995	7.40974
3/7 23:00	28.63933	28.95746	28.79839	25.70000	43.3795297	7.01977

Πίνακας 12α: Αποτελέσματα προσομοίωσης θερινής περιόδου.

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
3/7 00:00	-7.8311374	1.1530285	-3.2468638	6.0422735	6.7175980	0.0000000
3/7 01:00	-10.0453009	2.0596240	-2.0896558	6.9565183	10.0460816	0.0000000
3/7 02:00	-10.3112489	2.8561447	-0.8014968	7.4816731	10.3555110	0.0000000
3/7 03:00	-10.7107473	2.9041735	-0.3935829	7.0925741	10.9897482	0.0000000
3/7 04:00	-11.4139593	3.4324185	0.4812079	7.0417785	12.0236382	0.0000000
3/7 05:00	-11.9222183	6.6770120	2.3855313	8.3368105	13.0461713	0.0000000
3/7 06:00	-6.1313472	13.6661760	10.4609320	12.7472349	9.6788140	0.0000000
3/7 07:00	8.5176602	13.2972459	11.8079719	10.9074308	9.2558064	0.0000000
3/7 08:00	30.8297966	0.4852844	-4.1495497	-5.7133152	1.5485907	0.0000000
3/7 09:00	44.1668077	-4.3891204	-11.4773345	-12.1456376	0.0000000	0.0000000
3/7 10:00	52.9910987	-5.9253037	-14.2849968	-13.1209052	0.0000000	0.0000000
3/7 11:00	56.2861586	-8.0757139	-14.8353069	-12.9825705	0.0000000	0.0000000
3/7 12:00	53.1790128	-7.2903099	-13.4575083	-10.2129659	0.0000000	0.0000000
3/7 13:00	49.3521470	-7.0615262	-11.7372112	-7.5018662	0.0000000	0.0000000
3/7 14:00	48.6308697	-7.5026303	-11.1288569	-5.5739169	0.0000000	0.0000000
3/7 15:00	45.2341536	-4.6816469	-7.2128913	0.7711291	0.0000000	0.0000000
3/7 16:00	47.6859159	-3.0058270	-5.8552407	4.4013456	0.0000000	0.0000000
3/7 17:00	51.2434621	-1.6410974	-6.7237741	6.1386356	0.0000000	0.0000000
3/7 18:00	44.2625613	3.9599100	-3.2870441	11.7614459	0.0000000	0.0000000
3/7 19:00	21.7592552	7.6355616	4.1782666	16.0111358	0.0000000	0.0000000
3/7 20:00	-0.7232305	13.1482313	12.6185841	21.7121331	0.0000000	0.0000000
3/7 21:00	-3.5328530	15.8120883	14.9565892	23.3184187	0.0000000	0.0000000
3/7 22:00	-5.6812948	11.0880010	7.2898252	17.2213879	3.3002838	0.0032095
3/7 23:00	-6.9968983	3.7484736	-2.3339414	8.5096198	5.5150550	0.0000000

Πίνακας 12β: Αποτελέσματα προσομοίωσης θερινής περιόδου.

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
3/7 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 05:00	12.8240269	13.5762012	14.9582114	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 06:00	43.6214201	43.0806394	60.3875008	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 07:00	66.2727438	61.3315357	82.0892314	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 08:00	136.9396205	130.7709131	239.3494240	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 09:00	159.6836657	164.0324774	307.6457035	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 10:00	165.9812935	174.5638356	311.2957956	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 11:00	177.0798999	192.6039427	330.2521631	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 12:00	181.3451031	203.0688080	336.1518027	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 13:00	185.7440668	213.8970412	364.4018519	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 14:00	187.4846476	217.0013387	349.1270989	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 15:00	162.5259516	184.1907037	291.9794592	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 16:00	141.8314674	156.6840665	242.9582323	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 17:00	133.6992550	142.3227154	197.0360352	0.0000000	0.0000000	17.5866324
3/7 18:00	112.5986325	117.0728546	156.6270306	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 19:00	110.5355570	114.8264720	164.3473779	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 20:00	99.2629244	102.0233190	149.8963215	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 21:00	83.3507663	84.3774311	121.0630066	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 22:00	12.5964157	12.4804665	18.1020115	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/7 23:00	0.3338508	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630

Πίνακας 12γ: Αποτελέσματα προσομοίωσης θερινής περιόδου.

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
3/7 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/7 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/7 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/7 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/7 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/7 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.9808811	0.0000000	0.0000000
3/7 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.9808811	0.0000000	0.1621829
3/7 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	7.1902442	0.0000000	5.2773797
3/7 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	19.0755309	0.0000000	81.2156460
3/7 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	96.0075963
3/7 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	96.0075924
3/7 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	102.9832316
3/7 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	28.3230576	0.0000000	102.9832316
3/7 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	102.9832316
3/7 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	102.9832316
3/7 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	68.4685986
3/7 16:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	38.8846274
3/7 17:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	26.1232169	0.0000000	27.8989013
3/7 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	14.6758494	0.0000000	20.5772917
3/7 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	17.1710512	0.0000000	25.5079536
3/7 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	13.9425692	0.0000000	22.7017930
3/7 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	6.4569640	0.0000000	12.8404693
3/7 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.9808811	0.0000000	2.8847281
3/7 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0712753

Πίνακας 12δ: Αποτελέσματα προσομοίωσης θερινής περιόδου.

Στον πίνακα με τα αποτελέσματα προσομοίωσης της θερινής περιόδου (πίνακας 12α,β,γ,δ) εμφανίζονται τα παρακάτω πεδία:

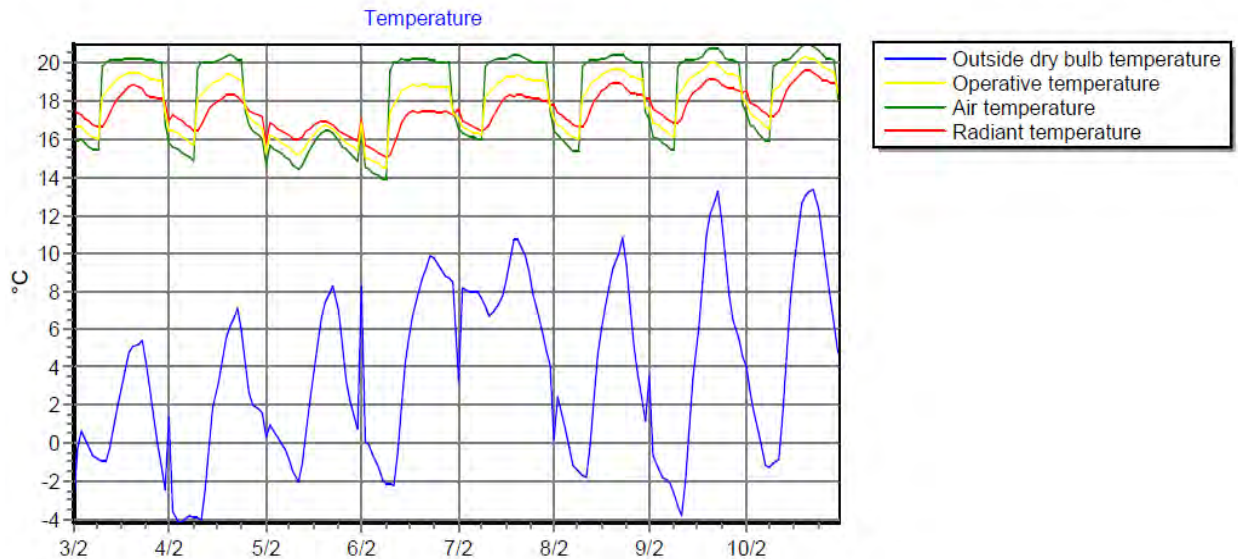
- **Air Temperature:** Η υπολογιζόμενη μέση θερμοκρασία του αέρα της ζώνης.
- **Radiant Temperature** (= εμβαδόν επιφάνειας x εκπομπή θερμότητας): Ο σταθμισμένος μέσος όρος της θερμοκρασίας της ζώνης λόγω ακτινοβολούμενης θερμότητας.
- **Operative Temperature:** Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας του αέρα της ζώνης και της ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας.
 $0.5 \times (\text{Zone Air Temperature} + \text{Zone Radiant Temperature})$
- **Outside Dry-Bulb Temperature:** Η εξωτερική θερμοκρασία.
- **Relative Humidity:** Αντιπροσωπεύει τη σχετική υγρασία του αέρα. Η τιμή εμφανίζεται σε ποσοστά και για τον υπολογισμό της χρησιμοποιεί την θερμοκρασία της ζώνης, τον συντελεστή υγρασίας και την εξωτερική βαρομετρική πίεση.
- **Mech Vent + Nat Vent + Infiltration:** Είναι το άθροισμα του εξωτερικού αέρα που ρέει στη ζώνη μέσω α) του συστήματος διανομής αέρα HVAC, β) την διείσδυση από χαραμάδες κλπ γ) τον φυσικό εξαερισμό και δ) την ροή αέρα μέσω σωληνώσεων γείωσης.
- **Glazing:** Είναι η συνολική ροή θερμότητας στη ζώνη από τα τζάμια, το πλαίσιο και το διαχωριστικό των εξωτερικών υαλοπινάκων, εξαιρουμένης της μεταδιδόμενης ηλιακής ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων.
- **Walls, Floors & Ceilings:** Άθροισμα των θερμικών κερδών και απωλειών από τις εσωτερικές επιφάνειες της εξωτερικής τοιχοποιίας, της εξωτερικής οροφής και των δαπέδων.
- **External Infiltration:** Κέρδος θερμότητας μέσω διείσδυσης αέρα (μη ακούσια εισροή αέρα μέσω ρωγμών και οπών) κατά τη χρήση της επιλογής “Scheduled natural ventilation”.
- **Zone Air System Sensible Heating (and Cooling) Rate:** Αυτές οι στήλες δείχνουν τη θέρμανση και τη ψύξη που παρέχονται από ένα σύστημα HVAC σε μία ζώνη/κτίριο. Αυτές οι τιμές υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας το ρυθμό παροχής αέρα με την διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα τροφοδοσίας και της θερμοκρασίας του αέρα ζώνης. Οι τιμές αυτές δεν υποδεικνύουν κατανάλωση ενέργειας και δεν σημαίνουν πώς το σύστημα θέρμανσης ή ψύξης θα τεθεί σε λειτουργία. Για παράδειγμα κατά την προσομοίωση του συστήματος μία ημέρα θερινής περιόδου η τιμή “Zone Air System Sensible Cooling Rate” είναι στην ουσία το κέρδος ψύξης λόγω της εισαγωγής δροσερού εξωτερικού αέρα, ακόμα και αν όλα τα στοιχεία (fan-coils) είναι εκτός λειτουργίας. Επίσης, η τιμή “Zone Air System Heating Rate” είναι στην ουσία το κέρδος θέρμανσης λόγω των εσωτερικών θερμικών κερδών όπως η εισαγωγή ζεστού αέρα στη ζώνη λόγω της θέρμανσης των ανεμιστήρων, λόγω των ανθρώπων που βρίσκονται

στο κτίριο κλπ. Οι τιμές αυτές δεν θα πρέπει να συγχέονται με την παροχή ενέργειας όταν εμπλέκεται μηχανικός εξαερισμός.

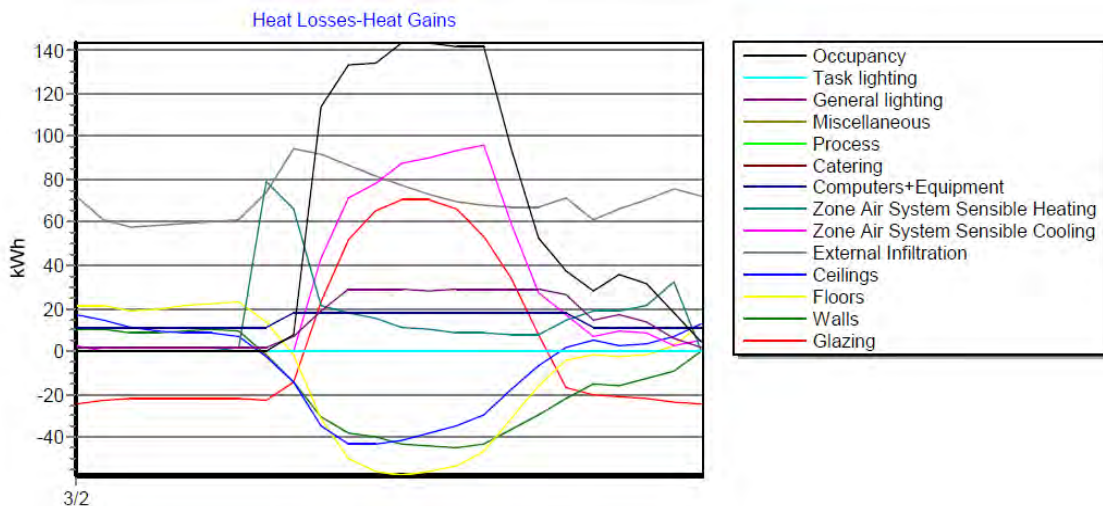
- **Supply Air Sensible Cooling:** Είναι το συνολικό αισθητό φορτίο ψύξης. Είναι ο ρυθμός με τον οποίο αφαιρείται αισθητό φορτίο από το αναμεμιγμένο ρεύμα εξωτερικού και ανακυκλοφορούμενου αέρα προκειμένου να μειωθεί η θερμοκρασία του αέρα τροφοδοσίας. Η ενέργεια που απαιτείται για την προσθήκη ή την αφαίρεση υγρασίας αγνοείται.
- **Supply Air Total Cooling:** Είναι το φορτίο (αισθητό και λανθάνον) που πρέπει να αφαιρεθεί από το αναμεμιγμένο ρεύμα εξωτερικού και ανακυκλοφορούμενου αέρα έτσι ώστε το μεικτό ρεύμα αέρα να φτάσει την επιθυμητή αναλογία θερμοκρασίας και υγρασίας.
- **Supply Air Sensible Heating:** Είναι το συνολικό αισθητό φορτίο θέρμανσης.
- **Supply Air Total Heating:** Η ενέργεια που παρέχεται από τοπικούς θερμαντήρες χώρου και μονάδες ανεμιστήρα - στοιχείου για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους.
- **Εσωτερικά θερμικά κέρδη:**
 - **Computers & Equipment:** Κέρδος θερμότητας λόγω υπολογιστών και άλλου εξοπλισμού.
 - **Catering:** Κέρδος θερμότητας λόγω μαγειρέματος.
 - **Process:** Κέρδος λόγω εξοπλισμού επεξεργασίας.
 - **Miscellaneous:** Κέρδος θερμότητας λόγω διαφόρων συσκευών.
 - **General Lighting:** Κέρδος θερμότητας λόγω γενικού φωτισμού.
 - **Task Lighting:** Κέρδος θερμότητας λόγω φωτισμού εργασίας.
 - **Occupancy:** Αισθητό κέρδος θερμότητας λόγω των ανθρώπων που βρίσκονται στο κτίριο. Διαφέρει ανάλογα με τις εσωτερικές συνθήκες.

Αποτελέσματα προσομοίωσης χειμερινής περιόδου:

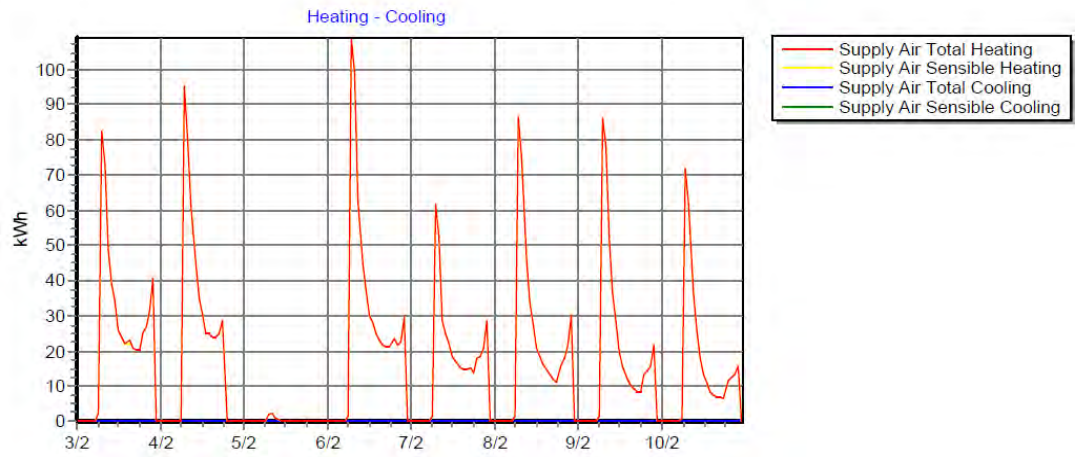
Για την προσομοίωση χειμερινής περιόδου επελέγη η 3^η ημέρα του Φεβρουαρίου διότι αποτελεί έναν από τους δυσμενέστερους χειμερινούς μήνες. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα θερμοκρασίας, θερμικών απωλειών και θερμικών κερδών, παροχής ψύξης και υγρασίας μιας εβδομάδας του Φεβρουαρίου και στον πίνακα 12 (πίνακας 12α,β,γ,δ) τα αναλυτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης (τα πεδία είναι όμοια με αυτά του πίνακα της θερινής περιόδου).



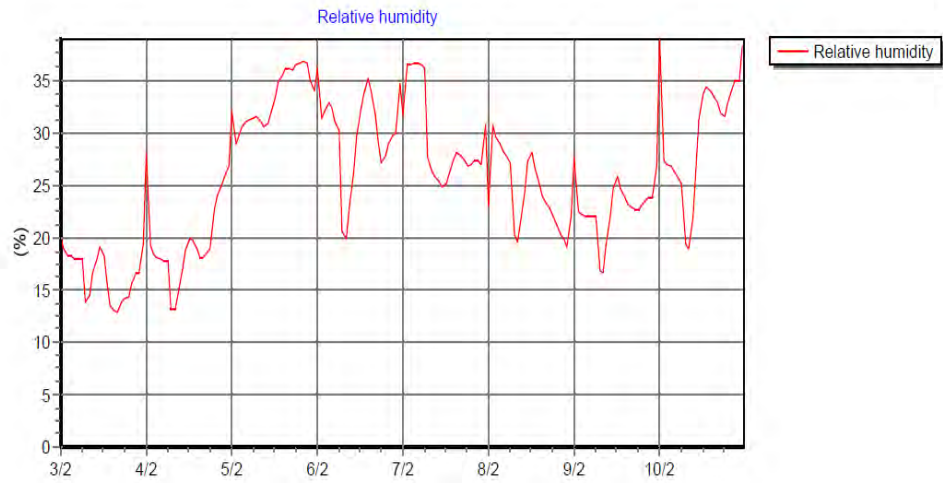
Εικόνα 89: Θερμοκρασίες από 3/2 έως 10/2



Εικόνα 90: Απώλειες θερμότητας και θερμικά κέρδη την 3η Φεβρουαρίου



Εικόνα 91: Παροχή θέρμανσης από 3/2 έως 10/2



Εικόνα 92: Ποσοστά υγρασίας από 3/2 έως 10/2

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
3/2 00:00	15.88026	17.51896	16.69961	-3.17500	20.0566986	7.23531
3/2 01:00	15.94844	17.35796	16.65320	-0.30000	18.9184199	5.82250
3/2 02:00	16.00760	17.24117	16.62438	0.62500	18.2625254	5.80396
3/2 03:00	15.80205	17.08863	16.44534	0.22500	18.2328904	5.80804
3/2 04:00	15.63423	16.93151	16.28287	-0.20000	17.9227863	5.81386
3/2 05:00	15.45630	16.77598	16.11614	-0.67500	17.9684438	5.82038
3/2 06:00	15.47327	16.63195	16.05261	-0.87500	17.9118974	5.82284
3/2 07:00	19.80479	16.66215	18.23347	-0.90000	13.8932443	8.67896
3/2 08:00	19.99994	16.95765	18.47879	-0.97500	14.4371488	12.78232
3/2 09:00	20.19117	17.43753	18.81435	-0.17500	16.9100408	45.33442
3/2 10:00	20.15105	17.87114	19.01110	0.85000	18.1370697	47.68158
3/2 11:00	20.16013	18.17351	19.16682	1.92500	19.1937561	47.66141
3/2 12:00	20.17038	18.40478	19.28758	2.87500	18.2358237	48.42296
3/2 13:00	20.20196	18.60488	19.40342	3.85000	15.6957603	48.39360
3/2 14:00	20.29538	18.76573	19.53055	4.77500	13.5271091	48.40695
3/2 15:00	20.25104	18.85040	19.55072	5.07500	13.0146835	48.39915
3/2 16:00	20.29088	18.80417	19.54753	5.25000	12.9071064	42.86430
3/2 17:00	20.28697	18.64751	19.46724	5.37500	13.8546023	38.15645
3/2 18:00	20.17504	18.40730	19.29117	4.27500	14.1011473	18.60885
3/2 19:00	20.17495	18.28870	19.23183	2.85000	14.3199920	11.77614
3/2 20:00	20.17348	18.23703	19.20525	1.37500	15.6805939	12.59443
3/2 21:00	20.02421	18.17604	19.10013	0.02500	16.6554458	12.21712
3/2 22:00	20.02071	18.09398	19.05734	-1.20000	16.6376835	10.66372
3/2 23:00	16.91138	17.88107	17.39622	-2.47500	19.4763598	7.64239

Πίνακας 13α: Αποτελέσματα προσομοίωσης ημεμερινής περιόδου.

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
3/2 00:00	-24.4100993	10.3071712	21.2684862	17.2768812	35.9816966	0.0000000
3/2 01:00	-22.3658721	10.1525245	21.2751131	14.7533312	30.4687204	0.0000000
3/2 02:00	-21.4481578	8.3211017	19.0286620	11.0994338	28.8443333	0.0000000
3/2 03:00	-21.6421539	8.9711337	20.0432344	9.8965028	29.2341109	0.0000000
3/2 04:00	-21.8762415	9.6234807	21.1751035	9.0747805	29.7319065	0.0000000
3/2 05:00	-22.1795450	10.1283304	22.1407596	8.3416799	30.3094809	0.0000000
3/2 06:00	-22.2370330	9.7992718	22.8698669	7.0773882	30.4534102	2.0787356
3/2 07:00	-22.8199825	-1.1408896	13.8474836	-2.6373465	36.8382801	78.7834454
3/2 08:00	-14.2531251	-13.8370350	-1.1474144	-14.5692119	47.2351611	65.9893636
3/2 09:00	22.6840119	-30.3136293	-31.4087580	-34.8615714	45.8776084	21.3299225
3/2 10:00	51.6148225	-37.6658985	-49.8689266	-42.9657354	43.3687700	17.6847040
3/2 11:00	65.5824272	-39.7944943	-56.0433344	-42.8213546	40.8959370	15.3634287
3/2 12:00	70.1667508	-43.2547969	-57.3995558	-41.5107684	38.7492634	10.9356063
3/2 13:00	70.9115676	-43.8230014	-56.0127650	-37.9932344	36.6105919	10.1268080
3/2 14:00	66.3563695	-44.5441098	-53.1665464	-34.8794639	34.8479104	8.8296057
3/2 15:00	53.9719746	-43.1500411	-46.4175871	-29.2991792	33.8630458	8.3601345
3/2 16:00	33.6701607	-36.5984588	-31.2434667	-17.2824339	33.6767196	8.1229582
3/2 17:00	7.5569004	-29.4453557	-15.6454110	-6.5226552	33.5087290	8.0850998
3/2 18:00	-17.1331586	-21.5294529	-3.7825753	1.5741089	35.6693761	14.7949638
3/2 19:00	-19.9471537	-15.2979110	-1.5805578	5.1353887	30.3864079	19.0838934
3/2 20:00	-20.9652157	-15.5388525	-2.7193722	2.8339701	33.1271136	18.5672563
3/2 21:00	-22.2082797	-12.8441137	-1.2823472	3.8238141	35.4075239	21.3281404
3/2 22:00	-23.5004467	-9.3679473	2.3215643	6.6802771	37.7309561	32.4393202
3/2 23:00	-24.4671660	0.5404836	13.0318161	12.7637642	36.0554914	0.0000000

Πίνακας 13β: Αποτελέσματα προσομοίωσης χειμερινής περιόδου.

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
3/2 00:00	2.5446880	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	11.4312630
3/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	2.2401218	2.2401218	11.4312630
3/2 07:00	0.0061562	0.0000000	0.0000000	82.1955398	82.1955398	11.4312630
3/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	72.8268713	72.8268713	17.5866324
3/2 09:00	43.7977398	0.0000000	0.0000000	48.6554066	48.6554066	17.5866324
3/2 10:00	71.6826773	0.0000000	0.0000000	39.0725638	39.0725638	17.5866324
3/2 11:00	78.5541073	0.0000000	0.0000000	34.1234503	34.1234503	17.5866324
3/2 12:00	87.5105957	0.0000000	0.0000000	25.9321709	25.9321709	17.5866324
3/2 13:00	90.0301790	0.0000000	0.0000000	24.6404837	24.6404837	17.5866324
3/2 14:00	93.4193785	0.0000000	0.0000000	21.9266630	21.9909408	17.5866324
3/2 15:00	96.0527064	0.0000000	0.0000000	21.8639538	22.6599063	17.5866324
3/2 16:00	59.6060053	0.0000000	0.0000000	20.5002366	20.6584770	17.5866324
3/2 17:00	27.5923608	0.0000000	0.0000000	20.1855627	20.1855627	17.5866324
3/2 18:00	17.3939483	0.0000000	0.0000000	20.0762280	20.0762280	17.5866324
3/2 19:00	7.0817964	0.0000000	0.0000000	25.3655152	25.3655152	11.4312630
3/2 20:00	9.2477480	0.0000000	0.0000000	26.5286526	26.5286526	11.4312630
3/2 21:00	8.5217578	0.0000000	0.0000000	31.1843136	31.1843136	11.4312630
3/2 22:00	2.6696777	0.0000000	0.0000000	40.2952916	40.2952916	11.4312630
3/2 23:00	5.0854282	0.0000000	0.0000000	0.1438948	0.1438948	11.4312630

Πίνακας 13γ: Αποτελέσματα προσομοίωσης χειμερινής περιόδου.

Time	Caterin g (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneou s (kWh)	Gener al Lightin g (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
3/2 00:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.1448418
3/2 01:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/2 02:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/2 03:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/2 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/2 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.6142410	0.0000000	0.0000000
3/2 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.9808811	0.0000000	0.0000000
3/2 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.9808811	0.0000000	0.2682793
3/2 08:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	7.1902442	0.0000000	7.4741678
3/2 09:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	19.0755309	0.0000000	113.8647385
3/2 10:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	133.2859152
3/2 11:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	133.7042310
3/2 12:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	143.3621225
3/2 13:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	28.3230576	0.0000000	143.0810215
3/2 14:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	141.8897463
3/2 15:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	141.4656391
3/2 16:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	94.0799501
3/2 17:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	29.0563378	0.0000000	52.4623557
3/2 18:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	26.1232169	0.0000000	37.4266139
3/2 19:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	14.6758494	0.0000000	28.5412703
3/2 20:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	17.1710512	0.0000000	35.3747501
3/2 21:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	13.9425692	0.0000000	31.8751243
3/2 22:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	6.4569640	0.0000000	18.1477557
3/2 23:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.9808811	0.0000000	4.0695450

Πίνακας 13δ: Αποτελέσματα προσομοίωσης χειμερινής περιόδου.

6.4 Report

Το λογισμικό εκτός από τις προσομοιώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω παράγει μία εκτενή έκθεση της κατανάλωσης του κτιρίου και όλων των παραγόντων που την επηρεάζουν. Τα αποτελέσματα αφορούν ένα έτος από 1^η Ιανουαρίου έως 31^η Δεκεμβρίου. Η έκθεση αυτή περιέχει έναν αριθμό πινάκων μερικοί από τους οποίους παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα.

Annual Building Utility Performance Summary

- **Site and Source Energy:** Υποδεικνύει τη συνολική χρήση ενέργειας από την εγκατάσταση. Για τον ηλεκτρισμό, η καθαρή ενέργεια από τη χρησιμότητα χρησιμοποιείται για την ηλεκτρική συμβολή.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	624208.70	213.44	213.44
Net Site Energy	624208.70	213.44	213.44
Total Source Energy	1321932.49	452.01	452.01
Net Source Energy	1321932.49	452.01	452.01

Πίνακας 14: Πίνακας Site & Source Energy.

- **Building Area:** Εμφανίζει το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου και το εμβαδόν των κλιματιζόμενων χώρων.

	Area [m ²]
Total Building Area	2924.53
Net Conditioned Building Area	2924.53
Unconditioned Building Area	0.00

Πίνακας 15: Πίνακας Building Area.

- **End Uses:** Δείχνει την συνολική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και άλλων καυσίμων, ψύξης, θέρμανσης και νερού. Στις κατηγορίες τελικής χρήσης περιλαμβάνονται η θέρμανση, η ψύξη, ο εσωτερικός και ο εξωτερικός φωτισμός, ο εσωτερικός και ο εξωτερικός εξοπλισμός, οι ανεμιστήρες, οι αντλίες, η απόρριψη θερμότητας, η υγρασία, η ανάκτηση θερμότητας, το ζεστό νερό. Δεν έχουν όλα τα καύσιμα αντίστοιχες τελικές χρήσεις.

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	36275.02	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	317868.91	0.00	0.00
Interior Lighting	112772.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	157292.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	270064.78	0.00	0.00	317868.91	36275.02	0.00

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

Πίνακας 16: Πίνακας End Uses.

- Utility Use Per Floor Area:** Παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τον πίνακα τελικών χρήσεων (end-uses) διαιρούμενα με το συνολικό εμβαδόν δαπέδου που ορίζεται για το κτίριο. Μόνο τρεις κατηγορίες τελικών χρήσεων χρησιμοποιούνται για αυτόν τον πίνακα, φωτισμός, HVAC και άλλοι. Η κατηγορία HVAC περιλαμβάνει ανεμιστήρες, αντλίες, θέρμανση, ψύξη, απόρριψη θερμότητας, υγρασία και θέρμανση οικιακού ζεστού νερού. Η στήλη "Άλλα καύσιμα" περιλαμβάνει καύσιμο πετρέλαιο, μαζούτ, βενζίνη, άνθρακα, προπάνιο, ντίζελ και άλλα.

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]	Additional Fuel Intensity [kWh/m ²]	District Cooling Intensity [kWh/m ²]	District Heating Intensity [kWh/m ²]	Water Intensity [m ³ /m ²]
Lighting	38.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	108.69	12.40	0.00
Other	53.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	92.34	0.00	0.00	108.69	12.40	0.00

Πίνακας 17: Utility Use Per Floor Area.

- **Electric Loads Satisfied:** Δείχνει τις διάφορες μεθόδους που χρησιμοποιούνται στο κτίριο για να καλύψουν τα ηλεκτρικά φορτία (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καυσίμου, γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας, φωτοβολταϊκή ισχύς και αιολική ενέργεια). Τα ποσοστά που εμφανίζονται βασίζονται στη συνολική ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται από τις κατηγορίες τελικών χρήσεων (end-uses).

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	0.000	0.00
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	0.000	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.000	0.00
Electricity Coming From Utility	270064.780	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.000	0.00
Net Electricity From Utility	270064.780	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	270064.780	100.00
Total Electricity End Uses	270064.780	100.00

Πίνακας 18: Πίνακας Electric Loads Satisfied.

- **Performance:** Σύνοψη φορτίου για κάθε ζώνη, ο πίνακας περιλαμβάνει την έκταση της ζώνης, εάν υπάρχει κλιματισμός, τον όγκο, τους πολλαπλασιαστές, την συνολική επιφάνεια τοιχοποιίας, την συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων, τον φωτισμό και τα άτομα.

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Above Ground Gross Wall Area [m2]	Underground Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Opening Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]	Plug and Process [W/m2]
ZONE 1	321.72	Yes	Yes	2589.86	1.00	554.29	0.00	50.40	50.40	10.7010	0.67	12.0000
ZONE 2	163.37	Yes	Yes	718.82	1.00	244.19	0.00	42.33	42.33	10.7010	0.67	12.0000
ZONE 3	288.83	Yes	Yes	1270.87	1.00	382.30	0.00	66.07	66.07	10.7010	0.67	12.0000
ZONE 4	122.36	Yes	Yes	538.41	1.00	205.01	0.00	12.38	12.38	9.6990	20.00	17.0000
ZONE 5	778.91	Yes	Yes	2570.41	1.00	633.98	0.00	120.70	120.70	10.7010	1.54	12.0000
ZONE 6	778.91	Yes	Yes	2920.92	1.00	720.42	0.00	129.02	129.02	10.7010	1.54	12.0000
ZONE 7	71.05	Yes	Yes	266.44	1.00	178.81	0.00	8.37	8.37	16.1651	20.00	17.0001
ZONE 8	79.35	Yes	Yes	297.56	1.00	198.37	0.00	10.06	10.06	16.1650	20.00	17.0000
ZONE 9	71.05	Yes	Yes	266.42	1.00	178.86	0.00	8.03	8.03	9.6990	20.00	17.0001
ZONE 10	58.97	Yes	Yes	185.74	1.00	128.18	0.00	6.42	6.42	9.6990	20.00	17.0001
ZONE 11	131.08	Yes	Yes	412.90	1.00	261.13	0.00	15.01	15.01	10.7010	20.00	10.0000
ZONE 12	58.94	Yes	Yes	185.65	1.00	128.13	0.00	6.36	6.36	17.8349	20.00	9.9999
Total	2924.53			12223.99		3813.68	0.00	475.17	475.17	11.0393	1.33	12.5587
Conditioned Total	2924.53			12223.99		3813.68	0.00	475.17	475.17	11.0393	1.33	12.5587
Unconditioned Total	0.00			0.00		0.00	0.00	0.00	0.00			
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00	0.00	0.00			

Πίνακας 19: Πίνακας Performance.

Climatic Data Summary

Η αναφορά «Σύνοψη Κλιματικών Δεδομένων» παράγει μια έκθεση που περιλαμβάνει μερικές από τις λεπτομέρειες για κάθε μία από τις ημέρες σχεδιασμού, όπως: μέγιστη ένδειξη ξηρού βολβού, ημερήσιο εύρος θερμοκρασίας, υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου.

SizingPeriod:DesignDay

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	34.10	11.20	21.60	Wetbulb [C]	4.60	180.00
WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	-3.20	0.00	-3.20	Wetbulb [C]	3.90	110.00

Reference	GRC_Thessaloniki.166220_IWEC
Site:Location	THESSALONIKI - GRC
Latitude	{N 40° 31'}
Longitude	{E 22° 58'}
Time Zone	{GMT +2.0 Hours}
Elevation (m) above sea level	4
Standard Pressure at Elevation	101277Pa
Data Source	IWEC Data
WMO Station	166220
Weather File Design Conditions	Climate Design Data 2009 ASHRAE Handbook
Heating Design Temperature 99.6% (C)	-3.2°
Heating Design Temperature 99% (C)	-1.9°
Cooling Design Temperature 0.4% (C)	34.1°
Cooling Design Temperature 1% (C)	32.8°
Cooling Design Temperature 2% (C)	31.2°
Maximum Dry Bulb Temperature (C)	34.8°
Maximum Dry Bulb Occurs on	May 26
Minimum Dry Bulb Temperature (C)	-4.2°
Minimum Dry Bulb Occurs on	Feb 4
Maximum Dew Point Temperature (C)	22.0°
Maximum Dew Point Occurs on	Jul 5
Minimum Dew Point Temperature (C)	-12.6°
Minimum Dew Point Occurs on	Feb 3

Πίνακας 20: Πίνακας Climatic Data Summary.

Lighting Summary

- **Εσωτερικός φωτισμός (Interior Lighting):** περιλαμβάνει το όνομα του αντικειμένου φωτισμού, τη ζώνη στην οποία χρησιμοποιείται, την πυκνότητα ισχύος φωτισμού, την περιοχή ζώνης, τη συνολική ισχύ, την υποκατηγορία τελικής χρήσης, το όνομα προγράμματος που χρησιμοποιείται, τις μέσες ώρες ανά εβδομάδα, το κλάσμα του αέρα επιστροφής και αν η ζώνη είναι κλιματιζόμενη.

Interior Lighting

	Zone	Lighting Power Density [W/m ²]	Zone Area [m ²]	Total Power [W]	End Use Subcategory	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hr]	Hours/Week > 1% [hr]	Full Load Hours/Week [hr]	Return Air Fraction	Conditioned (Y/N)	Consumption [kWh]
GENERAL LIGHTING - ZONE 1	ZONE 1	10.7010	321.72	3442.74	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone1#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - SCHOOL	70.26	168.00	70.26	0.0000	Y	12612.28
GENERAL LIGHTING - ZONE 2	ZONE 2	10.7010	163.37	1748.19	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone2#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - SCHOOL	70.26	168.00	70.26	0.0000	Y	6404.39
GENERAL LIGHTING - ZONE 3	ZONE 3	10.7010	288.83	3090.82	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone3#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - SCHOOL	70.26	168.00	70.26	0.0000	Y	11323.05
GENERAL LIGHTING - ZONE 4	ZONE 4	9.6990	122.36	1186.82	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone4#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	3457.43
GENERAL LIGHTING - ZONE 5	ZONE 5	10.7010	778.91	8335.13	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone5#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - SCHOOL	70.26	168.00	70.26	0.0000	Y	30535.25
GENERAL LIGHTING - ZONE 6	ZONE 6	10.7010	778.91	8335.13	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone6#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - SCHOOL	70.26	168.00	70.26	0.0000	Y	30535.25
GENERAL LIGHTING - ZONE 7	ZONE 7	16.1651	71.05	1148.51	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone7#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	3345.83
GENERAL LIGHTING - ZONE 8	ZONE 8	16.1650	79.35	1282.69	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone8#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	3736.73
GENERAL LIGHTING - ZONE 9	ZONE 9	9.6990	71.05	689.07	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone9#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	2007.39
GENERAL LIGHTING - ZONE 10	ZONE 10	9.6990	58.97	571.90	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone10#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	1666.06
GENERAL LIGHTING - ZONE 11	ZONE 11	10.7010	131.08	1402.67	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone11#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	4086.24
GENERAL LIGHTING - ZONE 12	ZONE 12	17.8349	58.94	1051.13	ELECTRIC EQUIPMENT#Zone12#GeneralLights	ASHRAE 90.1 LIGHTING RECEPTACLE - OFFICE	55.87	168.00	55.87	0.0000	Y	3062.16
Interior Lighting Total		11.0393	2924.53	32284.82								112772.07

Πίνακας 21: Lighting Summary (Interior lighting)

HVAC Sizing Summary

- **Zone Sensible Cooling** και **Zone Sensible Heating** περιέχουν τα εξής δεδομένα για κάθε ζώνη: το υπολογιζόμενο φορτίο σχεδιασμού, το φορτίο σχεδιασμού που όρισε ο χρήστης, η υπολογισθείσα ροή αέρα όπως υπολογίστηκε από το λογισμικό και όπως καθορίστηκε από τον χρήστη, το όνομα της χρονικής περιόδου, τη χρονική περίοδο, τη θερμοκρασία και τον λόγο υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά όταν το φορτίο έχει την μέγιστη τιμή του.

Zone Sensible Heating

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m ²]	Calculated Design Air Flow [m ³ /s]	User Design Air Flow [m ³ /s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak {TIMESTAMP}	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m ³ /s]	Heat Gain Rate from DOAS [W]
ZONE 1	53275.21	66594.01	206.99	2.188	2.878	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.07	0.01156	-3.20	0.00289	2.878	0.00
ZONE 2	20234.02	25292.52	154.82	0.828	1.035	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.02	0.01083	-3.20	0.00289	0.799	0.00
ZONE 3	31977.19	39971.49	138.39	1.389	1.737	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.03	0.01048	-3.20	0.00289	1.412	0.00
ZONE 4	12837.76	16047.20	131.14	0.567	0.709	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.03	0.01028	-3.20	0.00289	0.598	0.00
ZONE 5	49694.50	62118.12	79.75	2.314	2.893	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.04	0.00956	-3.20	0.00289	2.856	0.00
ZONE 6	63970.79	79963.48	102.66	2.952	3.690	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.03	0.01000	-3.20	0.00289	3.245	0.00
ZONE 7	6611.99	8264.99	116.33	0.305	0.382	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.02	0.01041	-3.20	0.00289	0.296	0.00
ZONE 8	7473.03	9341.28	117.72	0.346	0.433	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.02	0.01045	-3.20	0.00289	0.331	0.00
ZONE 9	6554.87	8193.58	115.33	0.303	0.378	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.03	0.01038	-3.20	0.00289	0.296	0.00
ZONE 10	4904.47	6130.59	103.97	0.231	0.289	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.02	0.01060	-3.20	0.00289	0.206	0.00
ZONE 11	11430.59	14288.24	109.01	0.533	0.667	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.02	0.01077	-3.20	0.00289	0.459	0.00
ZONE 12	4194.75	5243.44	88.97	0.200	0.250	WINTER DESIGN DAY IN UNTITLED	1/15 08:30:00	20.00	20.03	0.01005	-3.20	0.00289	0.206	0.00

Πίνακας 22: Zone Sensible Heating.

Zone Sensible Cooling

	Calculated Design Load [W]	User Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m ²]	Calculated Design Air Flow [m ³ /s]	User Design Air Flow [m ³ /s]	Design Day Name	Date/Time Of Peak {TIMESTAMP}	Thermostat Setpoint Temperature at Peak Load [C]	Indoor Temperature at Peak Load [C]	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temperature at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m ³ /s]	Heat Gain Rate from DOAS [W]
ZONE 1	42715.77	49123.14	152.69	2.491	2.878	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 16:15:00	26.00	25.98	0.01027	35.20	0.01106	2.878	0.00
ZONE 2	20170.03	23195.54	141.98	1.177	1.354	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 13:45:00	26.00	25.97	0.01039	33.96	0.01106	0.799	0.00
ZONE 3	34750.79	39963.40	138.36	2.029	2.334	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 17:45:00	26.00	25.96	0.01111	31.69	0.01106	1.412	0.00
ZONE 4	4789.46	5507.88	45.01	0.279	0.598	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 14:15:00	26.00	26.00	0.00862	34.10	0.01106	0.598	0.00
ZONE 5	55394.04	63703.14	81.78	3.230	3.714	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 13:15:00	26.00	25.98	0.00982	35.68	0.01106	2.856	0.00
ZONE 6	59258.27	68147.01	87.49	3.454	3.972	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 14:00:00	26.00	25.98	0.00971	34.10	0.01106	3.245	0.00
ZONE 7	3151.39	3624.09	51.01	0.184	0.296	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 17:00:00	26.00	26.00	0.00846	32.53	0.01106	0.296	0.00
ZONE 8	3481.14	4003.31	50.45	0.203	0.331	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 17:00:00	26.00	26.00	0.00847	32.53	0.01106	0.331	0.00
ZONE 9	2729.46	3138.88	44.18	0.159	0.296	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 17:00:00	26.00	26.00	0.00860	32.53	0.01106	0.296	0.00
ZONE 10	2642.56	3038.94	51.54	0.154	0.206	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 13:00:00	26.00	26.00	0.00837	33.54	0.01106	0.206	0.00
ZONE 11	5504.43	6330.09	48.29	0.321	0.459	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 17:00:00	26.00	26.00	0.00841	32.53	0.01106	0.459	0.00
ZONE 12	3203.24	3683.72	62.50	0.170	0.206	SUMMER DESIGN DAY IN UNTITLED JUL	7/22 07:30:00	26.00	25.90	0.00962	24.86	0.01106	0.206	0.00

The Design Load is the zone sensible load only. It does not include any system effects or ventilation loads.

Πίνακας 23: Zone Sensible Cooling.

- **Sensible Heat Gain Summary**

Ο πίνακας αυτός παρέχει αποτελέσματα για μερικές από τις κύριες συνιστώσες κέρδους θερμότητας για κάθε ζώνη ξεχωριστά αλλά και για το κτίριο συνολικά. Οι τέσσερις πρώτες στήλες δείχνουν τα φορτία που ικανοποιούνται από την αισθητή θέρμανση και ψύξη του αέρα, καθώς και από τις επιφάνειες θέρμανσης και ψύξης που συμβάλλουν στη ζώνη. Τα κέρδη από τους ανθρώπους, το φωτισμό, τον εξοπλισμό, τα παράθυρα, τη διασύνδεση ροής αέρα και τη διείσδυση καθαρού φυσικού αέρα εμφανίζονται όταν προστίθεται θερμότητα στη ζώνη και ξεχωριστά όταν αφαιρείται θερμότητα από τη ζώνη. Τέλος τα υπόλοιπα κέρδη ορίζονται ως «Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition» και «Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal» δηλαδή «αδιαφανής θερμική αγωγιμότητα και άλλη προσθήκη» και «αδιαφανής θερμική αγωγιμότητα και άλλη θερμική αφαίρεση» αντίστοιχα και υποδηλώνουν την επίδραση των τοιχοποιιών, των δαπέδων και των οροφών στη ζώνη καθώς και τον αντίκτυπο της καθυστέρησης μεταξύ των θερμικών κερδών / απωλειών και των φορτίων στον εξοπλισμό HVAC που εξυπηρετεί τη ζώνη. Για κάθε χρονική στιγμή της προσομοίωσης, οι θετικές τιμές υποδηλώνουν προσθήκες και οι αρνητικές τιμές υποδηλώνουν αφαίρεση για τις περισσότερες μεταβλητές.

	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Zone Eq & Other Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [kWh]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [kWh]	HVAC Input Heated Surface Heating [kWh]	HVAC Input Cooled Surface Cooling [kWh]	People Sensible Heat Addition [kWh]	Lights Sensible Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Addition [kWh]	Window Heat Addition [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Addition [kWh]	Infiltration Heat Addition [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [kWh]	Equipment Sensible Heat Removal [kWh]	Window Heat Removal [kWh]	Interzone Air Transfer Heat Removal [kWh]	Infiltration Heat Removal [kWh]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [kWh]
ZONE 1	932.860	-85354.03	0.000	0.000	0.000	0.000	84029.733	12612.326	14091.416	15956.791	0.000	585.865	0.021	0.000	-6885.16	0.000	-9257.81	-26711.99
ZONE 2	865.850	-28782.03	0.000	0.000	0.000	0.000	30286.692	6404.411	2336.149	16460.632	0.000	261.888	0.472	0.000	-5310.05	0.000	-8983.46	-13540.09
ZONE 3	1600.615	-47847.44	0.000	0.000	0.000	0.000	54997.135	11323.088	12650.986	11198.578	0.000	462.229	0.005	0.000	-8423.14	0.000	-16092.86	-19869.19
ZONE 4	4166.865	-4604.78	0.000	0.000	0.000	0.000	1191.204	3457.448	3499.648	1928.844	0.000	211.712	0.234	0.000	-1261.43	0.000	-5162.64	-3426.87
ZONE 5	944.892	-91830.84	0.000	0.000	0.000	0.000	64170.724	30535.358	34116.345	42120.638	0.000	925.992	1.136	0.000	-17501.60	0.000	-35845.44	-27636.07
ZONE 6	2472.408	-91927.94	0.000	0.000	0.000	0.000	65179.109	30535.358	34116.345	34951.508	0.000	1046.478	1.342	0.000	-17716.80	0.000	-38754.68	-19901.79
ZONE 7	2208.371	-3150.89	0.000	0.000	0.000	0.000	686.015	3345.846	2032.010	1258.339	0.000	103.502	0.540	0.000	-912.27	0.000	-2688.12	-2882.81
ZONE 8	3007.611	-3135.43	0.000	0.000	0.000	0.000	769.503	3736.748	2269.415	1538.573	0.000	118.807	0.064	0.000	-1059.93	0.000	-2915.96	-4329.34
ZONE 9	2644.309	-2583.42	0.000	0.000	0.000	0.000	700.060	2007.395	2031.897	1218.631	0.000	105.780	0.564	0.000	-855.11	0.000	-2624.80	-2644.73
ZONE 10	1295.987	-3096.66	0.000	0.000	0.000	0.000	559.988	1666.072	1686.407	2881.151	0.000	68.483	0.195	0.000	-736.80	0.000	-2016.32	-2308.31
ZONE 11	4166.570	-5507.36	0.000	0.000	0.000	0.000	1255.706	4086.260	3748.844	2213.288	0.000	155.445	0.092	0.000	-1657.57	0.000	-4217.38	-4243.80
ZONE 12	560.838	-4424.00	0.000	0.000	0.000	0.000	560.650	3062.168	5162.852	885.508	0.000	65.994	0.000	0.000	-834.38	0.000	-2335.77	-2703.86
Total Facility	24867.176	-372244.81	0.000	0.000	0.000	0.000	304386.520	112772.478	117742.315	132612.481	0.000	4112.174	4.667	0.000	-63154.24	0.000	-130895.26	-130198.84

Πίνακας 24: Sensible Heat Gain Summary

Αναφορές

1. Β. Η. Σελλούντος, Θέρμανση Κλιματισμός, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2002.
2. Β. Σελλούντος, "Κατασκευαστικά στοιχεία μονάδων κεντρικής επεξεργασίας," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ Εκδοτική, 2005, pp. 8.11-8.14.
3. Wikipedia, "Air handler," 13 June 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Air_handler.
4. Β. Cengel, "Ψύκτες και Αντλίες Θερμότητας," in *Θερμοδυναμική για μηχανικούς*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2014, pp. 643-644.
5. Β. Σελλούντος, "Η Αντλία Θερμότητας," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2005, pp. 7.2-7.3.
6. Wikipedia, "Λέβητας," 30 Δεκέμβριος 2016. [Online]. Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AD%CE%B2%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82>.
7. Β. Σελλούντος, "Τοπικές κλιματιστικές συσκευές ανεμιστήρα-στοιχείου," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2005, p. 8.16.
8. Β. Σελλούντος, "Κεντρικός κλιματισμός," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, p. 8.1.
9. Κ. Παπακόστας, "Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα, ΑΠΘ," [Online]. Available: <https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS470/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%9A%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%824.pdf>.
10. A. Handbook, Systems and Equipment, Atlanta: ASHRAE, 2004.
11. P. A. C. Heating, "Wikipedia, Constant air volume," 1993. [Online].
12. Σελλούντος, "Τοπικές κλιματιστικές μονάδες - Αντλίες θερμότητας," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, p. 7.1.

13. Π. Τόλιας, "Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού," [Online]. Available: https://www.anadrasi.com/plirofories/kentrikos_klimatismos.pdf.
14. Κ. Παπακώστας, "Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων," Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.
15. Κ. Ζήσης. [Online]. Available: <http://www.kotionis.com/el/diktya>.
16. Π. Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2005.
17. "Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων," Υπουργείο περιβάλλοντος & κλιματικής αλλαγής, 2011.

Βιβλιογραφία

1. Β. Η. Σελλούντος, Θέρμανση Κλιματισμός, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2002.
2. Β. Σελλούντος, "Κατασκευαστικά στοιχεία μονάδων κεντρικής επεξεργασίας," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ Εκδοτική, 2005, pp. 8.11-8.14.
3. Wikipedia, "Air handler," 13 June 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Air_handler.
4. B. Cengel, "Ψύκτες και Αντλίες Θερμότητας," in *Θερμοδυναμική για μηχανικούς*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2014, pp. 643-644.
5. Β. Σελλούντος, "Η Αντλία Θερμότητας," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2005, pp. 7.2-7.3.
6. Wikipedia, "Λέβητας," 30 Δεκέμβριος 2016. [Online]. Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AD%CE%B2%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82>.
7. Β. Σελλούντος, "Τοπικές κλιματιστικές συσκευές ανεμιστήρα-στοιχείου," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, 2005, p. 8.16.
8. Β. Σελλούντος, "Κεντρικός κλιματισμός," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, p. 8.1.
9. Κ. Παπακώστας, "Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα, ΑΠΘ," [Online]. Available: <https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS470/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%9A%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%824.pdf>.
10. A. Handbook, Systems and Equipment, Atlanta: ASHRAE, 2004.
11. P. A. C. Heating, "Wikipedia, Constant air volume," 1993. [Online].
12. Σελλούντος, "Τοπικές κλιματιστικές μονάδες - Αντλίες θερμότητας," in *Θέρμανση Κλιματισμός*, ΣΕΛΚΑ-4Μ ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, p. 7.1.
13. Π. Τόλιας, "Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού," [Online]. Available: https://www.anadrasi.com/plirofories/kentrikos_klimatismos.pdf.
14. Κ. Παπακώστας, "Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων," Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.
15. Κ. Ζήσης. [Online]. Available: <http://www.kotionis.com/el/diktya>.
16. H. B. Awbi, Ventilation of buildings, London: E&FN SPON, 1995.
17. Π. Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2005.
18. "Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων," Υπουργείο περιβάλλοντος & κλιματικής αλλαγής, 2011.
19. Carrier, Εγχειρίδιο Κλιματισμού, Τόμος 1, Φούντας.
20. J. A. CLARKE, Energy Simulation in building design, 1985.
21. F. C. McQuiston, Heating, ventilating, and air conditioning, analysis and design, New York: John Wiley and Sons, 1994.

22. Ν. Ψαρράς, Γεωθερμία και κλιματισμός, Αθήνα: Shape, 2012.
23. ASHRAE, Applications, ASHRAE, 2011.
24. ASHRAE, Systems & Equipments, ASHRAE, 2012.

25. ASHRAE, Fundamentals, 2013: ASHRAE.