



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Πολυτεχνική Σχολή

**ΤΜΗΜΑ: Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών**

**Ενεργειακή Ανάλυση Κτιρίου με Χρήση Λογισμικού
Building Energy Analysis Software**

Διπλωματική εργασία

Κωτσαλάς Νικόλαος
Χορμόβας Αντώνιος

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Δρ. Τσουκαλάς Ελευθέριος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δρ. Χούστης Ηλίας Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βόλος 2017

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του Προπτυχιακού Διπλώματος του Μηχανικού Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Copyright © 2017 by Kotsalas Nikolaos & Chormovas Antonios

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να απονείμουμε τις ευχαριστίες μας σε όσους έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίηση της διπλωματικής μας εργασίας.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές, κ. Τσουκαλά Ελευθέριο και κ. Χούστη Ηλία για όλη την πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχαν απο την αρχή μέχρι το πέρας της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Ζημέρη Δημήτριο που με τις πολύτιμες συμβουλές του μας καθοδήγησε και διευκόλυνε την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, νιώθουμε την ανάγκη να πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας και τους φίλους μας που μας στήριξαν και μας έδωσαν δύναμη σε όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μας σπουδών.

Abstract

The aim of this thesis is to conduct an energy analysis and comparison of three modern and very widely used systems for heating and cooling, these three systems are geothermal open type heat pump ,the heat pump air-water and central air conditioning system nozzles with variable volume of refrigerant fluid (variable refrigerant volume - VRV) in a hotel unit near the city of Volos. The software for carrying out the study is the program H.A.P. 5.0 (Hourly Analysis Program) Carrier.

The first chapter presents the energy policy of Greece in the energy sector . In the following chapter there is a referral to all types of the most widely used air-conditioning systems and a more detailed reference to both systems that will be used. In the third of this thesis is a fully presentation of all mathematical formulas and calculations used by the H.A.P tool for exporting results . The fourth section of this thesis contains a comprehensive presentation of the data that were entered in the program, i.e. the passive elements of the building (shell, orientation, location) as well as coefficients, timetables, schedules, climatic data and the air conditioning systems. Following, there is a thorough examination of the results obtained from the software combined with a comparison between the three systems that were used. The final chapter contains the conclusions and results of this paper as well as suggestions regarding future research.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δειξαγωγή ενεργειακής μελέτης και η εκτενής σύγκριση τριών συστημάτων ψύξης-θέρμανσης , της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ανοιχτού τύπου ,της αντλίας θερμότητας αέρα νερού και του συστήματος κεντρικού κλιματισμού άμεσης εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV) σε ξενοδοχειακή μονάδα πλησίον της πόλης του Βόλου. Το λογισμικό Hourly Analysis Program Carrier 5.0 το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατα τη διάρκεια της εργασίας και αποτέλεσε το πιο σημαντικό εργαλείο αυτής της μελέτης .

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της ενεργειακής πολιτικής της Ελλάδος στον ενεργειακό τομέα.Στη συνέχεια ,στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση των συστημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε καθώς επίσης και μια αναφορά σε όλους τους ευρέως διαδομένους τύπους συστημάτων κλιματισμού . Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μαθηματικοί τύποι που χρησιμοποιεί το λογισμικό για να γίνουν οι υπολογισμοί απο το πρόγραμμα HAP για να γίνει η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μια αναλυτική αναφορά στα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα , δηλαδή τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (κελυφος ,προσανατολισμός ,τοποθεσία),τα χρονοδιαγράμματα ,κλιματολογικά δεδομένα και τα στοιχεία των συστημάτων κλιματισμού . Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται ενδελεχώς τα αποτελέσματα απο τα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα και γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των τριων διαφορετικών συστημάτων .Τέλος ,στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρονται τα συμπεράσματα της εργασίας και κάποιες προτάσεις που μπορούν να αποτελέσουν έναυσμα για μελλοντική έρευνα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	4
Abstract.....	5
Περίληψη.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
1.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας στον ενεργειακό τομέα.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	12
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	12
2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	12
2.1.1 Εισαγωγή.....	12
2.1.2 Αρχή Λειτουργίας.....	12
2.1.3 Βαθμός Απόδοσης.....	13
2.1.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα αντλιών θερμότητας.....	14
2.1.5 Είδη αντλιών θερμότητας.....	15
2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ VRV.....	17
2.2.1 Εισαγωγή.....	17
2.2.2 Τύποι Συστημάτων.....	18
2.2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας.....	19
2.2.4 Λειτουργία Ανάκτησης Θερμότητας.....	19
2.2.5 Διαφορά μεταξύ συστημάτων κλιματισμού VRV και VRF.....	20
2.2.6 Πλεονεκτήματα VRV.....	21
2.2.7 Μειονεκτήματα VRV.....	21
2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	21
2.3.1 Γεωθερμία – Ορισμός.....	21
2.3.2 Αβαθής Γεωθερμία.....	22
2.3.3 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	22
2.3.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	27
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ.....	27
3.1 Εισαγωγή.....	27
3.1.1 Θερμικό Κέρδος Χώρου.....	28
3.1.1.1 Εξωτερικά θερμικά κέρδη.....	28
3.1.1.2 Εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	28
3.2.1 Ψυκτικό Φορτίο Χώρου.....	28
3.2 Μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών και θερμικών φορτίων.....	28
3.2.1 Μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE.....	29
3.3 Μέθοδοι υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας.....	38
3.3.1 Βασικές Ορολογίες.....	38
3.3.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων υλικών.....	38
3.4 Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία.....	39
3.4.1 Θερμική Ακτινοβολία.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	42
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ HAP ΚΑΙ SYSTEM DESIGN.....	42
4.1 Hourly Analysis Program (HAP 5.0).....	42
4.2 Αρχιτεκτονικά Σχέδια Κτιρίου.....	43
4.3 Χαρακτηριστικά Κτιρίου.....	45

4.4 Χρονοδιαγράμματα (schedules).....	51
4.4.1 Χρονοδιαγράμματα Φωτισμού.....	51
4.4.2 Χρονοδιαγράμματα DOAS.....	55
4.5 Κλιματολογικά Δεδομένα.....	56
4.6 Συστήματα Κλιματισμού.....	59
4.6.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας.....	59
4.6.2 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας.....	68
4.6.3 Σύστημα Κλιματισμού VRV.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	75
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	75
5.1 Εισαγωγή.....	75
5.2 Σχεδιαστική Ανάλυση – Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας.....	76
5.3 Σχεδιαστική Ανάλυση – VRV.....	85
5.4 Σχεδιαστική Ανάλυση – Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας.....	93
5.5 Κατανάλωση Ενέργειας και Ετήσια Κόστη.....	100
5.5.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας.....	100
5.5.2 VRV.....	104
5.5.3 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας.....	108
5.6 Σύγκριση Κόστους Κλιματισμού των Συστημάτων.....	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	113
6.1 Συμπεράσματα.....	113
6.2 Προτάσεις.....	114
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	117

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα

Η μείωση της κατανάλωσης και της σπατάλης ενέργειας αποκτά διαρκώς αυξανόμενη σημασία στην ΕΕ. Το 2007 οι ηγέτες της ΕΕ όρισαν ως στόχους τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στην Ένωση κατά 20% τουλάχιστον, σε σχέση με το 1990, έως το 2020 την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση σε 20% και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%.

Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως μέσο, όχι μόνο για την επίτευξη βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού και τη μείωση των δαπανών για εισαγωγές, αλλά και για την προαγωγή της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ. Η ενεργειακή απόδοση αποτελεί, ως εκ τούτου, στρατηγική προτεραιότητα για την Ενεργειακή Ένωση και η ΕΕ προάγει την αρχή της «προτεραιότητας στην ενεργειακή απόδοση».

Η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. επιδιώκει κυρίως την διασφάλιση της λειτουργίας της αγοράς εργασίας, αλλά και την διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης. Επίσης, βασικοί στόχοι αποτελούν η προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, η εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και η ανάπτυξη νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος, η προώθηση της διασύνδεσης δικτύων διαδραματίζει με την σειρά του ένα κομβικό ρόλο στην επίτευξη των στόχων της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε. (ΣΛΕΕ, 2010).

Γενικό Πλαίσιο

Στόχος του σχεδίου δράσης ήταν η κινητοποίηση του ευρύτερου κοινού, των φορέων χάραξης πολιτικής και των παραγόντων της αγοράς, καθώς και ο μετασχηματισμός της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, έτσι ώστε να παρέχονται στους πολίτες της ΕΕ υποδομές, προϊόντα και ενεργειακά συστήματα με τη μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση στον κόσμο. Το σχέδιο δράσης αποσκοπούσε στον έλεγχο και τη μείωση της ζήτησης ενέργειας, καθώς και στην ανάληψη στοχευμένης δράσης όσον αφορά την κατανάλωση και τον εφοδιασμό, προκειμένου να μειωθεί η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% έως το 2020. Όταν, ωστόσο, οι εκτιμήσεις έδειξαν ότι η ΕΕ πρόκειται να επιτύχει τον στόχο του 20% μόνο κατά το ήμισυ, η αντίδραση της Επιτροπής ήταν να ορίσει τα θέματα ενεργειακής απόδοσης ως πρωταρχικούς στόχους της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» για έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη, καθώς και να καταρτίσει ένα νέο και ολοκληρωμένο Σχέδιο δράσης για την ενεργειακή απόδοση το 2011.

Η οδηγία η οποία τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, απαιτεί από τα κράτη μέλη να ορίζουν ενδεικτικούς εθνικούς στόχους ενεργειακής απόδοσης, διασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο ότι η ΕΕ θα επιτύχει τον πρωταρχικό στόχο της περί μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20% έως το 2020. Τα κράτη μέλη είναι ελεύθερα να καθιστούν τις ελάχιστες αυτές απαιτήσεις πιο αυστηρές, στην προσπάθειά τους να εξοικονομηθεί ενέργεια. Η οδηγία εισάγει επίσης μια δεσμευτική δέσμη μέτρων, ώστε να βοηθήσει τα κράτη μέλη να επιτύχουν τον εν λόγω στόχο, ενώ επίσης ορίζει νομικά δεσμευτικούς κανόνες για τους τελικούς χρήστες και τους προμηθευτές ενέργειας.

Το 2014 η Επιτροπή δημοσίευσε μια ανακοίνωση σχετικά με την ενεργειακή απόδοση, στην οποία κατέληγε στο συμπέρασμα ότι απαιτούνταν επιπλέον προσπάθειες από μέρους των κρατών

μελών, εφόσον, σύμφωνα με την ανάλυσή της, η ΕΕ θα ήταν σε θέση να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας μόνο κατά 18-19% έως το 2020. Σύμφωνα με την «Εκθεση προόδου για την εφαρμογή της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση», η οποία δημοσιεύτηκε στις 18 Νοεμβρίου 2015, τα κράτη μέλη προβλέπεται να επιτύχουν εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας μόνο κατά 17,6% έως το 2020. Κατά συνέπεια, στον «Χάρτη πορείας για την Ενεργειακή Ένωση» του 2015 ανακοινώθηκε η αναθεώρηση των οδηγιών περί ενεργειακής απόδοσης.

Στις 30 Νοεμβρίου 2016, η Επιτροπή παρουσίασε το πακέτο προτάσεων «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους» με σκοπό την εναρμόνιση της νομοθεσίας της ΕΕ για την ενέργεια με τους νέους στόχους αναφορικά με το κλίμα και την ενέργεια για το 2030, καθώς και τη συμβολή στους στόχους της Ενεργειακής Ένωσης του 2015. Ένα από τα βασικά στοιχεία της Ενεργειακής Ένωσης είναι η εξασφάλιση «προτεραιότητας στην ενεργειακή απόδοση», προκειμένου να επιτευχθεί ασφαλής, βιώσιμος, ανταγωνιστικός και οικονομικά προσιτός ενεργειακός εφοδιασμός στην ΕΕ. Στην αναθεωρημένη οδηγία, η Επιτροπή προτείνει έναν φιλόδοξο στόχο ενεργειακής απόδοσης κατά 30% για το 2030.

Συμπαράγωγη

Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση απαιτεί από τα κράτη μέλη να αξιολογούν και να κοινοποιούν στην Επιτροπή τις δυνατότητες συμπαράγωγής, τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης υψηλής απόδοσης στην επικράτειά τους, καθώς και να διεξάγουν ανάλυση κόστους-οφέλους με βάση τις κλιματικές συνθήκες, την οικονομική εφικτότητα και την τεχνική καταλληλότητα. Στη στρατηγική περιλαμβάνονται σχέδια για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, τη βελτίωση της διασύνδεσης μεταξύ των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και των συστημάτων τηλεθέρμανσης, η οποία θα αυξήσει σε σημαντικό βαθμό τη χρήση ανανεώσιμης ενέργειας, καθώς και για την ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης της απορριπτόμενης θέρμανσης και ψύξης που προκύπτει από βιομηχανικές δραστηριότητες.

Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Οι οδηγίες για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων περιέχει αρκετές διατάξεις με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τόσο των νέων όσο και των υφιστάμενων κτιρίων. Στις βασικότερες διατάξεις της οδηγίας περιλαμβάνονται απαιτήσεις σχετικά με τα εξής:

- Θέσπιση μεθοδολογίας υπολογισμού της συνολικής ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και κτιριακών μονάδων
- Την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση νέων κτιρίων και νέων κτιριακών μονάδων, ορίζοντας, για παράδειγμα, ότι έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια πρέπει να έχουν σχεδόν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο και μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
- Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλισθεί ότι, όταν τα υπάρχοντα κτίρια υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου ή του ανακαινιζόμενου τμήματός του αναβαθμίζονται ώστε να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.
- Την ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων ή κτιριακών μονάδων, την τακτική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού στα κτίρια, καθώς και ανεξάρτητα συστήματα ελέγχου για τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης και εκθέσεις ελέγχου.

Ενεργειακή απόδοση προϊόντων

Για την ενεργειακή απόδοση προϊόντων έχουν θεσπιστεί διάφορα μέτρα σε επίπεδο ΕΕ συμπεριλαμβανομένων μεταξύ άλλων μετρων για :

- τις απαιτήσεις οικολογικής σχεδίασης όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ,μεταξύ άλλων , θερμαντήρες ,ηλεκτρικές σκούπες , υπολογιστές , κλιματιστικά ,πλυντήρια πιάτων ,προϊόντα φωτισμού,ψυγεία και καταψύκτες ,τηλεοράσεις και ηλεκτροκινητήρες.
- Την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων από τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με αυτά ,στις περιπτώσεις που έχουν άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται εκτενώς τα 3 συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιήθηκαν στη διπλωματική εργασία.

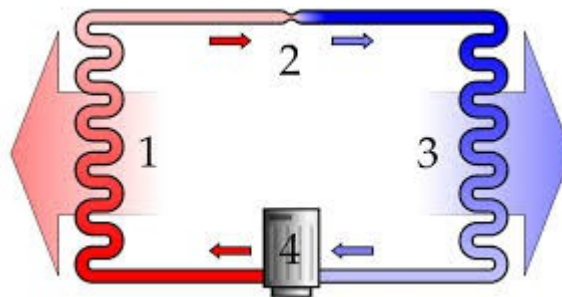
2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.1.1 Εισαγωγή

Η αντλία θερμότητας είναι μια διάταξη η οποία προσφέρει θερμότητα είτε μέσω του αέρα είτε μέσω του νερού αντλώντας θερμότητα απο το περιβάλλον το οποίο ονομάζεται πηγή και τη μεταφέρει στη λεγόμενη “καταβόθρα”. Οι αντλίες θερμότητας έχουν σχεδιαστεί ώστε να μεταφέρουν θερμότητα κατά την αντίθετη φορά του φυσικού κύκλου, δηλαδή από ένα χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας προς ένα χώρο υψηλότερης. Για τη μεταφορά αυτή απαιτείται η κατανάλωση ενός ποσού ενέργειας.

2.1.2 Αρχή Λειτουργίας

Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας βασίζεται στις ίδιες αρχές με κλιματιστικά μηχανήματα, ψυγεία και καταψύκτες. Λειτουργούν μέσω ενός κύκλου εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού ο οποίος ονομάζεται ψυκτικός κύκλος, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα: Ψυκτικός κύκλος αντλίας θερμότητας

Στη θέση 1 το ψυκτικό μέσο έχοντας περάσει από το συμπιεστή, βείσκεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Η θερμοκρασία του αποβάλλεται και στη θέση 2 περνώντας από διαδικασία εκτόνωσης η πιεσή του μειώνεται. Στη θέση 3 το ψυκτικό υγρό εξατμίζεται στον εξατμιστή, όπου και ψύχεται. Έπειτα το ψυκτικό μέσο συμπιέζεται στη θέση 4 στο συμπιεστή, όπου υγροποιείται και θερμαίνεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Η αποβολή ενέργειας στη θέση 1 και πρόσληψη στη θέση 3 σε κάθε κύκλο, επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ 2 σημείων.

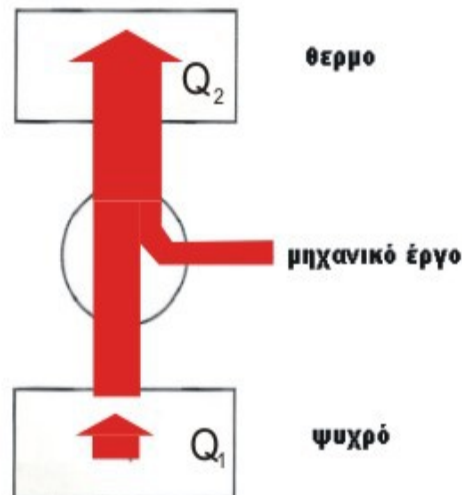
Τα είδη των αντλιών θερμότητας ανάλογα το ρευστό στο οποίο αποβάλλει ή απο το οποίο προσλαμβάνει ενέργεια είναι:

- Αντλία θερμότητας αέρα/αέρα
- Αντλία θερμότητας αέρα/νερού
- Αντλία θερμότητας νερού/νερού

2.1.3 Βαθμός Απόδοσης Αντλιών Θερμότητας

Το πόσο αποδοτική είναι τελικά μια αντλία θερμότητας φανερώνεται από τον ειδικό βαθμό απόδοσης της αντλίας ή αλλιώς COP(coefficient of performance).

Αντλώντας απο το ψυχρό περιβάλλον ένα ποσό ενέργειας Q_1 , προσφέρει στον ψυχρό χώρο ενέργεια Q_2 μέσω μηχανικού έργου W στο συμπιεστή.



Σχήμα: Αντλία θερμότητας σε διαδικασία θέρμανσης

Σε διαδικασία θέρμανσης το θερμό είναι ο χώρος και το ψυχρό το περιβάλλον ενώ σε διαδικασία ψύξης το θερμό είναι το περιβάλλον και το ψυχρό ο χώρος.

Σε διαδικασία θέρμανσης: $Q_2 = Q_1 + W$

Σε διαδικασία ψύξης: $Q_1 = Q_2 + W$

Ο συντελεστής απόδοσης δίνεται από τη σχέση:

$$\text{COP} = Q_2/W \text{ (κατάσταση θέρμανσης)}$$

και,

$EER = Q1/W$ (κατάσταση ψύξης), όπου EER energy efficiency ratio

Σε ιδανικές συνθήκες,

$$COP = T\theta / (T\theta - T\psi)$$

όπου $T\theta$ η θερμοκρασία θερμού χώρου και $T\psi$ η θερμοκρασία ψυχρού χώρου.

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως όσο μικρότερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των 2 χώρων ($T\theta - T\psi$), τόσο πιο αποδοτική είναι η αντλία θερμότητας που χρησιμοποιείται.

Οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας όπως αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, έχουν συντελεστή απόδοσης ο οποίος κυμαίνεται από 2 έως 4.

2.1.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αντλιών Θερμότητας

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας είναι:

- Αποφυγή ρύπανσης του περιβάλλοντος
- Εξοικονόμηση σε χώρο όπως λεβητοστάσια και δεξαμενές καυσίμων
- Εξοικονόμηση σε κόστος λόγω ορυκτών καυσίμων
- Με την ίδια εγκατάσταση επιτυγχάνονται και θέρμανση και ψύξη
- Λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο στη χώρα μας παράγεται και δεν εισάγεται όπως διάφορα ορυκτά καύσιμα

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των αντλιών θερμότητας είναι:

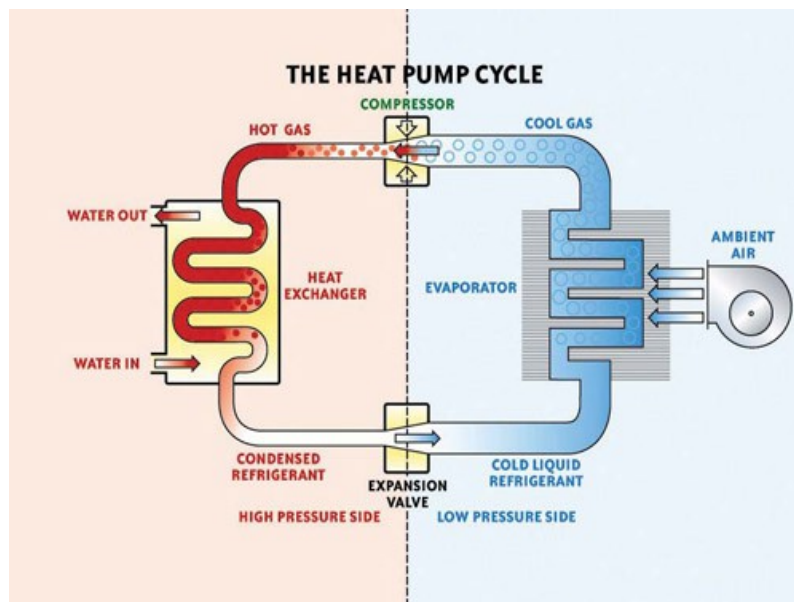
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης συγκριτικά με άλλα συστήματα
- Υψηλότερος θόρυβος στο εσωτερικό του θερμαινόμενου χώρου

2.1.5 Είδη Αντλιών Θερμότητας

Αντλίες θερμότητας αέρα/νερού

Οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας αντλούν ενέργεια από το περιβάλλον και χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανίες και μεγάλες εγκαταστάσεις κτηρίων όπου απαιτείται πλήρης έλεγχος κάθε ζώνης.

Μια τέτοια αντλία αποτελείται κυρίως από τον συμπιεστή, τη βαλβίδα εκτόνωσης και 2 εναλλάκτες θερμότητας (συμπυκνωτή και εξατμιστή). Ο εξωτερικός αέρας, ο οποίος αντλείται από το περιβάλλον οδηγείται στο κλειστό κύκλωμα του εξατμιστή όπου εκεί βρίσκεται ένα ψυκτικό μέσο (υγρό) το οποίο μετατρέπεται σε αέριο όταν ο αέρας φτάσει στον εξατμιστή. Έπειτα, χάρη στο συμπιεστή το αέριο φτάνει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και μετατρέπεται εκ νέου σε υγρό στο συμπυκνωτή, κι είναι έτοιμο να μετατραπεί ξανά σε αέριο επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία.



Σχήμα: Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας αέρα/νερού

Οι αντλίες θερμότητας αέρα/νερού λειτουργούν τόσο σε πολύ υψηλές όσο και σε χαμηλές θερμοκρασίες (-20 βαθμούς Κελσίου).

Ο συντελεστής COP της θέρμανσης βελτιώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και τη μείωση της θερμοκρασίας του θερμαινόμενου νερού.

Ο συντελεστής EER της ψύξης βελτιώνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και την αύξηση της θερμοκρασίας του ψυχόμενου νερού.

Αντλίες θερμότητας αέρα/αέρα

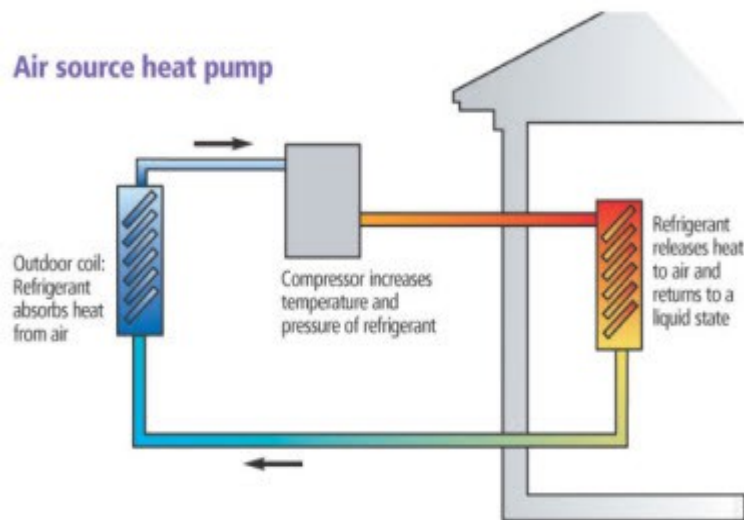
Πρόκειται για τον πιο συνηθισμένο τύπο αντλιών θερμότητας με ευρεία χρήση σε κατοικίες, γραφεία και καταστήματα.

Σε αντίθεση με τις αντλίες θερμότητας αέρα/νερού, οι αντλίες αέρα/αέρα χρησιμοποιούν τον αέρα και ως ψυκτικό/θερμικό μέσο, εκτός από πηγή από το περιβάλλον.

Ο συντελεστής COP εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβαλλοντικού αέρα και τη θερμοκρασία του αέρα που θερμαίνεται. Η τιμή του αυξάνεται με την αύξηση του περιβαλλοντικού αέρα και τη μείωση αυτού που θερμαίνεται.

Ο συντελεστής EER εξαρτάται και αυτός από τη θερμοκρασία περιβαλλοντικού κι εσωτερικού αέρα, ο δεύτερος όμως σε αντίθεση με πριν ψύχεται. Η τιμή του EER αυξάνεται με την αύξηση του εσωτερικού αέρα και τη μείωση του περιβαλλοντικού.

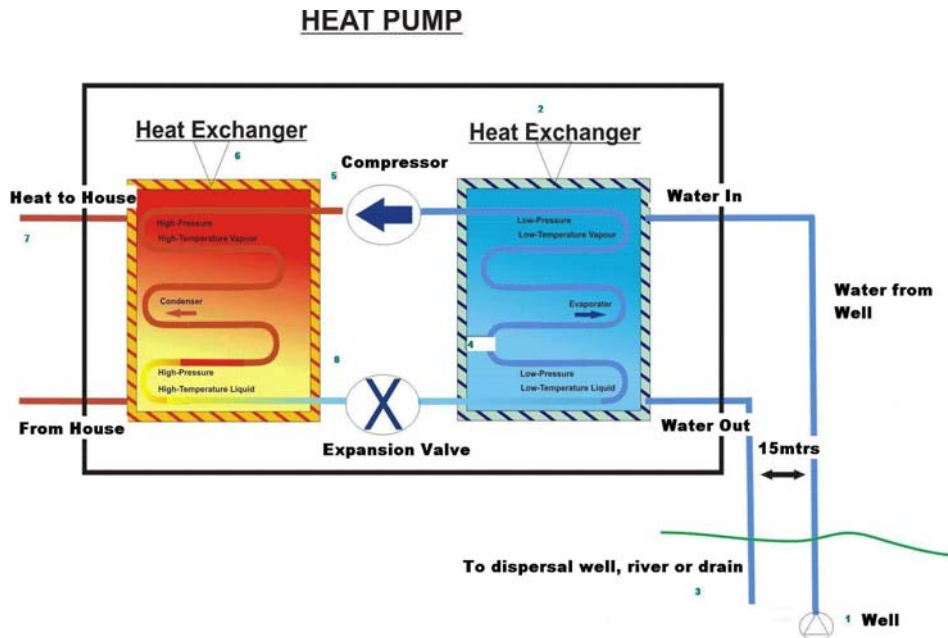
Το κύριο μειονέκτημα αυτού του είδους αντλιών θερμότητας έγκειται στους χειμερινούς μήνες με πολύ μικρή θερμοκρασία περιβάλλοντος όπου ο συντελεστής απόδοσης λαμβάνει μικρή τιμή με αποτέλεσμα να μην είναι αποδοτική η διαδικασία της θέρμανσης. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικών αντιστάσεων ως πηγή θερμικής ενέργειας, οι οποίες παρολ' αυτά επιφέρουν αυξήσεις στον τομέα της κατανάλωσης.



Σχήμα: Αντλία θερμότητας αέρα/αέρα

Αντλίες θερμότητας νερού/νερού

Το συγκεκριμένο είδος αντλίας χρησιμοποιεί το νερό και ως θερμική πηγή αλλά και ως ψυκτικό/θερμικό μέσο.



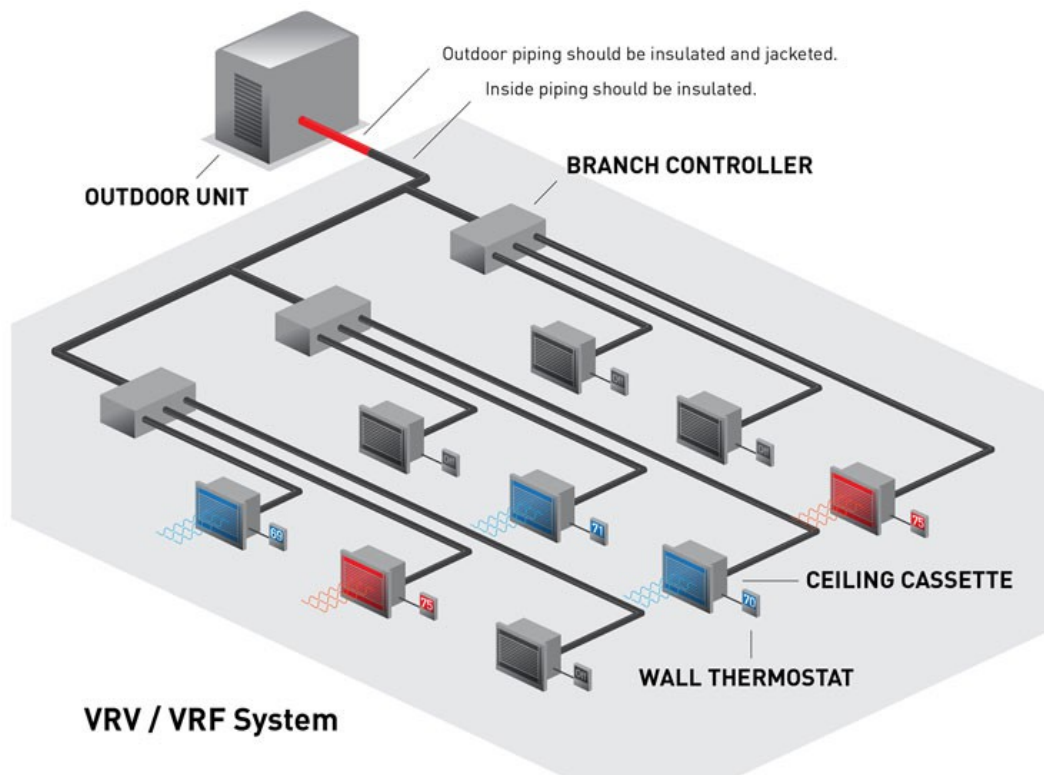
Σχήμα: Αντλία θερμότητας νερού/νερού

Το αριστερό κύκλωμα λειτουργεί με νερό ως θερμική πηγή απο το περιβάλλον ενώ το δεξιό κύκλωμα συνδέεται με τοπικές μονάδες ή με στοιχεία κεντρικών κλιματιστικών μονάδων.

2.2 Σύστημα Κλιματισμού Variable Refrigerant Volume (VRV)

2.2.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία μεταβαλλόμενου ψυκτικού, vrv ή vrf (variable refrigerant flow) όπως είναι επίσης γνωστή, εφευρέθηκε το 1982 στην Ιαπωνία απο την Daikin. Η βασική ιδέα του vrv είναι μία μεγάλη εξωτερική μονάδα να εξυπηρετεί πολλές εσωτερικές μονάδες. Κάθε εσωτερική μονάδα χρησιμοποιεί ένα LEV (electronic liquid expansion valve) για να ελέγχει την τροφοδοσία του ψυκτικού του ώστε να ταιριάζει με τη ζήτηση του χώρου που εξυπηρετεί. Η εξωτερική μονάδα επίσης μεταβάλλει την παραγωγή της ώστε να ταιριάζει με τις απαιτήσεις των εσωτερικών της μονάδων. Έτσι, σε οποιοδήποτε σημείο του συστήματος θα υπάρχει ένας μεταβλητός όγκος ψυκτικού που ρέει. Οι εξωτερικές μονάδες μπορεί να έχουν εύρος απο 14kW εως 100kW. Οι εσωτερικές μονάδες καλύπτουν το εύρος των μοντέλων DX.



Σχήμα: Αντλία θερμότητας . Σχεδιάγραμμα σωληνώσεων.

2.2.2 Τύποι Συστημάτων

Τα συστήματα VRV/VRF μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ψύξη ,ανάκτηση θερμότητας και σαν αντλίες θερμότητας. Σε μοντέλα αντλιών θερμότητας, οι εσωτερικές μονάδες μπορούν να είναι σε οποιαδήποτε λειτουργία , αλλά πρέπει να βρίσκονται στην ίδια λειτουργία όλες όσες εξυπηρετούνται από την ίδια εξωτερική μονάδα . Τα μοντέλα ψύξης και αντλιών θερμότητας είναι βασικά μεγάλα, εξελιγμένα και έχουν αρκετά αποδοτικά multi-split. Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας ή ταυτόχρονης λειτουργίας παρέχουν και τα δύο θέρμανση και ψύξη από την ίδια εξωτερική μονάδα και έτσι να εκμεταλλεύονται την τεχνολογία αυτή πιο αποτελεσματικά. Προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας σε πολλές εφαρμογές.

Δυο διαφορετικές εξωτερικές μονάδες κλιματισμού για το VRV είναι το υδρόψυκτο και το αερόψυκτο σύστημα :

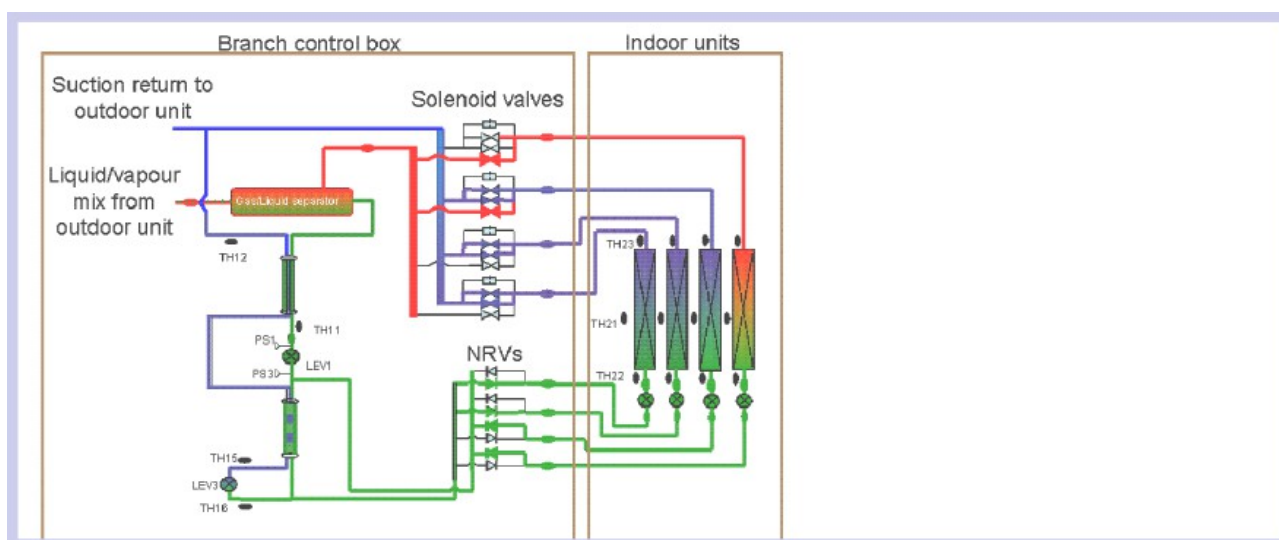
- **Αερόψυκτο Σύστημα VRV** : Το σύστημα αυτο δίνει τη δυνατότητα για ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη από ένα σύστημα . Δίνει τη δυνατότητα ψύξης έως τους -20 βαθμούς Κελσίου και καταφέρνει να μεγιστοποιήσει την ενεργειακή απόδοση αφού η αποβαλλόμενη θέρμανση από τις εσωτερικές μονάδες στον κύκλο ψύξης μεταφέρεται αποκλειστικά σε μονάδες, οι οποίες απαιτούν θέρμανση . Το αερόψυκτο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αντλία θερμότητας και ανάκτηση θερμότητας.
- **Υδρόψυκτο Σύστημα VRV** : Επιτρέπει την ανάκτηση θερμότητας σε όλο το κτίριο, χάρη στην αποθήκευση της ενέργειας στο κύκλωμα νερού . Είναι κατάλληλη για πολώροφα και μεγάλα κτίρια λόγω των απεριόριστων δυνατοτήτων σωληνώσεων νερού. Το Υδρόψυκτο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης με αντλία θερμότητας και ανάκτηση θερμότητας όπως και το αερόψυκτο σύστημα.

2.2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας

Τα πιο εξελιγμένα συστήματα VRV / VRF μπορούν να έχουν εσωτερικές μονάδες, οι οποίες εξυπηρετούνται από μία ενιαία εξωτερική μονάδα, και στις δύο λειτουργίες θέρμανσης και ψύξης ταυτόχρονα. Αυτή η λειτουργία μικτής λειτουργίας οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και τα δύο άκρα του θερμοδυναμικού κύκλου παρέχουν χρήσιμη εναλλαγή θερμότητας.

Για παραδειγμα , εαν ένα σύστημα έχει συντελεστή απόδοσης 3 και COP θέρμανσης 4, τότε η λειτουργία ανάκτησης θερμότητας θα μπορούσε να αποδώσει ένα COP ύψους 7.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η τέλεια ισορροπία της ζήτησης θέρμανσης και ψύξης είναι απίθανη να εμφανίζεται για πολλές ώρες κάθε χρόνο, αλλά κάθε φορά που χρησιμοποιείται μεικτή λειτουργία, εξοικονομείται ενέργεια. Σε μικτή λειτουργία η κατανάλωση ενέργειας υπαγορεύεται από τη μεγαλύτερη ζήτηση, θέρμανση ή ψύξη και η μικρότερη ζήτηση, ψύξη ή θέρμανση παρέχεται δωρεάν. Οι μονάδες είναι τώρα διαθέσιμες για να παραδώσουν τη θερμότητα που απομακρύνεται από την ψύξη χώρου σε ζεστό νερό για θέρμανση χώρων, ζεστό νερό χρήσης ή εφαρμογές αναψυχής, έτσι ώστε η μικτή λειτουργία να χρησιμοποιείται για μεγαλύτερο μέρος του έτους.

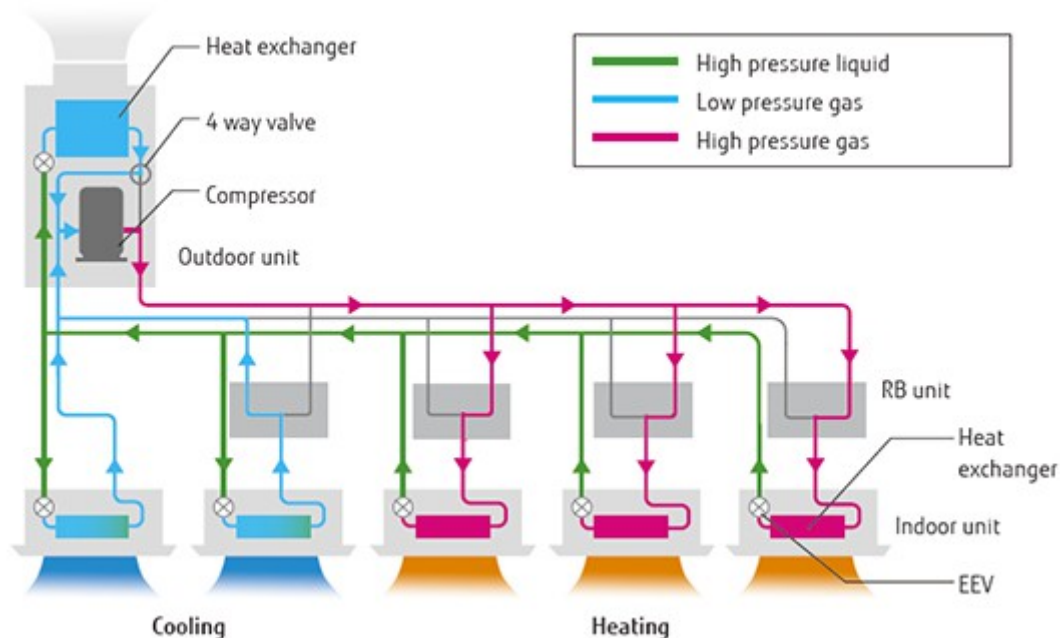


Σχήμα . Σύστημα σωλήνων για ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη.

2.2.4 Λειτουργία ανάκτησης θερμότητας

Η λειτουργία ανάκτησης θερμότητας επιτυγχάνεται είτε με 3 σωλήνες είτε με 2 σωλήνες (ανάλογα με τον κατασκευαστή). (σχήμα) . Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας 3 σωλήνων έχει μια γραμμή υγρού, μια γραμμή θερμού αερίου και μια γραμμή αναρρόφησης από την εξωτερική μονάδα. Κάθε εσωτερική μονάδα διακλαδώνεται από τους 3 αγωγούς χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Μια εσωτερική μονάδα που απαιτεί ψύξη θα ανοίξει τη γραμμή του υγρού και τις βαλβίδες της γραμμής αναρρόφησης και θα λειτουργήσει ως εξατμιστής. Μια εσωτερική μονάδα που απαιτεί θέρμανση θα ανοίξει τις βαλβίδες της γραμμής του καυτού αερίου και του υγρού και θα λειτουργήσει ως συμπυκνωτής. Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας 2 σωλήνων διαθέτει κεντρικό ελεγκτή διακλάδωσης με 2 σωλήνες από την εξωτερική μονάδα και 2 σωλήνες σε κάθε εσωτερική

μονάδα (σχήμα). Για λειτουργία μεικτού τρόπου λειτουργίας, ο ελεγκτής διακλάδωσης απομακρύνει ένα μίγμα κορεσμένου υγρού και ατμού που παρέχεται από την εξωτερική μονάδα έτσι ώστε κάθε εσωτερικό να μπορεί να δέχεται υγρό ή ατμό υψηλής πίεσης. Και στις δύο περιπτώσεις το υγρό που παράγεται από εσωτερικές μονάδες σε λειτουργία θέρμανσης χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να εξυπηρετεί εσωτερικές μονάδες σε κατάσταση ψύξης και είναι δυνατή η βελτιωμένη εξοικονόμηση ενέργειας.



Σχήμα: Ανάκτηση θερμότητας VRV . Σχεδιάγραμμα σωληνώσεων .

2.2.5 Διαφορά μεταξύ συστημάτων κλιματισμού VRV και VRF.

Είναι ουσιαστικά το ίδιο, αλλά ο όρος VRV προστατεύεται από τη Daikin. Για παράδειγμα, ένα σύστημα από τη Daikin μπορεί να ονομάζεται VRV, αλλά ένα παρόμοιο σύστημα που κατασκευάζεται από τη Fujitsu είναι ένα VRF.

VRV = μεταβλητός όγκος ψυκτικού μέσου, VRF = μεταβλητή ροή ψυκτικού μέσου.

Το VRV (μεταβλητός όγκος ψυκτικού μέσου) και το VRF (μεταβλητή ροή ψυκτικού μέσου) είναι καινοτόμες τεχνολογίες ελέγχου του κλίματος που επιτρέπουν αλλαγές θερμοκρασίας σε διάφορα μέρη ενός κτιρίου σε διαφορετικές ώρες της ημέρας.

2.2.6 Πλεονεκτήματα συστήματος VRV

- Το σύστημα VRV μέσω του ελέγχου πολλαπλών ζωνών επιτρέπει την ανεξάρτητη διαχείριση διαφορετικών χώρων και ορόφων ,το οποίο βοηθά να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.
- Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας που χρησιμοποιεί το σύστημα VRV επαναχρησιμοποιεί ενέργεια για θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων και παραγωγή ζεστού νερού με αρκετά αποδοτικό τρόπο.
- Η μεταβολή στον όγκο του ψυκτικού μέσου δίνει τη δυνατότητα για προσαρμογή στις ανάγκες των χώρων και του κτιρίου .
- Επίσης , το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με άλλα συστήματα .
- Εσωτερικές μονάδες πλήρως συμβατές με τον οικολογικό σχεδιασμό.
- Εύκολη εγκατάσταση του συστήματος.

2.2.7 Μειονεκτήματα συστήματος VRV

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- Η ανάγκη εγκατάστασης μιας back-up εξωτερικής μονάδας αφού σε περίπτωση βλάβης της εξωτερικής μονάδας το σύστημα δεν είναι λειτουργικό.
- Δεν είναι κατάλληλο για κτίρια υψηλού ύψους .
- Δεν προσφέρουν ολοι οι κατασκευαστές την επιλογή εγκατάστασης του συστήματος.

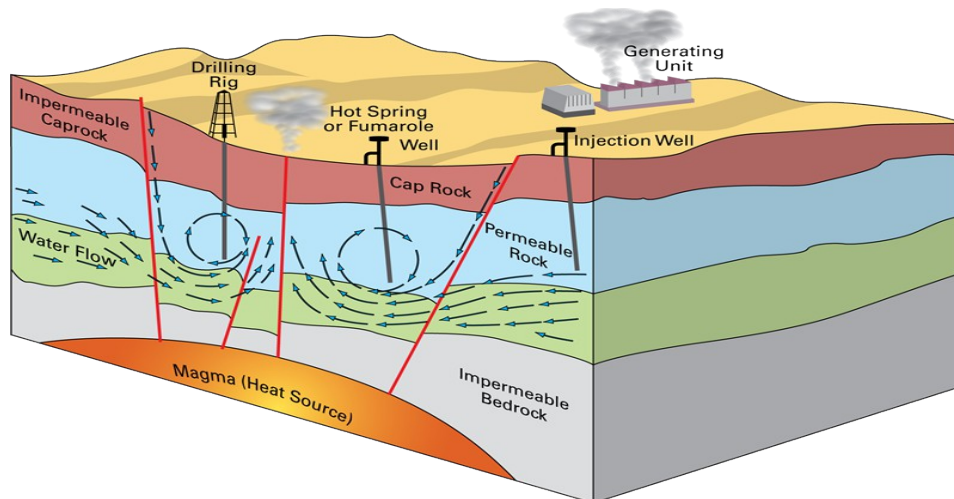
2.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.3.1 Γεωθερμία – Ορισμός

Με τον όρο γεωθερμία εννοούμε τη θερμική ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη κάτω από την επιφάνεια της Γης και η οποία κυμαίνεται μεταξύ 25 – 350 °C. Εμφανίζεται με τη μορφή ατμού ή θερμού αέρα και νερού.

Στη χώρα μας, όπου υπάρχουν οι κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, υπάρχει σημαντικός αριθμός γεωθερμικών πηγών σε βάθη 100 – 1500 μέτρα. Οι περιοχές που έχουν ερευνηθεί απο το 1971 είναι ενδεικτικά: Σαντορίνη, Μήλος, Θερμοπύλες, Αιδηψός, Καμένα Βούρλα, Υπάτη, Νίσυρος, Λέσβος, Κως κα.

Αν και η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές οι οποίες βρίσκονται σε οικονομικά βάθη, ο μόνος γεωθερμικός τομέας που έχει επιδείξει σημαντική βελτίωση είναι εκείνος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Η γεωθερμία ενθαλπίας έχει μηδενικές εφαρμογές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα παρότι πρόκειται για μια ήπια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.



Σχήμα: Γεωθερμική Ενέργεια

2.3.2 Αβαθής Γεωθερμία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, το γεωθερμικό σύστημα που θα μας απασχολήσει είναι εκείνο της αβαθούς γεωθερμίας. Με την αβαθή γεωθερμία εκμεταλλευόμαστε τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους και παρέχουμε θέρμανση και ψύξη με τη βοήθεια των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Οι πιο συνηθισμένες αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι νερού/νερού και νερού/αέρα.

Η αβαθής γεωθερμία χωρίζεται σε 2 κατηγορίες:

- α) αβαθής γεωθερμία ανοικτού κυκλώματος
- β) αβαθής γεωθερμία κλειστού κυκλώματος

Οι 2 αυτές κατηγορίες αναλύονται στο παρακάτω υποκεφάλαιο.

2.3.3 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι διατάξεις που κάνουν τη θερμότητα να κινείται με φορά αντίθετη του φυσικού κύκλου (δηλαδή από ένα ψυχρό προς ένα θερμότερο σώμα). Μεταφέρουν το θερμικό φορτίο από το υπέδαφος προς το κτίριο (θέρμανση) και αντίστροφα (ψύξη).

Μια γεωθερμική αντλία θερμότητας αποτελείται από τα εξής μέρη:

- α) Το σύστημα εναλλαγής θερμότητας εντός εδάφους (γεωεναλλάκτη θερμότητας, κλειστό/ανοιχτό

κύκλωμα), το οποίο απορροφά/αποβάλλει θερμότητα από/στο έδαφος.

β) Την αντλία θερμότητας η οποία αντλεί θερμική ενέργεια και τη μεταφέρει προς ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας, ανάλογα με το αν ακολουθούμε διαδικασία θέρμανσης ή ψύξης.

γ) Το σύστημα θέρμανσης/ψύξης του κτιρίου το οποίο απορροφά/αποβάλλει θερμότητα από/προς το κτίριο(αεραγωγοί, ενδοδαπέδια fancoils).

Έχουμε 2 κατηγορίες αντλιών θερμότητας που εκμεταλλεύονται την αβαθή γεωθερμία:

α) Γεωθερμικές αντλίες με γεωεναλλάκτη κλειστού κυκλώματος

Ο γεωεναλλάκτης κλειστού βρόγχου περιέχει σωλήνες πολυαιθυλενίου και μέσω ενός διαλύματος νερού/γλυκόλης που βρίσκεται μέσα στους σωλήνες, επιτρέπει στη θερμική ενέργεια του εδάφους τη μετακίνηση προς την αντλία θερμότητας.

Επίσης ο γεωεναλλάκτης κλειστού βρόγχου εκμεταλλεύεται τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους η οποία κυμαίνεται μεταξύ 13 και 16 βαθμών Κελσίου.

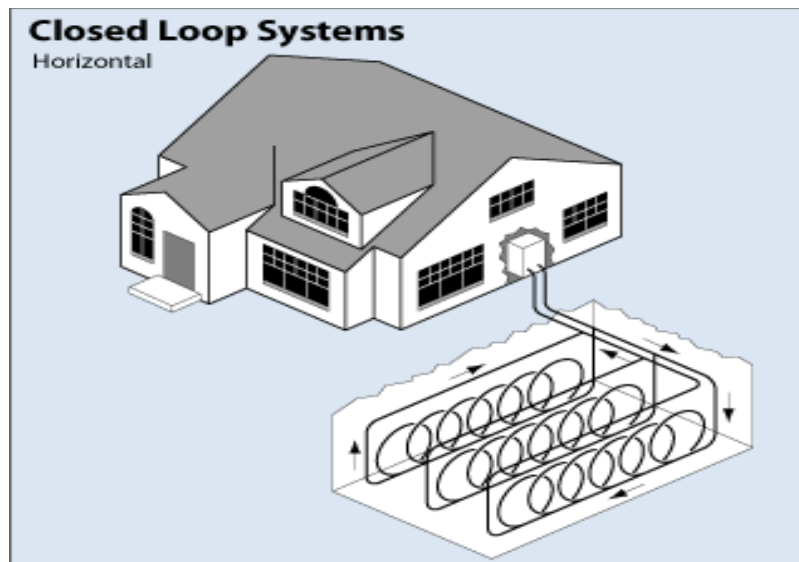
Τα χαρακτηριστικά ενός τέτοιου γεωεναλλάκτη είναι:

- Ο γεωεναλλάκτης λειτουργεί ως πηγή αλλά και ως καταβόθρα της θερμότητας
- Η μέγιστη πίεση λειτουργίας είναι 3 bar
- Το σύστημα λειτουργεί με θερμοκρασιακές διαφορές 4 βαθμών Κελσίου αλλά με μεγάλο όγκο μίγματος νερού-γλυκόλης
- Η ταχύτητα μίγματος νερού-γλυκόλης είναι 0,3 – 0,7 m/s

Ο γεωεναλλάκτης μπορεί να είναι είτε 1)κάθετος είτε 2)οριζόντιος.

1) Στους οριζόντιους γεωεναλλάκτες εγκαθίσταται δίκτυο σωληνώσεων σε βάθος 1,2m – 1,5m. Ο σωλήνας χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή στη φθορά μέσω δοκιμής Τεχνητής Υπεροξειδωσης που τον κάνει ανθεκτικό στις δύσκολες συνθήκες λειτουργίας στο υπέδαφος.

Οι αποστάσεις μεταξύ των σωλήνων είναι τουλάχιστον 0,4 μέτρα.

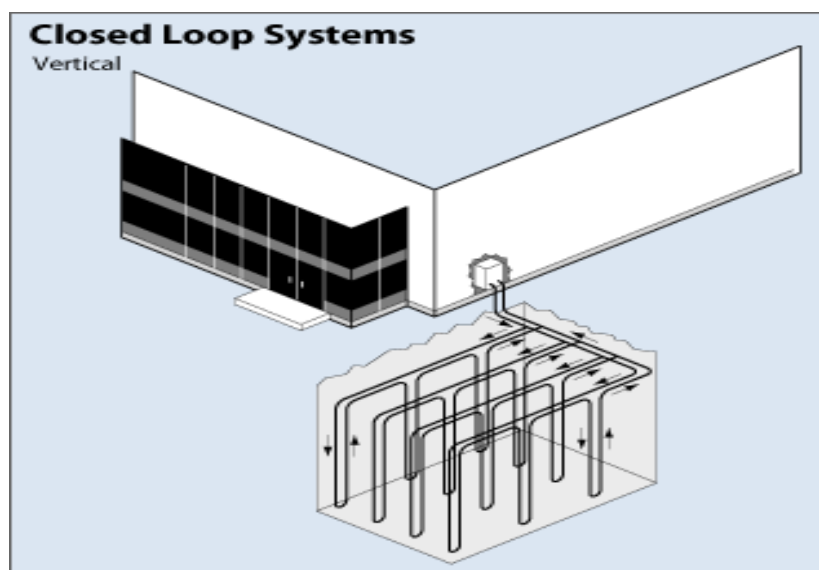


Σχήμα: Οριζόντιος γεωεναλλάκτης κλειστού βρόγχου

2)Στους κατακόρυφους γεωεναλλάκτες γίνονται γεωτρήσεις που ξεκινούν απο 20 και φτάνουν μέχρι και βάθος 120 μέτρων. Οι αποστάσεις μεταξύ τους οφείλουν να είναι τουλάχιστον 6 μέτρα. Οι γεωτρήσεις αυτές μπορούν να γίνουν είτε στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου με απόσταση ασφαλείας τα 2 μέτρα, είτε ακριβώς πριν από τα θεμέλια για νεόδμητα κτίρια.

Σε κάθε γεώτρηση τοποθετούνται ζεύγη σωληνώσεων μήκους αντίστοιχου της γεώτρησης τα οποία φέρουν ακροσωλήνιο στο κάτω άκρο τους.

Η γεώτρηση γεμίζει με μίγμα μπετονίτη από το ακροσωλήνιο έως την επιφάνεια χωρίς κενά ή παγίδευση αέρα, τεχνική η οποία αποτρέπει την είσοδο μολυσματικών υλικών στη διάταξη. Επίσης εξασφαλίζεται η αρτιότερη εναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος.



Σχήμα: Κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού βρόγχου

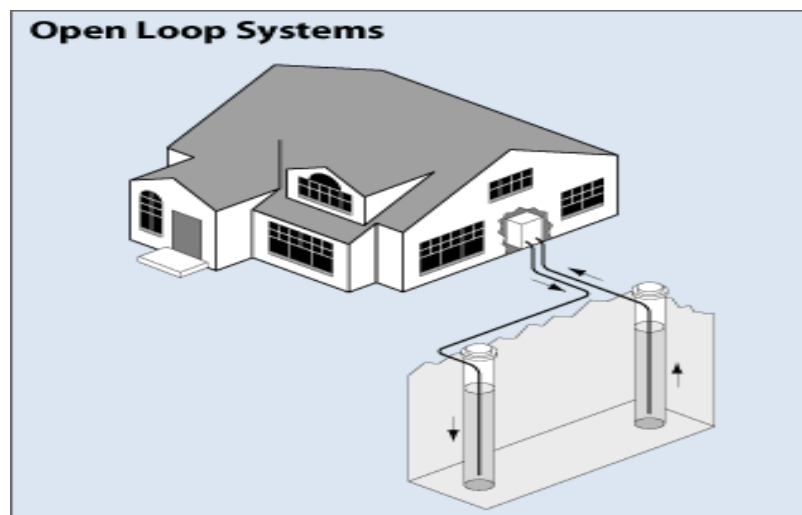
β) Γεωθερμικές αντλίες με γεωεναλλάκτη ανοιχτού κυκλώματος

Στους γεωεναλλάκτες ανοιχτού βρόγχου χρησιμοποιούνται άμεσα τα υπόγεια ύδατα για μεταφορά θερμότητας προς και από την αντλία.

Χρησιμοποιούνται 2 πηγάδια-γεωτρήσεις, το πρώτο εκ των οποίων είναι υπεύθυνο για την άντληση του νερού και τη μεταφορά του στην αντλία θερμότητας όπου θερμαίνεται ή ψυχεται κι επιστρέφει στο υπέδαφος μέσω του δεύτερου πηγαδιού.

Η απόσταση μεταξύ των 2 γεωτρήσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα και η δεύτερη γεώτρηση πρέπει να βρίσκεται στην κατεύθυνση ροής των υπόγειων υδάτων.

Η απαιτούμενη παροχή γεώτρησης είναι 5 m³/h.



Σχήμα: Γεωεναλλάκτης ανοιχτού βρόγχου

2.3.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

- Αποτελούν οικολογικές διατάξεις οι οποίες δε ρυπαίνουν το περιβάλλον
- Η λειτουργία τους δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες αφού χρησιμοποιούν το υπέδαφος
- Εξοικονομούν το 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και το 40% αυτής που απαιτείται για ψύξη
- Το κόστος συντήρησης εγκαταστάσεων κι εξοπλισμού είναι χαμηλό

- Απουσία θορύβου κατά τη λειτουργία τους
- Μικρότερος χώρος για την εγκαταστασή τους (απουσία λεβητοστασίου, δεξαμενής πετρελαίου και αερόψυκτου ψύκτη)
- Υψηλά επίπεδα ασφάλειας

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

- Δυσκολία επισκευής διαρροών σε κλειστά συστήματα
- Υψηλό αρχικό κόστος κατασκευής του γεωθερμικού συστήματος
- Ανάγκη μεγάλης παροχής νερού για ανοιχτά συστήματα
- Δημιουργία λάσπης η οποία θα πρέπει να απομακρύνεται από το χώρο κατοικίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

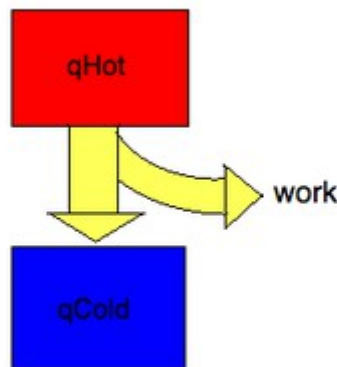
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος κλιματισμού για την ξενοδοχειακή εγκατάσταση η οποία μελετάται απαιτεί τον ακριβή υπολογισμό των ψυκτικών και των θερμικών φορτίων. Για μεγάλων διαστάσεων εγκαταστάσεις υπάρχουν διάφορες μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των φορτίων, ανάλογα με τους εκάστοτε κανονισμούς της χώρας όπου βρίσκεται η εγκατάσταση. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούν οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι υπολογισμού και θα αναλυθεί η μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE όπου χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Όταν σε ένα χώρο έχει επιτευχθεί μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, παρατηρούνται απώλειες θερμότητας από το χώρο αυτό προς κάθε γειτονικό μικρότερης θερμοκρασίας. Αυτές οι θερμικές ροές προκύπτουν από τον 2ο θερμοδυναμικό νόμο, ο οποίος λέει ότι:

Η θερμότητα ρέει πάντα από ένα χώρο/σώμα υψηλότερης θερμοκρασιακής κατάστασης προς ένα χώρο/σώμα χαμηλότερης θερμοκρασιακής κατάστασης.



Σχήμα: Ο 2ος θερμοδυναμικός νόμος

Έτσι, το χειμώνα η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία χώρου οπότε έχουμε ροή θερμότητας από το χώρο προς το περιβάλλον, δηλαδή έχουμε θερμικές απωλεις. Επομένως για να διατηρείται η θερμοκρασία σε μια συγκεκριμένη τιμή θα πρέπει οι θερμικές απώλειες να αναπληρώνονται από κάποια εσωτερική πηγή θερμότητας.

Το καλοκαίρι η θερμοκρασία χώρου είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος οπότε έχουμε εισροή θερμότητας προς το χώρο μας, δηλαδή έχουμε θερμικό κέρδος. Επομένως για να διατηρείται η θερμοκρασία σε κάποια τιμή θα πρέπει τα θερμικά κέρδη να αποβάλλονται στον περιβάλλοντα χώρο.

3.1.1 Θερμικό Κέρδος Χώρου

Με τον όρο θερμικό κέρδος χώρου εννοούμε το σύνολο των θερμικών ισχύων που εισέρχονται σ' ένα χώρο ή δημιουργούνται μέσα σ' αυτόν κάποια χρονική στιγμή. Το σύνολο της θερμικής ισχύος που εισέρχεται ονομάζεται εξωτερικό θερμικό κέρδος, ενώ το σύνολο της θερμικής ισχύος που δημιουργείται στο εσωτερικό του χώρου ονομάζεται εσωτερικό θερμικό κέρδος

3.1.1.1 Εξωτερικά θερμικά κέρδη

- α) Ηλιακή ακτινοβολία μέσω των παραθύρων
- β) Μεταφορά θερμότητας δια μέσω τοιχωμάτων, παραθύρων, πορτών
- γ) Εισαγωγή αέρα δια μέσω ανοιγμάτων και χαραμάδων
- δ) Μεταφορά θερμότητας λόγω υπερθέρμανσης των τοιχωμάτων ή άλλων στοιχείων του οικοδομικού περιβλήματος

3.1.1.2 Εσωτερικά θερμικά κέρδη

- α) Θερμικά κέρδη που οφείλονται στη λειτουργία του φωτισμού
- β) Φυσικός μεταβολισμός ατόμων και άλλων ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν στο χώρο
- γ) Λειτουργία συσκευών κι εξοπλισμών που βρίσκονται στο χώρο
- δ) Λειτουργία ηλεκτροκινητήρων που υπάρχουν στο χώρο

3.1.2 Ψυκτικό Φορτίο Χώρου

Με τον όρο ψυκτικό φορτίο χώρου εννοούμε τη θερμική ισχύ η οποία πρέπει να αφαιρεθεί από ένα χώρο έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα. Θερμικό και ψυκτικό φορτίο χώρου δεν ταυτίζονται σε κάθε χρονική στιγμή. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της χρονικής καθυστέρησης της εισροής του θερμικού κέρδους κ της μεταφοράς του στο χώρο σαν ψυκτικό φορτίο. Ακόμη, ένα μέρος του θερμικού κέρδους μεταδίδεται στο περιβάλλον μέσω των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν το κτίριο με συνέπεια να μη μετατρέπεται σε ψυκτικό φορτίο.

3.2 Μέθοδοι Υπολογισμού Ψυκτικών Φορτίων

Η διαδικασία υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων κλιματισμού και ψύξης αποτελεί την αφετηρία ή αποτυχία μιας εγκατάστασης. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι αρκετά κοπώδης και χρειάζεται συνεχή εγρήγορση για να μην υπερτιμηθούν ή υποτιμηθούν κάποιοι παράγοντες .

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων υπάρχουν συγκεκριμένες μεθοδολογίες που στοχεύουν στον εντοπισμό των μέγιστων φορτίων που οδηγούν στην σωστή διαστασιολόγηση των μηχανημάτων ψύξης .Οι υπολογισμοί ,λοιπόν , θα πρέπει να είναι ακριβείς και να λαμβάνονται υπ'οψιν οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας στις οποίες υποχρεούνται να ανταποκριθούν οι συσκευές με κύριο στόχο την ικανοποίηση των θερμικών αναγκών του εκάστοτε κτιρίου .Όμως σε αρκετές

περιπτώσεις υπάρχει το πρόβλημα της υπερδιαστασιολόγησης των μηχανημάτων ψύξης έτσι ώστε τα συστήματα αυτά να καλύπτουν επαρκώς τις αιχμές φορτίων.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των ψυκτικών φορτίων καλύπτουν επαρκώς αυτές τις ανάγκες. Μια μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών φορτίων προσδιορίζεται περισσότερο από τον τρόπο αντιμετώπισης των διαφόρων παραγόντων που επιδρούν στα φορτία και λιγότερο από τον προσδιορισμό του προβλεπόμενου φορτίου. Προκειμένου να αποφευχθεί μια υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος λόγω εσφαλμένων υπολογισμών πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ο μηχανικός που θα κάνει τη μελέτη ο οποίος θα πρέπει να συνυπολογίσει και να συνεκτιμήσει πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Επομένως ανεξαρτήτως από το ποιά μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών φορτίων θα χρησιμοποιηθεί το σημαντικότερο στοιχείο είναι ο σωστός και ακριβής υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερδιαστασιολόγηση και να έχουμε σωστή λειτουργία του συστήματος κλιματισμού. Όμως, κάτι τέτοιο φαντάζει αδύνατο λόγω της μη ελεγχόμενης συμπεριφοράς των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του υλικού, των αστοχιών κατασκευής και τέλος της αβεβαιότητας στον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου.

Αν και ο σχεδιαστής του συστήματος κλιματισμού χρησιμοποιεί συνήθως λογικές εκτιμήσεις για να λάβει υπόψη του αυτούς τους παράγοντες, οι υπολογισμοί ποτέ δεν μπορούν να δώσουν ένα αποτέλεσμα καλύτερο από μία καλή εκτίμηση του πραγματικού ψυκτικού φορτίου.

Οι πλέον γνωστές μέθοδοι υπολογισμού είναι:

- α) η μέθοδος TETD (Total Equivalent Temperature Differential Method) της ASHRAE
- β) η μέθοδος TFM (Transfer Function Method) της ASHRAE
- γ) η μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor) της ASHRAE
- δ) η μέθοδος HB (Heat Balance) της ASHRAE
- ε) η μέθοδος RTS (Radiant Time Series) της ASHRAE

3.2.1 Μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE

Το λογισμικό Hourly Analysis Program που χρησιμοποιήσαμε σε αυτή τη διπλωματική κάνει χρήση της μεθόδου CLTD/CLF της ASHRAE. Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί ίσως την αποτελεσματικότερη μέθοδο για τον υπολογισμό ψυκτικών φορτίων με μεγάλο εύρος κλιματολογικών συνθηκών και παγκόσμιας εφαρμογής. Σε γενικές γραμμές όμως όλες οι μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων έχουν την ίδια δομή για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων. Η δομή αυτή αναλύεται παρακάτω :

- Υπολογισμός εξωτερικών φορτίων.
- Υπολογισμός ρδωτερικών φορτίων.
- υπολογισμός φορτίων αερισμού.

Η μέθοδος περιλαμβάνει τον υπολογισμό ψυκτικών φορτίων που προκύπτουν για ένα χώρο σε συνάρτηση με τα παρακάτω στοιχεία:

- Εξωτερικές οροφές
- Εξωτερικοί τοίχοι
- Παράθυρα
- Εσωτερικά δομικά στοιχεία
- Εσωτερικός φωτισμός

- Άνθρωποι
- Διάφορες συσκευές
- Ηλεκτροκινητήρες
- Αερισμός

Εξωτερικές Οροφές

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από μια εξωτερική οροφή υπολογίζονται από τη σχέση :

$$Q_{op} = K_{op} \cdot A_{op} \cdot CLTD_{corr}$$

όπου :

K_{op} = ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής οροφής [$W/M^2 \cdot K$] .

A_{op} = το εμβαδόν της επιφάνειας της εξωτερικής οροφής [m^2] .

$CLTD_{corr}$ = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference) [K] .

Τα μεγέθη K_{op} και A_{op} είναι χαρακτηριστικά της οροφής ενώ το μέγεθος $CLTD_{corr}$ υπολογίζεται ως εξής:

α. Υπάρχουν 13 τύποι οροφών, οι οποίοι δίνονται σε πίνακα που ακολουθεί παρακάτω . Σε κάθε τύπο οροφής δίνεται η μάζα σε [kg /m^2] και η θερμοπερατότητας σε [W/m^2K]

β. Την εξωτερική οροφή του κτιρίου για το οποίο υπολογίζουμε τα ψυκτικά φορτία, εντάσσουμε σε μία από τις 13 κατηγορίες με κριτήριο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιότητά της στα παραπάνω δύο μεγέθη με τα αντίστοιχα της κατηγορίας.

γ. Από ειδικούς πίνακες, για τη συγκεκριμένη κατηγορία οροφής και για την ώρα (ηλιακή) που θέλουμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο, επιλέγουμε την $CLTD$.

Στον πίνακα για τους τύπους των οροφών (Παράρτημα 1) γίνεται διάκριση ανάμεσα σε οροφές με ψευδοροφή και χωρίς ψευδοροφή .

δ. Οι τιμές της $CLTD$ που δίνονται στον πίνακα είναι υπολογισμένες για τις εξής συνθήκες :

- Σκουρόχρωμη επίπεδη εξωτερική οροφή.
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου $t_i = 25.5^{\circ}C$.
- Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία $t_m = 35^{\circ}C$.
- Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 40° και ημερομηνία 21 Ιουλίου.
- Οροφή με ή χωρίς ψευδοροφή αλλά χωρίς ανεμιστήρες ή αεραγωγούς που αναρροφούν αέρα μέσα από την ψευδοροφή .

Για διαφορετικές συνθήκες από τις παραπάνω πρέπει να κάνουμε τις ακόλουθες διορθώσεις :

$$CLTD_{corr} = [(CLTD + LM) \cdot K + (25,5 - t_i) + (t_m - 29,4)] \cdot f$$

όπου:

LM : Διόρθωση γεωγραφικού πλάτους και μήνα, για το συγκεκριμένο μήνα και γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο.

K : Συντελεστής χρώματος που παίρνει τις τιμές:

- K = 1.0 για σκουρόχρωμες οροφές ή οροφές σε βιομηχανικές περιοχές .
- K = 0.5 για μόνιμα ανοιχτόχρωμες οροφές .

f: Συντελεστής που εξαρτάται από το αν υπάρχουν ανεμιστήρες ή αεραγωγοί στην ψευδοροφή και παίρνει τις τιμές:

- f : 1.0 εάν δεν υπάρχουν ανεμιστήρες ή αεραγωγοί .
- f : 0.75 εάν υπάρχει θετικός αερισμός (ανεμιστήρας ή στόμια αέρα που αναρροφούν αέρα μέσα από την ψευδοροφή)

Η μέση θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_m = t_{\max} - DR/2$$

όπου :

DR : ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας .

T_{max} : μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [°C] .

Εξωτερικοί τοίχοι (τοιχοποιίες -δοκοί-υποστηλώματα)

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από τους εξωτερικούς τοίχους δίνονται από τη σχέση:

$$q_T = K_T \cdot A_T \cdot CLTD_{\text{corr}}$$

όπου :

K_T = ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου [W/M²*K] .

A_T = το εμβαδόν της επιφάνειας του εξωτερικού τοίχου [m²] .

CLTD_{corr} = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference) [K] .

- Τα μεγέθη K_T και A_T είναι χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου ενώ το μέγεθος CLTD_{corr} υπολογίζεται ως εξής:

α. Υπάρχουν 7 κατηγορίες εξωτερικών τοίχων A, B, C, D, E, F, G, που δίνονται σε πίνακες που ακολουθούν. Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει διάφορα είδη τοίχων, τα οποία έχουν ίδια “θερμικά” χαρακτηριστικά. Κατηγορία A είναι οι “θερμικά” βαρύτεροι τοίχοι και κατεβαίνοντας προς το G οι “θερμικά” ελαφρότεροι.

- Σε κάθε τύπο οροφής δίνεται η μάζα σε [kg /m²] και η θερμοπερατότητας σε [W/m²K]

β. Τον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου για το οποίο υπολογίζουμε τα ψυκτικά φορτία, εντάσσουμε σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες με κριτήριο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιότητά του με ένα τοίχο της αντίστοιχης κατηγορίας.

γ. Από τον επόμενο πίνακα, για τη συγκεκριμένη κατηγορία τοίχου και για την ώρα (ηλιακή) που θέλουμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο, καθώς και για τον συγκεκριμένο προσανατολισμό επιλέγουμε την CLTD.

δ. Οι τιμές της CLTD που δίνονται στους πίνακες είναι υπολογισμένες για τις εξής συνθήκες:

- Σκουρόχρωμος εξωτερικός τοίχος.
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου $t_i = 25,5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία $t_{\max} = 35^\circ\text{C}$ με μέση εξωτερική θερμοκρασία $t_m = 29,4^\circ\text{C}$ και ημερήσια διακύμανση $DR = 11,2^\circ\text{C}$.
- Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40° και ημερομηνία 21 Ιουλίου .

Για διαφορετικές συνθήκες απο τις παραπάνω πρέπει να κάνουμε τις ακόλουθες διορθώσεις :

$$CLTD_{\text{corr}} = [(CLTD + LM) * K + (25,5 - t_i) + (t_m - 29,4)] * f$$

όπου:

LM : Διόρθωση γεωγραφικού πλάτους και μήνα, για το συγκεκριμένο μήνα και γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο.

K : Συντελεστής χρώματος που παίρνει τις τιμές:

- $K = 1.0$ για σκουρόχρωμες τοίχο ή τοίχο σε βιομηχανικές περιοχές .
- $K = 0.83$ για μόνιμα ενδιάμεσου χρώματος τοίχους.
- $K = 0.63$ για μόνιμα ανοιχτόχρωμους τοίχους .

Εξωτερικά παράθυρα

Το ψυκτικό φορτίο ενός χώρου μέσα από τα εξωτερικά παράθυρα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

α) ψυκτικό φορτίο από αγωγιμότητα

Υπολογίζεται από τη σχέση :

$$q_{\pi} = K_{\pi} * A_{\pi} * CLTD_{\text{corr}}$$

όπου :

K_{π} : συντελεστής θερμοπερατότητας παραθύρου [$\text{W}/\text{m}^2 * \text{K}$]

A_{π} : το εμβαδόν της επιφάνειας του παραθύρου [m^2]

$CLTD_{\text{corr}}$ = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference) [K] .

β) ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

Υπολογίζεται από τη σχέση :

$$q_{\eta\lambda} = A_{\pi} * SC * SHGF * CLF$$

όπου :

- A_{π} : το εμβαδόν της επιφάνειας του παραθύρου [m^2]
- $CLTD_{\text{corr}}$ = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference) [K] .
- SC = ο συντελεστής σκίασης του παραθύρου, που είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του παραθύρου και εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και από το είδος της εσωτερικής σκίασης[αδιάστατος]
- $SHGF$ = το μέγιστο θερμικό ηλιακό κέρδος σε [W/m^2]. Δίνεται στους πίνακες 8A και 8B σε

συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής του κτιρίου, το μήνα υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου καθώς και τον προσανατολισμό του παραθύρου.

- CLF = ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου (CoolingLoadFactor) που μετατρέπει το θερμικό ηλιακό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο για μια συγκεκριμένη ώρα.

Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF υπολογίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα όταν το παράθυρο έχει εσωτερική σκίαση, ενώ όταν δεν έχει ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία :

i) Η κατασκευή του χώρου κατατάσσεται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες

- Ελαφριά (LIGHT) L
- Μέση (MEDIUM) M
- Βαριά (HEAVY) H

Κριτήριο είναι το μέσο βάρος της κατασκευής του χώρου ανά m^2 δαπέδου ,που δίνεται από τη σχέση :

$$\text{ΜΕΣΟΒΑΡΟΣ} = (\text{Μάζα εξωτ.τοιχωων} + 0.5 * \text{Μάζα εσωτ.τοιχωων,δαπεδων,οροφων}) / (\text{επιφάνεια δαπέδου χώρου})$$

Όταν ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ $\leq 200 \text{ kg/m}^2$, τότε έχουμε ελαφριά κατασκευή L.

Όταν ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ = από 200 kg/m^2 έως 450 kg/m^2 , τότε έχουμε μέτρια κατασκευή M.

Όταν ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ $> 450 \text{ kg/m}^2$, τότε έχουμε βαριά κατασκευή H.

Με βάση την κατηγορία κατασκευής του χώρου και ανάλογα με τον προσανατολισμό του παραθύρου υπολογίζεται ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF.

Εσωτερικά δομικά στοιχεία

Τα εσωτερικά δομικά στοιχεία είναι εκείνα που βρίσκονται σε επαφή με χώρους που δεν κλιματίζονται και συνεπώς υπάρχει ροή θερμότητας από αυτούς προς το χώρο, για τον οποίο κάνουμε τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι εσωτερικοί τοίχοι, εσωτερικές οροφές, εσωτερικά δάπεδα, καθώς και εσωτερικές πόρτες. Εξαιρούνται τα δάπεδα που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος.

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από τα εσωτερικά δομικά στοιχεία δίνονται από τη σχέση:

$$q_{\text{εσ}} = K_{\text{εσ}} * A_{\text{εσ}} * TD$$

όπου:

$K_{\text{εσ}}$ = ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου [$\text{W/m}^2\text{K}$]

$A_{\text{εσ}}$ = το εμβαδόν της επιφάνειας του δομικού στοιχείου [m^2]

TD = η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον γειτονικό μη κλιματιζόμενο χώρο [K]

Για τη θερμοκρασιακή διαφορά ισχύει ο τύπος :

$$TD = t_b - t_i$$

όπου :

t_b = η θερμοκρασία του μη κλιματιζόμενου χώρου

t_i = η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου

Όταν δεν είναι γνωστή η t_b και εφόσον ο γειτονικός χώρος δεν περιέχει σημαντικές πηγές θερμότητας που να ανεβάζουν σημαντικά τη θερμοκρασία του, ως t_b λαμβάνεται η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα το κατά τη συγκεκριμένη ώρα υπολογισμού ελαττωμένη κατά 3Κ.

$$t_b = t_{0-3}$$

Η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα σε κάθε ώρα της ημέρας t_o υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_o = t_{\max} - (DR * \text{Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας}) / 100$$

όπου:

t_{\max} = η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [°C] .

DR = η ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας

Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας : το ποσοστό της ημερήσιας διακύμανσης που αναλογεί στη συγκεκριμένη ώρα

Εσωτερικός φωτισμός

Η λειτουργία των λαμπτήρων φωτισμού έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται αξιοσημείωτα θερμικά και ψυκτικά φορτία για τα οποία πρέπει να υπολογίζεται το μέγεθός τους .Οι λαμπτήρες φωτισμού αποδίδουν στον αέρα του χώρου ποσά θερμότητας τα οποία μπορούν εύκολα να υπολογιστούν ,όταν είναι με ακρίβεια γνωστά τα στοιχεία και η χρήση της σχετικής εγκαταστάσεως.

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου που προέρχονται από τον εσωτερικό φωτισμό δίνονται από τη σχέση:

$$Q_{\text{φωτ}} = \text{Συνολική ισχύς φωτιστικών} * \text{Συντελεστής χρήσης} * \text{ειδικός συντελεστής} * \text{CLF}$$

Η ισχύς των φωτιστικών αναγράφεται σ' αυτά και δίνεται σε [W]. Όταν δεν είναι γνωστή η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, γίνεται μία εκτίμηση σε [W/m²] επιφάνειας δαπέδου χώρου.

Ο συντελεστής χρήσης είναι ο λόγος των Wattage σε χρήση προς τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Ο ειδικός συντελεστής έχει εισαχθεί ως μέγεθος για τους λαμπτήρες φθορισμού και γενικά για λαμπτήρες που καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από την αναγραφόμενη ισχύ τους. Για παράδειγμα για φωτιστικό με δύο λάμπες φθορισμού 40 W η τιμή του συντελεστή είναι 1.18. Για λαμπτήρες πυράκτωσης η τιμή του συντελεστή είναι 1.

Ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο, και εξαρτάται από το πόσες ώρες συνολικά είναι αναμμένα τα φωτιστικά. Επίσης εξαρτάται και από τα μεγέθη "α" και "β" και από την ώρα υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου.

Ο συντελεστής "α" εξαρτάται από την επίπλωση του χώρου, από το αν το δάπεδο καλύπτεται με χαλί ή όχι, από τον τρόπο παροχής και επιστροφής του αέρα καθώς και από τον τύπο των φωτιστικών. Ο συντελεστής "α" παίρνει τις τιμές 0.45, 0.55, 0.65 ή 0.75.

Ο συντελεστής “b” εξαρτάται από την μάζα του πατώματος σε kg/m² και από το ρυθμό κυκλοφορίας της προαγωγής και της επιστροφής του αέρα στο χώρο.

Το ψυκτικό φορτίο και η θερμική ισχύς γίνονται ίσα αν τα φώτα ανάβουν για αμεγάλο χρονικό διάστημα ,περίπου πάνω από 16 ώρες.

Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος τότε η τιμή του συντελεστή CLF είναι ίση με 1.

Ανθρωποι

Τα ψυκτικά φορτία χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους που ζουν ή εργάζονται μέσα σε αυτούς διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- Αισθητά ψυκτικά φορτία
- Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Τα λανθάνοντα ψυκτικά φορτία μπορούν να θεωρηθούν ως στιγμιαία ψυκτικά φορτία ενώ αντίθετα τα αισθητά ψυκτικά φορτία δε μετατρέπονται άμεσα σε ψυκτικά φορτία .

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από:

$$q_{αν,αισθ}=NP*SenHG*CLF$$

όπου:

CLF: ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου, που μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο.

NP : ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκεται στο χώρο.

SenHG: το αισθητό φορτίο κάθε ατόμου ,το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο.

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δε διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο ,δηλαδή το σύστημα κλιματισμού παραμένει κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας ,τότε CLF =1.Επίσης ,αν υπάρχει μεγάλη πυκνότητα μεταξύ των ατόμων όπως στα θέατρα όπου η ακτινοβολία προς τους τοίχους ελλατώνεται τότε πάλι CLF =1.

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

$$q_{αν,λαν}=NP*LatHG$$

όπου:

NP: ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκεται στο χώρο.

LatHG: το λανθάνον φορτίο κάθε ατόμου , που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο καθώς και τη σχετική υγρασία του χώρου.

Διάφορες Συσκευές

Ψυκτικά φορτία προκύπτουν από όλες τις καταναλώσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στους εκάστοτε χώρους . Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στις εργομηχανές η συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα .Πρέπει όμως παντα να λαμβάνεται υπόψη ,ότι η παρουσία μιας μηχανής ή συσκευής σε ένα χώρο , δε συνεπάγεται τη συνεχή λειτουργία της και μάλιστα υπό πλήρες φορτίο .

Τα ψυκτικά φορτία χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- Αισθητά ψυκτικά φορτία
- Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Αισθητά ψυκτικό φορτίο δημιουργούν όλες οι συσκευές .Ενώ το λανθάνον ψυκτικό φορτίο δημιουργείται όταν υπάρχει παραγωγή υδρατμών .Ένα σημαντικό τμήμα του αισθητού θερμικού κέρδους προέρχεται από ακτινοβολία .

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από τη σχέση:

$$q_{\text{συσ,αισθ}} = \text{HEATGAIN}_{\text{sen}} * \text{CLF}$$

όπου:

$\text{HEATGAIN}_{\text{sen}}$: η στιγμιαία θερμική ισχύς που παράγεται στο χώρο. Αυτή είναι η ονομαστική ισχύς όλων των συσκευών του χώρου επί ένα συντελεστή χρήσης. Όταν πάνω από τις συσκευές υπάρχει σύστημα εξαερισμού και χοάνη απαγωγής (απορροφητήρας), η παραγόμενη στο χώρο θερμική ισχύς της συσκευής ελαττώνεται κατά 50%.

CLF: ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου, που μετατρέπει το θερμικό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο. Η τιμή του εξαρτάται από τις συνολικές ώρες λειτουργίας των συσκευών στο χώρο και από το πόσες ώρες έχουν περάσει από την έναρξη λειτουργίας των συσκευών έως την ώρα υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου.

Σε πίνακες που ακολουθούν, δίνονται τιμές του συντελεστή CLF για συσκευές με και χωρίς χοάνη απαγωγής

Όταν πάνω από τις συσκευές υπάρχει σύστημα εξαερισμού και χοάνη απαγωγής (απορροφητήρας), η παραγόμενη στο χώρο θερμική ισχύς της συσκευής ελαττώνεται κατά 50%.

Το στιγμιαίο λανθάνον ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από τη σχέση :

$$q_{\text{συσ,λανθ}} = \text{HEATGAIN}_{\text{LAT}}$$

όπου:

$\text{HEATGAIN}_{\text{LAT}}$: η στιγμιαία λανθάνουσα θερμική ισχύς που παράγεται στο χώρο. Όταν πάνω από μία συσκευή υπάρχει χοάνη απαγωγής, $\text{HEATGAIN}_{\text{LAT}} = 0$

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Αερισμός κτιρίου

Ο αερισμός ενός κτιρίου είναι απαραίτητος για την αραίωση των αέριων ρύπων και για την παροχή του απαραίτητου οξυγόνου της αναπνοής. Ο φρέσκος εξωτερικός αέρας εισέρχεται με φυσικά μέσα από αρμούς ή παράθυρα ή με μηχανικά μέσα μέσω εξαεριστήρα ή μέσω του συστήματος κλιματισμού. Το ψυκτικό φορτίο που προέρχεται από τον αέρα αερισμού ενός χώρου διακρίνεται σε δύο κατηγορίες το αισθητό ψυκτικό φορτίο και το λανθάνον ψυκτικό φορτίο. Ο φρέσκος εξωτερικός αέρας δεν περιλαμβάνει ψυκτικά φορτία εισέρχεται στο χώρο με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και πρέπει να μετατραπεί σε συνθήκες του κλιματιζόμενου χώρου. Το αισθητό φορτίο είναι η ψυκτική ισχύς που απαιτείται για την άνοδο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στη θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου. Το λανθάνον φορτίο είναι η λανθάνουσα ψυκτική ισχύς που απαιτείται για να μετατραπεί η απόλυτη υγρασία αέρα από την υγρασία του αέρα από την υγρασία του περιβάλλοντος στην υγρασία του κλιματιζόμενου χώρου.

Το αισθητό ψυκτικό φορτίο για τον αερισμό δίνεται από τη σχέση:

$$q_{s,a} = c_p \cdot V_a \cdot \rho \cdot (t_o - t_i)$$

Το λανθάνον ψυκτικό φορτίο για τον αερισμό δίνεται από τη σχέση:

$$q_{l,a} = V_a \cdot \rho \cdot (W_o - W_i) \cdot h_{fg}$$

Το συνολικό ψυκτικό φορτίο δίνεται από τη σχέση:

$$q_{t,a} = V_a \cdot \rho \cdot (h_o - h_i)$$

Όπου ,

$q_{s,a}$: η ενέργεια για την ψύξη του αέρα, (W)

$q_{l,a}$: η ενέργεια για την αφύγρανση του αέρα, (W)

V_a : η παροχή του νεπού εξωτερικού αέρα, (l/s)

t_i : η επιθυμητή θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του χώρου, (°C)

t_o : η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα, (°C)

W_i : η περιεκτικότητα σε νερό του αέρα του χώρου, (kgH₂O/kg ξηρού αέρα)

W_o : η περιεκτικότητα σε νερό του εξωτερικού αέρα, (kgH₂O/kg ξηρού αέρα)

ρ : η πυκνότητα του αέρα (1.2 kg/m³)

c_p : η ειδική θερμότητα του αέρα (1.0 kJ/kgK)

h_{fg} : η ενθαλπία εξάτμισης του νερού (2500 kJ/kg)

h_i : η ενθαλπία του αέρα του χώρου (kJ/kg)

h_o : η ενθαλπία του εξωτερικού αέρα (kJ/kg)

3.3 Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας

3.3.1 Βασικές ορολογίες

Συντελεστής Θερμικής αγωγιμότητας (λ) : Είναι η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από τις πλευρές ομοιογενούς υλικού πάχους 1 m όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1 K.

Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-Value) : Είναι η ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνά μέσα από 1 m² στοιχείου κατασκευής με πάχος d(m) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1 K.

Θερμική Αντίσταση (R): Είναι η αντίσταση των στοιχείων στην ροή θερμότητας διαμέσου ομοιογενούς υλικού για διαφορά θερμοκρασίας στις δυο πλευρές του στοιχείου 1 K

Εσωτερική Επιφανειακή Αντίσταση (Rsi): Είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου .

Εξωτερική Επιφανειακή Αντίσταση (Rse): Είναι η αντίσταση στη ροή θερμότητας πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του κατασκευαστικού στοιχείου .

Θερμογέφυρα: Είναι το τμήμα ενός κατασκευαστικού στοιχείου που ο βαθμός θερμομόνωσης του υπολείπεται σημαντικά της μέσης συνολικής τιμής του στοιχείου.

Ειδική θερμότητα (Cp) : Είναι η ποσότητα θερμότητας ενός σώματος που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας του σώματος αυτού κατά 1 K.

Αποτελεσματική Θερμοχωρητικότητα (C) : Είναι η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύει ένα στοιχείο κατασκευής ενός χώρου που θερμαίνεται (ή κλιματίζεται) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι πάντα ίση με 1 K.

Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (ϵ) : Είναι η αναλογία εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ενός σώματος προς την θερμική ακτινοβολία μελανού σώματος. (0-1)

3.3.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων υλικών

Σημαντικό στοιχείο για την ενεργειακή ανάλυση ενός κτιρίου αποτελεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας U που υπολογίζεται στην συγκεκριμένη εργασία με την βοήθεια του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε .

Στις περισσότερες κατασκευές (κυρίως σε μικρά κτίρια) ,συναντώνται σοβαρές αποκλίσεις σε σχέση με τις οδηγίες και τους κανονισμούς. Για τις περιπτώσεις αυτές στις οποίες δεν θα δώσουμε

ιδιαίτερη έμφαση, καθώς το κτίριο που θα μελετήσουμε είναι μεγαλύτερο, ο συντελεστής θερμοπερατότητας πρέπει να υπολογιστεί σε κάθε περίπτωση με τις αναλυτικές σχέσεις .

Για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου που αποτελούνται από ομοιογενείς στρώσεις υλικών και διαχωρίζουν το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U_i δίνεται από τη σχέση:

$$U_i = 1/(R_{si} + \sum (d_i/\lambda_i) + R_{se})$$

όπου ,

R_{si} : η εσωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εσωτερικό περιβάλλον και στην εσωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

R_{se} : η εξωτερική επιφανειακή αντίσταση (ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην εξωτερική επίπεδη επιφάνεια του στοιχείου)

d : Πάχος του υλικού (m)

λ : Τυπικός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (W/m K)

Η επόμενη περίπτωση είναι όταν το στρώμα αέρα βρίσκεται εγκλωβισμένο μεταξύ δομικών αδιαφανών στοιχείων, η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα (R_a) επιλέγεται από τους Πίνακες ανάλογα με την περίπτωση και ανάλογα με τη διεύθυνση της ροής θερμότητας και το ποσοστό αερισμού έτσι η παραπάνω σχέση γίνεται :

$$U_i = 1/(R_{si} + \sum (d_i/\lambda_i) + R_a + R_{se})$$

Στην περίπτωση αεριζόμενης στέγης με θερμομονωμένη την οριζόντια επιφάνεια , η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα που περικλείεται μεταξύ της κεκλιμένης οροφής και της οριζόντιας επιφάνειας (R_u) θα πρέπει να συνυπολογιστεί στην πιο κάτω σχέση :

$$U_i = 1/(R_{si} + \sum (d_i/\lambda_i) + R_u + R_{se})$$

3.4 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Στους χώρους παραμονής ανθρώπων είναι αναγκαίο να εξεταστεί και η επίδραση των διαφόρων ακτινοβολιών οι οποίες μπορεί να προέρχονται είτε από το φυσικό περιβάλλον την παρουσία υλικών ή την λειτουργία μηχανημάτων και συσκευών όπως έχει προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια. Επομένως σε αυτήν την ενότητα θα ασχοληθούμε με την ηλιακή ακτινοβολία και την ηλιακή ενέργεια .

Η παραγόμενη θερμότητα στο εσωτερικό των κτιρίων επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων και κατά συνέπεια τα πραγματικά φορτία θέρμανσης και ψύξης . Σε ό,τι αφορά στη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης ,για λόγους ασφαλείας των υπολογισμών αυτά τα εσωτερικά κέρδη αγνοούνται πλήρως στη συντριπτική πλειοψηφία των προτύπων υπολογισμού φορτίων θέρμανσης.

Ωστόσο ,στο πλαίσιο της προσπάθειας για εξοικονόμηση ενέργειας ,όταν αυτά τα κέρδη ή μέρος τους ,είναι σταθερά και μόνιμα λόγω λειτουργίας του κτιρίου ,τότε στη διαστασιολόγηση του συστήματος θέρμανσης το σταθερό και μόνιμο τμήμα των εσωτερικών κερδών θα πρέπει να συνυπολογίζεται.

Σε ό,τι αφορά στους υπολογισμούς φορτίων ψύξης , τα εσωτερικά κέρδη συνυπολογίζονται λανονικά ,αφού αποτελούν τη βασική παράμετρο του υπολογιζόμενου ψυκτικού φορτίου . Ωστόσο , και πάλι , προκειμένου να αποφεύγονται υπερδιαστασιολογήσεις συστημάτων , τα κέρδη που συμμετέχουν στο φορτίο ψύξης θα πρέπει να υπολογίζονται ετεροχρονισμένα προσομοιάζοντας

κατά το δυνατόν τη πραγματική λειτουργία του κτιρίου .Δηλαδή, τα κέρδη κάθε κατηγορίας θα πρέπει να συμμετέχουν στον υπολογισμό των φορτίων ψύξης ,πολλαπλασιασμένα επί εναν συντελεστή ετεροχρονισμού. Ο συντελεστής ετεροχρονισμού εκφράζει το ποσοστό του λειτουργικού χρόνου του κτιρίου,κατά τον οποίο τα εσωτερικά κέρδη πράγματι υπάρχουν.

Συνήθως στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται μια μέση τιμή ισχύος ηλεκτροφωτισμού. Όμως η πραγματική εκλυόμενη θερμική ισχύς λόγω ηλεκτροφωτισμού είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων και σε αναλυτικότερες και ακριβέστερες μελέτες, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως δεδομένο ,η ισχύς που πραγματικά αντιστοιχεί στο σύστημα ηλεκτροφωτισμού.

3.4.1 Θερμική ακτινοβολία

A) ακτινοβολία «μελανού σώματος»

Σε κάθε σώμα παρατηρείται εκπομπή και παραλαβή ενέργειας υπό μορφή ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μήκους κύματος από 0,02 μέχρι 800μm). Η ποσότητα της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα σώμα από κάθε μονάδα της επιφάνειάς του, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την απόλυτη θερμοκρασία του και ένα ειδικό συντελεστή ακτινοβολίας c (νόμος Stefan Boltzmann) :

$$Q = c * (T/100)^4 \text{ σε (W/m}^2\text{)}$$

Ο συντελεστής ακτινοβολίας c εξαρτάται από την φύση κάθε σώματος, την κατάσταση της επιφάνειάς του και τη θερμοκρασία. Η μέγιστη τιμή του συντελεστή ακτινοβολίας εμφανίζεται στην επιφάνεια «μαύρου σώματος οπότε παίρνει την τιμή : $c = 5,67 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4 = 4,9 \text{ Kcal/ (m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{k}^4)$

B)Ακτινοβολία πραγματικού σώματος

Το «μέλαν ή μαύρο σώμα» απορροφά (θεωρητικά τουλάχιστον) το σύνολο της θερμικής ακτινοβολίας που πέφτει επάνω του .Κάθε άλλο σώμα απορροφά ποσοστό αυτής της ακτινοβολίας : Εκτός λοιπόν από το «μαύρο σώμα» το οποίο απορροφά το σύνολο της ακτινοβολίας που πέφτει σε αυτό ($\epsilon=1$), μπορούμε χονδρικά να διακρίνουμε τις περιπτώσεις :

$$c = \epsilon * c_0$$

- Λευκό σώμα : αντανακλά το σύνολο της ακτινοβολίας απάνω του ($\epsilon=0$)
- Φαίο σώμα : απορροφά το ίδιο ποσοστό από όλα τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που πέφτει επάνω του
- Έγχρωμο σώμα : απορροφά επιλεκτικά την ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος

Κατά τον νόμο του Kirchhoff ,για την επιφάνεια που βρίσκεται σε θερμοκρασιακή ισορροπία με το περιβάλλον ,ισχύει ότι ο βαθμός εκπομπής (ϵ) είναι ίσος με το βαθμό απορροφήσεως (α).

Γ) Κατανομή της ακτινοβολίας στο χώρο

Η στοιχειώδης επιφάνεια ενός «μαύρου σώματος» εκπέμπει ενέργεια (με την μορφή ακτινοβολίας) προς όλες τις κατευθύνσεις. Κατά τον νόμο Lambert,η ακτινοβολουμένη ενέργεια ΔW_ϕ από μια στοιχειώδη επιφάνεια ΔF , προς μια κατεύθυνση που ορίζεται από την γωνία ϕ ,ως προς κάθετη διεύθυνση h και την στερεά γωνία $\Delta \omega$ είναι :

$$\Delta W_{\varphi} = Q_n * \cos\varphi * \Delta F * \Delta \omega$$

Στους πρακτικούς υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι συντελεστές ϵ για την συνολική ακτινοβολία εκπομπής, ϵ_n για την ακτινοβολία σε διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια και για διεύθυνση που σχηματίζει γωνία φ με το n .

Με βάση τον νόμο του Planck, προσδιορίζεται η μεταβολή της εντάσεως της ακτινοβολίας συναρτήσει του μήκους κύματος για «μαύρο σώμα» :

$$Q_{\text{ολ}} = (C_1 * \lambda) / (e^{(c_2/\lambda T)} - 1)$$

Όπου,

λ : το μήκος κύματος σε (m)

c_1 : σταθερά ίση με $3,74 \times 10^6 \text{ W/m}^2$

c_2 : σταθερά ίση με $1,44 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$

e : βάση των λογαρίθμων (=2,718281)

T : απόλυτη θερμοκρασία σε K

Δ) ακτινοβολία από σώμα σε σώμα

Στην περίπτωση δύο σωμάτων (1) εκπέμπει ακτινοβολία σε όλο τον χώρο και επομένως και προς ένα σώμα (2) του ίδιου χώρου. Η ενέργεια που δέχεται το σώμα (2), εξαρτάται από την σχετική θέση και την μορφή των δύο σωμάτων, όπως και από την απόλυτη θερμοκρασία της επιφάνειας τους.

Στις περιπτώσεις αυτές, πρέπει να προσδιοριστεί ένας νέος συντελεστής που εξαρτάται από τις τιμές και την γεωμετρική σχέση και τοποθέτηση των δύο σωμάτων. Έτσι, όταν δέκτης της θερμικής ενέργειας είναι επίπεδη επιφάνεια με συντελεστή παράλληλη προς άλλη επίπεδη επιφάνεια προκύπτει :

$$Q_{1 \rightarrow 2} = F_2 * C_{1,2} * [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$$

Για να ισχύει η παραπάνω σχέση, πρέπει οι γραμμικές διαστάσεις των επιφανειών να είναι αρκετά μεγαλύτερες από την μεταξύ τους απόσταση.

• Για δύο παράλληλες επίπεδες επιφάνειες από φαιά σώματα, ικανότητας εκπομπής και προκύπτει :

$$C_{1,2} = c / [(1/\epsilon_1) + (1/\epsilon_2) - 1]$$

• Στην περίπτωση δύο ομόκεντρων σωλήνων με $F_1 \ll F_2$ είναι $C_{1,2} = \epsilon_1 * C$

• Σε ομόκεντρους σωλήνες $F_1 = F_2$

$$C_{1,2} = c / [(1/\epsilon_1) + (1/\epsilon_2) - 1]$$

Έτσι στα προβλήματα συναλλαγής ενέργειας με ακτινοβολία, η δυσκολία εντοπίζεται στον υπολογισμό των κατάλληλων κατά την περίπτωση αριθμών ακτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ HAP ΚΑΙ SYSTEM DESIGN

4.1 Hourly Analysis Program (HAP 5.0)

Το Hourly Analysis Program της εταιρείας Carrier αποτελεί ένα λογισμικό το οποίο βοηθά τους μηχανικούς στο σχεδιασμό συστημάτων κλιματισμού σε κτίρια κι εμπορικές εγκαταστάσεις.

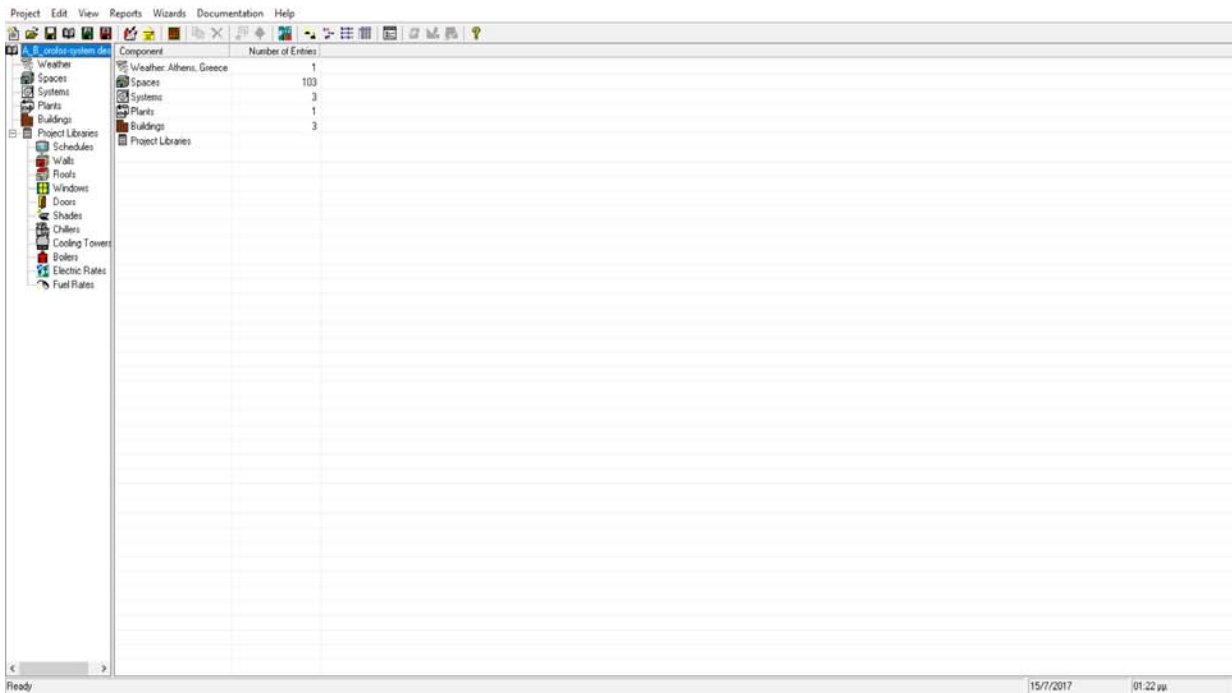
Το HAP ως λογισμικό αφενός υπολογίζει τα ψυκτικά και θερμικά φορτία που απαιτούνται για το σχεδιασμό των συστημάτων κλιματισμού και, αφετέρου προσομοιώνει την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου που μελετάται και υπολογίζει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

Το HAP λειτουργεί σε λειτουργικό περιβάλλον windows και χρησιμοποιεί τη Μέθοδο Ροής Θερμικών Φορτίων της ASHRAE. Υπολογίζει και διαστασιολογεί το επιθυμητό σύστημα κλιματισμού του μελετητή, όπως κεντρικές ή τοπικές κλιματιστικές μονάδες νερού, υγραντές, στοιχεία με αναθέρμανση, συστήματα απευθείας εκτόνωσης DX ενιαίου ή διαιρούμενου τύπου (Split / Packaged DX), καθώς και συστήματα CAV, VAV, Water Source Heat Pumps.

Το HAP εκτελεί Ωριαία Ενεργειακή Ανάλυση 8760 ωρών προσομοιώνοντας τη συμπεριφορά του κτιρίου σε όλες τις καιρικές συνθήκες και τις εσωτερικές παραμέτρους λειτουργίας.

Η Ενεργειακή Κατανάλωση και το λειτουργικό κόστος του επιλεγμένου συστήματος κλιματισμού αναλύονται με βάση τα κόστη του ενεργειακού καύσιμου, που χρησιμοποιείται (Ηλεκτρική Ενέργεια , Φυσικό Αέριο, Νερό κ.α.)

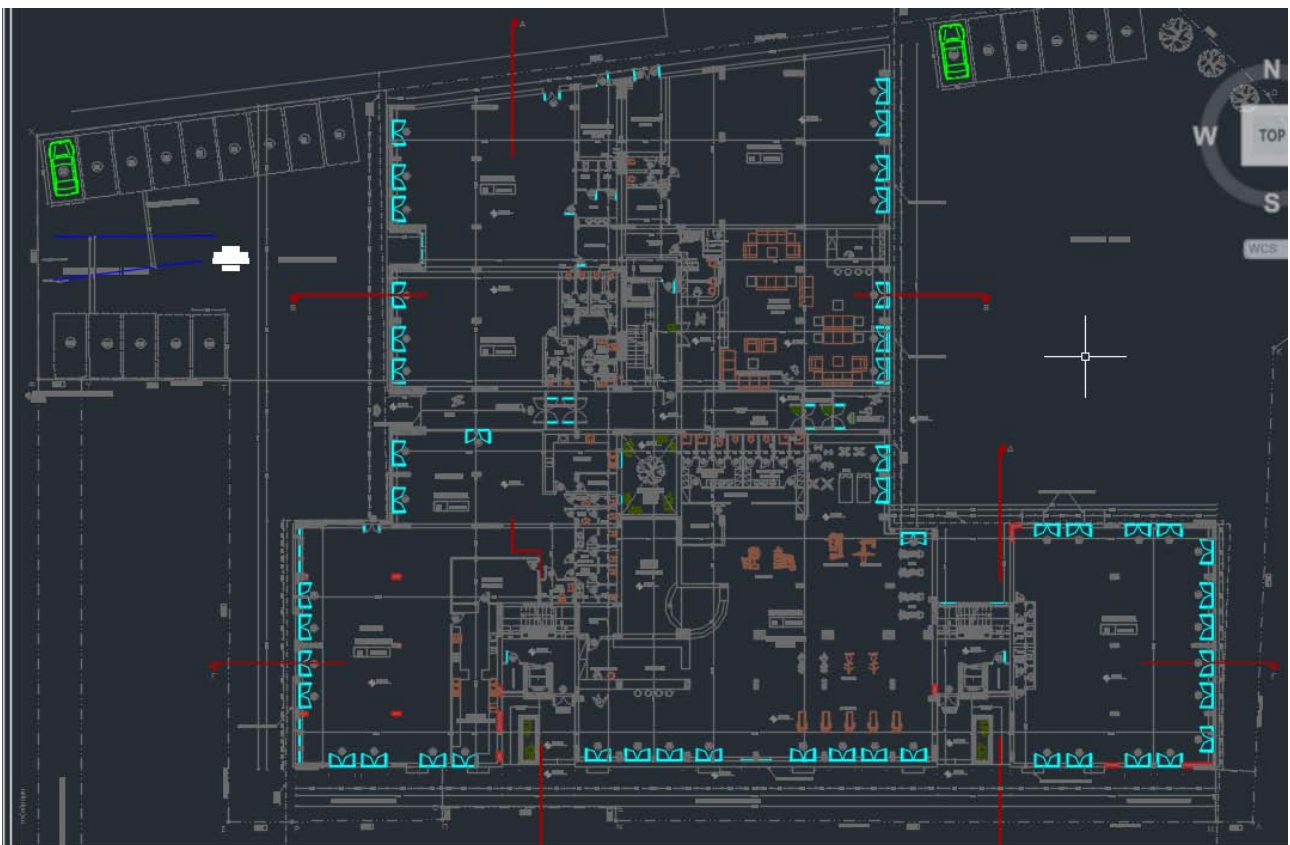
Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε μέσω του λογισμικού HAP ξενοδοχείο το οποίο αποτελείται από ισόγειο, Α' και Β' όροφο. Τα χαρακτηριστικά του ξενοδοχείου παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου.



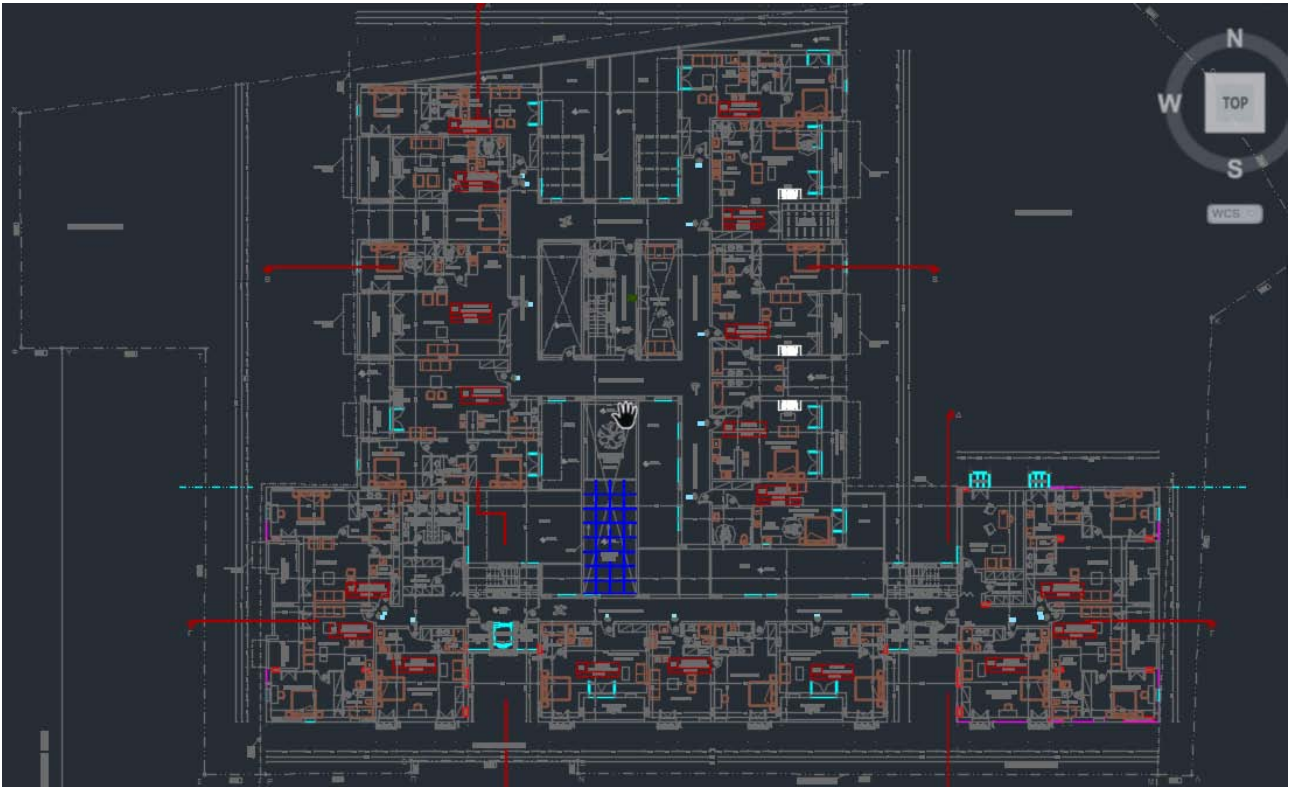
Σχήμα: Περιβάλλον λογισμικού HAP

4.2 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου

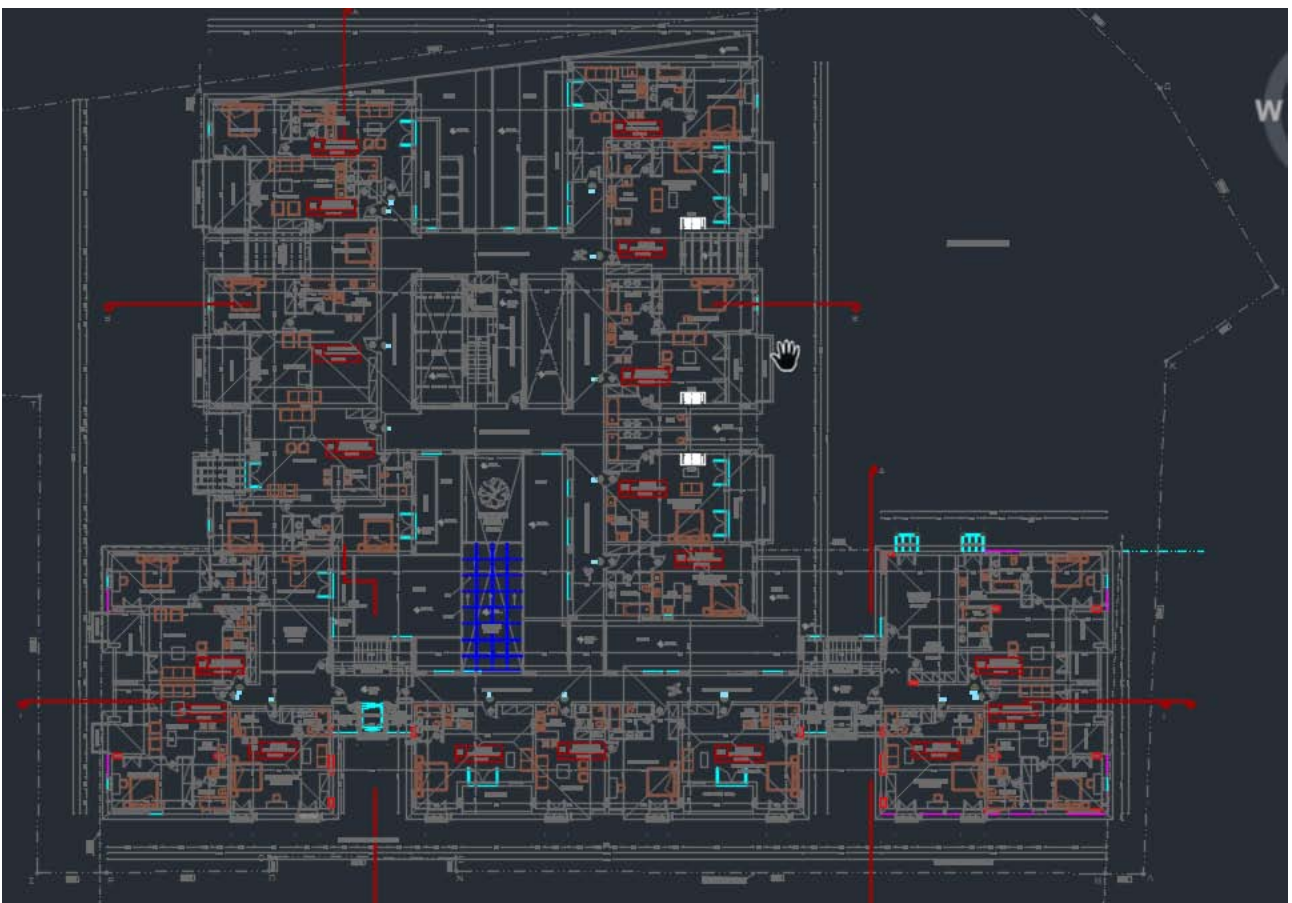
Στα παρακάτω σχήματα παρατίθεται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου για το οποίο πραγματοποιήθηκε η μελέτη .



Σχήμα : Κάτοψη Ισογείου

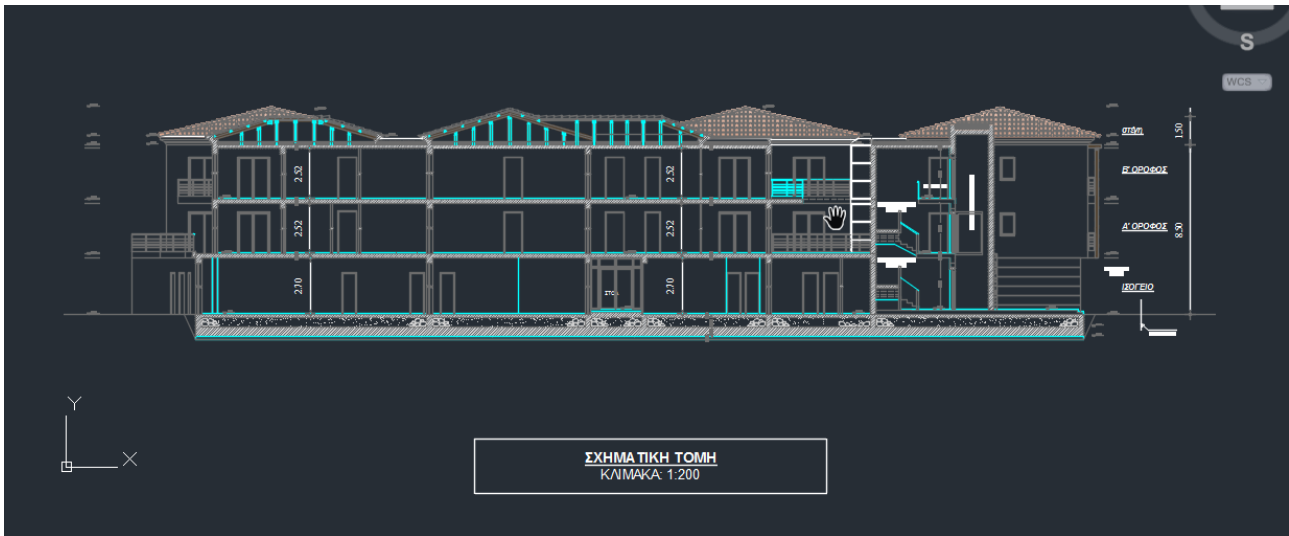


Σχήμα : Κάτοψη Α' Ορόφου



Σχήμα : Κάτοψη Β' Ορόφου

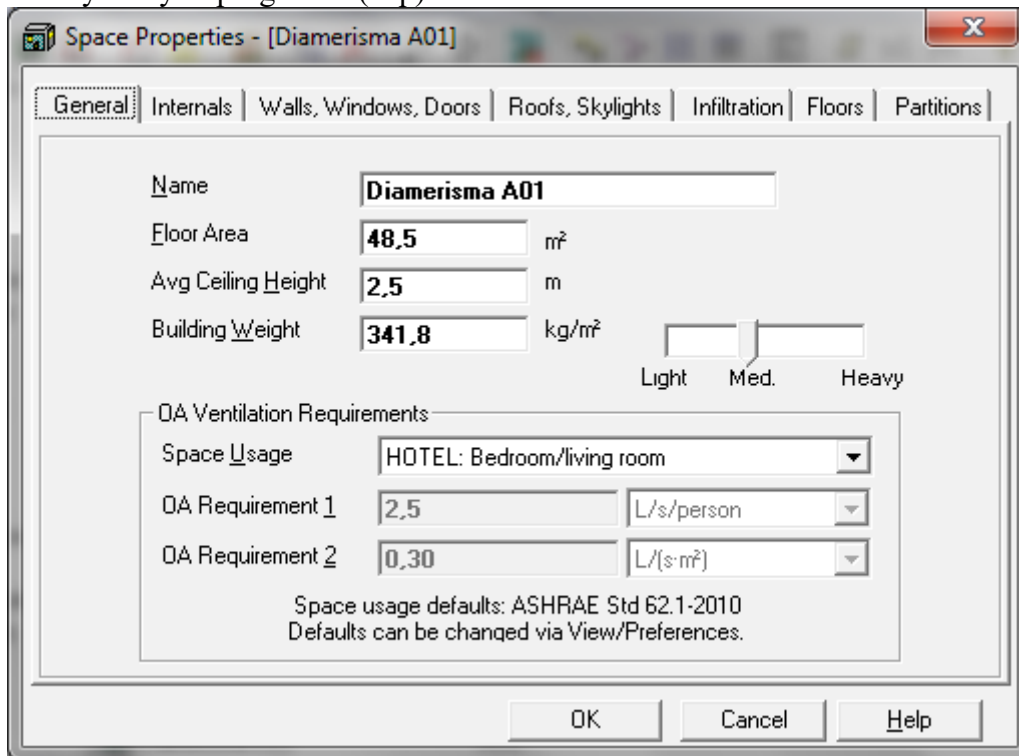
Συνολικό εμβαδόν του Ισογείου είναι τα 2093,01 m², του Α' Ορόφου είναι τα 1617,27 m² και του Β' Ορόφου είναι τα 1595,4 m².



Σχήμα : Πρόσοψη

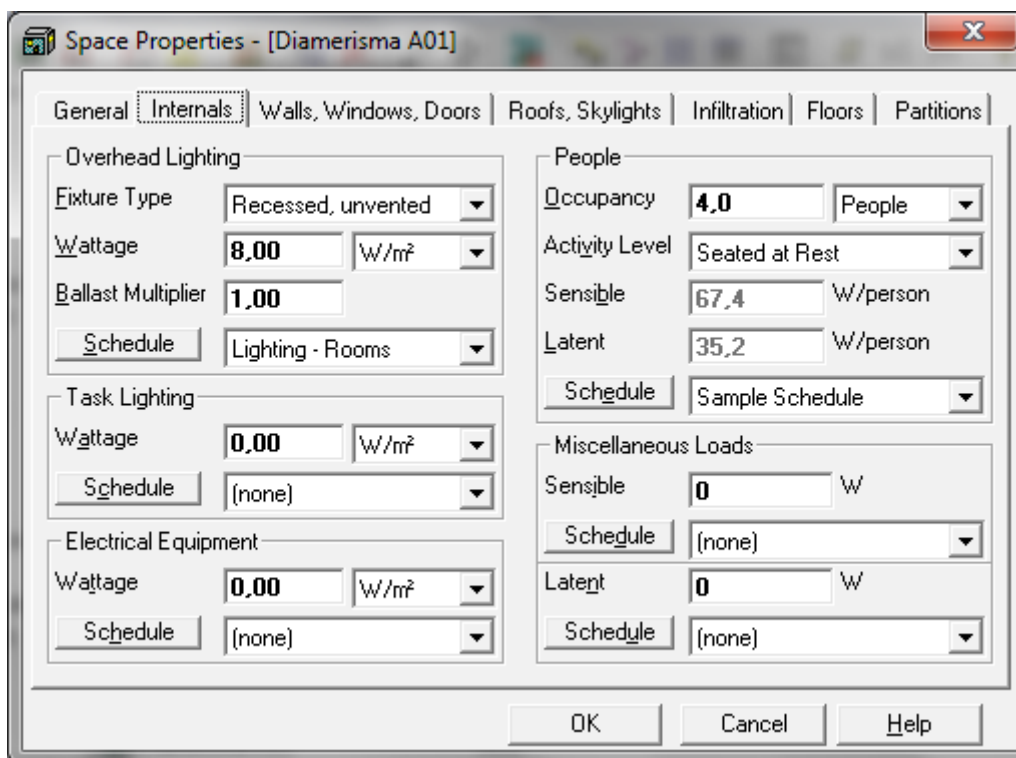
4.3 Χαρακτηριστικά Κτιρίου

Στην παρούσα ενότητα θα μελετηθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου που μας δόθηκε για μελέτη στην περιοχή του Βόλου . Το κτήριο έχει συνολικό εμβαδόν 5305,68 τετραγωνικά μέτρα και αποτελείται από τρεις ορόφους. Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου θα αναλυθούν από το λογισμικό hourly analysis programm (hap) .



Σχήμα: Εισαγωγή γενικών στοιχείων για κάθε χώρο

Στις παρακάτω ενότητες θα αναλυθεί η δομή του κτιρίου .Θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας ,της οροφής , των παραθύρων, των πορτών και ορίζονται οι αρχιτεκτονικές κατασκευαστικές του ιδιότητες. .Επίσης θα δοθεί και το πρόγραμμα λειτουργίας του κτιρίου σύμφωνα με το οποίο έγινε η ενεργειακή ανάλυση.Ουσιαστικά δηλαδή σε αυτήν την ενότητα θα μελετηθεί η παθητική μόνωση του κτιρίου.



Σχήμα: Εισαγωγή εσωτερικών στοιχείων για κάθε χώρο

Τοιχοποιία

Για την καλύτερη δυνατή ανάλυση της τοιχοποιίας του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν 2 τυποι κελυφών . Ο πρώτος τύπος κελύφους που χρησιμοποιήθηκε είναι με πολύτρυπτο τούβλο με συνολικό πάχος τοιχοποιίας 30.5 εκατοστά ενώ ο δεύτερος τυπος τοιχοποιίας που χρησιμοποιήθηκε είναι με σκυρόδεμα συνολικού πάχους 32,0 εκατοστά . Αυτοί οι δύο τύπου κελύφους είναι οι πιο διαδεδομένοι τύποι κελύφους στην Ελλάδα .

Πίνακας: Στρώματα κελύφους τοιχοποιίας με πολύτρυπτο τούβλο

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότητα kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² *K)/W	Βάρος kg/m ²
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	1.2064	0.0

16 mm τσιμεντοκονίαμα	15.875	800.9	1,09	0.09863	12,7
102 mm πολύτρυπτο τούβλο	101,6	1922.2	0.84	0.13977	195.3
Θερμομονωτικό υλικό	70	8	0,84	1.55559	0.6
102 mm πολύτρυπτο τούβλο	101,6	1922.2	0,84	0.13977	195,3
16 mm τσιμεντοκονίαμα	15.875	800.9	1,09	0.09863	12,7
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
Σύνολο	304,95	-	-	2,21	416,6
Απορροφητικότητα	0,9				
U-Τιμή W/(m²·K)	0.452 W/(m ² *K)				
Εξωτερικό χρώμα κελύφους	Dark				

Πίνακας: Στρώματα κελύφους τοιχοποιίας με σκυρόδεμα

Στρώματα	Πάχος mm	Ποκνότητα kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²*K)/W	Βάρος kg/m²
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	1.2064	0.0
10 mm τσιμεντοκονίαμα	10	800,9	1,09	0.06213	8
Θερμομονωτικό υλικό	50,8	8	0,92	2.44598	0,4
250 mm LW Οπλισμένο σκυρόδεμα	250	640,7	0,84	1.44447	160,2
10 mm τσιμεντοκονίαμα	10	800,9	1,09	0.06213	8
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0

Σύνολο	320,8	-	-	4,19	176,6
Απορροφητικότητα	0,9				
U-Τιμή W/(m²·K)	0.238 W/(m ² *K)				
Εξωτερικό χρώμα κελύφους	Dark				

Στους παραπάνω πίνακες φαίνονται αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κτιρίου αλλά οι U-τιμές και R-τιμές που υπολογίστηκαν σαν είσοδο των παραπάνω υλικών στο λογισμικό har . Στην κατασκευή της τοιχοποιίας για το πολυρτυτο τούβλο ελέγχθηκε η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ή U-τιμή όπως αναφέρθηκε παραπάνω που εξάχθηκε από το λογισμικό ούτως ώστε να συμβαδίζει με την τιμή του KENAK .

Πίνακας: Στρώματα κελύφους οροφής

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότητα kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²*K)/W	Βάρος kg/m²
Συντελεστής εσωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	1.2064	0.0
20 mm τσιμεντοκονίαμα	20	800,9	1,09	0,12426	16
102mm LW Οπλισμένο σκυρόδεμα	101,6	640,7	0,84	0.58703	65,1
100 mm Θερμομονωτικό υλικό	100	8	0,84	2,22227	0,8
102mm LW Οπλισμένο σκυρόδεμα	101,6	640,7	0,84	0.58703	65,1
Συντελεστής εξωτερικής επιφάνειας	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
Σύνολο	329,55	-	-	3,82	149,1
Απορροφητικότητα	0,9				
U-Τιμή W/(m²·K)	0.262 W/(m ² *K)				

Εξωτερικό χρώμα κελύφους	Dark

Στον πίνακα κελύφους οροφής όπως και στους δυο παραπάνω πίνακες παρουσιάζονται τα υλικά του κτιρίου μαζί με τις R και U τιμές οι οποίες εξάχθηκαν από το λογισμικό .

Πίνακας: Χαρακτηριστικά Παραθύρων

Χαρακτηριστικά	1	2	3	4	5	6	7	8
Ύψος m	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
Πλάτος m	2,3	2,4	2,7	3,25	3,9	3	4,15	0,7
Τύπος πλαισίου	Αλουμίνιο με φράγμα α θερμοτητας	-	-	-	-	-	-	-
U-τιμή	3	3	3	3	3	3	3	3
Συνολικός συντελεστής σκίασης	0,89	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Λόγω του αριθμού πολλών παραθύρων, τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας: Χαρακτηριστικά Παραθύρων (συνέχεια)

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
1,1	0,9	1,15	1,45	1,55	1,5	1,2	1,8	1,2	1,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Πίνακας: Χαρακτηριστικά Παραθύρων (συνέχεια)

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
2,2	2,2	2,2	2,2	1,52	2,2	2,2	1,52	1,52	1,52
2,7	3,25	4	5,3	1,55	1,6	1,1	1,7	1,5	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Πίνακας: Χαρακτηριστικά Παραθύρων (συνέχεια)

29	20	31	32	33	34	35	36	37	38
1,52	0,8	1,52	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	1,52	1,52
5	0,6	1,7	1,1	1,9	1,3	1,1	1,55	1,2	0,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,89

Πίνακας: Χαρακτηριστικά πορτών

Είδη	1	2	3	4	5	6
Επιφάνεια				3,1	4,2	2,2
U-τιμή πόρτας	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Επιφάνεια γυαλιού						
U-τιμή γυαλιού	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Συντ. Σκίασης γυαλιού	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

4.4 Χρονοδιαγράμματα (schedules)

Στην παρούσα διπλωματική οι κτιριακές εγκαταστάσεις υπό μελέτη είναι ξενοδοχειακές επομένως βρίσκονται σε λειτουργία ολόκληρο το ημερολογιακό έτος. Δημιουργήθηκαν διάφορα χρονοδιαγράμματα(schedules) έτσι ώστε να μοντελοποιηθεί καλύτερα ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ένα ξενοδοχείο αλλά και να αναλυθούν τα ωριαία προφίλ των χώρων του. Οι αναλύσεις αυτές φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες.

4.4.1 Χρονοδιαγράμματα φωτισμού

Στους ακόλουθους πίνακες φαίνονται τα ωριαία προφίλ που δημιουργήθηκαν για το φωτισμό στους επιμέρους χώρους του ξενοδοχείου έτσι ώστε να φανερώνεται το ποσοστό λειτουργίας τους, το οποίο αποσκοπεί σε εξοικονομήσεις ενέργειας.

Πίνακας: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού δωματίων(Χειμώνας)

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	100	0	0	0	0	0	0	100	100	10	10	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Πίνακας: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού δωματίων(Καλοκαίρι)

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Τιμή	10	10	0	0	0	0	0	10	10	10	10	0	0	0	0	0	10	10	10	10	0	0	10	10

Πίνακας: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού διαδρόμων και κλιμακοστασίου(Χειμώνας)

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	1	1	1	1	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30	10	10	10	10	10	10	10	10

Πίνακας: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού διαδρόμων και κλιμακοστασίου(Καλοκαίρι)

ώρα	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	1 00	1 00	1 00	1 00	10 0	10 0	10 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0

Πίνακας: Εβδομαδιαία-Μηνιαία κατανομή λειτουργίας φωτισμού(Δωμάτια-Διάδρομοι-Κλιμακοστάσια)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mon	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Tur	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Wed	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Thu	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Fri	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Sat	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Sun	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Holiday	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1

Στον πίνακα 12 η τιμή 1 αντιστοιχεί στο χειμερινό προφίλ του φωτισμού, ενώ η τιμή 2 αντιστοιχεί στο καλοκαιρινό προφίλ του φωτισμού.

Όσον αφορά το ισόγειο του ξενοδοχείου, δημιουργήθηκαν ξεχωριστά χρονοδιαγράμματα φωτισμού για τους επιμέρους χώρους του(γυμναστήριο, κουζίνα, ταβέρνα, σαλόνι, καταστήματα, σνακ μπαρ), εξαιτίας της αυτόνομης χρήσης τους. Τα schedules αυτά παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Γυμναστήριο

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού γυμναστηρίου(Δευτέρα-Παρασκευή)

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	0	0

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού γυμναστηρίου(Σάββατο)

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού γυμναστηρίου(Κυριακές και αργίες)

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας: Εβδομαδιαία-Μηνιαία κατανομή λειτουργίας φωτισμού γυμναστηρίου

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mon	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tue	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wed	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sat	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sun	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Holiday	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Σαλόνι

Για το σαλόνι δημιουργήθηκε ενιάιο ωριαίο προφίλ το οποίο αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού σαλονιού

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Snack Bar

Για το snack bar δημιουργήθηκε επίσης ενιάιο ωριαίο προφίλ που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού snack bar

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0

Ταβέρνα – Κατάστημα 1

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού ταβέρνας(K1)

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0

Κουζίνα – Κατάστημα 1

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού κουζίνας(K1)

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	0

Καταστήματα

Πίνακας: Ωριαίο χρονοδιάγραμμα φωτισμού καταστημάτων ισογείου

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	0	0	0	0	0	0	0	0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	0	0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0		

4.4.2 Χρονοδιαγράμματα DOAS

Χρονοδιάγραμμα DOAS(dedicated outdoor air system) χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα VRV και στη γεωθερμική αντλία θερμότητας με σκοπό τον έλεγχο του αερισμού των χώρων της ξενοδοχειακής εγκατάστασης που μελετήθηκε.

Πίνακας: Χειμερινό DOAS χρονοδιάγραμμα

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	80	80	80	80	80	80	80	80	100	100	20	20	100	100	100	100	100	20	20	100	100	20	20	100

Πίνακας: Καλοκαιρινό DOAS χρονοδιάγραμμα

Ω	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
T	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	20	20	50	50	50	20	20	50	50	50	50	20	20	20	50

Τους χειμερινούς μήνες υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη αερισμού των χώρων από τους καλοκαιρινούς μήνες όπου ενδέχεται να υπάρχουν πολλές ώρες της ημέρας ανοιχτά παράθυρα, κι αυτή η ανάγκη αποτυπώνεται στα ποσοστά των DOAS schedules.

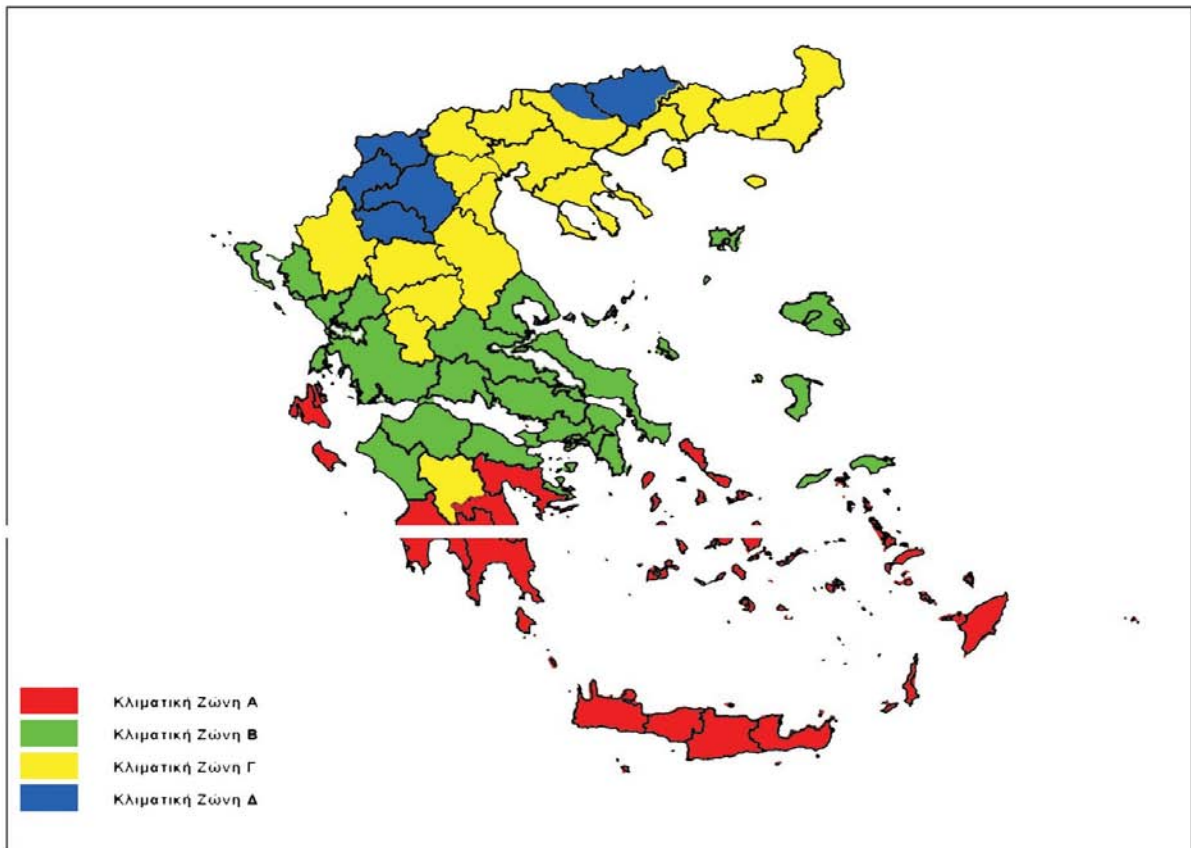
Πίνακας: Εβδομαδιαία-Μηνιαία κατανομή αερισμού στους χώρους

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mon	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Tue	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Wed	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Thu	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Fri	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Sat	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Sun	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Hol	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1

Όπου 1 αναπαριστά το χειμερινό schedule και 2 το καλοκαιρινό.

4.5 Κλιματολογικά Δεδομένα

Σύμφωνα με το Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ) η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται σε κάθε μια από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες .



Σχήμα : Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας διαχωρισμένες σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Σε κάθε νομό οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την ζώνη Δ όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψόμετρου περιλαμβάνονται στη ζώνη Δ.

Πίνακας: Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας διαχωρισμένες σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Κλιματική Ζώνη	Νομοί
Ζώνη Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
Ζώνη Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
Ζώνη Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
Ζώνη Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Το λογισμικό στο οποίο έγινε η ενεργειακή μελέτη δόθηκε η δυνατότητα να εισαχθούν ως παράμετροι στο λογισμικό τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του Βόλου ούτως ώστε η ενεργειακή μελέτη να έχει στα αποτελέσματα της όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια . Τα κλιματικά δεδομένα του Βόλου δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας: Κλιματικά Δεδομένα Βόλου

Πόλη	Βόλος
Περιοχή	Ελλάδα
Γεωγραφικό Πλάτος	39,2
Γεωγραφικό Μήκος	-23.0
Υψόμετρο	5.0 m
Summer Design Dry-Bulb	33,6
Summer Coincident Wet-Bulb	20,9
Summer Daily Range	10,5
Winter Design Dry-Bulb	-2,7 °C
Winter Design Wet-Bulb	-5,1 °C
Atmospheric Clearness Number	1
Average Ground Reflectance	0,2
Soil Conductivity	1,385 W/(m K)
Local Time Zone GMT +/-	- 2 hours
Simulation Weather Data	(EXT)
Design Cooling Month	Ιανουάριος εως Δεκέμβριος

4.6 Συστήματα Κλιματισμού

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν 3 συστήματα κλιματισμού για θέρμανση/ψύξη της ξενοδοχειακής εγκατάστασης. Αυτά ήταν η γεωθερμική αντλία θερμότητας, αερόψυκτη αντλία θερμότητας και VRV unit. Δημιουργήθηκαν στο λογισμικό Hourly Analysis Program και μελετήθηκαν ώστε να καταλήξουμε τελικά στο ποιο απο τα 3 είναι το προτιμότερο για την ξενοδοχειακή εγκατάσταση που μας ενδιαφέρει(αυτό το ζήτημα θα αναπτυχθεί στο κεφάλαιο 5).

Συνδυάζοντας τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής του Βόλου όπου βρίσκεται η ξενοδοχειακή εγκατάσταση με τα χαρακτηριστικά κελύφους για κάθε χώρο(παράθυρα, οροφές, τοίχοι), εξάγαμε συμπεράσματα για το κάθε σύστημα τα οποία και παρατίθενται στους πίνακες που ακολουθούν.

4.6.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Πίνακας: Γενικά Χαρακτηριστικά ΓΑΘ

Air System Name	Ground Water Heat Pump
Air System Type	Groundwater Source Heat Pump
Number of Zones	10
Ventilation	Dedicated Outdoor Air System (DOAS)

Equipment Properties - [gshp]

Description
 Name: gshp
 Identifier: ALT1

Equipment
 Equipment Type: Ground Source Heat Pumps
 Heating Type: Heat Pump
 System Type: WSHP
 Configuration: One WSHP per Zone
 Operating Schedule: 90.1 Office HVAC

Performance
 Eqpt Performance: User-Defined
 AHRI Ratings: 3,93 EER, 3,10 COP

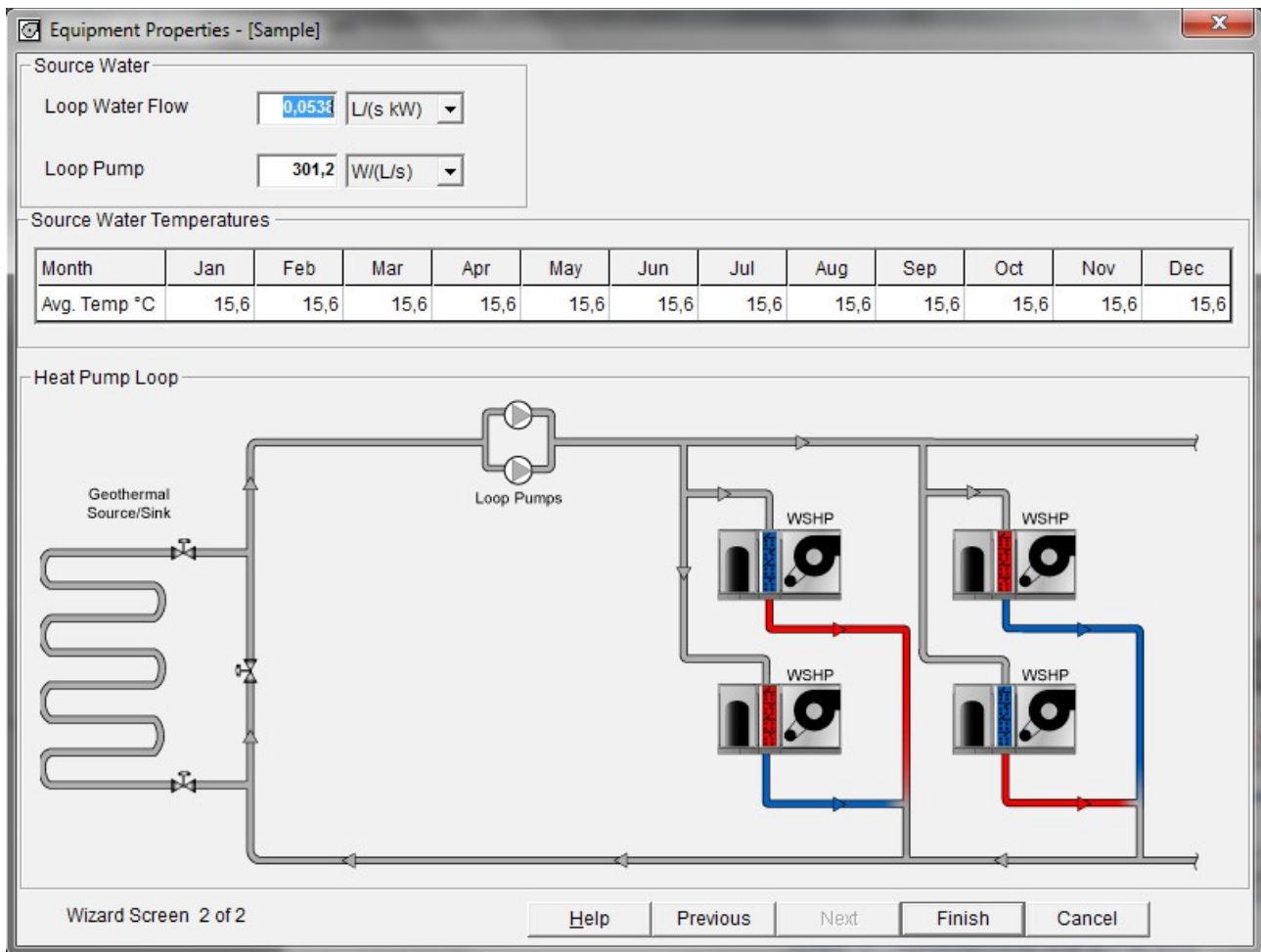
Key Features
 DOAS Type: WSHP Ventilation Unit
 DCV Control: Not Used
 Ventilation Reclaim: Not Used

Air System

The diagram illustrates an air handling system. Outdoor air (red line) enters from the left, passes through heating (H) and cooling (C) coils, and is then circulated by a Ventilation Fan. Exhaust air (orange line) is drawn from two zones, passes through an Exhaust Fan, and is exhausted. Each zone is served by a WSHP (Water Source Heat Pump) unit, which provides both heating and cooling. The system is configured for 'One WSHP per Zone'.

Wizard Screen 1 of 2

Details Help Previous Next Finish Cancel



Σχήματα : Συνδεσμολογία Γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με fcu.

Πίνακας: Δεδομένα κεντρικής εξωτερικής μονάδας

Airflow Control (Ventilation)	DOAS schedule
Sizing Method	Sum of Space OA Airflows
Dumper Leak Rate	0,00%
Outdoor Air CO2 Level	400 ppm
Cooling Coil Setpoint	23,9 °C
Cooling Source	Water-Cooled DX
Heating Coil Setpoint	21,1 °C
Heating Source	Water Source Heat Pump
Ventilation Fan Type	Forward Curved with Var. Speed Drive
Fan Performance	Total Static – 200 Pa
Overall Efficiency	44,00%
Exhaust Fan Type	Forward Curved

Fan Performance	Total Static – 200 Pa
Overall Efficiency	54,00%

Πίνακας: Απόδοση Ventilation Fan

% Airflow	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
% KW	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Πίνακας: Απόδοση Exhaust Fan

% Airflow	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
% KW	100	91	81	72	61	54	46	40	33	27	21

Το κτίριο χωρίστηκε σε 10 ζώνες, 1 για τον Α' όροφο, 1 για τον Β' όροφο και 8 για το ισόγειο.

Α' Όροφος

ZONE 1

ΧΩΡΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ (τ.μ.)
A-A klimakostasio kindunou	11,4
A-B klimakostasio kindunou	11,4
A-Choros katharismou Ne	3,3
A-Choros katharismou Sw	3,3
A-Corridor north elevator	13,1
A-Geniki Linothiki	7,7
A-Grafeio	25,7
A-Kathistiko	21,9
A-Kurio Klimakostasio	11,1
A-Linothiki East	5,6
A-Linothiki NE	3,3
A-Linothiki SW	3,3
A-WC Douche	23
Corridor A1-A4	33,1

Corridor A2-A17	28,4
Corridor A4-A16	28,3
Corridor A5-A12	89,4
Corridor A9-A18	65
Diamerisma A01	48,5
Diamerisma A02	50,6
Diamerisma A03	74,5
Diamerisma A04 bedrooms	43,8
Diamerisma A04 livingroom	54,5
Diamerisma A05	64,6
Diamerisma A06	49,3
Diamerisma A07	41,7
Diamerisma A08	44,5
Diamerisma A09	63,2
Diamerisma A10	44,5
Diamerisma A11	41,6
Diamerisma A12	49,2
Diamerisma A13	64,6
Diamerisma A14	43,7
Diamerisma A15	52
Diamerisma A16	76,6
Diamerisma A17	58,5
Diamerisma A18	59,2

Β Όροφος

ZONE 2

ΧΩΡΟΣ	ΕΜΒΑΔΟ (τ.μ.)
B-A klimakostasio kindunou	11,4
B-Apothiki NE	21,6
B-Apothiki SW	18
B-B klimakostasio kindunou	11,4
B-Corridor north elevator	13,1
B-Geniki Apothiki	10,1
B-Kurio klimakostasio	11,1

B-Linothiki NE	3,3
B-Linothiki SW	3,3
B-Xwros Katharismou NE	3,3
B-Xwros Katharismou SW	3,3
Corridor B1-B4	33,1
Corridor B3-B17	39,1
Corridor B4-B15	39,1
Corridor B6-B12	87,5
Corridor B9-B18	68,3
Diamerisma B1	48,6
Diamerisma B12	49,1
Diamerisma B13	64,4
Diamerisma B16	80
Diamerisma B18	60,1
Diamerisma B2	51
Diamerisma B3	74,6
Diamerisma B4-a	60
Diamerisma B4-b	43,9
Diamerisma B5-a	46,4
Diamerisma B5-b	32,9
Diamerisma B6	49,1
Diamerisma B9	63,2
Studio B10	42,2
Studio B11	41,3
Studio B14	43,7
Studio B15	52,4
Studio B17	58,3
Studio B7	41,3
Studio B8	43,9

Ισόγειο**ZONE 3**

XΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
K1 – Apothiki/WC	65
K1 – Kouzina/Parask	42
K1 - Taverna	185
K2 – Kouzina/Apothiki	24
K2 – Snack Bar	86
Isogeio-A klimak. kindunou	14,5
Isogeio-Mhxanostasio/Anelkusthras A	21,6

ZONE 4

XΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
Katastima 3	68
K3 - WC	46,5
Mhxanostasio Purosvesis	13,3

ZONE 5

XΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
Katastima 4	158
K4 – Apothiki/WC	22,5

ZONE 6

XΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
K5-Main	185,4
K5-WC-Apothiki	16,5
Levitostasio	14,2

ZONE 7

XΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
K6-Cafe Bar	28,4
K6-Main (Gym)	349,9
K6-Pool	60,4
K6-WC-Apothiki	57,3

ZONE 8

ΧΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
K7-Main	239,3
K7-WC	9,2
Isogeio-B klimakostasio	13
Isogeio-Anelk B-Mhxanostasio	20,4

ZONE 9

ΧΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
Reception	27,8
Vestiario	7
Telephone booth/center	8,2
Isogeio-Saloni-Choros TV	134,3
Isogeio-Kurio Klimakostasio	25,9
Isogeio- Mixan Anelk-Anel	10,7

ZONE 10

ΧΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟ
Entrance Lobby	78,3

Πίνακας: Δεδομένα Θερμοστάτη

Zones	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
Cooling T-Stat setpoints Occupied	23,9 °C
Cooling T-Stat setpoints Unoccupied	26,7 °C
Heating T-Stat setpoints Occupied	21,1 °C
Heating T-Stat setpoints Unoccupied	18,3 °C

Πίνακας: Δεδομένα τερματικών μονάδων

Zones	All Zones
Terminal Type	Fan Coil
Minimum Airflow(L/s/Person)	0
Total Static	50 Pa
Fan Overall Efficiency	50,00%

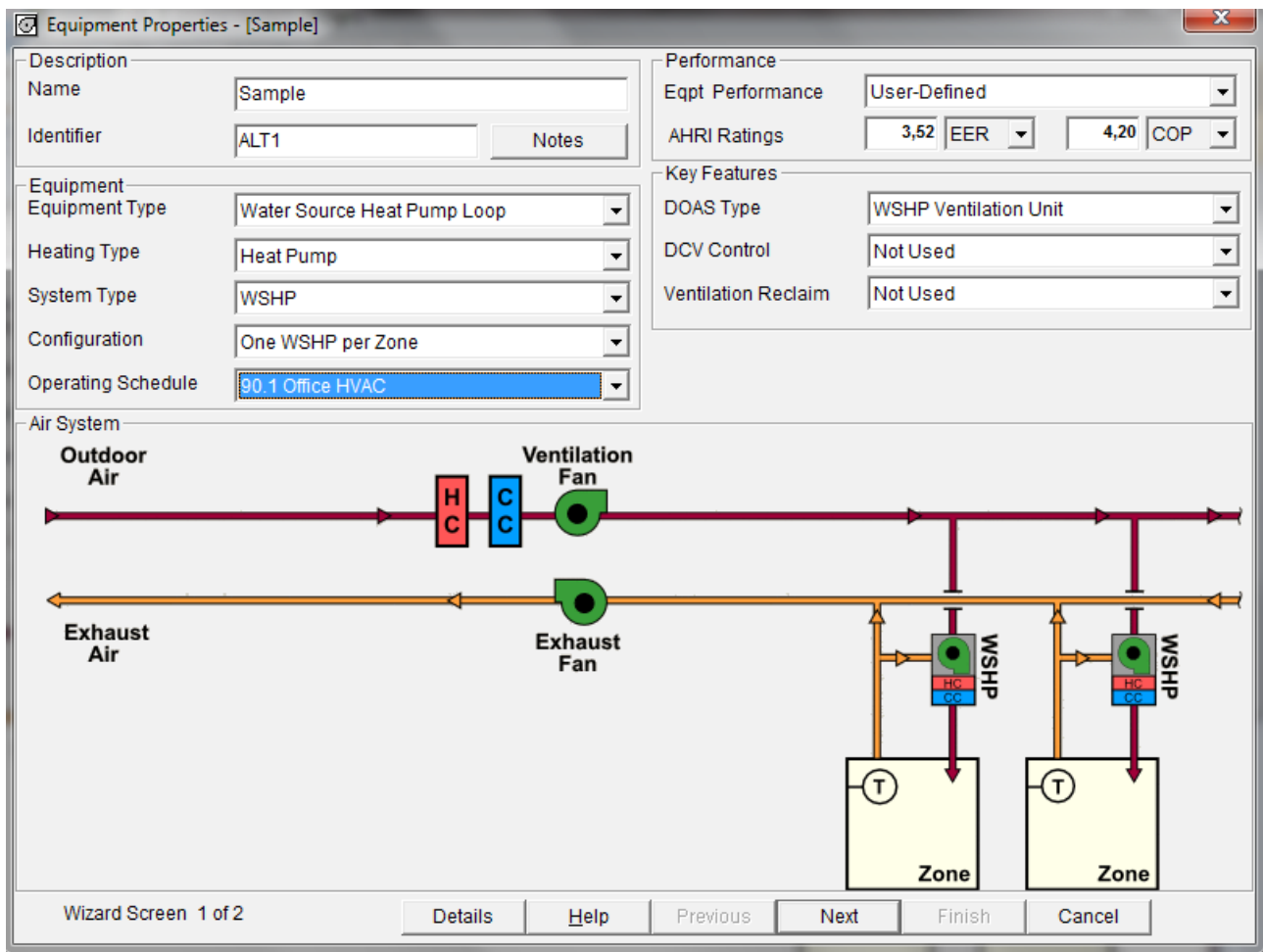
Πίνακας: Zone sizing data

Zones	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	4365,5	645,1
2	4894,2	567,1
3	2528,8	1059,2
4	443,9	8
5	647	144,5
6	565	5
7	2934,7	720,5
8	1249,6	0
9	775,9	153,2
10	310,6	23,5

Πίνακας: System sizing data

Cooling supply temperature	14,4 °C
Heating supply temperature	35 °C
Chilled water Delta - T	11,1 K
Hot water Delta - T	5,6 K

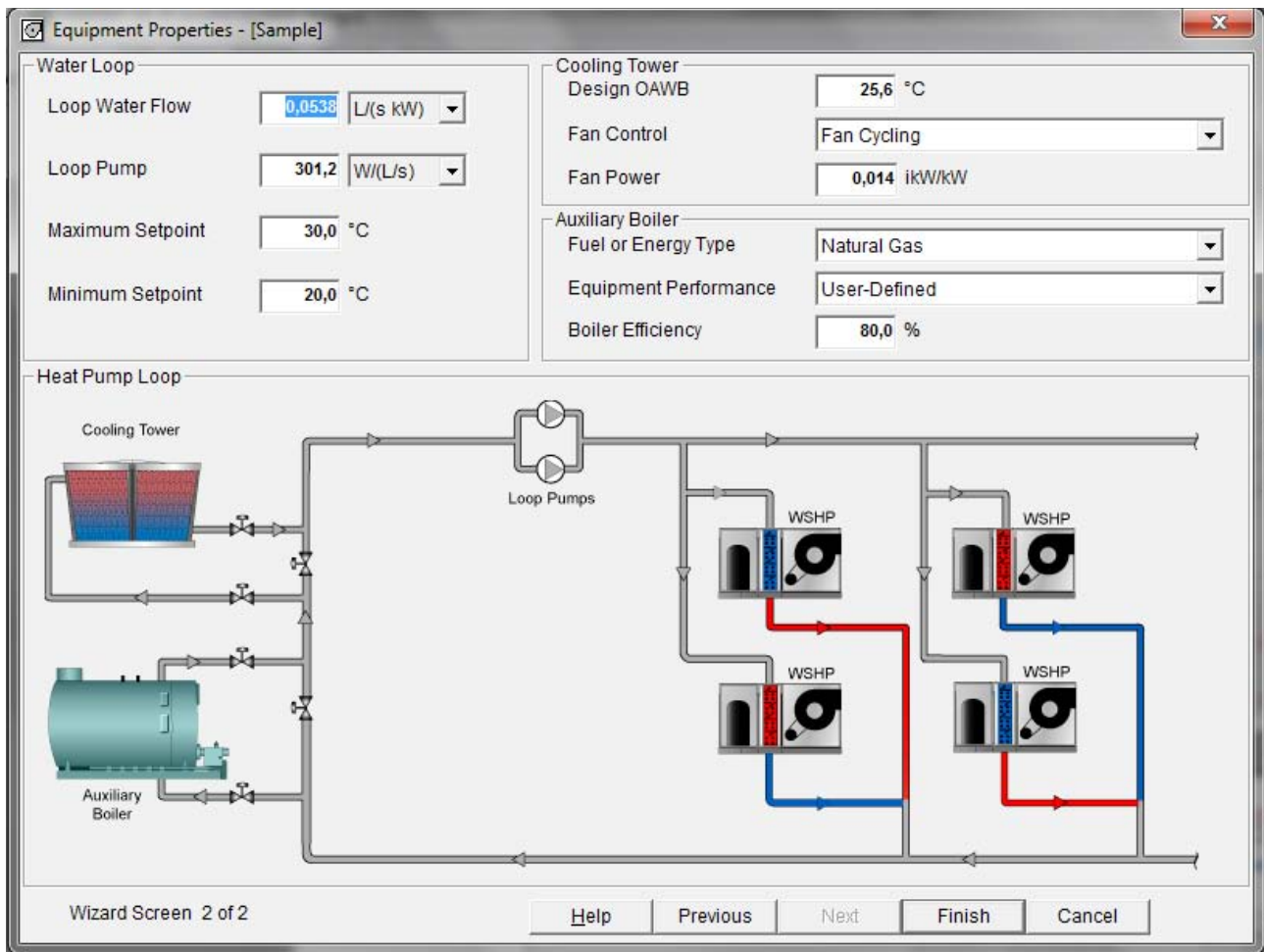
4.6.2 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας



Σχήμα : Συνδεσμολογία Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας με fcu

Πίνακας: Γενικά χαρακτηριστικά ΑΑΘ

Air System Name	Air Source Heat Pump
Air System Type	Packaged DX Fan Coil
Number of Zones	10
Ventilation	Direct Outdoor Air System (DOAS)



Σχήμα : Συνδεσμολογία Αερόψυκτης Αντλίας Θερμότητας με Cooling Tower και Boiler

Πίνακας: Δεδομένα κεντρικής εξωτερικής μονάδας

Airflow Control (Ventilation)	Constant
Sizing Method	Sum of Space OA Airflows
Dumper Leak Rate	0,00%
Outdoor Air CO2 Level	400 ppm
Cooling Coil Setpoint	-
Cooling Source	-
Heating Coil Setpoint	-
Heating Source	-
Ventilation Fan Type	Forward Curved with Var. Speed Drive
Fan Performance	Total Static – 100 Pa
Overall Efficiency	44,00%
Exhaust Fan Type	Forward Curved
Fan Performance	Total Static – 100 Pa
Overall Efficiency	54,00%

Πίνακας: Απόδοση Ventilation Fan

% Airflow	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
% KW	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Πίνακας: Απόδοση Exhaust Fan

% Airflow	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
% KW	100	91	81	72	61	54	46	40	33	27	21

Όσον αφορά τις ζώνες όπου χωρίσαμε την ξενοδοχειακή εγκατάσταση για το σύστημα της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας, είναι οι ίδιες (10) μ' εκείνο της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που αναλύθηκε προηγουμένως.

Πίνακας: Δεδομένα Θερμοστάτη

Zones	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
Cooling T-Stat setpoints Occupied	23,9 °C
Cooling T-Stat setpoints Unoccupied	26,7 °C
Heating T-Stat setpoints Occupied	21,1 °C
Heating T-Stat setpoints Unoccupied	18,3 °C

Πίνακας: Δεδομένα τερματικών μονάδων

Zones	All Zones
Terminal Type	Fan Coil
Minimum Airflow(L/s/Person)	0
Total Static	120 Pa
Fan Overall Efficiency	50,00%

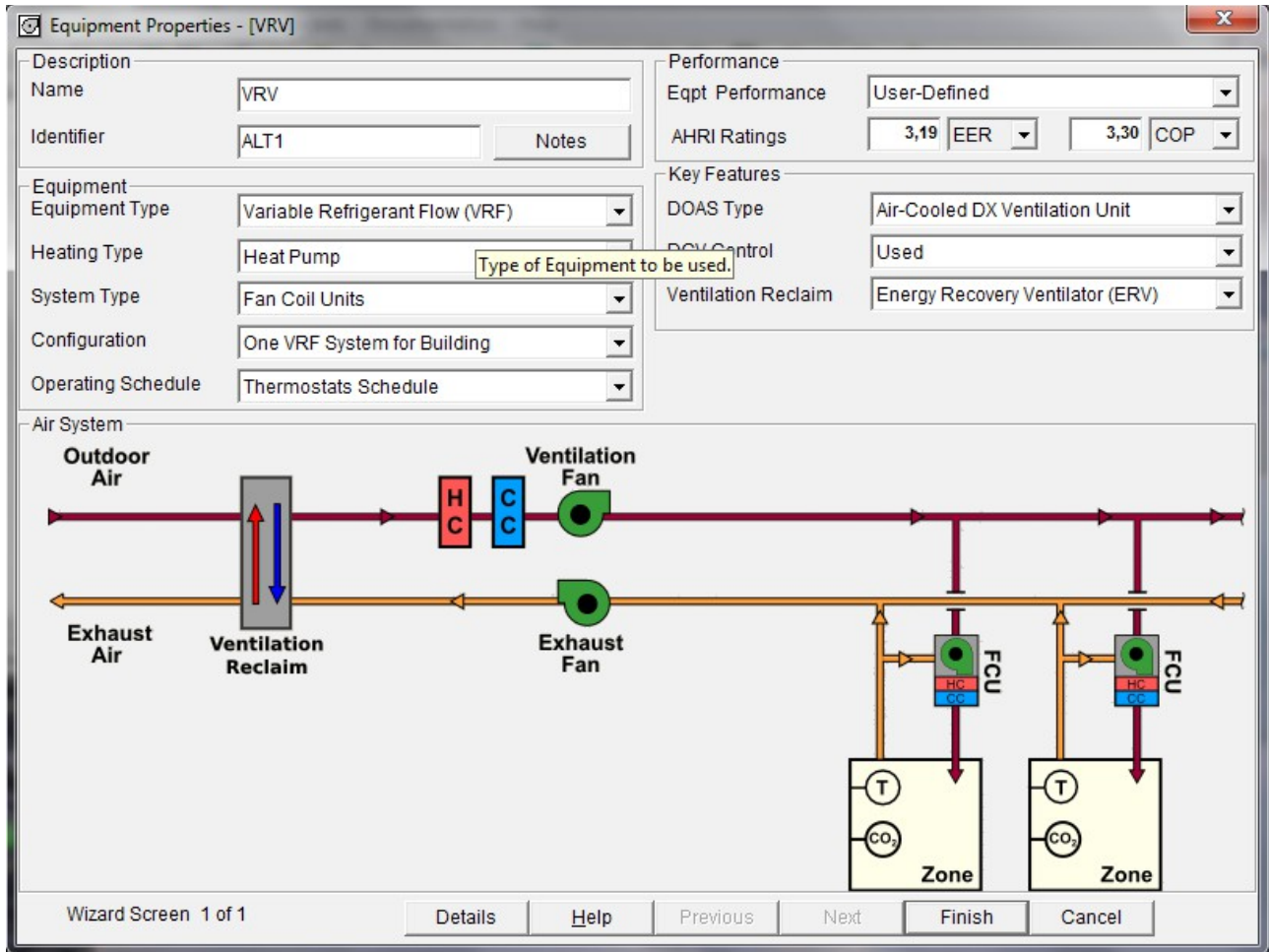
Πίνακας: Zone sizing data

Zones	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	4963,1	645,2
2	5575,1	567,1
3	2619,1	1059,2
4	451,7	8
5	675,1	144,5
6	547,3	5
7	3024,2	720,5
8	1268,7	0
9	847,1	153,2
10	310,6	23,5

Πίνακας: System sizing data

Cooling supply temperature	14,4 °C
Heating supply temperature	35 °C
Chilled water Delta - T	11,1 K
Hot water Delta - T	5,6 K

4.6.3 Σύστημα Κλιματισμου VRV(Variable Refrigerant Volume)



Σχήμα : Συνδεσμολογία VRV με fcu.

Πίνακας :Γενικά Χαρακτηριστικά VRV

Air System Name	VRV Unit
Air System Type	VRF
Number of Zones	10
Ventilation	Dedicated Outdoor Air System (DOAS)

Πίνακας : Δεδομένα κεντρικής εξωτερικής μονάδας

Airflow Control (Ventilation)	Scheduled
Sizing Method	Sum of space OA Airflow
Dumper Leak Rate	0,00%
Outdoor Air CO2 Level	400 ppm
Cooling Coil Setpoint	-
Cooling Source	-
Heating Coil Setpoint	-
Heating Source	-
Ventilation Fan Type	Forward Curved with Var. Speed Drive
Fan Performance	Total Static – 100 Pa
Overall Efficiency	44,00%
Exhaust Fan Type	Forward Curved with Var. Speed Drive
Fan Performance	Total Static – 100 Pa
Overall Efficiency	44,00%

Πίνακας : Απόδοση Ventilation Fan

% Airflow	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
% KW	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Πίνακας : Απόδοση Exhaust Fan

% Airflow	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
% KW	100	77	60	44	35	25	19	13	9	7	6

Όσον αφορά τις ζώνες όπου χωρίσαμε την ξενοδοχειακή εγκατάσταση για το σύστημα VRV , είναι οι ίδιες (10) με εκείνες της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και της αεροψυκτικής αντλίας θερμότητας που αναλύθηκαν παραπάνω.

Πίνακας : Δεδομένα Θερμοστάτη

Zones	All Zones
Cooling T-Stat setpoints Occupied	23,9 °C
Cooling T-Stat setpoints Unoccupied	26,7 °C
Heating T-Stat setpoints Occupied	21,1 °C
Heating T-Stat setpoints Unoccupied	18,3 °C

Πίνακας : Δεδομένα τερματικών μονάδων

Zones	All Zones
Terminal Type	Fan Coil
Minimum Airflow(L/s/Person)	0
Total Static	50Pa
Fan Overall Efficiency	50,00%

Πίνακας : Zone sizing data

Zones	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	208,7	24,6
2	242,2	25,2
3	291,4	37,4
4	316,3	49,5
5	262,2	36,5
6	180,8	24,8
7	167,7	22
8	205,2	22,8
9	196,1	31,5
10	249,1	25,3

Πίνακας : System sizing data

Cooling supply temperature	14,4 °C
Heating supply temperature	35 °C
Chilled water Delta - T	5,6 K
Hot water Delta - T	11,1 K

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ενεργειακών υπολογισμών των συστημάτων που μελετήσαμε και αναλύσαμε παραπάνω σαν αποτέλεσμα της εισαγωγής των δεδομένων στο λογισμικό . Στη συνέχεια , θα γίνει συγκριση των αποτελεσμάτων και των τριών συστημάτων .

Αρχικά , θα πρέπει να γίνει μια εκτίμηση των απαιτούμενων φορτίων ψύξης ,θέρμανσης και αερισμού των χώρων που μελετούμε . Οι τιμές αυτές των φορτίων υπολογίζονται σύμφωνα με τον ενεργειακό κανονισμό του Κ.ΕΝ.Α.Κ. . Υπάρχουν πάρα πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις και οι οποίοι μεταβάλλονται συνεχώς. Τέτοια παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα η ηλιακή ακτινοβολία που επιδρά στο κτίριο, μεταβάλλονται καθ' όλη την διάρκεια των υπολογισμών, καθιστώντας πολύ δύσκολα λόγω της πολυπλοκότητας τους να γίνουν με απλές μεθόδους. Επομένως αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο οι υπολογισμοί εκτελούνται με ηλεκτρονικό υπολογιστή χρησιμοποιώντας κάποιο αντίστοιχο λογισμικού.

Στη συνέχεια , παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των ενεργειακών υπολογισμών και των προσομοιώσεων που υπολογίστηκαν μέσω του λογισμικού . Αναλυτικότερα παρατίθενται αρχικά για τη γεωθερμική αντλία θερμότητας για το σύστημα VRV και για την αερόψυκτη αντλία θερμότητας τα συνολικά φορτία που χρειάζονται για τη θέρμανση και τη ψύξη για το κάθε σύστημα αντίστοιχα . Επίσης ,παρουσιάζεται η μηνιαία ζήτηση σε θέρμανση και ψύξη για ολόκληρο το κτίριο καθώς και η μηνιαία κατανάλωση .Ακόμη , δίνονται δύο παραδείγματα ημερήσιας κατανάλωσης ενδεικτικά για να παρουσιαστούν οι ημερήσιες απαιτήσεις των χώρων του κτιρίου ,η μία μέρα είναι τον χειμώνα για να παρουσιαστούν οι απαιτήσεις θέρμανσης ενώ η αλη το καλοκαίρι για να παρουσιαστούν οι απαιτήσεις ψύξης.

Επίσης βασιζόμενοι στα κόστη αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος από την Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) , γίνεται ένας υπολογισμός των ετήσιων ενεργειακών δαπανών (φωτισμός, θέρμανση, ψύξη, εξαερισμός, λοιπός ηλεκτρικός εξοπλισμός) των δύο συστημάτων. Σκοπό είναι να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το πιο αποδοτικό σύστημα για το συγκεκριμένο κτίριο λαμβάνοντας υπόψη τα πραγματικά τιμολόγια του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας .

Τέλος, διεξάγεται μια τεχνοοικονομική συγκριτική μελέτη των μεθόδων ώστε να λάβουμε τις απαραίτητες πληροφορίες με σκοπό να οδηγηθούμε σε ασφαλή συμπεράσματα τα οποία θα αναλυθούν στο τελευταίο κεφάλαιο.

5.2 Σχεδιαστική ανάλυση – Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω ένα από τα συστήματα που μελετάμε είναι η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας. Για την προσομοίωση του κτιρίου έχει γίνει διαχωρισμός των χώρων του κτιρίου σε 10 ζώνες και έχει γίνει μελέτη για όλους τους μήνες του χρόνου ως προς την κατανάλωση ενέργειας αλλά και για 2 συγκεκριμένες μέρες ενδεικτικά για να μελετηθεί η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Σκοπός ήταν να εξαχθούν αποτελέσματα για όλη την διάρκεια του έτους όσον αφορά τους μήνες αλλά επίσης να γίνει και προσομοίωση των φορτίων κατά την διάρκεια κάποιων ημερών. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες μέρες που έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη. Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κατά την διάρκεια του έτους, τα φορτία που καταναλώνει το σύστημα κατά τη διάρκεια των δύο ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω, πίνακες για κάθε ζώνη του συστήματος για το μέγεθος των δεδομένων της τερματικής μονάδας καθώς επίσης και συνολικά φορτία ψύξης και θέρμανσης για τη γεωθερμική αντλία.

Πίνακας: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΓΑΘ - Ψύξη

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB/WB (°C)	Coil Leaving DB/WB (°C)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s.m ²)
Zone 1	61,3	50,8	24,6/18,8	15,7/15,1	Jul 1600	3,33
Zone 2	72,9	63,1	24,6/18,6	15,4/14,8	Jul 1700	4
Zone 3	35,3	32,7	24,6/18,4	15,5/14,9	Sep 1600	6,81
Zone 4	5,9	5	24,6/18,8	15,7/15,2	Sep 1700	4,07
Zone 5	9,6	8,4	24,6/18,5	15,4/14,9	Aug 1700	3,96
Zone 6	9,5	7,8	24,6/18,8	15,4/14,8	Jul 1400	3,26
Zone 7	13,9	12,9	24,6/18,1	15,1/14,5	Jun 1700	7,71
Zone 8	18,2	16	24,6/18,5	15,3/14,8	Jun 1800	5,1
Zone 9	10,4	8,8	24,7/18,7	15,6/15	Aug 1600	3,75
Zone 10	4,1	3,5	24,7/19	16,1/15,6	Sep 1500	4,38

Πίνακας: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΓΑΘ – Θέρμανση

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)
Zone 1	30,2	20,9/26,3	4703	0,6	0,47
Zone 2	283	21/25,1	5703	0,72	0,57
Zone 3	7,7	21,1/23,3	2983	0,37	0,3
Zone 4	1,9	21/24,4	466	0,05	0,05
Zone 5	2,8	21/24,1	768	0,1	0,08
Zone 6	3,3	21/24,9	704	0,09	0,07
Zone 7	1,3	21,2/22,2	1126	0,14	0,11
Zone 8	7	21,1/25,1	1437	0,18	0,14
Zone 9	3,6	21,1/24,8	802	0,1	0,08
Zone 10	1,7	21/25,2	3463	0,04	0,03

Month	WSHP Cooling Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Cooling Load (kWh)	WSHP Clg Compressor (kWh)	WSHP Heating Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Heating Load (kWh)	WSHP Htg Compressor (kWh)	WSHP Aux Htg Load (kWh)
January	0	0	0	21172	21118	5821	54
February	0	0	0	17943	17933	4956	11
March	0	0	0	14749	14749	4154	0
April	0	0	0	12185	12185	3510	0
May	116667	113975	25300	0	0	0	0
June	130051	129680	28326	0	0	0	0
July	148152	147488	31848	0	0	0	0
August	145097	144648	31325	0	0	0	0
September	106763	106730	23796	0	0	0	0
October	0	0	0	7668	7668	2238	0
November	0	0	0	13087	13087	3713	0
December	0	0	0	19154	19150	5314	4
Total	646730	642521	140594	105959	1105890	29707	69

Πίνακες: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων τερματικών ΓΑΘ

Month	WSHP Aux Htg Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	WSHP Loop Water Pump (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	54	463	459	1003	2301	20995	9070
February	11	418	414	906	2078	18963	8193
March	0	463	459	1003	2205	20995	9073
April	0	621	608	1371	2890	18807	8208
May	0	211	399	1416	3248	19434	8486
June	0	204	386	1371	3143	18807	8212
July	0	211	399	1416	3248	19434	8482
August	0	211	399	1416	3248	19434	8486
September	0	204	386	1371	3143	18807	8211
October	0	641	629	1416	2397	20980	9070
November	0	448	444	971	2191	20317	8780
December	4	463	459	1003	2301	20995	9069
Total	69	4556	5439	14663	32391	237967	103339

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται παρακάτω είναι τα ίδια με τους παραπάνω πίνακες αλλά για την διάρκεια της 1ης Ιανουαρίου και της 1ης Ιουλίου . Δηλαδή παρουσιάζεται η προσομοίωση καταναλώσεων των διαφόρων τερματικών στοιχείων, του εξερισμού , του φωτισμού καθώς επίσης και του ηλεκτρικού εξοπλισμού αλλά αντί για όλους τους μήνες του έτους για την διάρκεια δυο πολύ ενεργοβόρων ημερών του έτους με μεγάλες απαιτήσεις για σε φορτία .

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΓΑΘ την 1η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Clg Compressor (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Htg Compressor (kW)
0	11,6	0	0	0	25,8	25,8	7,4
1	11,2	0	0	0	28,5	28,5	8,3
2	10,8	0	0	0	28,9	28,9	8,3
3	10,6	0	0	0	29,1	29,1	8,4
4	10,4	0	0	0	29,2	29,2	8,4
5	10,3	0	0	0	29,5	29,5	8,5
6	10,2	0	0	0	29,7	29,7	8,5
7	10,2	0	0	0	29,7	29,7	8,5
8	11,1	0	0	0	33,6	33,6	9,5
9	13,2	0	0	0	26,3	26,3	7,6
10	15,4	0	0	0	0	0	0
11	15	0	0	0	0	0	0
12	15,6	0	0	0	0	0	0
13	15,5	0	0	0	0	0	0
14	16,5	0	0	0	14,8	14,8	4,4
15	16,4	0	0	0	15,2	15,2	4,5
16	15,5	0	0	0	19,5	19,5	5,7
17	14,6	0	0	0	4,4	4,4	1,3
18	14	0	0	0	4,9	4,9	1,5
19	13,4	0	0	0	0	0	0
20	12,7	0	0	0	0	0	0
21	12,1	0	0	0	0	0	0
22	11,5	0	0	0	6,6	6,6	2
23	10,8	0	0	0	36,1	36,1	10,2
Total		0	0	0	391,8	391,8	113

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης αερισμού-φωτισμού ΓΑΘ την 1η Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0	11,6	0,8	0,9	1,9	4,2	27,2	8,3
1	11,2	0,8	0,9	1,9	4,2	11,5	0,4
2	10,8	0,8	0,9	1,9	4,2	11,5	0,4
3	10,6	0,8	0,9	1,9	4,2	11,5	0,4
4	10,4	0,8	0,9	1,9	4,2	11,5	0,4
5	10,3	0,8	0,9	1,9	4,2	11,3	0,3
6	10,2	0,8	0,9	1,9	4,2	11,5	0,4
7	10,2	0,8	0,9	1,9	4,2	27,2	8,3
8	11,1	1,3	1,1	1,9	4,2	36,7	17,4
9	13,2	1,3	1,1	1,9	4,2	36,7	17,4
10	15,4	0	0	0	0	38,5	18,2
11	15	0	0	0	0	23,8	10,8
12	15,6	0	0	0	0	26,4	14,5
13	15,5	0	0	0	0	26,4	14,5
14	16,5	1,3	1,1	1,9	4,2	26,4	13,3
15	16,4	1,3	1,1	1,9	4,2	30,4	13,3
16	15,5	1,3	1,1	1,9	4,2	32,1	21,9
17	14,6	0,1	0,4	1,9	4,2	42,8	21,9
18	14	0,1	0,4	1,9	4,2	42,8	21,9
19	13,4	0	0	0	0	41,5	21,9
20	12,7	0	0	0	0	41,5	21,9
21	12,1	0	0	0	0	41,5	21,9
22	11,5	0,1	0,4	1,9	4,2	38,9	21,9
23	10,8	1,3	1,1	1,9	4,2	27,7	8,8
Total		14,9	14,8	32,4	71,3	677,2	289,9

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΓΑΘ την 1η Ιουλίου

Hour	Dry-Bulb Temp	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Clg Compressor (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Htg Compressor (kW)
0	23,7	173,7	173,7	38,4	0	0	0
1	23	166,2	166,2	36,9	0	0	0
2	22,2	146,7	146,7	33	0	0	0
3	21,8	139,7	139,7	31,6	0	0	0
4	21,3	135,6	135,6	30,7	0	0	0
5	21	125,6	125,6	28,6	0	0	0
6	21,2	129,4	129,4	29,4	0	0	0
7	22,7	156,7	156,7	35	0	0	0
8	24,6	184,8	184,8	40,5	0	0	0
9	26,5	198,7	198,7	43,1	0	0	0
10	28,4	210,1	210,1	45,3	0	0	0
11	30	206	206	44,5	0	0	0
12	30,1	210,8	210,8	45,1	0	0	0
13	30,2	231,4	231,2	48,9	0	0	0
14	30,3	250,6	242,2	51	0	0	0
15	30,1	224,8	222,7	47,6	0	0	0
16	29,2	232,4	230,4	49,1	0	0	0
17	27,5	256,2	243,5	51,4	0	0	0
18	28,3	256,8	245,4	51,7	0	0	0
19	27,7	248,1	239,6	50,7	0	0	0
20	26,7	228	221,9	47,5	0	0	0
21	25,5	202,8	202,8	44	0	0	0
22	24,3	200,7	200,7	43,6	0	0	0
23	23,2	186,3	186,3	40,9	0	0	0
Total		4702,1	4650,8	1122,6	0	0	0

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης αερισμού-φωτισμού ΓΑΘ την 1η Ιουλίου

Hour	Dry-Bulb Temp	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0	23,7	0,3	0,6	1,9	4,2	27,2	8,3
1	23	0,3	0,6	1,9	4,2	27,2	8,3
2	22,2	0,3	0,6	1,9	4,2	11,5	0,4
3	21,8	0,3	0,6	1,9	4,2	11,5	0,4
4	21,3	0,3	0,6	1,9	4,2	11,5	0,4
5	21	0,3	0,6	1,9	4,2	11,5	0,4
6	21,2	0,3	0,6	1,9	4,2	11,5	0,4
7	22,7	0,3	0,6	1,9	4,2	25,1	8,3
8	24,6	0,3	0,6	1,9	4,2	36,2	17,6
9	26,5	0,3	0,6	1,9	4,2	36,2	17,6
10	28,4	0,1	0,4	1,9	4,2	38,1	18,5
11	30	0,1	0,4	1,9	4,2	21,5	10,2
12	30,1	0,3	0,6	1,9	4,2	24,1	13,9
13	30,2	0,3	0,6	1,9	4,2	24,1	13,9
14	30,3	0,3	0,6	1,9	4,2	24,1	13,9
15	30,1	0,1	0,4	1,9	4,2	13,3	5,3
16	29,2	0,1	0,4	1,9	4,2	29,9	13,6
17	27,5	0,3	0,6	1,9	4,2	40,7	22,2
18	28,3	0,3	0,6	1,9	4,2	40,7	21,9
19	27,7	0,3	0,6	1,9	4,2	41,5	21,9
20	26,7	0,3	0,6	1,9	4,2	26,6	14,5
21	25,5	0,1	0,4	1,9	4,2	26,6	14,5
22	24,3	0,1	0,4	1,9	4,2	38,9	18,2
23	23,2	0,3	0,6	1,9	4,2	27,7	8,8
Total		6,8	12,9	45,7	100,7	626,9	273,3

Πίνακας: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για τη γεωθερμική αντλία θερμότητας

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 33,9 °C / 20,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / -1,8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Windows and Skylight Solar Loads	725 m ²	88103	-	725 m ²	-	-
Wall Transmission	2308 m ²	10219	-	2308 m ²	16937	-
Roof Transmission	4873 m ²	6646	-	4873 m ²	23691	-
Window Transmission	725 m ²	16046	-	725 m ²	40693	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	14 m ²	187	-	14 m ²	474	-
Floor Transmission	2756 m ²	0	-	2756 m ²	8093	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	33297 W	23511	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0W	19943	-	0	0	-
People	692	49423	35375	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Mischellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0,00%	0	0

>>Total Zone Loads	-	214078	35375	-	89887	0
Zone Conditioning	-	205979	35375	-	90317	0
Plenum Wall Load	0,00%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	70,00%	15508	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	30,00%	12196	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	698 L/s	593	-	3491 L/s	-1099	-
Ventilation Load	698 L/s	-13431	-5861	3491 L/s	72008	0
Ventilation Fan Load	698 L/s	337	-	3491 L/s	-1348	-
Space Fan Coil Fans	-	1904	-	-	-1904	-
Duct Heat Gain / Loss	0,00%	0	-	0,00%	0	-
>>Total System Loads	-	223086	29515	-	157975	0
Cooling Coil	-	16533	0	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	70146	-
Terminal Unit Cooling	-	206553	29583	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	87829	-
>>Total Conditioning	-	223086	29583	-	157975	0
Key:	Positive values are clg loads		Positive values are htg loads			
	Negative values are htg loads		Negative values are clg loads			

5.3 Σχεδιαστική Ανάλυση - VRV

Το επόμενο σύστημα που θα μελετήσουμε είναι το σύστημα VRV . Όπως και στη γεωθερμική αντλία θερμότητας για την προσομοίωση του κτιρίου έχει γίνει διαχωρισμός των χώρων του κτιρίου σε 10 ζώνες και έχει γίνει μελέτη για όλους τους μήνες του χρόνου ως προς την κατανάλωση ενέργειας αλλά και για 2 συγκεκριμένες μέρες ενδεικτικά για να μελετηθεί η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου . Σκοπός και σε αυτή τη προσομοίωση είναι να εξαχθούν αποτελέσματα για όλη την διάρκεια του έτους όσον αφορά τους μήνες αλλά επίσης να γίνει και προσομοίωση των φορτίων κατά την διάρκεια κάποιων ημερών. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες μέρες που έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη. Οι πίνακες που παρουσιάζονται παρακάτω παρουσιάζουν την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κατά την διάρκεια του έτους ,τα φορτία που καταναλώνει το σύστημα κατα τη διάρκεια των δύο ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω , πίνακες για κάθε ζώνη του συστήματος για το μέγεθος των δεδομένων της τερματικής μονάδας καθώς επίσης και συνολικά φορτία ψύξης και θέρμανσης για τη γεωθερμική αντλία .

Πίνακας: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας VRV - Ψύξη

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB/WB (°C)	Coil Leaving DB/WB (°C)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s.m ²)
Zone 1	21,3	6,5	40,5/35,0	14,4/14,4	Jul 1600	0,15
Zone 2	23,5	8,5	43,7/34,4	14,4/14,4	Jul 1600	0,17
Zone 3	17,4	12,8	50,8/27,6	14,4/12,7	Aug 1600	0,67
Zone 4	5,6	4,4	26,1/19	14,4/13,8	Sep 1700	2,76
Zone 5	7,4	5,4	31,4/21,5	14,4/13,6	Aug 1800	1,26
Zone 6	6,5	4,2	33,9/23,3	14,4/13,6	Jun 2100	0,84
Zone 7	13,2	8	54/31,1	14,4/13,1	Jul 1600	0,34
Zone 8	9,2	6,2	39,5/25	14,4/13,3	Jun 2100	0,73
Zone 9	7,1	4,9	35,2/23,3	14,4/13,5	Aug 1600	0,92
Zone 10	4,1	3,3	25,5/18,7	14,4/13,8	Aug 1700	3,18

Πίνακας: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας VRV - Θέρμανση

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)
Zone 1	5,8	11,9/35	209	0,03	0,02
Zone 2	6,4	13/35	242	0,03	0,02

Zone 3	6,5	16,5/35	291	0,04	0,03
Zone 4	3,1	17,9/26	316	0,04	0,03
Zone 5	4,2	18/31,2	262	0,03	0,03
Zone 6	3,7	17,8/34,8	181	0,02	0,02
Zone 7	4,1	14,9/35	168	0,02	0,02
Zone 8	4,9	15,2/35	205	0,03	0,02
Zone 9	4,2	17,3/35	196	0,03	0,02
Zone 10	2,4	19/26,9	249	0,03	0,03

Πίνακας: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων συστήματος VRV

Month	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clq Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Terminal Heating Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Htg Input (kWh)	Terminal Aux. Htg. Load (kWh)
January	0	0	0	353	353	125	0
February	0	0	0	129	129	48	0
March	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0
May	79052	79005	13371	0	0	0	0
June	80406	799925	15394	0	0	0	0
July	85763	84450	17702	0	0	0	0
August	85398	84362	17342	0	0	0	0
September	76533	76526	13306	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	11	11	4	0
December	0	0	0	199	199	69	0
Total	407152	404269	77114	692	692	246	0

Πίνακας: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων συστήματος VRV

Month	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	0	23	23	122	22355	11505
February	0	21	21	110	20211	10433
March	0	23	23	122	22402	11606
April	0	31	31	167	20101	10517
May	0	11	11	173	20841	11020
June	0	10	10	167	20161	10647
July	0	11	11	173	20781	10889
August	0	11	11	173	20841	11020
September	0	10	10	167	20148	10618
October	0	32	32	173	22340	11505
November	0	23	23	118	21672	11215
December	0	23	23	122	22342	11476
Total	0	230	230	1787	254194	132451

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται παρακάτω είναι τα ίδια με τους παραπάνω πίνακες αλλά για την διάρκεια της 1ης Ιανουαρίου και της 1ης Ιουλίου . Δηλαδή παρουσιάζεται η προσομοίωση καταναλώσεων των διαφόρων τερματικών στοιχείων, του εξαερισμού , του φωτισμού καθώς επίσης και του ηλεκτρικού εξοπλισμού αλλά αντί για όλους τους μήνες του έτους για την διάρκεια δυο πολύ ενεργοβόρων ημερών του έτους με μεγάλες απαιτήσεις για σε φορτία .

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης τερματικών μονάδων VRV την 1η Ιανουαρίου

Hour	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Terminal Heating Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Htg Input (kWh)
0	11,6	0	0	0	0,5	0,5	0,1
1	11,2	0	0	0	0,6	0,6	0,2
2	10,8	0	0	0	0,6	0,6	0,2
3	10,6	0	0	0	0,6	0,6	0,2

4	10,4	0	0	0	0,6	0,6	0,2
5	10,3	0	0	0	0,6	0,6	0,2
6	10,2	0	0	0	0,6	0,6	0,2
7	10,2	0	0	0	0,5	0,5	0,2
8	11,1	0	0	0	0,6	0,6	0,2
9	13,2	0	0	0	0,5	0,5	0,2
10	15,4	0	0	0	0	0	0
11	15	0	0	0	0	0	0
12	15,6	0	0	0	0	0	0
13	15,5	0	0	0	0	0	0
14	16,5	0	0	0	0,1	0,1	0
15	16,4	0	0	0	0,1	0,1	0
16	15,5	0	0	0	0,1	0,1	0
17	14,6	0	0	0	0	0	0
18	14	0	0	0	0	0	0
19	13,4	0	0	0	0	0	0
20	12,7	0	0	0	0	0	0
21	12,1	0	0	0	0	0	0
22	11,5	0	0	0	0	0	0
23	10,8	0	0	0	0,4	0,4	0,1
Total		0	0	0	6,2	6,2	1,9

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης τερματικών μονάδων VRV την 1η Ιανουαρίου

Hour	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kW)	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0	11,6	0	0	0	0	0,2	27,5	8,3
1	11,2	0	0	0	0	0,2	11,7	8,3
2	10,8	0	0	0	0	0,2	11,7	8,3
3	10,6	0	0	0	0	0,2	11,7	8,3
4	10,4	0	0	0	0	0,2	11,7	8,3
5	10,3	0	0	0	0	0,2	11,6	8,3
6	10,2	0	0	0	0	0,2	11,7	8,3

7	10,2	0	0	0	0	0,2	27,5	8,3
8	11,1	0	0	0,1	0,1	0,2	37	17,4
9	13,2	0	0	0,1	0,1	0,2	37	17,4
10	15,4	0	0	0	0	0	38,8	18,2
11	15	0	0	0	0	0	24	18,2
12	15,6	0	0	0	0	0	26,6	21,9
13	15,5	0	0	0	0	0	26,6	21,9
14	16,5	0	0	0,1	0,1	0,2	26,6	21,9
15	16,4	0	0	0,1	0,1	0,2	30,7	13,3
16	15,5	0	0	0,1	0,1	0,2	32,4	13,3
17	14,6	0	0	0	0	0,2	43,1	21,9
18	14	0	0	0	0	0,2	43,1	21,9
19	13,4	0	0	0	0	0	41,8	21,9
20	12,7	0	0	0	0	0	41,8	21,9
21	12,1	0	0	0	0	0	41,8	21,9
22	11,5	0	0	0	0	0,2	39,2	18,2
23	10,8	0	0	0,1	0,1	0,2	27,9	8,8
Total		0	0	0,8	0,8	3,9	683,4	366,8

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης τερματικών μονάδων την 1η Ιουλίου

Hour	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Terminal Heating Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Htg Input (kWh)
0	23,7	111,2	111,2	19,7	0	0	0
1	23	110,5	110,5	18,9	0	0	0
2	22,2	109,7	109,7	18,5	0	0	0
3	21,8	109	109	18,3	0	0	0
4	21,3	108,5	108,5	18	0	0	0
5	21	107,7	107,7	17,8	0	0	0
6	21,2	107,6	107,6	17,8	0	0	0
7	22,7	108,9	108,9	18,4	0	0	0
8	24,6	112	112	20,7	0	0	0
9	26,5	113,4	113,4	22,6	0	0	0
10	28,4	117,5	115,3	24,8	0	0	0

11	30	115,2	115,3	26,1	0	0	0
12	30,1	116,8	115,2	26,2	0	0	0
13	30,2	118,7	115,3	26,3	0	0	0
14	30,3	118,6	115,3	26,3	0	0	0
15	30,1	118,8	115,3	26,2	0	0	0
16	29,2	118,8	115,3	25,5	0	0	0
17	27,5	118,8	115,3	24,1	0	0	0
18	28,3	118,8	115,3	24,7	0	0	0
19	27,7	118,6	115,3	24,3	0	0	0
20	26,7	117,5	115,3	23,5	0	0	0
21	25,5	118,1	115,3	22,5	0	0	0
22	24,3	117,3	115,3	21,5	0	0	0
23	23,2	112,8	112,8	19,8	0	0	0
Total		2743	2710	532,4	0	0	0

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης εξαερισμού-φωτισμού την 1η Ιουλίου

Hour	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kW)	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0	23,7	0	0	0	0	0,2	27,5	8,3
1	23	0	0	0	0	0,2	27,5	8,3
2	22,2	0	0	0	0	0,2	11,7	0,4
3	21,8	0	0	0	0	0,2	11,7	0,4
4	21,3	0	0	0	0	0,2	11,7	0,4
5	21	0	0	0	0	0,2	11,7	0,4
6	21,2	0	0	0	0	0,2	11,7	0,4
7	22,7	0	0	0	0	0,2	25,3	0,4
8	24,6	0	0	0	0	0,2	39,8	24,6
9	26,5	0	0	0	0	0,2	39,8	24,6
10	28,4	0	0	0	0	0,2	41,7	25,5
11	30	0	0	0	0	0,2	25,1	17,2
12	30,1	0	0	0	0	0,2	27,7	20,9
13	30,2	0	0	0	0	0,2	27,7	20,9

14	30,3	0	0	0	0	0,2	27,7	20,9
15	30,1	0	0	0	0	0,2	17	12,3
16	29,2	0	0	0	0	0,2	33,6	20,6
17	27,5	0	0	0	0	0,2	44,3	29,2
18	28,3	0	0	0	0	0,2	40,9	21,9
19	27,7	0	0	0	0	0,2	41,8	21,9
20	26,7	0	0	0	0	0,2	26,8	14,5
21	25,5	0	0	0	0	0,2	26,8	14,5
22	24,3	0	0	0	0	0,2	39,2	18,2
23	23,2	0	0	0	0	0,2	27,9	8,8
Total		0	0	0,3	0,3	5,6	666,7	343,3

Τέλος ,γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης του συστήματος με βάση τα αποτελέσματα του λογισμικού .

Πίνακας : Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα VRV

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 33,9 °C / 20,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / -1,8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Windows and Skylight Solar Loads	727 m ²	95519	-	727 m ²	-	-
Wall Transmission	2316 m ²	10265	-	2316 m ²	17853	-
Roof Transmission	4891 m ²	5815	-	4891 m ²	25615	-
Window Transmission	727 m ²	17962	-	727 m ²	43614	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	18 m ²	254	-	18 m ²	617	-
Floor Transmission	2771 m ²	0	-	2771 m ²	9129	-

Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	33554 W	21430	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	20562 W	20496	-	0	0	-
People	692	60452	52304	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Mischellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0,00%	0	0
>>Total Zone Loads	-	232193	52304	-	96828	0
Zone Conditioning	-	63126	52304	-	39182	0
Plenum Wall Load	0,00%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	70,00%	13569	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	30,00%	10066	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	60 L/s	6	-	299 L/s	-68	-
Ventilation Load	60 L/s	-1510	-1209	299 L/s	6397	0
Ventilation Fan Load	60 L/s	6	-	299 L/s	-68	-
Space Fan Coil Fans	-	232	-	-	-232	-
Duct Heat Gain / Loss	0,00%	0	-	0,00%	0	-
>>Total System Loads	-	85495	51095	-	45211	0
Terminal Unit Cooling	-	63145	51109	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	45215	-
>>Total Conditioning	-	63145	51109	-	45215	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

5.4 Σχεδιαστική ανάλυση – Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας

Για το τελευταίο σύστημα που μελετήθηκε, το οποίο είναι η Αερόψυκτη αντλία θερμότητας, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης όπως και στα προηγούμενα σύστημα για τους ίδιους πίνακες.

Πίνακας: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΑΑΘ - Ψύξη

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB/WB (°C)	Coil Leaving DB/WB (°C)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s.m ²)
Zone 1	70,8	60,2	25,8/19,6	16,5/15,9	Jul 1600	3,8
Zone 2	83,5	72,7	25,7/19,4	16,4/15,8	Jul 1600	4,53
Zone 3	46,9	45,3	27,7/19,1	15,6/14,8	Aug 1700	7,09
Zone 4	6,5	5,2	24,9/19,3	16,1/15,6	Sep 1400	3,86
Zone 5	11,3	9,9	26,4/19,2	15,8/15,1	Jul 1700	3,99
Zone 6	10,3	7,9	24,8/19,1	15,5/15,0	Jun 1200	3,28
Zone 7	51,6	48,4	26,6/18,9	15,5/14,8	Aug 1500	7,25
Zone 8	19,2	16,1	24,7/18,7	15,5/14,9	Jul 1800	5,16
Zone 9	12,2	10,8	26,3/19,4	16,1/15,4	Aug 1400	4,11
Zone 10	4,5	3,8	25,3/19,2	16/15,5	Aug 1400	4,38

Πίνακας: Μέγεθος δεδομένων τερματικής μονάδας ΑΑΘ - Θέρμανση

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)
Zone 1	44,9	18,7/25,7	5375	1,63	1,63
Zone 2	44,3	19/24,7	6461	1,96	1,96
Zone 3	32,7	14,5/23,3	3107	0,94	0,94

Zone 4	2,2	20,9/24,6	493	0,15	0,15
Zone 5	6,4	17,2/24,1	773	0,23	0,23
Zone 6	3,5	21/25,1	710	0,22	0,22
Zone 7	24,6	17,3/23	3594	1,09	1,09
Zone 8	6,8	21,2/25	1454	0,44	0,44
Zone 9	7,1	17,7/24,5	879	0,27	0,27
Zone 10	2,2	19,8/25,2	343	0,1	0,1

Πίνακας: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων αερόψυκτης αντλίας θερμότητας

Month	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clq Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)
January	0	0	0	14414	419	342	2933
February	0	0	0	9373	379	308	2649
March	0	0	0	2653	419	342	2933
April	0	0	0	826	573	467	4007
May	121266	120451	26579	0	592	482	4141
June	151320	150427	36061	0	573	467	4007
July	179637	177835	44639	0	592	482	4141
August	176280	175147	43261	0	592	482	4141
September	118545	118529	26864	0	573	467	4007
October	0	0	0	480	592	482	4141
November	0	0	0	2540	406	331	2838
December	0	0	0	11558	419	342	2933
Total	747047	742390	177404	41845	6127	4992	42871

Πίνακας: Ετήσια προσομοίωση αποτελεσμάτων αερόψυκτης αντλίας θερμότητας

Month	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	22324	11505
February	20183	10433
March	22371	11606
April	20071	10517
May	20810	11020
June	20131	10647
July	20750	10889
August	20810	11020
September	20118	10618
October	22309	11505
November	21641	11215
December	22310	11476
Total	253827	132451

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 1η Ιανουαρίου

Hour	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)
0	11,6	0	0	0	7,5	0,8	0,6
1	11,2	0	0	0	13,4	0,8	0,6
2	10,8	0	0	0	14,7	0,8	0,6
3	10,6	0	0	0	15,5	0,8	0,6
4	10,4	0	0	0	16,7	0,8	0,6
5	10,3	0	0	0	17,5	0,8	0,6
6	10,2	0	0	0	18,1	0,8	0,6
7	10,2	0	0	0	15,2	0,8	0,6
8	11,1	0	0	0	11,1	0,8	0,6
9	13,2	0	0	0	5,9	0,8	0,6
10	15,4	0	0	0	0	0	0

11	15	0	0	0	0	0	0
12	15,6	0	0	0	0	0	0
13	15,5	0	0	0	0	0	0
14	16,5	0	0	0	1,8	0,8	0,6
15	16,4	0	0	0	2	0,8	0,6
16	15,5	0	0	0	4,3	0,8	0,6
17	14,6	0	0	0	5	0,8	0,6
18	14	0	0	0	5,4	0,8	0,6
19	13,4	0	0	0	0	0	0
20	12,7	0	0	0	0	0	0
21	12,1	0	0	0	0	0	0
22	11,5	0	0	0	7,4	0,8	0,6
23	10,8	0	0	0	9,9	0,8	0,6
Total		0	0	0	171,3	13,5	11

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 1η Ιανουαρίου

Month	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0	11,6	5,6	27,5	8,3
1	11,2	5,6	11,7	0,4
2	10,8	5,6	11,7	0,4
3	10,6	5,6	11,7	0,4
4	10,4	5,6	11,7	0,4
5	10,3	5,6	11,5	0,3
6	10,2	5,6	11,7	0,4
7	10,2	5,6	27,5	8,3
8	11,1	5,6	36,9	17,4
9	13,2	5,6	36,9	17,4
10	15,4	0	38,8	18,2
11	15	0	24	10,8
12	15,6	0	26,6	14,5
13	15,5	0	26,6	14,5
14	16,5	5,6	26,6	14,5
15	16,4	5,6	30,6	13,3

16	15,5	5,6	32,3	13,3
17	14,6	5,6	43	21,9
18	14	5,6	43	21,9
19	13,4	0	41,7	21,9
20	12,7	0	41,7	21,9
21	12,1	0	41,7	21,9
22	11,5	5,6	39,1	18,2
23	10,8	5,6	27,9	8,8
Total		94,6	682,4	289,9

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 1η Ιουλίου

Hour	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Terminal Heating Coil Load (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)
0	23,7	187,6	187,6	42,4	0	0,8	0,6
1	23	177,7	177,7	39,6	0	0,8	0,6
2	22,2	160,3	160,3	35,3	0	0,8	0,6
3	21,8	148,6	148,6	32,5	0	0,8	0,6
4	21,3	144,4	144,4	31,3	0	0,8	0,6
5	21	133,8	133,8	29	0	0,8	0,6
6	21,2	131,9	131,9	28,7	0	0,8	0,6
7	21,7	165,6	165,6	36,9	0	0,8	0,6
8	24,6	195,5	195,5	45,1	0	0,8	0,6
9	26,5	215,4	215,4	51,7	0	0,8	0,6
10	28,4	230,6	230,6	57,7	0	0,8	0,6
11	30	236,5	236,5	61,3	0	0,8	0,6
12	30,1	243	243	63,2	0	0,8	0,6
13	30,2	274,9	274,9	70,2	0	0,8	0,6
14	30,3	307,2	296,6	74,6	0	0,8	0,6
15	30,1	321,5	300,6	74,9	0	0,8	0,6
16	29,2	322,2	304,1	74	0	0,8	0,6
17	27,5	312,3	301,8	70,5	0	0,8	0,6
18	28,3	311,3	300,2	71,5	0	0,8	0,6
19	27,7	303,3	298,1	70,1	0	0,8	0,6

20	26,7	275,9	275,9	63,6	0	0,8	0,6
21	25,5	259,9	259,9	58,7	0	0,8	0,6
22	24,3	240,2	240,2	53,3	0	0,8	0,6
23	23,2	217,6	217,6	47,7	0	0,8	0,6
Total		5517,1	5440,7	1283,7	0	19,1	15,6

Πίνακας: Προσομοίωση ωριαίας κατανάλωσης ΑΑΘ την 1η Ιουλίου

Month	Dry-bulb Temp (°C)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0	23,7	5,6	27,5	8,3
1	23	5,6	27,5	8,3
2	22,2	5,6	11,7	0,4
3	21,8	5,6	11,7	0,4
4	21,3	5,6	11,7	0,4
5	21	5,6	11,7	0,4
6	21,2	5,6	11,7	0,4
7	21,7	5,6	25,3	8,3
8	24,6	5,6	39,8	24,6
9	26,5	5,6	39,8	24,6
10	28,4	5,6	41,6	25,5
11	30	5,6	25	17,2
12	30,1	5,6	27,6	20,9
13	30,2	5,6	27,6	20,9
14	30,3	5,6	27,6	20,9
15	30,1	5,6	16,9	12,3
16	29,2	5,6	33,5	20,6
17	27,5	5,6	44,2	29,2
18	28,3	5,6	40,9	21,9
19	27,7	5,6	41,7	21,9
20	26,7	5,6	26,8	14,5
21	25,5	5,6	26,8	14,5
22	24,3	5,6	39,1	18,2
23	23,2	5,6	27,9	8,8
Total		133,6	665,7	343,3

Πίνακας : Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα ΑΑΘ

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 33,9 °C / 20,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / -1,8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Windows and Skylight Solar Loads	727 m ²	92976	-	727 m ²	-	-
Wall Transmission	2316 m ²	10459	-	2316 m ²	17840	-
Roof Transmission	4887 m ²	6490	-	4887 m ²	25595	-
Window Transmission	727 m ²	17200	-	727 m ²	43618	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	18 m ²	216	-	18 m ²	549	-
Floor Transmission	2770 m ²	0	-	2770 m ²	9127	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	44228 W	25661	-	0 W	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0 W	0	-
Electric Equipment	0W	26473	-	0W	0	-
People	692	60452	52304	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Mischellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0,00%	0	0
>>Total Zone Loads	-	239927	52304	-	96728	0
Zone Conditioning	-	231534	52304	-	97134	0
Plenum Wall Load	0,00%	0	-	0	0	-

Plenum Roof Load	70,00%	15143	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	30,00%	13268	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	3499 L/s	648	-	3499 L/s	-648	-
Ventilation Load	3499 L/s	6301	-17326	3499 L/s	84569	0
Ventilation Fan Load	3499 L/s	795	-	3499 L/s	-795	-
Space Fan Coil Fans	-	5565	-	-	-5565	-
Duct Heat Gain / Loss	0,00%	0	-	0,00%	0	-
>>Total System Loads	-	273255	34978	-	174694	0
Terminal Unit Cooling	-	273256	34764	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	174702	-
>>Total Conditioning	-	273256	34764	-	174702	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

5.5 Κατανάλωση ενέργειας και ετήσια κόστη

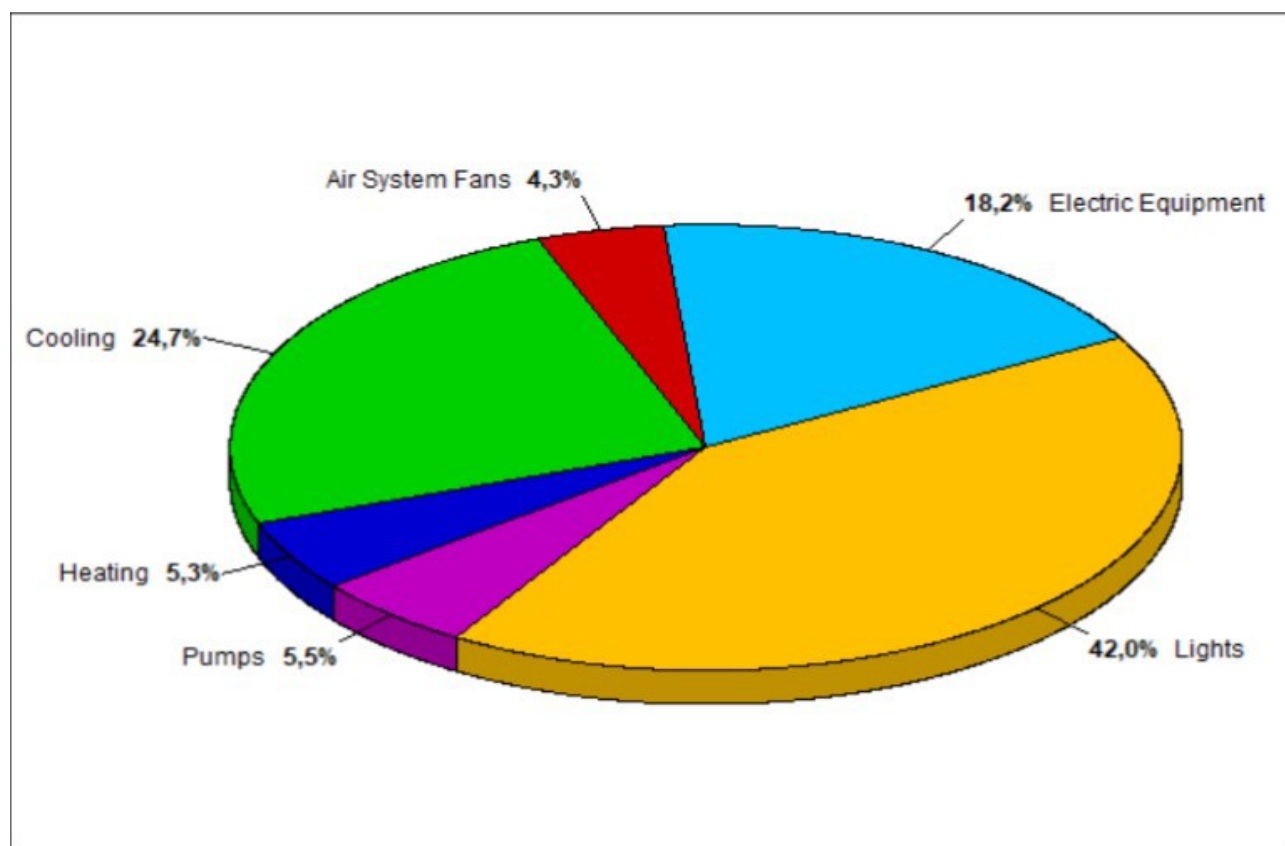
Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν τα κόστη που απαιτεί το κάθε ένα από τα τρία συστήματα που μελετήθηκε σε αυτή τη διπλωματική εργασία μέσα από τη μελέτη που έγινε στο λογισμικό . Θα δωθούν τα ποσά που πρέπει να δαπανηθούν για τον κλιματισμό και τον αερισμό του κτιρίου καθώς επίσης και των υπόλοιπων μερών του συστήματος όπως ο φωτισμός και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός . Έτσι στο τέλος όταν θα έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά όλα τα κόστη του κτιρίου για κάθε ένα από τα τρία συστήματα καταλήγουμε σε συμπέρασμα σχετικά με το πιο σύστημα μας παρέχει τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο στο μικρότερο κόστος .

5.5.1 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλα τα κόστη κατανάλωσης ενέργειας για ένα έτος για όλα τα μέλη του συστήματος . Επίσης , παρουσιάζονται και τα ποσοστά που καταναλώνει κάθε μέρος του συστήματος ως προς την συνολική κατανάλωση αλλά και το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο .

Πίνακας: Ετήσια Κόστη ΓΑΘ

Component	Ground Water Heat Pump – Annual Cost (€)	(€/m²)	Percent of Total (%)
Air System Fans	2105	0,47	4,3
Cooling	11969	2,65	24,7
Heating	2547	0,56	5,3
Pumps	2657	0,59	5,5
Heat Rejection Fans	0	0	0
HVAC Sub-Total	19278	4,26	39,8
Lights	20316	4,49	42
Electric Equipment	8822	1,95	18,2
Misc. Electric	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0
Non HVAC Sub-Total	29139	6,44	60,2
Grand Total	48417	10,7	100

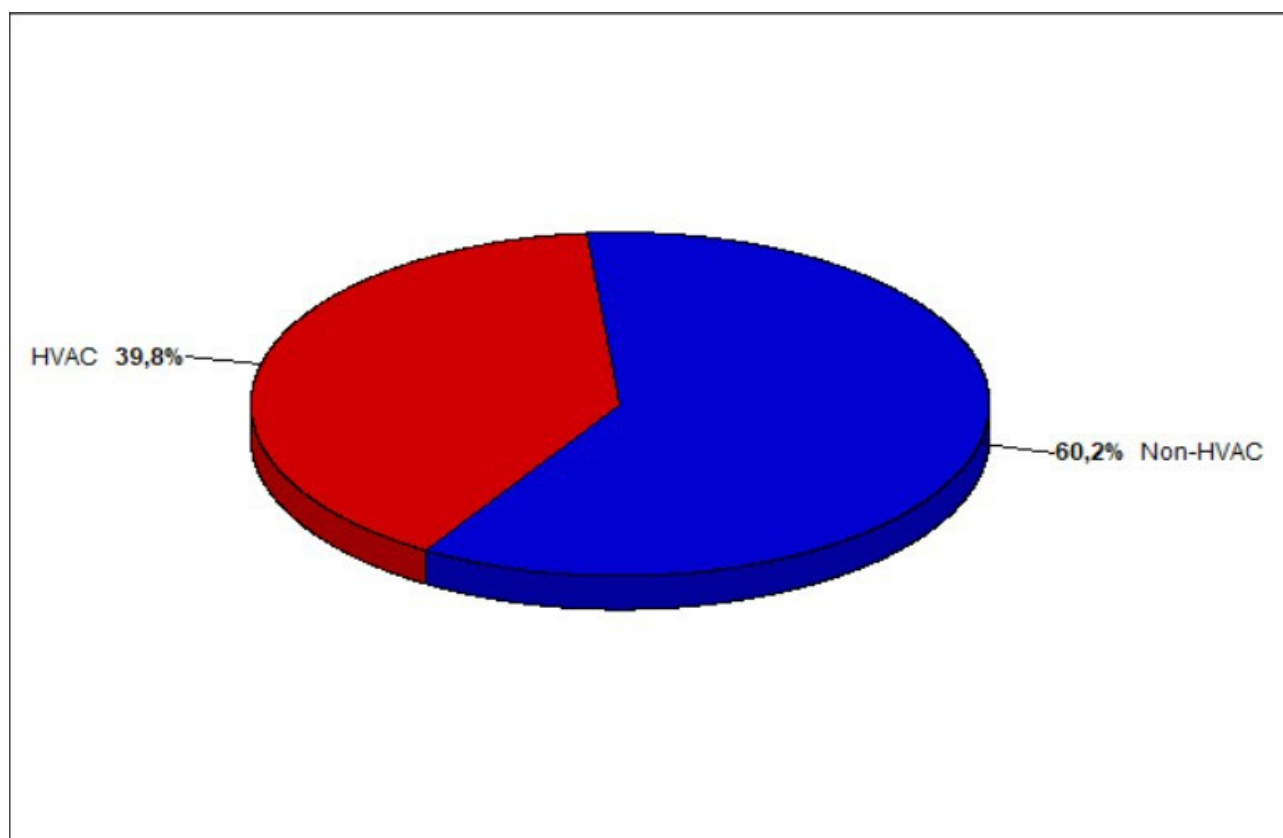


Σχήμα: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης ΓΑΘ

Ακόμη , παρουσιάζονται τα ποσοστά του παραπάνω πίνακα σε μορφή γραφήματος με το οποίο δίνεται μια λύτερη εικόνα σχετικά με τα μεγέθη των καταναλώσεων του κάθε επιμέρους κομματιού ως προς τη συνολική κατανάλωση. Με μία μικρή παρατήρηση των αποτελεσμάτων του λογισμικού παρατηρούμε οτι τα ποσοστά για ψύξη είναι μεγαλύτερα απο τα ποσοστά για την θέρμανση , που προκύπτει από το γεγονός οτι τα άτομα του κτιρίου σε συνδυασμό με το φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό παράγουν αρκετά θερμικά φορτία τα οποία βοηθούν στη θέρμανση των χώρων . Έτσι όπως παρουσιάζεται και στο γράφημα των καταναλώσεων κατά την διάρκεια του έτους, τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω των μεγαλύτερων φορτίων ψύξης θα έχουμε και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούμε επίσης ότι τα ποσοστά για φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό είναι επίσης πολύ μεγάλα. Επίσης παρατηρούμαι ότι απαιτείται και ένα σεβαστό ποσό ενέργειας για τους κυκλοφορητές που είναι απαραίτητο στοιχείου της γεωθερμίας πράγμα που σημαίνει ότι η συνολική κατανάλωση αυξάνεται ακόμα περισσότερο.

Πίνακας: Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού και άλλων φορτίων

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
HVAC	19278	4262	39,8
Non-HVAC	29139	6442	60,2
Grand Total	48417	10704	100



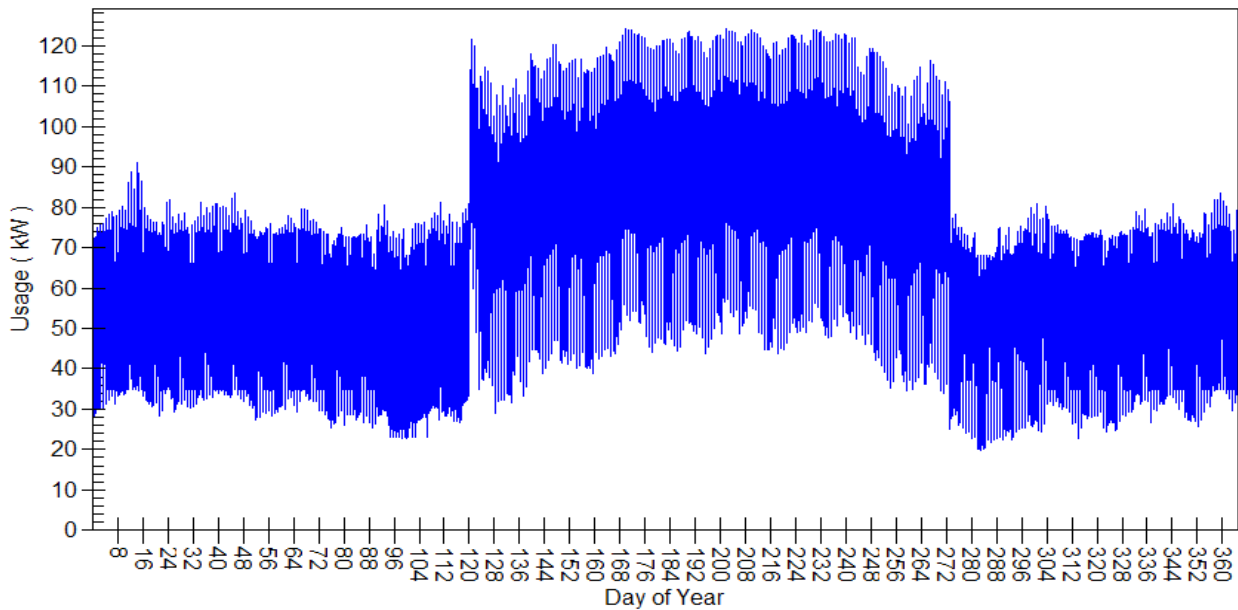
Σχήμα: Ποσοστά ετήσιας κατανάλωσης ΓΑΘ

Πίνακας: Συνολική κατανάλωση ΓΑΘ σε θέρμανση-ψύξη

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	207730	78,55
Heating Coil Loads	179075	67,72
Grand Total	386805	146,27

Πίνακας: Αναλυτική κατανάλωση κτιρίου

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	24657	5,45	88059	19,47
Cooling	140588	31,08	502101	111,01
Heating	29774	6,58	106336	23,51
Pumps	31133	6,88	111190	24,58
Heat Rejection Fans	0	0	0	0
HVAC Sub-Total	226152	50	807686	178,57
Lights	237957	52,61	849846	187,89
Electric Equipment	103334	22,85	369051	81,59
Misc. Electric	0	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0	0
Non-HVAC Sub-Total	341291	75,46	1218898	269,48
Grand Total	567443	125,45	2026584	448,05



Σχήμα : Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου

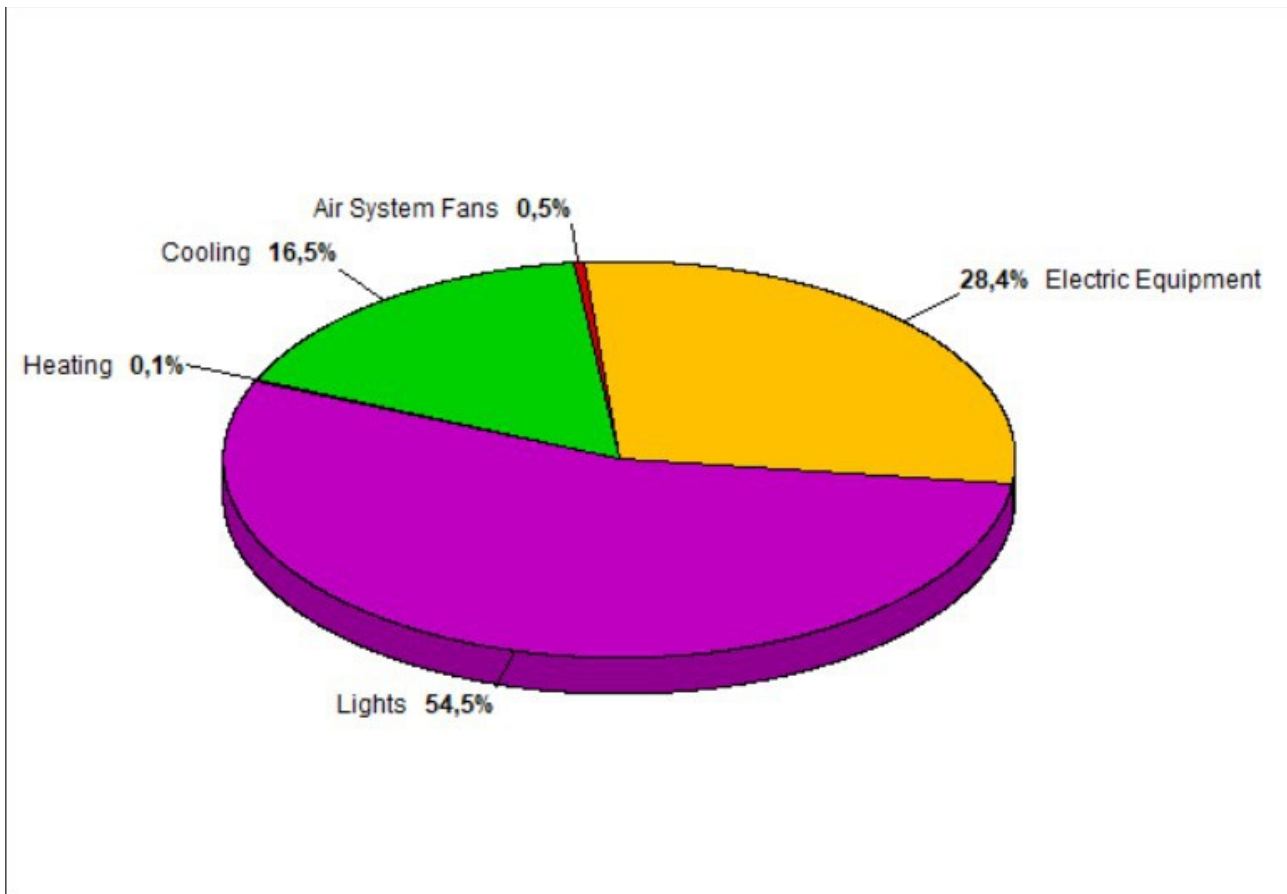
5.5.2 VRV

Όπως και την περίπτωση του συστήματος με γεωθερμική αντλία θερμότητας έτσι και στο VRV παρουσιάζεται πίνακας με τα ετήσια κόστη κατανάλωσης ενέργειας για όλα τα μέρη του συστήματος, καθώς επίσης και το ποσοστό που καταναλώνει κάθε ένα από αυτά τα μέρη ως προς την συνολική κατανάλωση.

Πίνακας: Ετήσια Κόστη VRV

Component	Ground Water Heat Pump – Annual Cost (€)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
Air System Fans	192	0,04	0,5
Cooling	6588	1,35	16,5
Heating	21	0,1	0,1
Pumps	0	0	0
Heat Rejection Fans	0	0	0
HVAC Sub-Total	6801	1,39	17
Lights	21760	4,45	54,5
Electric Equipment	11338	2,32	28,4
Misc. Electric	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0
Non HVAC Sub-Total	33098	6,77	83
Grand Total	39899	8,16	100

Στην συνέχεια γίνεται χρήση γραφήματος όπου οπτικοποιείται το ποσό που καταναλώνει κάθε μέρος του συστήματος.

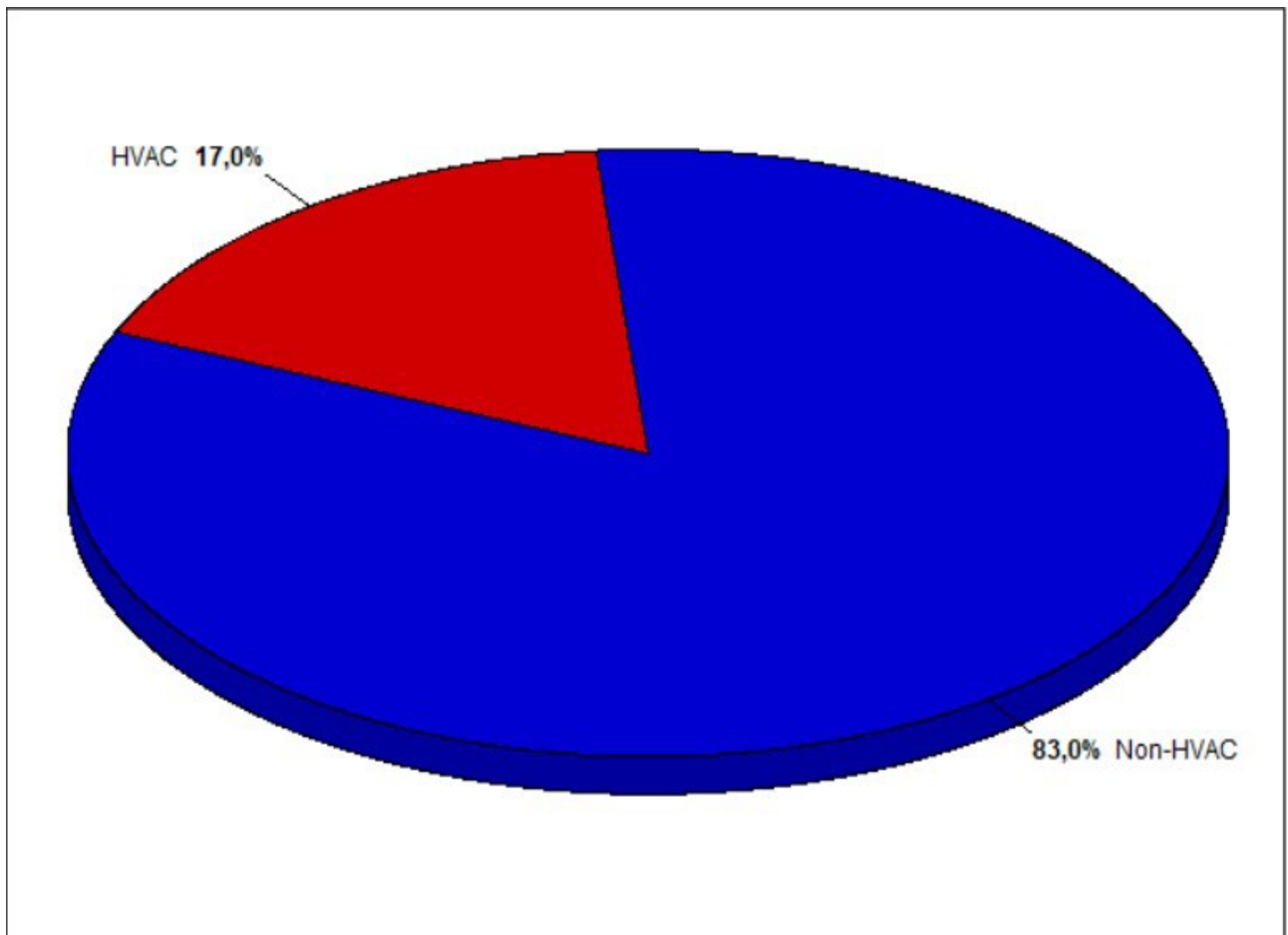


Σχήμα: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης VRV

Ήδη με μία πρώτη σύγκριση μπορεί κάποιος να καταλάβει ότι το σύστημα VRV έχει μικρότερες καταναλώσεις από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας. Το πιο σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας για τον κλιματισμό τον παίζουν οι εναλλάκτες ενέργειας στο VRV οι οποίοι αναμιγνύουν ένα ποσοστό του ήδη κλιματισμένου αέρα που είναι αν εξαχθεί από τον χώρο με νωπό αέρα που εισέρχεται στον χώρο. Έτσι ο αέρας που εισέρχεται στο χώρο που θέλουμε να κλιματίσουμε δεν έχει τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος αλλά μια θερμοκρασία ήδη κλιματισμένου αέρα αρκετά κοντά στη θερμοκρασία που θέλουμε να φτάσουμε. Αυτό σημαίνει ότι συγκεκριμένα στην θέρμανση για την οποία σε κάθε χώρο υπάρχει ένας σεβαστός αριθμός ατόμων καθώς επίσης και μεγάλα φορτία θέρμανσης από τον φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό δεν απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για να θερμανθεί ο χώρος. Αντίθετα, στην γεωθερμική αντλία θερμότητας θα πρέπει να θερμάνει όλο τον εισερχόμενο νωπό αέρα. Συνεπώς όπως βλέπουμε και στους πίνακες αλλά και στο γράφημα απαιτούνται πολύ μεγαλύτερα ποσά ενέργειας σε σχέση με το VRF στο κομμάτι της θέρμανσης.

Πίνακας: Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού και άλλων φορτίων

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m²)	Percent of Total (%)
HVAC	6801	1,39	17
Non-HVAC	33098	6,77	83
Grand Total	39899	8,16	100



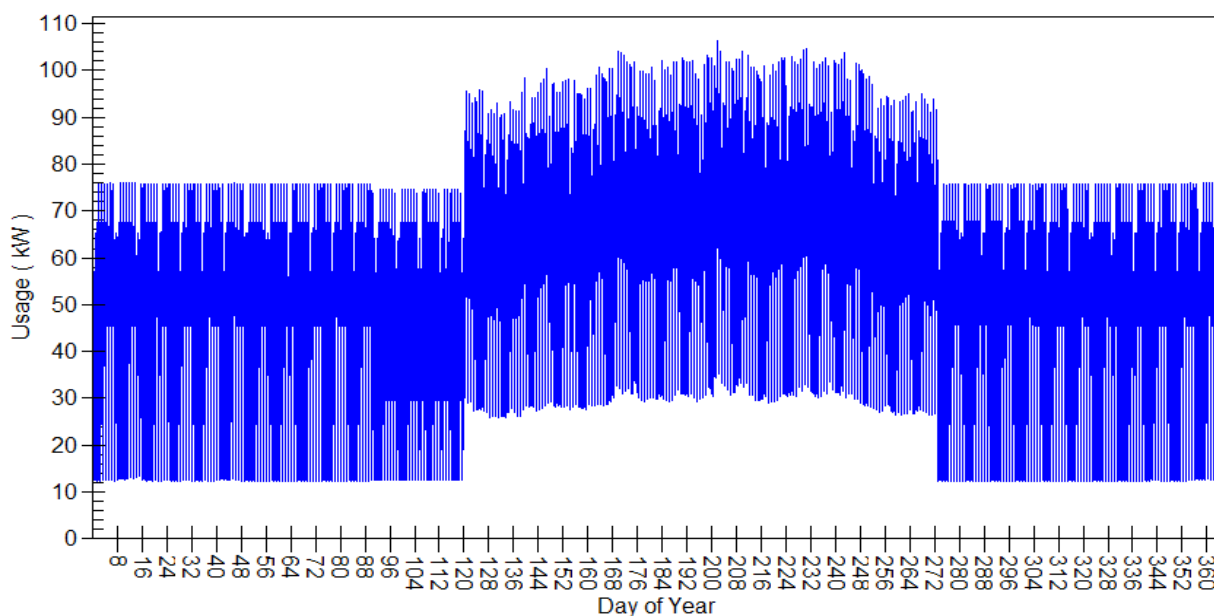
Σχήμα: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης VRV

Πίνακας: Συνολική κατανάλωση VRV σε θέρμανση-ψύξη

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	407152	83,25
Heating Coil Loads	692	0,14
Grand Total	407844	83,4

Πίνακας: Αναλυτική κατανάλωση κτιρίου

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	2247	0,46	8024	1,64
Cooling	77111	15,77	275397	56,31
Heating	246	0,05	878	0,18
Pumps	0	0	0	0
Heat Rejection Fans	0	0	0	0
HVAC Sub-Total	79604	16,28	284300	58,13
Lights	254184	51,98	907798	185,63
Electric Equipment	132445	27,08	473018	96,72
Misc. Electric	0	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0	0
Non-HVAC Sub-Total	386629	79,06	1380817	282,35
Grand Total	466232	95,34	1665116	340,48



Σχήμα : Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου

5.5.3 Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας

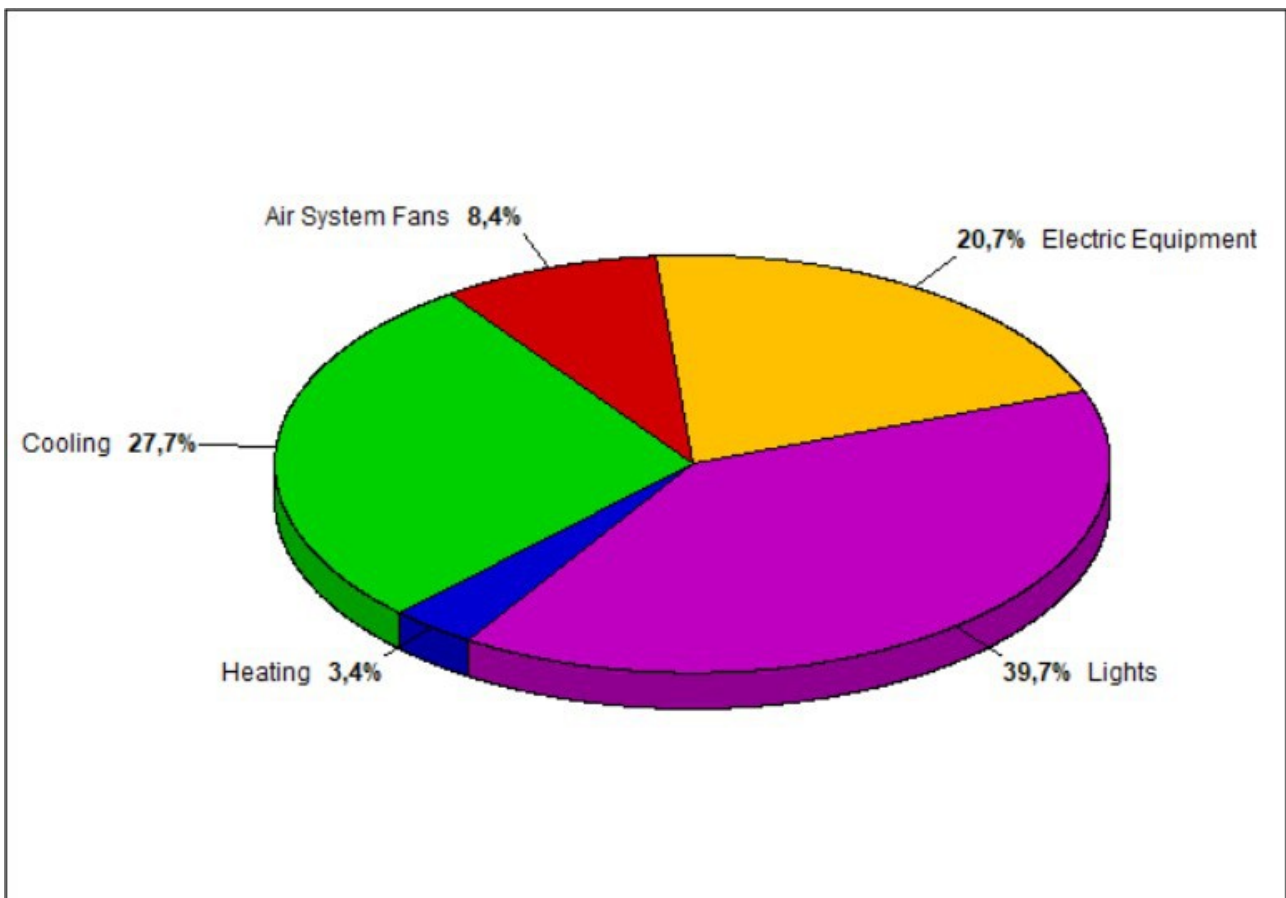
Όπως και στις παραπάνω περιπτώσεις έτσι και στο σύστημα με αερόψυκτη αντλία θερμότητας παρουσιάζεται πίνακας με τα ετήσια κόστη κατανάλωσης ενέργειας από όλα τα μέρη του συστήματος, καθώς επίσης και το ποσοστό που καταναλώνει κάθε ένα από αυτά τα μέρη ως προς την συνολική κατανάλωση.

Πίνακας: Ετήσια Κόστη ΑΑΘ

Component	Ground Water Heat Pump – Annual Cost (€)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
Air System Fans	4617	0,95	8,4
Cooling	15155	3,1	27,7
Heating	1844	0,38	3,4
Pumps	0	0	0
Heat Rejection Fans	0	0	0
HVAC Sub-Total	21616	4,42	39,6
Lights	21710	4,44	39,7
Electric Equipment	11329	2,32	20,7
Misc. Electric	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0
Non HVAC Sub-Total	33039	6,76	60,5
Grand Total	54655	11,19	100

Επίσης ,παρουσιάζονται και εδώ γραφήματα για την ετήσια κατανάλωση ενέργειας του συστήματος καθώς και το ποσοστό που καταναλώνει κάθε μέρος του συστήματος .

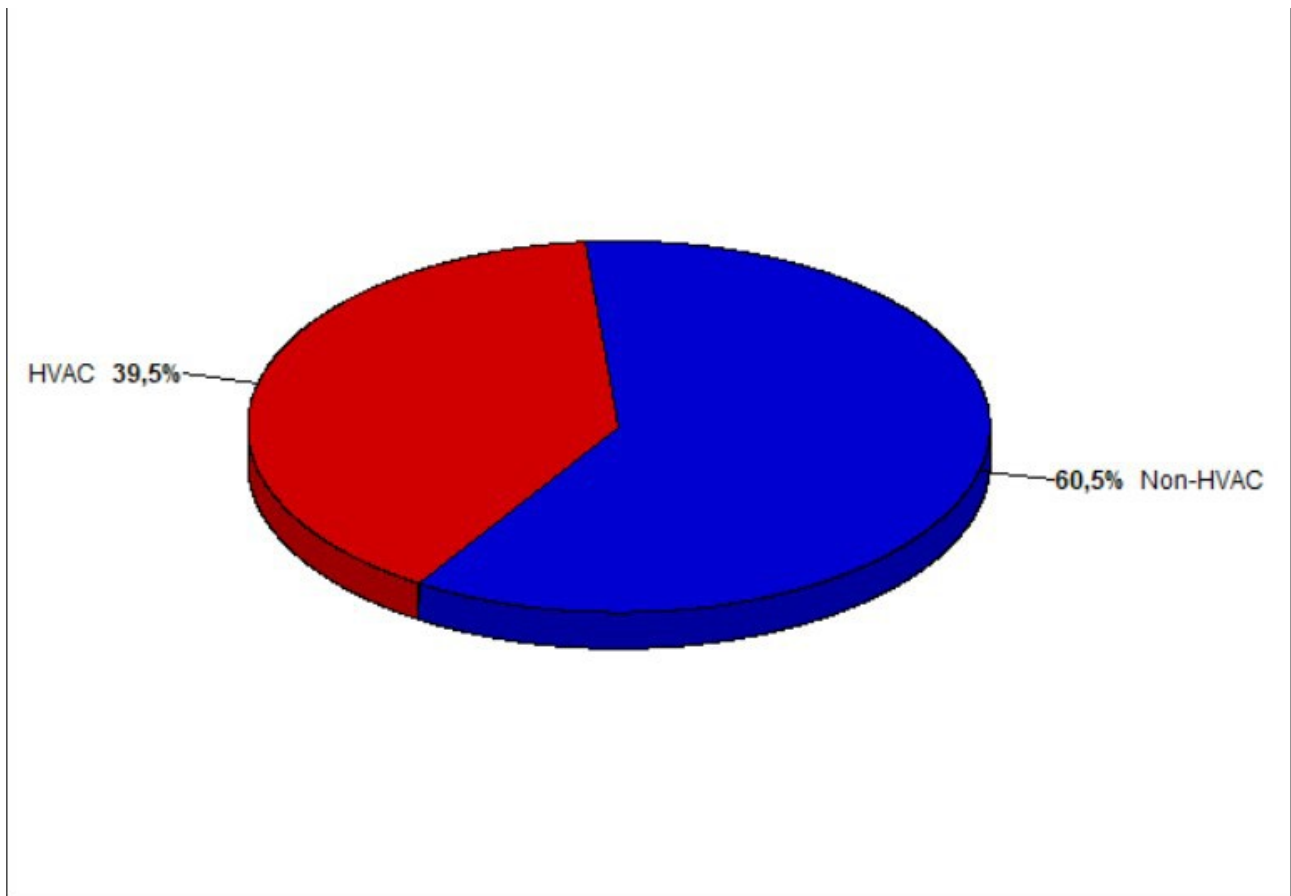
Αν παρατηρήσουμε τα αποτελέσματα που μας δίνουν οι πίνακες και τα γραφήματα για την αερόψυκτη αντλία θερμότητας ,βλέπουμε ότι όπως και στα δύο παραπάνω συστήματα η ψύξη απαιτεί παραπάνω ενέργεια απο την θέρμανση λόγω των παραμέτρων που αναφέραμε για τον φωτισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισό . Αυτό το παρατηρούμε και απο το ετήσιο γράφημα που βλέπουμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει μεγαλύτερη ζήτηση σε ενέργεια από ότι τους χειμερινούς μήνες .



Σχήμα: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης ΑΑΘ

Πίνακας: Ετήσια κατανάλωση κλιματισμού και άλλων φορτίων

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m²)	Percent of Total (%)
HVAC	21616	4,42	39,5
Non-HVAC	33039	6,76	60,5
Grand Total	54655	11,19	100



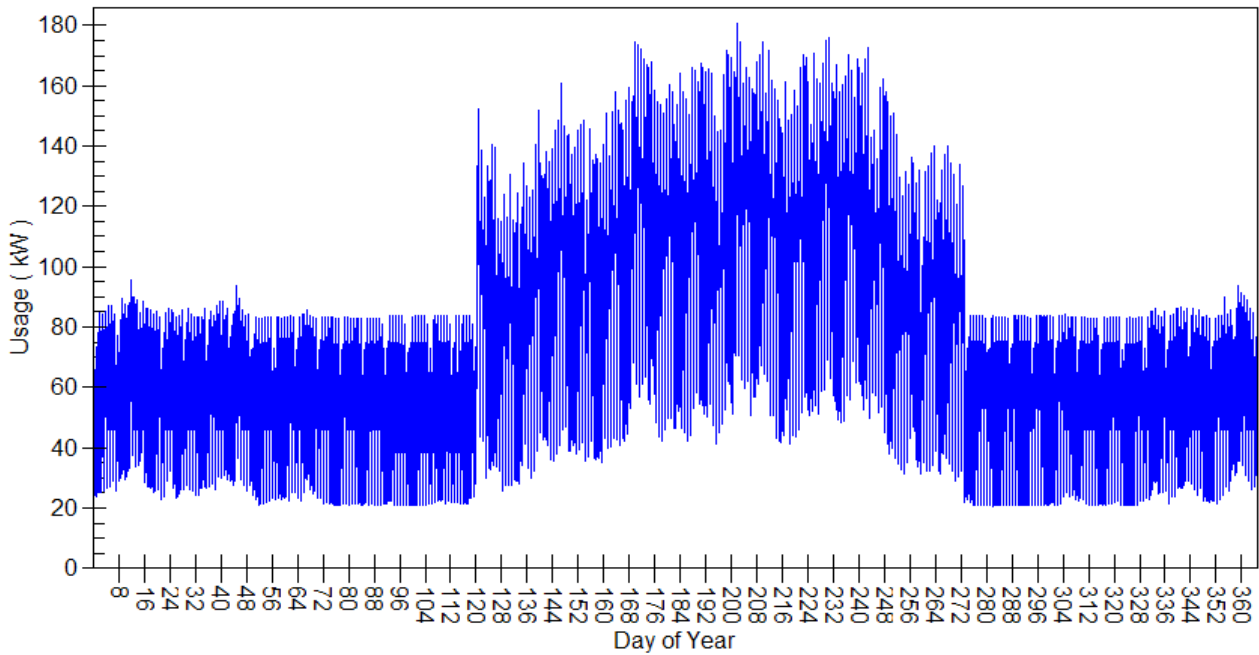
Σχήμα: Ποσοστά Ετήσιας Κατανάλωσης ΑΑΘ

Πίνακας: Συνολική κατανάλωση ΑΑΘ σε θέρμανση-ψύξη

Component	Load (kWh)	(kWh/m²)
Cooling Coil Loads	747047	152,88
Heating Coil Loads	41845	8,56
Grand Total	788892	161,44

Πίνακας: Αναλυτική κατανάλωση κτιρίου

Component	Site Energy (kWh)	Site Energy (kWh/m²)	Source Energy (kWh)	Source Energy (kWh/m²)
Air System Fans	53987	11,05	192810	39,46
Cooling	177396	36,3	633558	129,65
Heating	21548	4,41	76957	15,48
Pumps	0	0	0	0
Heat Rejection Fans	0	0	0	0
HVAC Sub-Total	252931	51,76	903326	184,86
Lights	253817	51,94	906489	185,51
Electric Equipment	132445	27,1	473018	96,8
Misc. Electric	0	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0	0
Non-HVAC Sub-Total	386262	79,05	1379507	282,3
Grand Total	639193	130,81	2282833	467,16



Σχήμα : Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου

5.6 Σύγκριση κόστους κλιματισμού των συστημάτων

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες βλέπουμε πως τα ετήσια κόστη καταναλώσεων των 3 συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας: 48417 €
- VRV: 39899 €
- Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας: 54655 €

Συνεπώς το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζεται στο σύστημα κλιματισμού VRV σε σχέση με τα άλλα 2 συστήματα και μάλιστα με σημαντική διαφορά. Επομένως το σύστημα VRV είναι το προτιμότερο και πιο αποδοτικό σύστημα για την ξενοδοχειακή εγκατάσταση που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Συμπεράσματα

Αφού αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια εκτενώς τα 3 συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιήθηκαν, το λογισμικό HAP, η ξενοδοχειακή εγκατάσταση και η τεχνοοικονομική μελέτη, μπορούμε να εξάγουμε με ασφάλεια κάποια συμπεράσματα.

Στόχος της μελέτης που πραγματοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική εργασία ήταν η εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με το ποιο σύστημα είναι προτιμότερο να επιλεγεί για τη συγκεκριμένη κτιριακή εγκατάσταση, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές της ανάγκες με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Από την ενεργειακή ανάλυση που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο προέκυψε ότι από τα 3 συστήματα κλιματισμού και συγκρίνοντας τα ετήσια κόστη τους, το φθηνότερο είναι το σύστημα VRV με ετήσιο κόστος 39899 €. Ακολουθεί η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας με 48417 € και τελευταία η Αερόψυκτη Αντλία Θερμότητας με ετήσιο κόστος 54655 €.

Αν συμπεριλάβουμε τα κόστη εγκατάστασης των 3 συστημάτων, τότε αυτό που απαιτεί τις περισσότερες δαπάνες είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας εξαιτίας των γεωτρήσεων που απαιτούνται και του λοιπού εξοπλισμού και ακολουθεί η αερόψυκτη αντλία θερμότητας μιας και γενικά οι αντλίες θερμότητας απαιτούν μεγαλύτερο αρχικό κόστος από ένα συμβατικό σύστημα. Οπότε το VRV είναι προτιμότερο όσον αφορά και το κόστος εγκατάστασης, πράγμα που σημαίνει ότι τα άλλα 2 συστήματα θα χρειαστούν ένα χρονικό διάστημα ώστε να κάνουν απόσβεση στη διαφορά κόστους.

Επομένως, το σύστημα το οποίο αποδίδει καλύτερα στην ξενοδοχειακή μας εγκατάσταση, με αισθητά μικρότερο ετήσιο κόστος κατανάλωσης συγκριτικά με τα άλλα 2 αλλά και μικρότερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, είναι το σύστημα VRV.

Το πιο σημαντικό κομμάτι της συγκεκριμένης μελέτης το οποίο είναι και ο κυριότερος λόγος που το σύστημα VRV έχει την μεγαλύτερη απόδοση από τα υπόλοιπα συστήματα είναι το κέρδος που δίνουν τα θερμικά φορτία και οι εναλλάκτες αέρα στον κλιματισμό του κτιρίου και μειώνουν σε μεγάλο βαθμό τις καταναλώσεις. Το κτίριο που πραγματοποιήθηκε η μελέτη είναι μία ξενοδοχειακή μονάδα και αυτό σημαίνει ότι βρίσκεται σε συνεχή χρήση. Τα άτομα που χρησιμοποιούν τους χώρους, η συνεχή χρήση φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού σε κάθε χώρο έχουν σαν αποτέλεσμα να παράγονται μεγάλα θερμικά φορτία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τους χειμερινούς μήνες σε συνδυασμό με τη χρήση εναλλακτών να μειώνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση στο σύστημα κλιματισμού με VRV. Συνεπώς η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, κυρίως για θέρμανση, σε συνδυασμό με την απουσία κυκλοφορητών νερού οι οποίοι είναι απαραίτητα στο σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία, κάνουν το VRV σύστημα με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και πολύ πιο αποδοτικό στην συγκεκριμένη περίπτωση.

6.2 Προτάσεις

Αρχικά στην παρούσα διπλωματική διατριβή μελετήθηκε η δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου εξετάζοντας τρία διαφορετικά συστήματα κλιματισμού.

Μία πρόταση που θα μπορούσε να γίνει είναι μια παρόμοια μελέτη στο ίδιο κτίριο χρησιμοποιώντας όμως διαφορετικά συστήματα κλιματισμού έτσι ώστε να γίνει σύγκριση με το σύστημα VRV που αποδείχτηκε το πιο αποδοτικό σε αυτή τη διπλωματική εργασία .

Επίσης , μία άλλη πρόταση είναι να γίνουν συνδυασμοί συστημάτων ώστε να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση ενεργειακά .Ακόμη , θα μπορούσε να γίνει χρήση και άλλων πηγών ενέργειας όπως το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο αφού το λογισμικό δίνει αυτή τη δυνατότητα αφού στη συγκεκριμένη διπλωματική έγινε χρήση μόνο του ηλεκτρικού ρεύματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συγγράματα

1. Βραχόπουλος,Μ, Κούκου Μ., Καρύτσα , Κανονική Γεωθερμία ,Αρχή Σχεδιασμου Γεωθερμικών Συστημάτων και Εφαρμογών ,Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράματα και Βοηθήματα, ,2015
2. Βραχόπουλος,Μ, 'Ψυκτικές διατάξεις', ΙΩΝ, 2000
3. Μαχιάς Α., Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις , Ζαμπάρα, 2002
4. Σελούντος Β.Η., Θέρμανση-Κλιματισμός, Μελέτη, Κατασκευή, Εγκαταστάσεις, Υλικά, Δίκτυα, Εξοπλισμός , Γ' Έκδοση,ΤεΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ-4Μ, 2002
5. Σταυρόπουλος Α., Το Ενεργειακό Πρόβλημα. Το Παρόν και το Μέλλον, Καραμπερόπουλος, 1980
6. Ιωαννίδης Δ., Γεωργακάκης Μ., Θερμάνσεις, Ίδρυμα Ευγενίδου, 2006
7. ASHRAE, Handbook of Fundamentals, American Society of Heating,Refrigeration and Air-conditioning EnginE.E.R.s,2010
8. Banks,D. An introduction to thermogeology-ground source heating and cooling 2nd edition 2012, Wiley-Blackwell
9. Cengel Y, Μεταφορά Θερμότητας, Μια πρακτική Προσέγγιση, Τζιόλα ,2005
10. Cengel Y,Boles M., Θερμοδυναμική για Μηχανικούς Γ' Έκδοση, Τζιόλα ,Θεσσαλονίκη ,1998
11. McQuinston F.C., J.D. Parker, J.D. Splitter, Heating, Ventilation, Air conditioning: Analysis and Design, 4th edition, Willey, 1994
12. Ochsner K. Geothermal Heat Pumps A guide for planning and installing, Earthscan, 2008
13. Twidell,J and Weir.T ,Renewable Energy Resources,2nd Edition ,Taylor & Francis,2006
14. Anonymous, National ruler electric cooperative association Oklahoma State University I.G.S.H.P.A, Closed Loop / Ground Source Heat Pump Systems ,2004
15. Geothermal Energy Technology: Issues, R&d Needs, and Cooperative Arrangements

Επιστημονικά άρθρα-Δημοσιεύσεις

- 1.Γαγλία Α.Γ., Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων– Κτίριο Αναφοράς, Προσυνεδριακή Εκδήλωση «Εξοικονόμηση & Διαχείριση Ενέργειας στα Κτίρια», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας & Περιφερειακό Τμήμα Νομού Κέρκυρας του ΤΕΕ. Κέρκυρα, Ιούλιος,2009
2. Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο, *Συνθ κη της Λειτουργιας της Ευρωπαϊκ ς Ένωσης*. Λισαβόνα: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010
3. Καρύτσας Κ. και Δ.Μενδρινός, «Αξιοποίηση της Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση». Παρουσιάστηκε στο 10ο διεθνές συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Απρίλιος 2004
- 4.Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό , Α' επιθεώρηση κτιρίων τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Α' έκδοση, 2011
5. Κατσιμίχας Σ., Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Ετήσια απόδοση συστημάτων θέρμανσης με

Λέβητες και Αντλίες Θερμότητας ,Ημερίδα ΠΣΔΜ-Η, Αθήνα 2013

6. Κ.ΕΝ.Α.Κ. *Κανονισμο ς Ενεργειακ ς Απ δοσης Κτιρι ων* . Τ.Ε.Ε., 2008

7. Μητσάκης Ε. , Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Αντλίες θερμότητας αέρα – νερού, Σεμινάριο Θερμογκάζ, Αθήνα, 2012

8. Πασπαλάς, Κ. , Καυστήρες- Λέβητες , Σύλλογος Μηχανολόγων – Ηλεκτρολόγων Β. Ελλάδος ΤΕΕ-ΤΚΜ, Θεσσαλονίκη, 2001

9. Σανταμούρης Μ., Εξοικονόμηση ενέργειας στο κτιριακό τομέα στην Ελλάδα, ΚΑΠΕ-ΕΚΠΑ, Αθήνα, http://www.iene.gr/energydevelopment2011/articlefiles/6session_partA/sadamouris.pdf

10. Karagiorgas.M, Mendrinou.D, Karytsas.C, Solar and Geothermal Heating and Cooling of the European Centre for Public Law Building in Greece, Renewable Energy Journal, Vol29, No4, pp461-470, April 2004, <http://www.bonair.gr/data/241.pdf>

11. Mendrinou.D, Karagiorgas.M, Karytsas.C, Use of Geothermal Heat Pumps for Heating of Buildings in Greece, presented in the OPET – Low Temperatures Systems in Existing/ Historical Buildings Workshop, Maastricht,Netherlands,March2002, <http://www.lowex.net/guidebook/additionalinformation/lowexx/3lowexx paper gr.pdf>

12. Sanner.B, Current status of ground-source Heat pumps in Europe,Paper fromconference“Futurestock2003“, Warsaw,Poland,<http://www.buildingphysics.com/Futurestock%201.pdf>

13. Shapiro.C, Puttagundas S. and Owens D., Measure guideline :Heat Pump Water Heaters in New and Existing Homes,U.S Department of Energy ,2012

14. Spitler J.D., Liu.X ,SIMULATION AND OPTIMIZATION OF GROUND SOURCE HEAT PUMP SYSTEMS, Oklahoma State University, <http://www.cres.gr/kape/pdf/geotherm/14.pdf>

15. Western Environmental Services Corporation, Design considerations for commercial air-to-water heat pumps, 2013, <http://www.wescorhvac.com/Aermec%20AWHP%20White%20paper%20Final%208-30-13.pdf>

16.Μέθοδος υπολογισμού συντελεστών θερμοπερατότητας και αποτελεσματικής θερμοχωρητικότητας ΓΙΑΝΝΗΣ ΘΩΜΑΛειτουργός ΕνέργειαςΥπηρεσία Ενέργειας , Υπουργείο Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού.

[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/0/5CD5AD9C18E8A18AC22575AD002CC9BF/\\$file/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3_%20%CF%83%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%80%CE%B5%CF%81%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BF%CF%87_2015.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/0/5CD5AD9C18E8A18AC22575AD002CC9BF/$file/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3_%20%CF%83%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%80%CE%B5%CF%81%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BF%CF%87_2015.pdf)

17. Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων Κωνσταντίνος ΠαπακώσταςΜηχανολόγων μηχανικών <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%823.pdf>

18.[Difference Between VRV and VRF Air Conditioning Systems.](#)

19.VRV/VRF Variable refrigerant volume (or flow) technology <https://ior.org.uk/app/images/pdf/VRV%20VRF%20achpi6%20FINAL.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Πίνακες της μεθόδου CLTD/CLF της ASHRAE

Εξωτερικές Οροφές

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

ΟΡΟΦΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΒΑΡΟΣ kg/m ²	W/m ² ·°C	Η Λ Ι Α Κ Η Ο Ρ Α																	ΟΡΑΜΕ-ΓΕΙΟΥ
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
Χ Ω Ρ Ϊ Σ Ψ Ξ Υ Δ Ο Ρ Ο Φ Η																					
1	Φύλλο γάλαβα 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	35	39	41	41	39	35	29	21	15	16	
3	100 mm κλαστρού 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	35	36	35	32	27	20	14	16	
6	150 mm κλαστρού 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 κλαστρού 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 συστήματος ταράτσας	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 (0.60)	10	9	8	8	8	9	10	12	15	17	20	22	24	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 Ξ Υ Δ Ο Ρ Ο Φ Η																					
1	Φύλλο γάλαβα με 25 mm (ή 50 mm) μόνωση	44 (49)	0.76 (0.52)	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	15	
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 κλαστρού 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 κλαστρού 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 κλαστρού 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 συστήματος ταράτσας	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	18	19	20	21	

Εικ.: Διόρθωση LM της διαφοράς θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου CLTD ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα υπολογισμού

ΒΟΡΕΙΟ ΓΕΩ-ΓΡ. ΠΛΑΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	Β	ΒΑ/ΒΔ	Α-Δ	ΝΑ/ΝΔ	Ν	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ
32°	ΔΕΚ	-2,7	-5,5	-4,4	1,1	6,6	-9,4
	ΙΑΝ-ΝΟΕ	-2,7	-5,0	-4,4	1,1	6,6	-8,3
	ΦΕΒ-ΟΚΤ	-2,2	-3,8	-2,2	2,2	6,1	-5,5
	ΜΑΡ-ΣΕΠ	-1,6	-2,2	-1,1	1,6	3,8	-2,7
	ΑΠΡ-ΑΥΓ	-1,1	-0,5	0,0	0,0	0,5	-0,5
	ΜΑΙ-ΙΟΥΛ	0,5	0,5	0,0	0,5	-1,6	0,5
	ΙΟΥΝ	0,5	1,0	0,0	-1,1	-2,2	1,1
40°	ΔΕΚ	-3,3	-5,5	-5,5	0,0	5,5	-11,6
	ΙΑΝ-ΝΟΕ	-2,7	-5,5	-5,0	0,5	6,1	-10,5
	ΦΕΒ-ΟΚΤ	-2,7	-4,4	-3,3	1,6	6,6	-7,7
	ΜΑΡ-ΣΕΠ	-2,2	-2,7	-1,6	2,2	5,5	-4,4
	ΑΠΡ-ΑΥΓ	-1,1	-1,1	0,0	1,1	2,2	1,6
	ΜΑΙ-ΙΟΥΛ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
	ΙΟΥΝ	0,5	0,5	0,5	0,0	-0,5	1,1

Εξωτερικοί Τοίχοι

Εικ.: Κατηγορίες κατασκευής εξωτερικών τοίχων-στοιχεία κατασκευής, μάζα και συντελεστής θερμοπερατότητας

ΟΜΑΔΑ	ΚΥΡΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΜΑΖΑ kg/m ²	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ
				W/m ² °C
C	ΤΟΥΒΛΟ	Κενό αέρα και τούβλο όψιας 100 mm	405	2,03
D		Κοινό τούβλο 100 mm	440	2,36
C	ΟΦΕΩΣ	25 mm μόνωση + κενό αέρα + 100 mm τούβλο κοινό	440	1,0 - 1,7
B		50 mm μόνωση + 100 mm κοινό τούβλο	430	0,63
B	+ΤΟΥΒΛΟ	200 mm κοινό τούβλο	635	1,70
A		50 mm μόνωση ή κενό αέρα + 200 mm κοινό τούβλο	635	0,87 - 1,38
C	100 mm ΤΟΥΒΛΟ ΟΦΕΩΣ + μιστόν	κενό αέρα + συμπαγές μιστόν 50 mm	459	2,00
B		50 mm μόνωση + 100 mm συμπαγές μιστόν	474	0,66
A		κενό αέρα ή μόνωση + 200 mm συμπαγές μιστόν	698 - 928	0,62 - 0,64
E	100 mm ΤΟΥΒΛΟ ΟΦΕΩΣ + ΣΥΜΠΑΓΕΣ ΜΠΕΤΟΝ	100 mm μιστόν (block)	303	1,81
D		κενό αέρα ή μόνωση + 100 mm μιστόν (block)	303	0,86 - 1,4
D		200 mm μιστόν (block)	342	1,56
C		κενό αέρα ή 25 mm μόνωση + 150 - 200 mm μιστόν (block)	356 - 434	1,25 - 1,56
B		50 mm μόνωση + 200 mm μιστόν (block)	434	0,55 - 0,61
D	100 mm ΤΟΥΒΛΟ ΟΦΕΩΣ + ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΕ ΑΡΓΙΛΟ	100 mm πλακάκι με άργιλο	347	2,16
D		κενό αέρα + 100 mm πλακ + αργ	347	1,60
C		μόνωση + 100 mm πλακ + αργ	347	0,96
C		200 mm πλακάκι με άργιλο	470	1,56
B		κενό αέρα ή 25 mm μόνωση + 200 mm πλ.	470	0,81 - 1,26
A		50 mm μόνωση + 200 mm πλακ + αργ	474	0,55

Εικ.: Κατηγορίες κατασκευής εξωτερικών τοίχων-στοιχεία κατασκευής, μάζα και συντελεστής θερμοπερατότητας (συνέχεια).

E	ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΤΟΙΧΟΣ (π.χ. μιστόν) ΜΕ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ π.χ. ΣΟΒΑΤΙΣΜΑ	100 mm μιστόν (συμπαγής)	308	3,32	
D		100 mm συμπαγής + 25 ή 50 mm μόνωση	308	0,68 - 1,14	
C		50 mm μόνωση + 100 mm συμπαγής	308	0,68	
C		200 mm συμπαγής (μιστόν)	532	2,78	
B		200 mm συμπαγής + 25 ή 50 mm μόν.	537	0,65 - 1,06	
A		50 mm μόνωση + 200 mm συμπαγής	537	0,65	
B		300 mm συμπαγής	762	2,39	
A		300 mm συμπαγής + μόνωση	762	0,64	
F		ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΤΟΙΧΟΣ ΕΛΛΗΦΡΥΣ ή ΒΑΡΥΣ + ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ	100 mm block + κενό αέρα / μόνωση	142	0,91 - 1,49
E			50 mm μόνωση + 100 mm block	142 - 181	0,60 - 0,65
E	200 mm block		229 - 249	1,67 - 2,28	
D	200 mm block + κενό αέρα / μόνωση		200 - 278	0,85 - 0,98	
F	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΕ ΑΡΓΙΛΟ + ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ (π.χ. ΣΟΒΑΣ)	100 mm πλακάκι	190	2,38	
F		100 mm πλακάκι + κενό αέρα	190	1,72	
E		100 mm πλακάκι + 25 mm μόνωση	190	0,99	
D		50 mm μόνωση + 100 mm πλακάκι	195	0,63	
D		200 mm πλακάκι	308	1,68	
C		200 mm πλακάκι + κενό αέρα / 25 mm μόνωση	308	0,86 - 1,31	
B		50 mm μόνωση + 200 mm πλακάκι	308	0,56	
G		ΤΟΙΧΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΠΑΡΑΠΕΤ.	Με / χωρίς κενό αέρα + 25 - 75 mm μόνωση	24 - 29	0,52 - 1,31
G	ΠΛΑΣΙΟ	22 mm - 75 mm μόνωση	78	0,46 - 1,01	

Εικ.: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου CLTDγια υπολογισμό ψυκτικού φορτίου σε ηλιαζόμενους τοίχους-1

	ΩΡΑ																									ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΝΙΣΜΟΣ																										
ΟΜΑΔΑ Α'	B	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	2	
	BA	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	22	
	A	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	22	
	NA	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	22	
	N	11	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11	23	
	NΔ	14	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	10	10	10	11	12	13	13	14	24	
	Δ	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	13	14	14	1	
	ΒΔ	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	1	
ΟΜΑΔΑ Β'	B	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	24	
	BA	11	10	10	9	9	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	11	21	
	A	13	13	12	11	10	10	9	8	8	9	9	10	12	13	13	14	14	15	15	15	15	14	14	20	
	NA	13	12	12	11	10	10	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	21	
	N	12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	12	12	23	
	NΔ	15	15	14	13	13	12	11	10	10	9	8	8	7	7	8	9	10	11	13	14	15	15	16	24	
	Δ	16	16	15	14	14	13	12	11	9	9	9	8	8	8	8	8	9	11	12	14	15	16	16	24	
	ΒΔ	13	12	12	11	11	10	9	9	8	7	7	7	6	6	7	7	8	8	9	11	12	13	13	24	

Εικ.: Διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου CLTDγια υπολογισμό ψυκτικού φορτίου σε ηλιαζόμενους τοίχους -2

ΟΜΑΔΑ C'	B	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	9	9	10	9	9	22	
	BA	10	10	9	8	7	6	6	6	6	7	8	10	10	11	12	12	12	13	13	13	13	12	12	11	20	
	A	13	12	11	10	9	8	7	7	8	9	11	13	14	15	16	16	17	17	16	16	16	15	14	13	18	
	NA	13	12	11	10	9	8	7	6	7	7	9	10	12	14	15	16	16	16	16	16	16	15	14	13	19	
	N	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	13	12	20	
	NΔ	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17	22	
	Δ	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	20	19	18	22	
	ΒΔ	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	6	7	9	10	12	14	15	15	15	22		
ΟΜΑΔΑ D'	B	8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	10	10	9	21	
	BA	9	8	7	6	5	5	4	4	6	8	10	11	12	13	13	13	14	14	14	13	13	12	11	10	19	
	A	11	10	8	7	6	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	18	17	17	16	15	13	12	16	
	NA	11	10	9	7	6	5	5	5	5	7	10	12	14	16	17	18	18	18	18	17	17	16	15	14	12	17
	N	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	15	14	13	12	19	
	NΔ	15	14	12	10	9	8	6	5	5	4	4	5	5	7	9	12	15	18	20	21	21	20	19	17	21	
	Δ	17	15	13	12	10	9	7	6	5	5	5	5	6	6	8	10	13	17	20	22	23	22	21	19	21	
	ΒΔ	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	15	17	18	17	16	15	22	
ΟΜΑΔΑ E'	B	7	6	5	4	3	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	12	12	11	10	9	8	20	
	BA	7	6	5	4	3	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	15	14	14	13	12	11	9	8	16	
	A	8	7	6	5	4	3	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	17	15	14	12	11	9	13	
	NA	8	7	6	5	4	3	3	4	7	10	14	17	19	20	20	20	19	18	17	16	14	13	11	10	15	
	N	8	7	6	5	4	3	2	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	16	14	13	11	10	17	
	NΔ	12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	25	24	22	19	17	14	19	
	Δ	14	12	10	8	6	5	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22	19	16	20	
	ΒΔ	11	9	8	6	5	4	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18	15	13	20	

Εξωτερικά παράθυρα

Εικ.: Ηλιακή ώρα-διαφορά θερμοκρασίας CLTD

Ηλιακή ώρα ώρα	CLTD	Ηλιακή ώρα ώρα	CLTD	Ηλιακή ώρα ώρα	CLTD	Ηλιακή ώρα ώρα	CLTD
1	1	7	-1	13	7	19	6
2	0	8	0	14	7	20	4
3	-1	9	1	15	8	21	3
4	-1	10	2	16	8	22	2
5	-1	11	4	17	7	23	2
6	-1	12	5	18	7	24	1

Εικ.: Συντελεστής σκίασης SC ανά τύπο υαλοπίνακα

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ SC
Διαφανής	1	2.4-4.8	1.00
Διαφανής	1	3.2	1.00
Διαφανής	1	5.6	1.00
Διαφανής	1	6	0.95
Απορροφητικός	1	2.4-4.8	0.73
Απορροφητικός	1	3.2	0.73
Απορροφητικός	1	5.6	0.73
Απορροφητικός	1	6	0.73
Ανακλαστικός	1	2.4-4.8	0.60
Ανακλαστικός	1	3.2	0.55
Ανακλαστικός	1	5.6	0.52
Ανακλαστικός	1	6	0.50
Διαφανής	2	2.4-4.8	0.88
Διαφανής	2	3.2	0.88
Διαφανής	2	5.6	0.85
Διαφανής	2	6	0.80
Απορροφητικός	2	2.4-4.8	0.60
Απορροφητικός	2	3.2	0.60
Απορροφητικός	2	5.6	0.60
Ανακλαστικός	2	2.4-4.8	0.52
Ανακλαστικός	2	3.2	0.48
Ανακλαστικός	2	5.6	0.44
Skylight επίπεδο, διαφανές	1	-	0.99
Skylight επίπεδο, ημιδιαφανές	1	-	0.34

Εικ.11: Συντελεστής SC ανά τύπο υαλοπίνακα

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

Εικ.: Μέγιστο θερμικό ηλιακό κέρδος SHGF σε [W/m²], για ηλιαζόμενα παράθυρα σε 36οΒόρειο γεωγραφικό πλάτος.

36° ΒΟΡΕΙΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ						
ΜΗΝΑΣ/ΠΡΟΣ.	Β (σκιασμένο)	ΒΑ/ΒΔ	Α/Δ	ΝΑ/ΝΔ	Ν	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ
Ιανουάριος	69	76	524	779	795	489
Φεβρουάριος	82	180	615	782	732	628
Μάρτιος	95	312	704	732	606	751
Απρίλιος	110	454	710	618	426	827
Μάιος	120	530	694	521	293	858
Ιούνιος	148	552	678	473	243	861
Ιούλιος	123	521	681	508	284	846
Αύγουστος	114	435	688	596	413	811
Σεπτέμβριος	98	300	663	704	590	726
Οκτώβριος	85	177	590	754	710	615
Νοέμβριος	69	76	514	767	782	486
Δεκέμβριος	63	63	476	760	801	429

Εικ.: Μέγιστο θερμικό ηλιακό κέρδος SHGF σε [W/m²], για ηλιαζόμενα παράθυρα σε 40οΒόρειο γεωγραφικό πλάτος.

40° ΒΟΡΕΙΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ						
ΜΗΝΑΣ/ΠΡΟΣ.	Β (σκιασμένο)	ΒΑ/ΒΔ	Α/Δ	ΝΑ/ΝΔ	Ν	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ
Ιανουάριος	63	63	486	760	801	420
Φεβρουάριος	76	158	587	776	760	568
Μάρτιος	91	293	688	745	650	704
Απρίλιος	107	441	707	640	486	795
Μάιος	117	521	694	552	357	836
Ιούνιος	151	543	681	508	300	842
Ιούλιος	120	514	681	536	344	827
Αύγουστος	110	426	681	618	470	779
Σεπτέμβριος	95	274	640	713	631	678
Οκτώβριος	79	154	568	751	738	558
Νοέμβριος	63	63	476	748	789	416
Δεκέμβριος	57	57	476	732	798	357

Εικ.: Συντελεστής θερμικού φορτίου CLF για παράθυρα (L= ελαφριά κατασκευή, M= μέση, H= βαριά)

A. (CLF) Για τζάμια χωρίς εσωτερ. σκίαση (βόρειο πλάτος) Γενικά

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
B(σκίαση)	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	0.44	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

Εικ.: Συντελεστής θερμικού φορτίου CLF για παράθυρα (L= ελαφριά κατασκευή, M= μέση, H= βαριά)

NNA	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.46	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
N	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
NNΔ	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.48	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
NΔ	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
ΔNΔ	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
Δ	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
ΔBΔ	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
	L	0.11	0.09	0.09	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
BΔ	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
BΒΔ	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
ΟΡΙΖ	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

Εικ.: Συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF για παράθυρα (με εσωτερική σκίαση)

Δ. (CLF) Για τζάμια με εσωτ. σκίαση για όλες τις κατασκ. χώρου

ΠΡΟΣΑΝΑ- ΤΟΝΙΣΜΟΣ	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
B	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
BBA	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
BA	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ABA	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
A	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ANA	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
NA	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NNA	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.21	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04
N	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.59	0.35	0.27	0.19	0.11	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05
NNA	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
NA	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
ANA	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.79	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
Δ	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.21	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07
ΔBA	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
BA	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.89	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
BBA	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
ΟΡΙΖ.	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

Εσωτερικά δομικά στοιχεία

Εικ.: Ποσοστό ημερησίας διακύμανσης θερμοκρασίας

ΠΟΣΟΣΤΟ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ							
ΩΡΑ	%	ΩΡΑ	%	ΩΡΑ	%	ΩΡΑ	%
1	87	7	93	13	11	19	34
2	92	8	84	14	3	20	47
3	96	9	71	15	0	21	58
4	99	10	56	16	3	22	68
5	100	11	39	17	10	23	76
6	98	12	23	18	21	24	82

Εσωτερικός Φωτισμός

Εικ.: Τιμές σχεδιασμού του συντελεστή 'α'

α	ΕΠΙΠΛΑ	ΑΕΡΑΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ - ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤ. ΣΩΜ.
0.45	Απλά βαρειά έπιπλα χωρίς τάπητα	Χαμηλής τάξης: προσαγωγή και επιστροφή κάτω από το ταβάνι ($V \leq 2,5 \text{ L/m}^2$)	Χωνευτό σε ψευδοροφή μη εξαερισόμενο
0.55	Κανονική επίπλωση χωρίς τάπητα	Μέσος έως μεγάλος αερισμός: προσαγωγή και επιστροφή κάτω από το ταβάνι ή δια μέσου στομιών οροφής ($V \geq 2,5 \text{ L/m}^2$)	Χωνευτό σε ψευδοροφή μη εξαερισόμενο
0.65	Κανονική επίπλωση με ή χωρίς τάπητα	Μέσος έως μεγάλος αερισμός ή F.C. ή μονάδα εξαερισμού επαγωγικού τύπου, εφοδιασμένος μέσω οροφής ή στόμια τοίχου με επιστροφή από τα ακίνητα φώτα και δια του χώρου του ταβανιού ($V \geq 2,5 \text{ L/m}^2$)	Εξαερισόμενο
0.75 & πάνω	Κάθε τύπος επίπλων	Επιστροφή με αεραγωγούς δια των ακινήτων φωτιστικών σωμάτων	Εξαερισόμενο ή ελεύθερα αναρτώμενο σε ρεύμα αέρος με αεραγωγούς επιστροφής

Εικ.: Τιμές σχεδιασμού του συντελεστή 'β'

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΚΑΛΥΜΜΕΝΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΔΑΠΕΔΟΥ - kg / m^2	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΕΡΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ & ΤΥΠΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ			
		ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΗ	ΥΨΗΛΗ	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ
50 mm ξύλο	(50 kg/m^2)	B	A	A	A
75 mm μπετόν	(200 kg/m^2)	B	B	B	A
150 mm μπετόν	(370 kg/m^2)	C	C	C	B
200 mm μπετόν	(590 kg/m^2)	D	D	C	C
300 mm μπετόν	(780 kg/m^2)	D	D	D	D

Εικ.: Συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF από φωτισμό
Α. ΓΙΑ 8 ΩΡΕΣ ΑΝΑΜΜΕΝΑ ΦΩΤΑ

ΣΥΝΤ. α	ΚΑΤΗΓ. β	ΩΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΑΝΑΜΜΑ ΤΩΝ ΦΩΤΩΝ																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0.45	A	0.02	0.46	0.57	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.46	0.37	0.30	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02
	B	0.07	0.51	0.56	0.61	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
	C	0.11	0.55	0.58	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12
	D	0.14	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
0.55	A	0.01	0.56	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.06	0.02	0.02
	B	0.06	0.60	0.64	0.68	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81	0.28	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
	C	0.09	0.63	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.75	0.76	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10
	D	0.11	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12
0.65	A	0.01	0.66	0.73	0.78	0.82	0.86	0.88	0.91	0.93	0.29	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
	B	0.04	0.69	0.72	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.85	0.22	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	C	0.07	0.72	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.82	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
	D	0.09	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.77	0.78	0.79	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
0.75	A	0.01	0.76	0.80	0.84	0.87	0.90	0.92	0.93	0.95	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	B	0.03	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
	C	0.05	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
	D	0.06	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

Εικ.: Συντελεστής ψυκτικού φορτίου CLF από φωτισμό

Β. ΓΙΑ 10 ΩΡΕΣ ΑΝΑΜΜΕΝΑ ΦΩΤΑ

ΣΥΝΤ. α	ΚΑΤΗΓ. β	ΩΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΑΝΑΜΜΑ ΤΩΝ ΦΩΤΩΝ																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0.45	A	0.03	0.47	0.58	0.66	0.73	0.78	0.82	0.86	0.88	0.91	0.93	0.49	0.39	0.32	0.26	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	B	0.10	0.54	0.59	0.63	0.66	0.70	0.73	0.76	0.78	0.80	0.82	0.39	0.23	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11
	C	0.15	0.59	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76	0.33	0.30	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
	D	0.18	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.70	0.71	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.19
0.55	A	0.02	0.57	0.65	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.91	0.92	0.94	0.40	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
	B	0.08	0.62	0.66	0.69	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
	C	0.12	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.81	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
	D	0.15	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15
0.65	A	0.02	0.66	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.31	0.25	0.20	0.16	0.13	0.11	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02
	B	0.06	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.89	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
	C	0.09	0.74	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	D	0.11	0.76	0.77	0.77	0.78	0.79	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12
0.75	A	0.01	0.76	0.81	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
	B	0.04	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	C	0.07	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.89	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
	D	0.08	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09

Άνθρωποι

Εικ.: Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη από ανθρώπους

ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ			
Βαθμός δραστηριότητας ατόμου	Τυπική εφαρμογή	Αισθητό φορτίο [W]	Λανθάνον φορτίο [W]
Καθιστό σε ηρεμία	Θέατρα, Κινηματογράφοι	60	40
Καθιστό, πολύ ελαφριά εργασία, γράψιμο	Ξενοδοχεία, κατοικίες, γραφεία	65	55
Καθιστό, τρώγοντας	Εστιάτορια	75	95
Καθιστό, ελαφριά εργασία, δακτυλογράφηση	Γραφεία, κατοικίες	75	75
Όρθιο, ελαφριά εργασία ή περπάτημα	Καταστήματα, τράπεζες	90	95
Ελαφριά εργασία σε εργοστάσιο	Εργοστάσια, βιοτεχνίες	100	130
Περπάτημα ή εργασία σε μηχάνημα	Εργοστάσια	100	205
Χορός	Χορευτικό κέντρο αίθουσες χορού	120	255
Βαριά εργασία, ανύψωση βαρών	Εργοστάσια	165	300
Άθληση	Γυμναστήρια	185	340

- Οι τιμές του πίνακα ισχύουν για εσωτερική θερμοκρασία 25.5°C

- Τα θερμικά κέρδη σε εστιάτορια περιλαμβάνουν 18 W από το φαγητό (9 W αισθητό και 9 W λανθάνον θερμικό κέρδος)

Εικ.: Συντελεστής αισθητού ψυκτικού φορτίου CLF για άτομα

Παραμονή στο χώρο (h)	ΩΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΣΤΟ ΧΩΡΟ																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Διάφορες Συσκευές

Εικ.: Συντελεστής αισθητού ψυκτικού φορτίου CLF για συσκευές (με χοάνη απαγωγής)

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙ- ΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΩΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.27	0.40	0.25	0.18	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.28	0.41	0.51	0.59	0.39	0.30	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
6	0.29	0.42	0.52	0.59	0.65	0.70	0.48	0.37	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
8	0.31	0.44	0.54	0.61	0.66	0.71	0.75	0.78	0.55	0.43	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06
10	0.33	0.46	0.55	0.62	0.68	0.72	0.76	0.79	0.81	0.84	0.60	0.48	0.39	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
12	0.36	0.49	0.58	0.64	0.69	0.74	0.77	0.80	0.82	0.85	0.87	0.88	0.64	0.51	0.42	0.36	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.15	0.13	0.12
14	0.40	0.52	0.61	0.67	0.72	0.76	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.67	0.54	0.45	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.16
16	0.45	0.57	0.65	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.69	0.56	0.46	0.39	0.34	0.29	0.25	0.22
18	0.52	0.63	0.70	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.71	0.58	0.48	0.41	0.35	0.30

Εικ.: Συντελεστής αισθητού ψυκτικού φορτίου CLF για συσκευές (χωρίς χοάνη απαγωγής) -ισχύει και για κινητήρες

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΩΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.56	0.64	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.57	0.65	0.71	0.75	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
6	0.57	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
8	0.58	0.66	0.72	0.76	0.80	0.82	0.85	0.87	0.33	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
10	0.60	0.68	0.73	0.77	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.36	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05
12	0.62	0.69	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.38	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07
14	0.64	0.71	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.40	0.32	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10
16	0.67	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.42	0.34	0.28	0.24	0.20	0.18	0.15	0.13
18	0.71	0.78	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.43	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18

Εικ.: Θερμικό κέρδος από διάφορες συσκευές

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ [W]	ΑΙΣΘΗΤΟ ΦΟΡΤΙΟ [W]	ΛΑΝΘΑΝΟΝ ΦΟΡΤΙΟ [W]
Καφετέρια (10 φλυτζάνια)	1500	1050	450
Φούρνος μικροκυμάτων, 28 L	600	400	-
Ψύκτης νερού, 30 L/h	700	350	-
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1000	500
Ηλεκτρική σκούπα	1200	1000	-
Οικιακό ψυγείο		200	-
Ραδιόφωνο		70	-
Στερεοφωνικό συγκρότημα		150	
Τηλεόραση		150	
DVD Player		15	
Ηλεκτρική κουζίνα (πλήρης λειτουργία)*		2700	500
Πλυντήριο πιάτων		1000	500
Πλυντήριο ρούχων		3200	500

* όταν υπάρχει απορροφητήρας [αισθητό φορτίο x 0.50] και [λανθάνον φορτίο = 0]

Εικ.: Θερμικό κέρδος από συσκευές γραφείου

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΝΕΧΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ [W]	1 Σελίδα/min [W]	E. SAFER MODE - IDLE [W]
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές (average value)	55	-	20
Ηλεκ. υπολογιστές (conservative value)	65	-	25
Ηλεκ. υπολογιστές (high conservative value)	75	-	30
Οθόνες (13 έως 15 in.)	55	-	0
Οθόνες (16 έως 18 in.)	70	-	0
Οθόνες (19 έως 20 in.)	80	-	0
Εκτυπωτές Laser (small desktop)	130	75	10
Εκτυπωτές Laser (desktop)	215	100	35
Εκτυπωτές Laser (small office)	320	160	70
Εκτυπωτές Laser (large office)	550	275	125
Φωτοτυπικό μηχάνημα (desktop)	400	85	20
Φωτοτυπικό μηχάνημα (office)	1100	400	300
Μηχανή fax	15	-	15

Εικ.: Θερμικό κέρδος από συσκευές σε διάφορους τύπους γραφείου

ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	Φ.ΟΡΤΙΟ ΑΝΑ ΣΥΣΚΕΥΗ [W]	ΣΥΝΟΛΙΚΟ Φ.ΟΡΤΙΟ [W]	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ	Φ.ΟΡΤΙΟ [W]
ΤΥΠΟΣ I (Light Load Density)					
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	6	55	330	0,67	220
Οθόνες (13 έως 15 in.)	6	55	330	0,67	220
Εκτυπωτές Laser (small desktop)	1	130	130	0,33	43
Μηχανή fax	1	15	15	0,67	10
				ΣΥΝΟΛΟ	494
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ = 5.4 W/m²					
ΤΥΠΟΣ II (Medium Load Density)					
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	8	65	520	0,75	390
Οθόνες (16 έως 18 in.)	8	70	560	0,75	420
Εκτυπωτές Laser (desktop)	1	215	215	0,5	108
Μηχανή fax	1	15	15	0,75	11
				ΣΥΝΟΛΟ	929
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ = 10.8 W/m²					
ΤΥΠΟΣ III (Medium/Heavy Load Density)					
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	10	65	650	1	650
Οθόνες (19 έως 20 in.)	10	70	700	1	700
Εκτυπωτές Laser (small office)	1	320	320	0,5	160
Μηχανή fax	1	30	30	0,5	15
				ΣΥΝΟΛΟ	1525
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ = 16.1 W/m²					
ΤΥΠΟΣ IV (Heavy Load Density)					
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	12	75	900	1	900
Οθόνες (19 έως 20 in.)	12	80	960	1	960
Εκτυπωτές Laser (small office)	1	320	320	0,5	160
Μηχανή fax	1	30	30	0,5	15
				ΣΥΝΟΛΟ	2035
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ = 21.5 W/m²					