



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**“Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου με χρήση λογισμικού”
“Building energy analysis with software”**

Διπλωματική Εργασία

Κωνσταντίνος Ε. Άγιος

Επιβλέποντες :

Δρ. Τσουκαλάς Ελευθέριος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δρ. Χούστης Ηλίας Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βόλος 2017

Διπλωματική εργασία για την απόκτηση του 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 © Konstantinos Agios, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου κ.κ. Τσουκαλά Ελευθέριο και τον κ. Χούστη Ηλία, για την πολύτιμη βοήθεια τους και την καθοδήγηση που μου προσέφεραν σε όλη την πορεία της εργασίας.

Επίσης είμαι ευγνώμον στον κ. Ζημέρη για την πολύτιμη βοήθεια του και τις συμβουλές του κατά την διάρκεια της πτυχιακής.

Επιπλέον, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη και την ανεκτίμητη βοήθεια που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Κωνσταντίνος Άγιος

Βόλος, 2017

Abstract

The aim of this thesis is to conduct an energy analysis and comparison of two modern and very widely used systems for heating and cooling. These two systems are geothermal heat pump and central air conditioning system nozzles with variable volume of refrigerant fluid (variable refrigerant volume - VRV) in a building with clinic facilities in 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 the European Union in the building sector, as well AS the energy policy of Greece. 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. The next chapter details the formulas and calculations used by the program H.A.P., to export the 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 two 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 μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διεξαγωγή ενεργειακής ανάλυσης και η σύγκριση δύο σύγχρονων και πολύ διαδεδομένων συστημάτων θέρμανσης-ψύξης, της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ανοικτού τύπου και του συστήματος κεντρικού κλιματισμού άμεσης εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV) σε κτίριο κλινικής στην πόλη του Βόλου. Το εργαλείο για την διεξαγωγή αυτής της μελέτης αποτελεί το λογισμικό πρόγραμμα H.A.P. 5.0 (Hourly Analysis Program Carrier) .

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση στην ενεργειακή πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο κτιριακό τομέα αλλά και της ενεργειακής πολιτικής της Ελλάδος. Όσον αφορά το δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά σε όλους τους τύπους των πλέον διαδεδομένων συστημάτων κλιματισμού και γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά στα δύο συστήματα που θα χρησιμοποιήσουμε. Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται όλοι οι μαθηματικοί τύποι αλλά και οι υπολογισμοί που χρησιμοποιήθηκαν από το πρόγραμμα H.A.P., ώστε να γίνει εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα , δηλαδή τα παθητικά στοιχεία του κτιρίου (κέλυφος, προσανατολισμός, τοποθεσία) καθώς επίσης και συντελεστές, χρονοδιαγράμματα , κλιματολογικά στοιχεία και συστήματα κλιματισμού. Στην συνέχεια στο επόμενο κεφάλαιο εξετάζονται ενδελεχώς τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα και γίνεται σύγκριση μεταξύ των δύο διαφορετικών συστημάτων. Τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	4
Abstract	5
Περίληψη	6
Περιεχόμενα.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα.....	10
1.2 Η Ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας στον κτιριακό τομέα.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	17
2.1 Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού	19
2.2 Ανεξάρτητα συστήματα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης	23
2.3 Σύστημα κλιματισμού νερού-νερού.....	25
2.4 Συστήματα κλιματισμού εδάφους-νερού.....	26
2.5 Συστήματα κλιματισμού εδάφους / αέρα.....	26
2.6 Ανάλυση Λειτουργίας Αντλίας Θερμότητας Αέρα- Ψυκτικού υγρού.....	26
Σχήμα 11: αντλίας θερμότητας αέρος νερού	28
2.7 Γεωθερμία και Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	28
2.8 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας και Ανάλυση λειτουργίας των Γεωθερμικών Αντλιών.....	30
2.9 Συστήματα κλιματισμού Αμαθούς Γεωθερμίας	31
2.9.1 Συστήματα ανοικτού τύπου	31
2.9.2 Συστήματα κλειστού τύπου	33
2.9.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Γεωθερμίας.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	35

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	35
3.1 Εισαγωγή	35
3.2 Υπολογισμός Ψυκτικών και Θερμικών Φορτίων	36
3.3 Ροές θερμότητας σε κλιματιζόμενους χώρους.....	37
3.3.1 Το θερμικό κέρδος του χώρου	37
3.3.2 Το ψυκτικό φορτίο του χώρου.....	39
3.3.3 Ο ρυθμός αφαίρεσης της θερμότητας από το χώρο.....	40
3.3.4 Η ψυκτική ισχύς της κλιματιστικής συσκευής	41
3.4 Μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων	41
3.5 Η μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE	43
3.5.1 Εξωτερικές οροφές	44
3.5.2 Εξωτερικοί τοίχοι (τοιχοποιίες –δοκοί –υποστυλώματα).....	46
3.5.3 Εξωτερικά παράθυρα.....	47
3.5.4 Εσωτερικά δομικά στοιχεία	49
3.5.5 Εσωτερικός Φωτισμός	50
3.5.6 Άτομα.....	51
3.5.7 Διάφορες συσκευές.....	52
3.5.8 Αερισμός Κτιρίου	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	56
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ H.A.P.....	56
4.1 Το λογισμικό Hourly Analysis Program (HAP 5.0)	56
4.2 Αρχιτεκτονικά Σχέδια Κτιρίου	57
4.3 Ενότητες του λογισμικού HAP	58
4.3.1 Κλιματολογικά Δεδομένα	59
4.3.2 Χαρακτηριστικά Κτηρίου	62
4.3.3 Χρονοδιαγράμματα.....	66

4.4 Συστήματα Κλιματισμού	69
4.4.1 Σύστημα άμεσης εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV).....	70
4.4.2 Γεωθερμία.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	79
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	79
5.1 Εισαγωγή	79
5.2 Σχεδιαστική ανάλυση συστήματος κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRF.....	82
5.3 Σχεδιαστική ανάλυση συστήματος κλιματισμού με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	90
5.4 Ετήσιο κόστος και κατανάλωση ενέργειας.....	98
5.4.1 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για το σύστημα VRF	98
5.4.2 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία.....	101
5.4.3 Σύγκριση κόστους κλιματισμού των δύο συστημάτων	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	105
6.1 Συμπεράσματα	105
6.2 Προτάσεις	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον κτιριακό τομέα

Ο τομέας της ενέργεια αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς και κρίσιμους παράγοντες της οικονομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς για την λειτουργία των κρατών είναι αναγκαίο να υπάρχει μια προσιτή, σταθερή και αποδοτική ροή ενεργειακών πόρων. Οι αγορές ενέργειας αποτέλεσαν σημαντικό τομέα στην διαδικασία της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης από την αρχή της μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο . Οι δύο από τις τρεις θεμελιώδεις συνθήκες της ΕΕ σχετίζονταν με την ενέργεια είναι η συνθήκη του Παρισιού (1951) που προέβλεπε την δημιουργία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Άνθρακα και Χάλυβα (European Coal and Steel Community) και η συνθήκη της Ρώμης (1957) προωθούσε την ευρωπαϊκή συνεργασία στην χρήση της πυρηνικής ενέργειας που τότε θεωρούσαν ως κύρια πηγή κάλυψης μελλοντικών αναγκών (Euratom). Από τότε έχουν γίνει πολυάριθμες προσπάθειες για την διαμόρφωση κοινής ενεργειακής πολιτικής που όμως απέτυχαν.

Την τελευταία δεκαετία όμως έχει γίνει μια μεγάλη προσπάθεια για την οικοδόμηση μιας κοινής ενεργειακής πολιτικής η οποία διαμορφώθηκε κυρίως μέσα από την μεγάλη ανησυχία των κρατών-μελών για τη συνεχώς αυξανόμενη εξάρτηση της Ε.Ε. από εισαγωγές ενέργειας, την συνεχόμενη αύξηση των τιμών του πετρελαίου και ιδιαίτερα στην οχταετία μεταξύ 2002-2010 , αλλά και της ένταξης στην Ε.Ε. κρατών-μελών από την πρώην Ένωση Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών (ΕΣΣΔ) τα οποία ήταν σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένα ενεργειακά από την Ρωσία. Ταυτόχρονα οι κρίσεις του 2006 και του 2009 αλλά και στις Ρώσο-ουκρανικές σχέσεις είχαν σαν αποτέλεσμα διαταραχές στον εφοδιασμό της Ε.Ε. με φυσικό αέριο. Οι εν λόγω κρίσεις κατέδειξαν την ανεπάρκεια μηχανισμών αντιμετώπισης κρίσεων ενεργειακού εφοδιασμού και οδήγησαν στην επανεξέταση των κύριων αξόνων της ενεργειακής στρατηγικής της ένωσης , δίνοντας παράλληλα μια ευκαιρία στην Ένωση να δομήσει μια νέα κοινή ενεργειακή πολιτική.

Σε επίπεδο πρωτογενούς δικαίου της Ε.Ε., ρητή αναφορά στην ενεργειακή πολιτική γίνεται για πρώτη φορά στη Συνθήκη Λειτουργίας της Λισσαβόνας (2009) (ΣΛΕΕ). Συγκεκριμένα επιδιώκει κυρίως την διασφάλιση της λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς, την διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης, την ενεργειακή αποδοτικότητα , την εξοικονόμηση ενέργειας και τη διασύνδεση των ενεργειακών δικτύων. Όλα αυτά συντελούν στην ανάπτυξη νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εντούτοις, η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ακόμη «κοινή», αφενός γιατί η ίδια η Συνθήκη δεν την κατατάσσει στις αποκλειστικές, αφετέρου γιατί τα όποια μέτρα λαμβάνονται στα πλαίσια της συνθήκης δεν μπορούν να επηρεάσουν «το δικαίωμα ενός κράτους να καθορίζει τους όρους εκμετάλλευσης των ενεργειακών πόρων του και τα περιθώρια επιλογής μεταξύ διαφόρων ενεργειακών πηγών και τη γενική διάρθρωση του ενεργειακού του εφοδιασμού»

Οι βασικοί άξονες πάνω στους οποίους οικοδομείται η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. - η ασφάλεια του εφοδιασμού, η βιωσιμότητα και η ανταγωνιστικότητα- βρίσκονται απέναντι σε δύο βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Ένωση είναι η υψηλή

εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας και η ισχυρή εξάρτηση από εξωτερικούς προμηθευτές. Πέρα από την ενεργειακή ανεξαρτησία που προσπαθεί να πετύχει η Ένωση, κινητήρια δύναμη της σημερινής πολιτικής ατζέντας είναι η ολοκληρωμένη πολιτική για την προστασία του κλίματος και την ενέργειας, η οποία έλαβε τη στήριξη του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου τον Μάρτιο του 2007 και η οποία προσπαθεί να επιτύχει τα εξής έως το 2020.

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% τουλάχιστον, σε σχέση με το 1990
- αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση σε 20%
- βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%

Φαίνεται πλέον ξεκάθαρα ότι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η εξάλειψη της σπατάλης ενέργειας αποκτούν διαρκώς αυξανόμενη σημασία στην Ε.Ε έτσι ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη ενεργειακή ανεξαρτησία. Έτσι το 2007 οι ηγέτες της Ε.Ε. αποφάσισαν να θέσουν ως στόχο για το 2020 τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στην Ένωση 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 των ευρωπαϊκών οικονομιών.

Η Ε.Ε μέσα από μία σειρά συμβουλίων έχει θέσει ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης καθώς και κανόνες που θα πρέπει να πληρούνται σχετικά με οικολογικές υπηρεσίες, σχεδίαση προϊόντων και υποδομές. Οι κανόνες και τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στη βελτίωση της απόδοσης σε όλα τα στάδια της ενεργειακής αλυσίδας, από την παραγωγή της ενέργειας, την μεταφορά της έως τη χρήση της ενέργειας από τους καταναλωτές.

Σε επίπεδο ΕΕ, τα αστικά κέντρα συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν το 75% της ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα (για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης), αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρώπης. Ταυτόχρονα, η παραγωγή και χρήση ενέργειας ευθύνεται για το 94% των εκπομπών CO₂, από τις οποίες το 45% προέρχεται από τον κτιριακό τομέα. Συνεπώς είναι εμφανές ότι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα αποτελεί μία από τις κύριες προτεραιότητες και το κυρίως πλαίσιο των τριών βασικών στρατηγικών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) έως το 2020. Σημαντικό μέσο για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι η χρήση συστημάτων που αξιοποιούν τις Α.Π.Ε. και εγκαθίστανται στις υποδομές των κτιρίων και κατοικιών. Σκοπός των συστημάτων αυτών είναι να καλυφθούν κατά το μέγιστο δυνατό οι ανάγκες των κτιρίων σε θέρμανση/ψύξη, ζεστό νερό χρήσης καθώς και ηλεκτρική ενέργεια που απαιτούνται από τους χρήστες. Ήδη από το 1993, η Ε.Ε., με την Οδηγία SAVE 93/76/EOK έχει δώσει προτεραιότητα στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσα από την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στα κράτη μέλη της.

Για το λόγο αυτό, η εξοικονόμηση ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης εντάσσονται στις βασικές προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής πολιτικής, γεγονός που εκφράζεται από μια σειρά οδηγιών και κατευθύνσεων με αποδέκτες τα κράτη-μέλη. Η αυξημένη ενεργειακή απόδοση αποτελεί άλλωστε σημαντικό μέρος

της δέσμης των πολιτικών και των μέτρων που απαιτούνται για τη συμμόρφωση της Ε.Ε. με τις δεσμεύσεις που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Από το 1986, υπάρχει ένας συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός ζήτησης ενέργειας στα 27 κράτη μέλη με άνοδο κατά 1% με 2% ετησίως. Το γεγονός αυτό καθιστά αδύναμη την Ευρώπη στην προσπάθεια της να αντισταθμίσει τα ποσά ενέργειας που καταναλώνει με αυτά που παράγει, παρόλο που υπάρχει ένας δυνατός σύμμαχος που είναι η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Είναι πλέον πιο εμφανές από ποτέ ότι η εξοικονόμηση ενέργειας έχει αναδειχθεί σε μείζονα πολιτική προτεραιότητα για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ταυτόχρονα όμως θα πρέπει να γίνει μια συνολική προσπάθεια των καταναλωτών για μείωση της κατασπατάλησης ενέργειας. Τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι άνισα κατανομημένα σε όλο τον κόσμο, με τα μεγαλύτερα αποθέματα να εντοπίζονται σε πολιτικά ή οικονομικά μη ασφαλείς περιοχές (Μέση Ανατολή). Τα κοιτάσματα της Βόρειας Θάλασσας έχουν ήδη αξιοποιηθεί, αφήνοντας την Ε.Ε. εξαρτημένη από μη κοινοτικές χώρες για την κάλυψη των μελλοντικών της αναγκών κάνοντας ακόμα πιο αναγκαία την στροφή σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

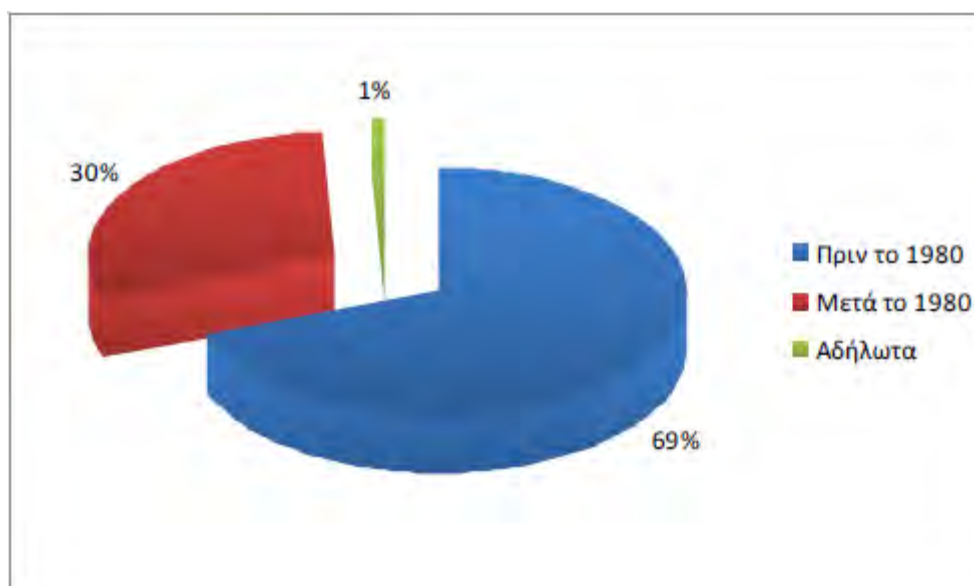
1.2 Η Ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας στον κτιριακό τομέα

Στην ΕΕ ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας), αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας (σε απόλυτες τιμές 40%), με τη μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών να κυμαίνεται μεταξύ 150-230 kWh/m². Στην Ελλάδα, το κτιριακό απόθεμα κτιρίων καταναλώνει (ουσιαστικά υπερκαταναλώνει), τεράστιες ποσότητες ενέργειας και απαιτείται γενικά 30% περισσότερη ενέργεια για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Την τελευταία πενταετία μάλιστα, είχαμε αύξηση κατά 25% της συνολικής τελικής ενέργειας που χρειάζονται τα κτίρια.

Στον οικιακό τομέα, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά ελληνικό νοικοκυριό είναι περίπου 17.000 kWh (ή 1,45 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου). Σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες, παρουσιάζουμε ενεργειακή κατανάλωση σχεδόν 30% μεγαλύτερη της Ισπανίας και περίπου 50% μεγαλύτερη της Πορτογαλίας. Επίσης, η ενεργειακή θερμική κατανάλωση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από βορειότερες χώρες, όπως η Δανία, η Γερμανία και η Βρετανία. Η ενέργεια στα ελληνικά νοικοκυριά δαπανάται κυρίως για θερμικές χρήσεις και συγκεκριμένα για θέρμανση των χώρων (περίπου 59% του συνόλου). Αντίστοιχα υψηλή είναι και η περιβαλλοντική επιβάρυνση σε αέριους ρύπους εκπομπών CO₂. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι κατοικίες στην Ελλάδα παράγουν περίπου 12 - 13 τόνους CO₂/ κάτοικο / έτος , τιμή συγκριτικά με μεγαλύτερη από όλες τις άλλες μεσογειακές χώρες, μεγαλύτερη και από πολύ βορειότερες χώρες όπως η Νορβηγία.

Ο λόγος που παρατηρείτε αυτή η πολύ μεγάλη δαπάνη ενέργειας έγκειται στο γεγονός ότι τα περισσότερα κτίρια, σε ποσοστό 69% (Σχήμα 1), έχουν κτιστεί πριν το 1980, έτος έναρξης για την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης (ΦΕΚ 362/Δ\4.7.1979), αποδεικνύονται ιδιαίτερα ενεργοβόρα λόγω παλαιότητας και μη ενσωμάτωσης σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά, κυρίως εξαιτίας της έλλειψης σχετικής νομοθεσίας τα τελευταία 30 χρόνια. Τα περισσότερα κτίρια αντιμετωπίζουν θέματα όπως :

- Μερική ή παντελή έλλειψη θερμομόνωσης.
- Παλαιάς τεχνολογίας κουφώματα (πλαίσια/μονοί υαλοπίνακες).
- Ελλιπή ηλιοπροστασία των νότιων και δυτικών όψεών τους.
- Μη επαρκή αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας.
- Ανεπαρκή συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού με αποτέλεσμα τη χαμηλή απόδοση.



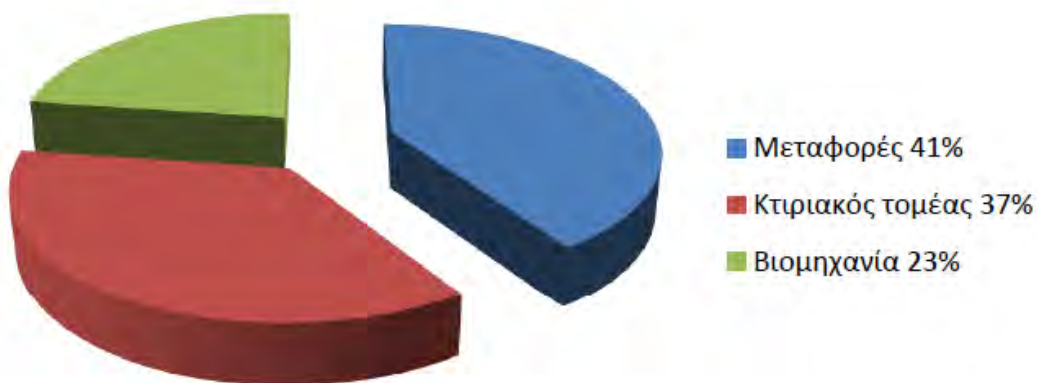
Σχήμα 1

Ανάλογα με τη χρήση, έχουμε δύο ειδών διαφοροποιήσεις στον κτηριακό τομέα. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει κτήρια κατοικιών, ενώ η δεύτερη κτήρια τριτογενούς τομέα. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης και της Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας, τα κτήρια οικιακού τομέα στην Ελλάδα αποτελούν το 77% του συνολικού κτηριακού αποθέματος, ενώ το υπόλοιπο 23% αποτελείται από κτήρια διάφορων χρήσεων του τριτογενή τομέα.

Τα κτίρια που δε χρησιμοποιούνται ως κατοικίες στην Ελλάδα, αποτελούν περίπου το 5% του συνόλου των κτιρίων και αντιπροσωπεύουν το 26% της συνολικής επιφάνειας του κτιριακού αποθέματος. Από αυτά, περίπου το 57% είναι κτίρια γραφείων και εμπορικής χρήσης, το 19% εκπαιδευτικά κτίρια, το 16% ξενοδοχεία και περίπου 8% νοσοκομεία και κλινικές. Το ενεργειακά τυπικό κτίριο κλιματιζόμενων γραφείων καταναλώνει περίπου 138 kWh/m²/έτος (τελική κατανάλωση, από τις οποίες 35kWh/m²/έτος για κλιματισμό και 85 kWh/m²/έτος για θέρμανση). Η μέση κατανάλωση των μη κλιματιζόμενων κτιρίων γραφείων κυμαίνεται περί τις 75kWh/m²/έτος (57 kWh/m²/έτος για θέρμανση).

Στην Ελλάδα, το μοντέλο της παραγωγής και της ανάπτυξης απαιτεί νέες μεθόδους αναβάθμισης του τρόπου και της ποιότητας δόμησης, καινοτομίες στον τρόπο και στα υλικά κατασκευής, εφαρμογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών και νέες επενδυτικές προοπτικές που θα δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας. Επίσης, έχει την δυνατότητα, εκμεταλλευόμενη τα γεωγραφικά και γεωλογικά πλεονεκτήματα που διαθέτει, να αυξήσει τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας όπου σήμερα κυμαίνεται γύρω από ένα ποσοστό της τάξης του 10% για την ηλεκτροπαραγωγή. Ειδικότερα στην Ελλάδα, σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) έχουν καθοριστεί οι εξής στρατηγικοί στόχοι:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 4% μέχρι το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπών του 2005.
- Αύξηση σε 18% του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το 2020.
- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην τελική χρήση κατά 9% μέχρι το 2018.
- Για το 2020 ο στόχος συμμετοχής των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για την Ελλάδα εξειδικεύεται σε 18% (σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ).
- Πλέον, σύμφωνα και με τον πρόσφατο νόμο που εγκρίθηκε στο κοινοβούλιο, Ν3851/10, ο εθνικός στόχος για το 2020 συμμετοχής των Α.Π.Ε. στη συνολική κατανάλωση ενέργειας τίθεται στο 20%, με επιμέρους στόχους 40% στην ηλεκτροπαραγωγή και 20% σε θέρμανση και ψύξη.



Σχήμα 2 : Ενεργειακές καταναλώσεις ανά τομέα

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ένα μεγάλο ποσοστό των κτηρίων έχουν κτιστεί πριν από το 1980. Έχει αποδειχτεί ότι στην Ελλάδα τέτοιου για τα περισσότερα κτίρια απαιτείται μέχρι και 30% περισσότερη κατανάλωση ενέργειας για τη διασφάλιση κατάλληλων συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα, τα οποία διαπιστώνεται ότι στη πλειονότητα τους «πάσχουν» από έλλειψη επαρκούς μόνωσης, ιδιαίτερα όσα κατασκευάστηκαν πριν από το 1980.

Αυτό σημαίνει ότι τα ελληνικά κτήρια είναι από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ε.Ε., έχουν μεγάλες θερμικές απώλειες και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κατασπαταλούν πολύτιμη ενέργεια καθώς και να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με επικίνδυνους ρύπους. Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα ευθύνεται για το ένα τρίτο περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και για το 36% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Με τον όρο «κτιριακός τομέας» γίνεται αναφορά στα κτίρια για στέγαση (οικιακός τομέας), για εμπορική χρήση (εμπορικός τομέας) και για στέγαση υπηρεσιών.

Στη χώρα μας, οι εκπομπές CO₂ από τον κτιριακό τομέα παρουσίαζε πριν την περίοδο της πρόσφατης οικονομικής κρίσης ετήσιο ρυθμό αύξησης περί το 4%, ενώ παράλληλα διογκώνεται συνεχώς η σε απόλυτη τιμή ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων. Μάλιστα, μέσα στην τελευταία πενταετία αυξήθηκε κατά 25% το ποσοστό ενέργειας που χρειάζονται τα κτήρια μας για να θερμανθούν, να ψυχθούν και να ηλεκτροδοτηθούν. Άξιο προσοχής είναι ότι η Ελλάδα, μαζί με την Ισπανία, σημειώνει τη μεγαλύτερη αύξηση μεταξύ των κρατών μελών στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.

Αντίθετα χώρες βορειότερα στο ημισφαίριο που πλήττονται από δριμύτερους χειμώνες κατάφεραν να μειώσουν κατά 5% την ενεργειακή τους κατανάλωση.

Στην Ελλάδα, μια χώρα εύκρατη με πολύ λιγότερες θερμικές απαιτήσεις λόγω του ήπιου χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου.

Το υπόλοιπο 64,5% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρικό ρεύμα και καυσόξυλα. Σε αντίθεση με το σύνολο της Ε.Ε., στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια παρουσιάζει αυξητική τάση με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7%.

Ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης (Κ.Θ.Κ) τέθηκε σε ισχύ το 1979, αντιγράφοντας τον πρώτο Γερμανικό Κανονισμό, καθορίζοντας τα μέγιστα όρια για τη θερμοπερατότητα των διαφόρων στοιχείων (τοίχοι, οροφή, παράθυρα) και του κελύφους του κτηρίου.

Σαν αποτέλεσμα αυτού είναι ότι ένα μεγάλο ποσοστό των κτηρίων δεν έχουν θερμομόνωση. Επίσης, κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ (1980-1990), η πλειοψηφία των κτηρίων δεν είχαν πλήρη μόνωση και μόνο οι νεότερες κατασκευές έχουν θερμομόνωση του φέροντα οργανισμού για την αποφυγή των θερμογέφυρων. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης στην Ελλάδα από τα κτήρια, το 30% έχει πλήρη ή μερική θερμομόνωση, ενώ το 70% δεν έχει καθόλου. Στα κτήρια με μερική θερμομόνωση, το 35% έχει θερμομόνωση οροφής, το 34% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, το 20% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων και οροφής, το 11% πλήρη θερμομόνωση, εκτός από το φέροντα οργανισμό και το 3% πλήρη θερμομόνωση, εκτός από το φέροντα οργανισμό και την οροφή. Επιπλέον μόνο το 2.1% των κτηρίων έχουν διπλά τζάμια και μόνο το 4.2% έχουν μόνωση σωλήνων στην εγκατάσταση θέρμανσης.

Η κατανομή της μέσης ετήσιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι περίπου 3.800.000 KWh.. Αν λάβουμε υπόψη ότι η ενέργεια που καταναλώνεται για τη θέρμανση των χώρων μιας κατοικίας στην Ελλάδα αποτελεί το 68% της συνολικής ενεργειακής της κατανάλωσης, αποδεικνύεται η εξαιρετική σημασία ανάγκης εξοικονόμησης ενέργειας μέσω πολιτικών αναβάθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ο τομέας της θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού των κτιρίων αποτελεί ένα από τους ταχύτερα εξελισσόμενους τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας. Στη σημερινή εποχή, δεν νοείται κτίριο χωρίς εγκαταστάσεις θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού διότι αυτές είναι στενά συνυφασμένες με την ποιότητα ζωής και την θερμική άνεση του ανθρώπου τόσο στο εργασιακό περιβάλλον όσο και στην κατοικία. Για να επιτευχθεί αυτή η απαιτούμενη θερμική άνεση είναι απαραίτητα τα συστήματα κλιματισμού. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα κυριότερα συστήματα κλιματισμού τα οποία συναντώνται κυρίως σε κτίρια εμπορικά, κατοικιών, εργασίας, εκπαιδευτικά ή συνάθροισης κοινού. Μαζί με την περιγραφή των συστημάτων παρουσιάζονται και τα μειονεκτήματα ή πλεονεκτήματά τους, η καταλληλότητα τους για διάφορους χώρους ή κτίρια καθώς και οι δυνατότητες τις οποίες παρέχουν για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η εξασφάλιση των απαραίτητων συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας, κίνησης και καθαρότητας του αέρα γίνεται με τον κατάλληλο συνδυασμό διαφόρων συσκευών, οι οποίες αποτελούν στο σύνολο τους το σύστημα κλιματισμού. Οι βασικές λειτουργίες ενός συστήματος κλιματισμού είναι η θέρμανση, η ψύξη, η ύγρανση, η αφύγρανση, η ανανέωση και ο καθαρισμός του αέρα. Η Θέρμανση είναι η διεργασία πρόσθεσης θερμικής ενέργειας (θερμότητας) στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας ή τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ορισμένα επίπεδα.

- Η ψύξη είναι η διεργασία αφαίρεσης θερμικής ενέργειας (θερμότητας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας ή τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ορισμένα επίπεδα.
- Η ύγρανση είναι η διεργασία πρόσθεσης νερού (υγρασίας) στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την αύξηση της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρηση της σε ορισμένα επίπεδα.
- Η αφύγρανση είναι η διεργασία αφαίρεσης νερού (υγρασίας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό τη μείωση της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα επίπεδα.
- Η ανανέωση είναι η διεργασία λήψης εξωτερικού αέρα και απόρριψης αέρα από τους χώρους του κτιρίου, με σκοπό την αραίωση των αέριων προσμίξεων του αέρα και την εξασφάλιση της απαραίτητης ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Ο καθαρισμός είναι η διεργασία αφαίρεσης των σωματιδιακών και βιολογικών προσμίξεων του αέρα με σκοπό τη βελτίωση και τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Είναι φανερό ότι με κατάλληλο συνδυασμό συσκευών, συστημάτων ελέγχου και τρόπων λειτουργίας μπορούν να προκύψουν διάφορα συστήματα κλιματισμού. Η

τελική διαμόρφωση είναι αποτέλεσμα βελτιστοποίησης του αρχικού κόστους επένδυσης και του κόστους λειτουργίας και εξαρτάται από τον τύπο του κτιρίου, τον εξοπλισμό του συστήματος κλιματισμού, το κλίμα, τις πηγές ενέργειας και την αισθητική.

Τα συστήματα κλιματισμού γενικά έχουν κοινά βασικά εξαρτήματα. Οι διαφορές μεταξύ τους συνίστανται στην διάταξη του πρωτεύοντα και του δευτερεύοντα εξοπλισμού. Ο έλεγχος και η λειτουργία κάθε συστήματος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις του κτιρίου στο οποίο είναι εγκατεστημένο και επίσης ανάλογα με τη συμπεριφορά του θερμικού φορτίου του κτιρίου. Το βασικό κεντρικό σύστημα κλιματισμού είναι ένα σύστημα μόνο με αέρα, το οποίο παρέχει αέρα ίδιας ποιότητας σε όλο το κτίριο. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια, των οποίων οι χώροι έχουν ομοιόμορφα φορτία, δηλαδή σε κτίρια μίας ζώνης. Με κατάλληλες τερματικές συσκευές μεταθέρμανσης μπορεί να εγκατασταθεί και σε κτίρια με περισσότερες της μίας ζώνης. Η συσκευή του συστήματος, στην οποία γίνεται η προπαρασκευή του αέρα κλιματισμού, είναι η Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα (ΚΚΜ) γνωστή και ως Air Handling Unit (AHU). Στην κεντρική κλιματιστική μονάδα συναντώνται ο αέρας ανακυκλοφορίας με τον φρέσκο εξωτερικό αέρα. Η κεντρική μονάδα περιλαμβάνει συσκευές για τον καθαρισμό, τη θέρμανση, τη ψύξη και την ύγρανση του αέρα. Η θέρμανση του αέρα γίνεται συνήθως με τη βοήθεια θερμαντικού στοιχείου (heating coil) το οποίο αποτελεί εναλλάκτη αέρα-νερού και τροφοδοτείται με θερμό νερό 75-90°C από λέβητα θερμού νερού. Η ψύξη του αέρα γίνεται συνήθως με τη βοήθεια ψυκτικού στοιχείου (cooling coil) το οποίο αποτελεί εναλλάκτη αέρα-νερού και τροφοδοτείται με ψυχρό νερό θερμοκρασίας 7°C από κεντρικό ψύκτη νερού (water chiller). Ο καθαρισμός του αέρα γίνεται με φίλτρα. Η ύγρανση του αέρα γίνεται με νερό ή ατμό. Η απαραίτητη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη καθώς και η κατάλληλη ποσότητα νερού ή ατμού για ύγρανση δίνεται από κατάλληλες συσκευές. Η ενέργεια για τη κίνηση του αέρα δίνεται από ένα ή περισσότερους ανεμιστήρες. Επίσης προκειμένου η εγκατάσταση να μπορεί να ανταποκριθεί σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας (μερικό-πλήρες φορτίο) πρέπει να έχει τα κατάλληλα συστήματα ελέγχου

Ο σκοπός ενός συστήματος κλιματισμού είναι να μεταφέρει στις διάφορες ζώνες ενός κτιρίου ψύξη και θέρμανση, να ρυθμίζει την υγρασία τους και να εξασφαλίζει την απαραίτητη καθαρότητα του αέρα. Σε κάθε σύστημα διακρίνουμε τον πρωτεύοντα και τον δευτερεύοντα εξοπλισμό.

Ως δευτερέων εξοπλισμός μιας εγκατάστασης θέρμανσης ή κλιματισμού χαρακτηρίζονται οι συσκευές που διανέμουν τα μέσα μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους στους διάφορους χώρους του κτιρίου (αντλίες νερού, ανεμιστήρες κεντρικών μονάδων κλιματισμού, ανεμιστήρες πύργων ψύξης ή ψυκτικών μονάδων, ανεμιστήρες τερματικών συσκευών).

Ο πρωτεύων εξοπλισμός είναι οι συσκευές, οι οποίες μετατρέπουν τα υγρά ή αέρια καύσιμα και το ηλεκτρικό ρεύμα σε θερμότητα και ψύχος, και το μεταφέρουν στο νερό ψύξης ή θέρμανσης (ψυκτικές μονάδες, λέβητες).

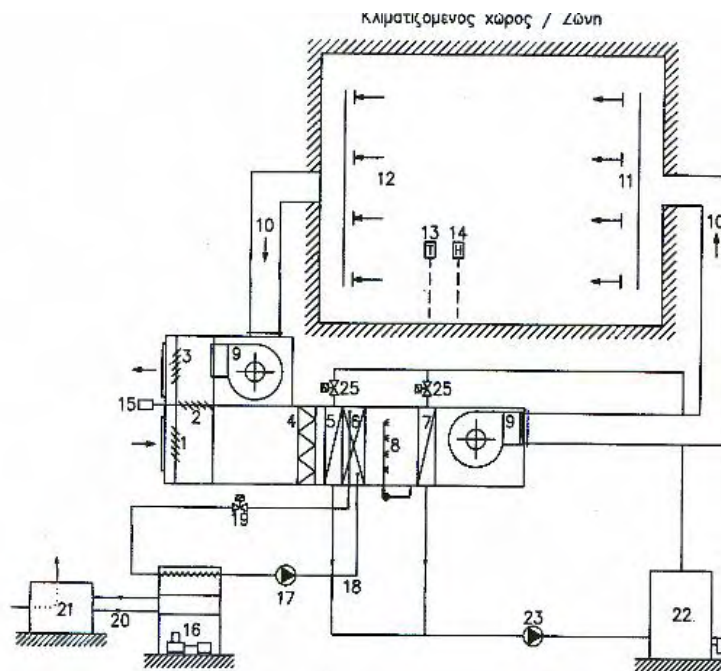
2.1 Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού

Ανάλογα με τον τρόπο διάταξης και λειτουργίας του δευτερεύοντα εξοπλισμού, διακρίνουμε ένα μεγάλο αριθμό συστημάτων κλιματισμού. Οι τρεις μεγάλες κατηγορίες συστημάτων είναι τα συστήματα μόνο με αέρα, τα συστήματα μόνο με νερό και τα συστήματα αέρα-νερού. Μια τέταρτη μεγάλη κατηγορία είναι τα αυτόνομα συστήματα και οι αντλίες θερμότητας.

(α) Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα

Στα συστήματα αυτά ο κλιματισμένος αέρας παρασκευάζεται στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και μεταφέρεται διαμέσου δικτύου αεραγωγών στους κλιματιζόμενους χώρους. Ο εξωτερικός αέρας αναρροφάται από το εξωτερικό περιβάλλον, αναμιγνύεται στον θάλαμο μίξης με ένα τμήμα του αέρα που επιστρέφει από το κτίριο και φιλτράρεται. Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία του αέρα και η οδήγησή του μέσω του ανεμιστήρα και των αεραγωγών διανομής στους διάφορους χώρους.

- Η ψύξη του αέρα γίνεται με ψυχρό νερό, το οποίο παρασκευάζεται στην ψυκτική μονάδα και οδηγείται μέσα στην κεντρική μονάδα κλιματισμού σε εναλλάκτες αέρα-νερού (ψυκτικά στοιχεία).
- Η θέρμανση του αέρα γίνεται με θερμό νερό, το οποίο παρασκευάζεται σε λέβητα και οδηγείται μέσα στην κεντρική μονάδα κλιματισμού σε εναλλάκτες αέρα-νερού (θερμαντικά στοιχεία).
- Η ύγρανση του αέρα γίνεται από κατάλληλες συσκευές, τους υγραντήρες, οι οποίοι διοχετεύουν νερό ή ατμό στην κεντρική μονάδα κλιματισμού.



Σχήμα 3: Σύστημα κεντρικού κλιματισμού με αέρα

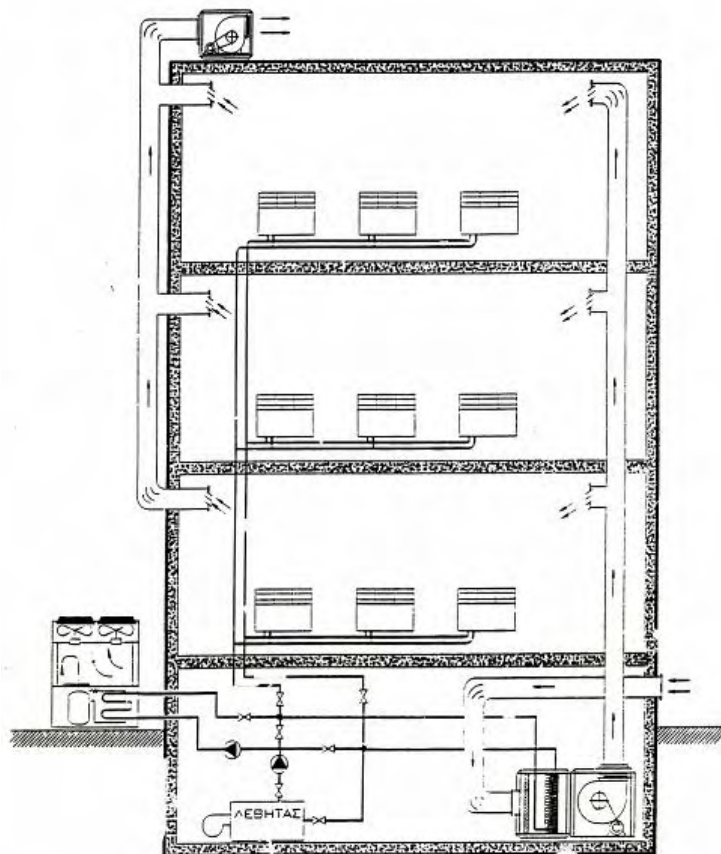
(β) Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού

Τα συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε κτήρια κατοικιών και σε μικρά ή μεσαία εμπορικά κτήρια, μιας και ο αέρας βρίσκεται παντού και σε πολύ μεγάλες ποσότητες. Στα συστήματα αυτά παρέχεται κλιματισμένος αέρας και ψυχρό ή θερμό νερό σε κατάλληλες τερματικές συσκευές, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτιρίου. Απαιτείται επομένως η εγκατάσταση ενός δικτύου αεραγωγών και ενός δικτύου σωληνώσεων νερού.

Σε πολλές περιπτώσεις η παροχή του αέρα στους χώρους γίνεται έξω από τις τερματικές συσκευές (π.χ. Fan-coils) με ανεξάρτητο δίκτυο αεραγωγών).

Χρησιμοποιούνται σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτηρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη. Επίσης εγκαθίστανται και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού για θέρμανση ή δροσισμό χώρων. Η άντληση και η απόρριψη θερμότητας από τον εξωτερικό αέρα, γίνεται όπως και στην αντλία θερμότητας αέρα/αέρα, δηλαδή με αερόψυκτο συμπυκνωτή/εξατμιστή. Στην πλευρά του νερού, υπάρχει υδρόψυκτος εναλλάκτης που τροφοδοτεί το δίκτυο σωληνώσεων με θερμό/ψυχρό νερό.

- Στην περίπτωση της θέρμανσης ενός χώρου, η αντλία θερμότητας απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα και θερμαίνει νερό σε μία εγκατάσταση κλιματισμού.
- Με την αντιστροφή του κύκλου λειτουργίας, η αντλία θερμότητας ψύχει το νερό της εγκατάστασης και απορρίπτει τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα.



Σχήμα 4: Σύστημα κλιματισμού αέρα-νερού

(γ) Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό

Στα συστήματα αυτά ο έλεγχος των συνθηκών του αέρα γίνεται με την κυκλοφορία του αέρα των χώρων μέσα από κατάλληλες θερματικές συσκευές, στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ή ψυχρό νερό.

- Η παρασκευή του ψυχρού νερού γίνεται σε ψυκτικές μονάδες (υδρόψυκτες η αερόψυκτες).
- Η Παρασκευή του θερμού νερού γίνεται σε λέβητες.
- Η παροχή φρέσκου εξωτερικού αέρα πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά.

Οι τερματικές συσκευές είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτιρίου. Οι συσκευές αυτές περιλαμβάνουν θερμαντικό/ψυκτικό στοιχείο και ανεμιστήρα για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα. Κεντρικά κλιματισμένος αέρας δεν παρέχεται στους χώρους ή στις ζώνες του κτιρίου.

Ένα από τα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο μηχανικός στα συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό, είναι αυτό της ανανέωσης του αέρα του χώρου.

Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται είτε με την τοποθέτηση εξαεριστήρων στους χώρους, οπότε ο αέρας διεισδύει από τις χαραμάδες, είτε με την εισαγωγή νωπού αέρα μέσω των Fan-coils από ανοίγματα στους εξωτερικούς τοίχους.

Μία λύση, η οποία παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι αυτή της εισαγωγής νωπού αέρα μέσω των Fan-coils, από ένα κεντρικό αεραγωγό προσαγωγής.

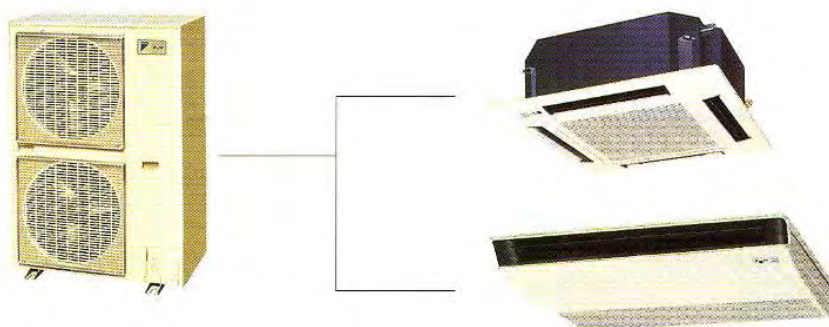


Σχήμα 5: Σύστημα κλιματισμού με νερό

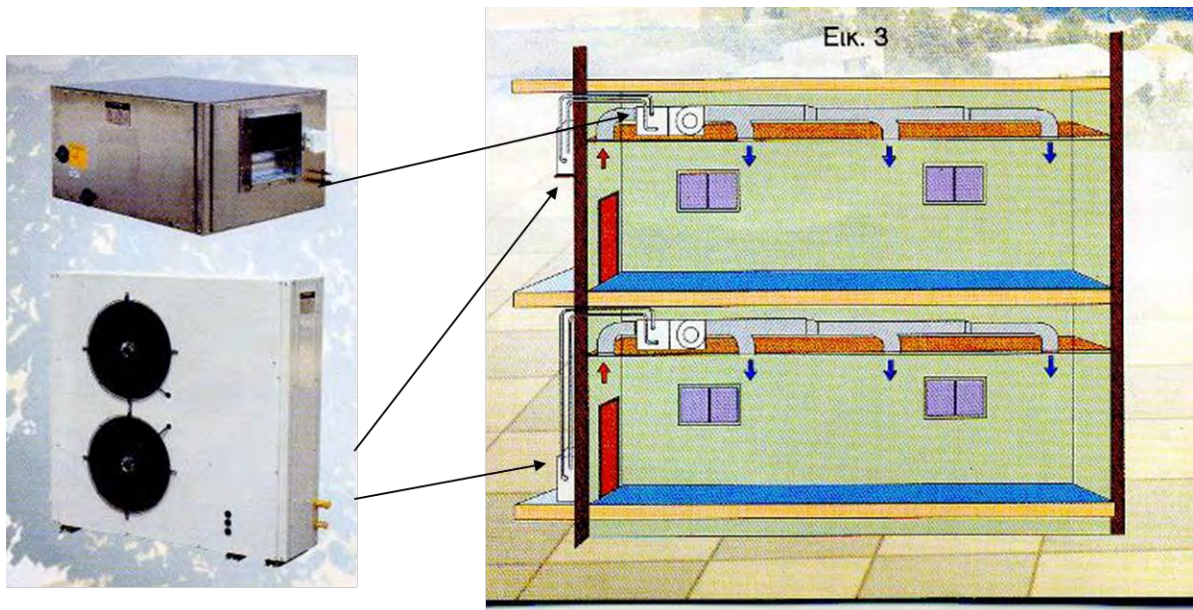
2.2 Ανεξάρτητα συστήματα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης

Τα συγκεκριμένα συστήματα κλιματισμού αέρα-ψυκτικού ρευστού είναι συστήματα παρόμοια με αυτά των προηγούμενων κατηγοριών με τη διαφορά ότι τα συγκεκριμένα συστήματα χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο για τη ψύξη του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων αντί για νερό. Η αλληλεπίδραση εξωτερικής και εσωτερικών μονάδων γίνεται μέσω κατάλληλου ψυκτικού ρευστού. Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας ονομάζονται συστήματα αμέσου εκτονώσεως. Είναι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, οι οποίες ψύχουν τον αέρα με στοιχεία απευθείας εκτόνωσης του ψυκτικού μέσου και διακρίνονται σε μονάδες του ενός τεμαχίου (self contained) και σε διμερείς μονάδες (split units). Εκτός από τις αυτόνομες και τις διμερείς μονάδες κατασκευάζονται και συστήματα με μία εξωτερική μονάδα (ή συστοιχίες μονάδων) συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου και πολλές εσωτερικές μονάδες εξάτμισης του ψυκτικού μέσου. Όλες οι μονάδες μπορούν με μία αναστροφή του ψυκτικού κύκλου να παρέχουν και θέρμανση, οπότε και χαρακτηρίζονται και ως αντλίες θερμότητας.

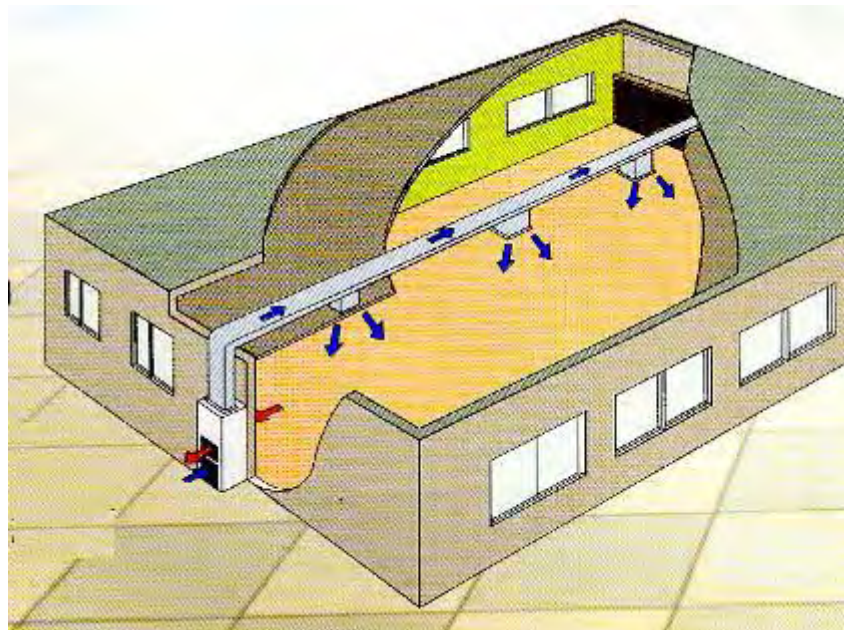
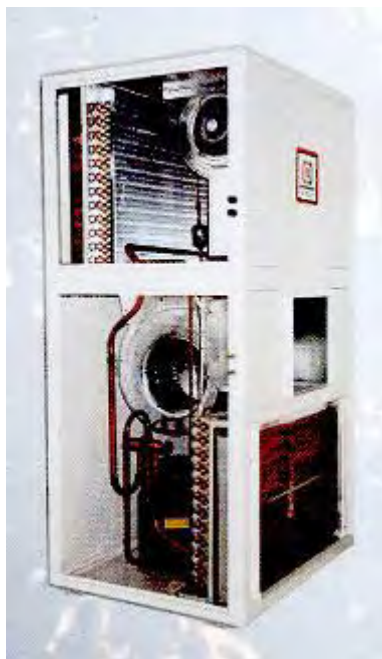
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα γνωστά τοπικά κλιματιστικά τοίχου που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στον οικιακό τομέα (air conditioning systems). Η ίδια φιλοσοφία συστημάτων συναντάται και στα συστήματα κεντρικού κλιματισμού αμέσου εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV) τα οποία θεωρούνται η αιχμή της τεχνολογίας των αερόψυκτων συστημάτων κλιματισμού. Εκτός από τις αυτόνομες και τις διμερείς μονάδες κατασκευάζονται και συστήματα με μία εξωτερική μονάδα (ή συστοιχίες μονάδων) και κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου σε πολλές εσωτερικές μονάδες. Στα συστήματα αυτά μια εξωτερική μονάδα μπορεί να τροφοδοτήσει έως και 64 εσωτερικές μονάδες (υπό προϋποθέσεις). Τα συστήματα αυτά παρέχουν θέρμανση και ψύξη.



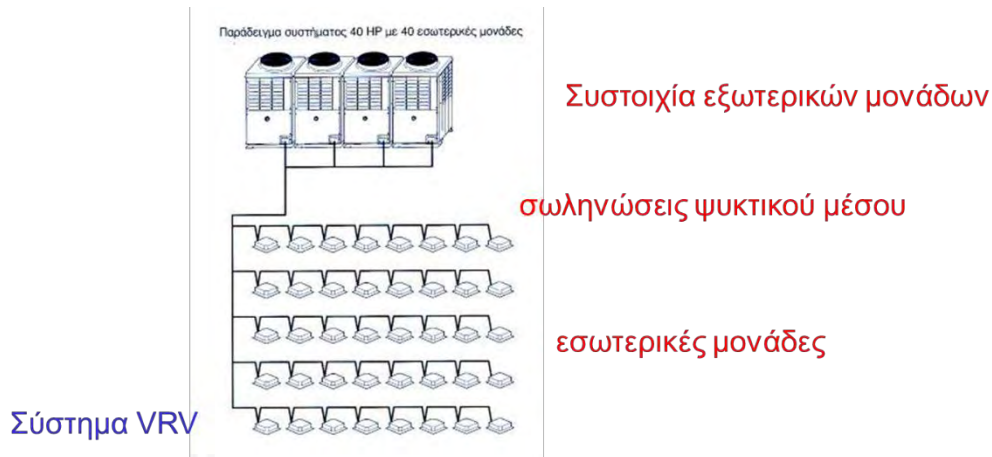
Σχήμα 6: Διμερής κλιματιστική μονάδα με μία εξωτερική και δύο εσωτερικές μονάδες. Λειτουργία σε ψύξη ή σε θέρμανση. Χωρίς δυνατότητα λήψης νοπού αέρα.



Σχήμα 7: Διμερής κλιματιστική μονάδα με δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο αεραγωγών (χωρίς λήψη νωπού αέρα). Δυνατότητα τοποθέτησης στο έδαφος ή στον τοίχο



Σχήμα 8: Αυτόνομη κλιματιστική μονάδα (DX) με δυνατότητα προσαγωγής αέρα, επιστροφής αέρα και λήψης νωπού αέρα Τοποθέτηση εξωτερικά.

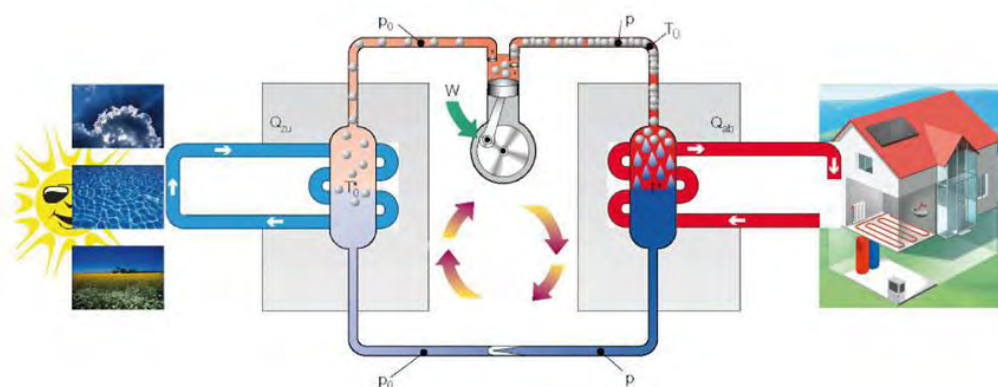


Σχήμα 9: σύστημα κλιματισμού VRV

2.3 Σύστημα κλιματισμού νερού-νερού

Στα συγκεκριμένα συστήματα κλιματισμού η εξωτερική μονάδα είναι μονάδα υδρόψυκτη αλληλοεπιδρώντας όχι με τον εξωτερικό αέρα αλλά με το νερό ενός επιπλέον μηχανήματος που ονομάζεται πύργος ψύξης. Το νερό του πύργου παραλαμβάνει την πλεονάζουσα θερμότητα κατά την ψύξη ή προσδίδει την απαραίτητη θερμότητα κατά τη θέρμανση προς την εξωτερική μονάδα. Ως πηγή - αποδέκτης θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο υπεδαφικό όσο και επιφανειακό νερό, καθώς και απόνερα. Οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις μπορεί επίσης να χρησιμοποιούν νερό πηγής, λίμνης, ποταμού ή σπανιότερα θάλασσας για την προσαγωγή/απαγωγή θερμότητας.

Η σύνδεση εξωτερικής και εσωτερικών μονάδων γίνεται με δίκτυα νερού ενώ οι εσωτερικές μονάδες είναι τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (FCU).



Σχήμα 10: Σύστημα κλιματισμού νερού-νερού

2.4 Συστήματα κλιματισμού εδάφους-νερού

Χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους (θερμοχωρητικότητα εδάφους) για τον κλιματισμό ή τη θέρμανση κτηρίων κάθε μεγέθους. Για να επιτευχθεί αυτό κατασκευάζεται στο έδαφος ένα κλειστό δίκτυο πλαστικών σωλήνων, που ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αποσκληρυμένο νερό ή διάλυμα νερού /αντιπηκτικού. Με την βοήθεια του γεωεναλλάκτη ο εξατμιστής/συμπυκνωτής του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας απορροφά ή απορρίπτει θερμότητα στο έδαφος. Ανάλογα με την κατασκευή του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε οριζόντια, κατακόρυφα ή σπειροειδή. Ανάλογα με το είδος του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη, οι αντλίες θερμότητας εδάφους διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- ανοιχτού κυκλώματος
- κλειστού κυκλώματος, στις οποίες ένα δευτερεύον κύκλωμα με αντιπηκτικό διάλυμα ή νερό συνδέει το έδαφος με το κύκλωμα ψυκτικού μέσου της Α.Θ.
- απευθείας εκτόνωσης, στις οποίες το ψυκτικό μέσο της αντλίας κυκλοφορεί στις σωληνώσεις του εδάφους.

Τα συστήματα αντλιών θερμότητας εδάφους/νερού παρουσιάζουν σήμερα υψηλά ποσοστά εγκατάστασης σε προηγμένες χώρες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους υψηλότερους βαθμούς επίδοσης που παρουσιάζουν σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους αντλιών θερμότητας, αλλά και στην φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά που εκφράζεται με την μειωμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

2.5 Συστήματα κλιματισμού εδάφους / αέρα

Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-αέρα έχουν λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τα συστήματα κλιματισμού εδάφους/νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμά τους όμως αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος συμπυκνωτής/εξατμιστής, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτηρίου.

2.6 Ανάλυση Λειτουργίας Αντλίας Θερμότητας Αέρα- Ψυκτικού υγρού

Στην συγκεκριμένη μελέτη όπως αναφέρθηκε και στην περίληψη ένα από τα δύο συστήματα που θα χρησιμοποιηθεί, θα αναλυθεί και θα συγκριθεί είναι αυτό του κεντρικού κλιματισμού άμεσης εκτόνωσης με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV). Βασικό ρόλο στην λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος έχει η αντλία θερμότητας αέρα-ψυκτικού υγρού. Για τη μεταφορά της θερμότητας ανάμεσα στον αέρα και το ψυκτικό μέσο χρησιμοποιούνται αερόψυκτοι εξατμιστές/συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Ένας ανεμιστήρας ωθεί τον εξωτερικό αέρα στην αντλία θερμότητας όπου συναντά τον εξατμιστή. Αυτός είναι συνδεδεμένος σε ένα κλειστό σύστημα που περιέχει ένα

ψυκτικό μέσο που μπορεί να μετατραπεί σε αέριο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν ο εξωτερικός αέρας έρχεται σε επαφή με τον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο εξατμίζεται. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή, όπου το αέριο φτάνει σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία στην οποία μπορεί να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του σπιτιού. Ταυτόχρονα, το ψυκτικό μέσο με τη βοήθεια του συμπυκνωτή επανέρχεται στην υγρή μορφή, έτοιμο να μετατραπεί σε αέριο για να συλλέξει νέα θερμότητα.

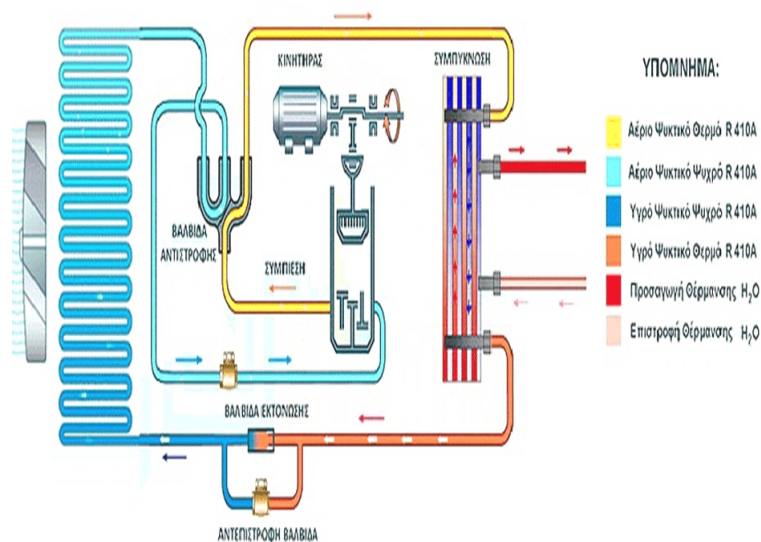
Το καλοκαίρι, το κύκλωμα ψύξης είναι ικανό να λειτουργήσει αντίστροφα ώστε να παρέχει ψύξη για όσο του ζητηθεί.

Ανάλογα με τη θέση των διαφόρων στοιχείων τους, οι αντλίες θερμότητας ταξινομούνται σε:

- Ενιαίες ή αυτόνομες (Compact ή self-contained) όπου όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος (Σχήμα 8).
- Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units) όπου ο συμπυκνωτής είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος (Σχήμα 9).

Εκτός από τα παραπάνω βασικά εξαρτήματα, μια αντλία θερμότητας αέρα νερού περιέχει ηλεκτρονικές πλακέτες που επιτηρούν τη λειτουργία των τμημάτων της συσκευής, αισθητήρια για να μετράτε η θερμοκρασία και η πίεση του ψυκτικού μέσου πριν και μετά το συμπιεστή, επιτηρητή φάσεων για την διακρίβωση της σωστής ηλεκτρικής παροχής, εξαρτήματα αυτοματισμού, χειριστήρια και οθόνες ενδείξεων, τα οποία στα σύγχρονα εξελιγμένα μηχανήματα επεκτείνονται σε ρύθμιση στροφών των ανεμιστήρων των στοιχείων και διαθέτουν ενσωματωμένη ηλεκτρονική λογική για να αποφασίζουν κάθε στιγμή τις βέλτιστες ρυθμίσεις. Τα συστατικά μέρη μιας σύγχρονης αντλίας θερμότητας αέρος νερού με αναστροφή κύκλου είναι

- ο συμπιεστής
- ο συμπυκνωτής
- ο εξατμιστής
- η εκτονωτική βαλβίδα
- η τετράοδη βαλβίδα
- Το σύστημα ελέγχου



Σχήμα 11: αντλίας θερμότητας αέρος νερού

2.7 Γεωθερμία και Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό $0,04 - 0,06 \text{ W/m}^2$ [1]
- β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις.

Η Υψηλής Ενθαλπίας ($>150 \text{ }^\circ\text{C}$) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια $12 \times 10^6 \text{ kWh/yr}$.

Η Μέσης Ενθαλπίας (80 έως $150 \text{ }^\circ\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).

Η Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση. Παρ' όλα αυτά και ενώ φαντάζει μια ιδιαίτερα ελκυστική επένδυση από οικονομικής απόψεως, οι περιπτώσεις εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι ελάχιστες και τις περισσότερες φορές αφορούν μικρές κυρίως εγκαταστάσεις(θέρμανση θερμοκηπίων ,ιχθυοτροφία, καθώς και αποξήρανση λαχανικών και φρούτων.

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων στις εξής πέντε κατηγορίες:

1. Τα υδροθερμικά συστήματα ή πόροι, δηλαδή τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά που βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα ουσιαστικά είναι τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται.
2. Αβαθής γεωθερμία (earth energy), κατά την οποία λαμβάνονται (ή και απορρίπτονται) ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού στα πρώτα 100 m από την επιφάνεια της γης ή με την κυκλοφορία υπόγειων νερών ή νερών από λίμνες, ποτάμια και τη θάλασσα. Αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή της γεωθερμικής ενέργειας.
3. Τα προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα (enhanced geothermal systems) αναφέρονται στα θερμά πετρώματα σε βάθος 2 - 10 km, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας νερό που διοχετεύεται από την επιφάνεια, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, και ανακτάται αρκετά θερμότερο με τη μορφή νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων.
4. Τα γεωπεπιεσμένα συστήματα (geopressed systems) αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος, βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική.
5. Τα μαγματικά συστήματα (magma systems) αναφέρονται στην απόληψη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος.

2.8 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας και Ανάλυση λειτουργίας των Γεωθερμικών Αντλιών

Τα συστήματα γεωθερμικού κλιματισμού χρησιμοποιούν γεωθερμικές αντλίες, οι οποίες είναι μονάδες που χρησιμοποιούν τον κύκλο ψύξης για αυξήσουν ή να ζεστάνουν ένα μέσο (αέρας ή νερό) ,χρησιμοποιώντας το έδαφος ως δεξαμενή (δροσισμός) ή ως πηγή θερμότητας (θέρμανση). Ο κύκλος ψύξης είναι αναστρέψιμος για αυτό και γεωθερμικές αντλίες μπορούν και να θερμάνουν αλλά και να ψύχουν.

Ένα πλήρες σύστημα γεωθερμίας που τροφοδοτεί μία εγκατάσταση θέρμανσης - ψύξης/δροσισμού αποτελείται εν γένει από τα παρακάτω τμήματα:

- Την αντλία θερμότητας που προσάγει ζεστό ή κρύο νερό στην εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης-ψύξης/δροσισμού (ενδοδαπέδια, μονάδες fan coil, σώματα χαμηλών θερμοκρασιών κ.α.).
- Τον γεωεναλλάκτη, που βρίσκεται στον εξωτερικό χώρο, (κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα δικτύου σωληνώσεων) αξιοποιώντας τη σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους για να δεσμεύσει θερμότητα μέσω του διαλύματος νερού – γλυκόλης (αντιπηκτικού), που κυκλοφορεί στους σωλήνες.
- Την εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης – ψύξης/δροσισμού του κτηρίου, δηλαδή το σύστημα μεταφοράς και διανομής της θερμότητας στο κτίριο (αεραγωγοί, fan coils και άλλα).

Σε μερικά συστήματα υπάρχει και ένας προαιρετικός τέταρτος βρόχος (υπερθερμαντήρας) που προθερμαίνει εσωτερικό ζεστό νερό.

Η διαδικασία μεταφοράς του θερμικού φορτίου από το κτίριο προς το υπέδαφος και αντιστρόφως, γίνεται διά μέσου μίας συσκευής που ονομάζεται γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ). Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι διατάξεις που κατευθύνουν τη θερμότητα αντίθετα από τη διεύθυνση που θα ακολουθούσε με φυσικό τρόπο, δηλαδή την εξαναγκάζουν να κατευθυνθεί από ένα ψυχρό μέσο σε ένα άλλο θερμότερο.

Τις περισσότερες φορές σε διατάξεις γεωθερμικού κλιματισμού οι γεωθερμικές αντλίες που συναντάμε είναι οι ακόλουθες:

α) γεωθερμική αντλία νερού-νερού. Ο τύπος αυτός της αντλίας είναι ευρέως χρησιμοποιούμενος σε διατάξεις γεωθερμικού κλιματισμού .Το νερό στο κύκλωμα του εναλλάκτη περνάει από τον ατμοποιητή της αντλίας και είτε ψύχει το νερό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα του fan coil είτε θερμαίνει το νερό που κυκλοφορεί στο σύστημα θέρμανσης (π.χ. ενδοδαπέδια θέρμανση).

β) γεωθερμική αντλία νερού-αέρος. Το νερό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα του εναλλάκτη παίρνει από τη γεωθερμική αντλία και αέρας που φιλτράρεται προς και από το χώρο είτε δροσίζεται είτε ψύχεται.

γ) γεωθερμική αντλία νερού-αέρος (split type) .Το νερό στο κύκλωμα του εναλλάκτη κυκλοφορεί στην αντλία διαιρώντας το τμήμα του συμπιεστή - ατμοποιητή . Παράλληλα σωλήνες με ψυκτικό υγρό ενώνουν αυτό το τμήμα με μία φορητή στραγγαλιστική βαλβίδα , η οποία ζεσταίνει ή ψύχει τον αέρα που φιλτράρεται από το χώρο.

2.9 Συστήματα κλιματισμού Αβαθούς Γεωθερμίας

Τα συστήματα αβαθούς γεωθερμίας χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- συστήματα ανοικτού τύπου (open loop systems)
- συστήματα κλειστού τύπου (closed loop systems)

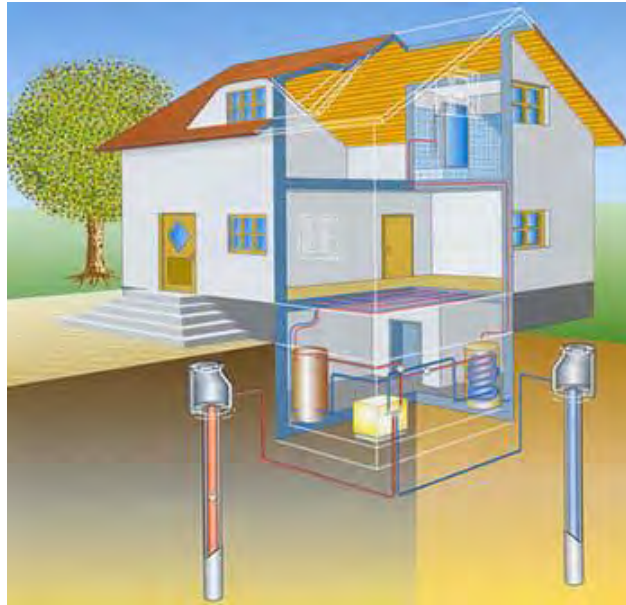
Τα συστήματα ανοικτού κύκλου αντλούν το νερό επιφανειακών υδρολογικών σχηματισμών της περιοχής για την τροφοδοσία του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας. Το νερό αφού αποδώσει την ενέργεια του στο σύστημα στη συνέχεια προωθείται εκ νέου στην πηγή από την οποία αντλήθηκε, είτε σε ένα γειτονικό υδροφόρο στρώμα της περιοχής. Ο υδρολογικός σχηματισμός μπορεί να είναι είτε επιφανειακός (θάλασσα, λίμνη, ποτάμι), είτε υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας μέσω γεώτρησης ή πηγαδιού.

Για την σωστή λειτουργία του συστήματος πρέπει να υπάρχει σταθερή παροχή νερού καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η απαιτούμενη παροχή του νερού εξαρτάται από τις θερμικές απώλειες του χώρου θέρμανσης και την ισχύ που απορροφά ο συμπιεστής της ΓΑΘ.

2.9.1 Συστήματα ανοικτού τύπου

Τα συστήματα ανοικτού τύπου διακρίνονται σε:

α) Το σύστημα φρέατος, το οποίο με την βοήθεια μιας αντλίας αναρρόφησης αντλεί νερό από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα μέσω γεώτρησης και αφού αυτό αποδώσει την θερμική του ενέργεια στον χώρο που θέλουμε, απορρίπτεται στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα με την βοήθεια μιας δεύτερης αντλίας απόρριψης και του κατάλληλου σωλήνα της σε αρκετή απόσταση από αυτή του σημείου άντλησης για να αποφεύγεται η ανάμιξη του νερού.



Σχήμα 12: Σύστημα φρέατος αβαθούς γεωθερμίας ανοικτού τύπου για θέρμανση κατοικίας.

β) Στα επιφανειακά συστήματα ανοικτού τύπου με την βοήθεια της αντλίας αναρρόφησης αντλούν νερό από μια επιφανειακή πηγή, (θάλασσα, λίμνη, ποταμός) και αφού αυτό αποδώσει την θερμική του ενέργεια στον χώρο που θέλουμε, απορρίπτεται στην ίδια επιφανειακή πηγή.

γ) Τα μεικτά συστήματα ανοικτού τύπου τα οποία αποτελούν ένα συνδυασμό συστήματος φρέατος και επιφανειακού. Το νερό με την βοήθεια της αντλίας αναρρόφησης αντλείται είτε από την επιφανειακή πηγή, είτε από το φρέαρ και αφού αυτό αποδώσει την θερμική του ενέργεια στον χώρο που θέλουμε, απορρίπτεται αντίστοιχα, είτε στο φρέαρ είτε στην επιφανειακή πηγή. Δηλαδή τα σημεία άντλησης και απόρριψης του νερού είναι διαφορετικά.



Σχήμα 13: Μεικτό σύστημα αβαθούς γεωθερμίας για θέρμανση κατοικίας

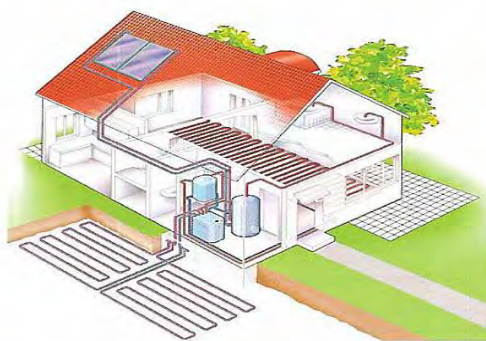
2.9.2 Συστήματα κλειστού τύπου

Τα συστήματα κλειστού κύκλου αποτελούνται από ένα κλειστό δίκτυο σωληνώσεων πολυαιθυλενίου, το οποίο βρίσκεται θαμμένο στο έδαφος σε κάθετη ή οριζόντια διάταξη ή είναι ποντισμένο σε κάποια λίμνη. Το δίκτυο σωληνώσεων στην περίπτωση αυτή ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στον οποίο κυκλοφορεί νερό ή διάλυμα νερού/αντιπηκτικού, (π.χ. νερού και αιθυλενογλυκόλης), ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και ανταλλάσσει ενέργεια με το έδαφος.

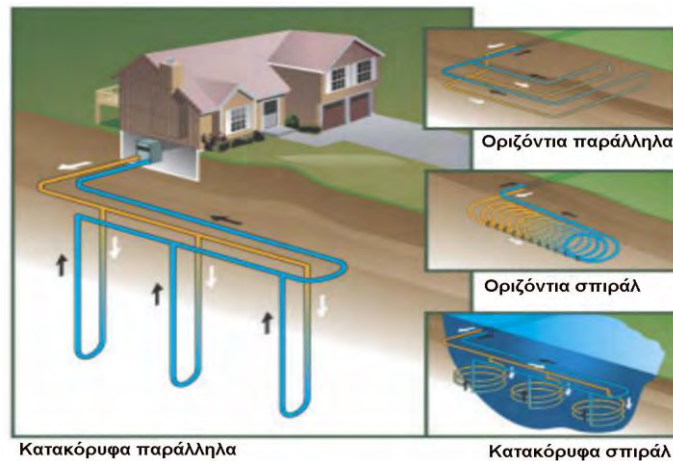
Τα συστήματα κλειστού τύπου διακρίνονται σε:

α) οριζόντια όπου ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1,0-2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5-0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας μέγιστου μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας.

β) κατακόρυφα όπου ο κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και σε περιοχές με αδυναμία πρόσληψης νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα. Η διάμετρος της κάθε γεώτρησης είναι 6-8” και το βάθος τους κυμαίνεται μεταξύ 60 –120m. Η απόσταση μεταξύ των κάθετων γεωτρήσεων, προτείνεται να είναι μεγαλύτερη των 6m για την αποφυγή τοπικού θερμικού κορεσμού του υπεδάφους.



Σχήμα 14: γεωθερμία κλειστού τύπου με οριζόντιο γεωεναλλάκτη



Σχήμα 15: Τύποι γεωθερμίας κλειστού τύπου

2.9.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Γεωθερμίας

Πλεονεκτήματα:

- Με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας, δεν απαιτείται καμία καύση ορυκτών καυσίμων
- Σε αντίθεση με την ηλιακή και αιολική ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια είναι πάντα διαθέσιμη, 365 ημέρες το χρόνο
- Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα σημερινά γεωθερμικά πεδία παράγουν ελάχιστο CO₂ σε σύγκριση με άλλα συστήματα παραγωγής ενέργειας .
- Η θερμότητα που παράγεται από γεωθερμικά ρευστά είναι σημαντικά φτηνότερη από εκείνη που παράγεται από την καύση πετρελαίου θέρμανση, ακόμη και από εκείνη που παράγεται από την καύση φυσικού αερίου.
- Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας καταναλώνουν τουλάχιστον κατά 30% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα αερόψυκτα συστήματα.

Μειονεκτήματα:

- Εμφανίζονται προβλήματα διάβρωσης και δημιουργίας αποθέσεων, κυρίως στις σωληνώσεις μεταφοράς ρευστών.
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης εξοπλισμού.
- Οι περισσότεροι προμηθευτές των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης-κλιματισμού δεν ενδιαφέρονται να ασχοληθούν με συστήματα τα οποία είναι αρκετά σύγχρονα και σύνθετα απαιτούν αρκετή μελέτη και νέα εκπαίδευση.
- Υπάρχουν πολύ λίγες εξειδικευμένες εταιρείες και έμπειρο προσωπικό για διάνοιξη γεωτρήσεων και κατασκευή κατακόρυφων εναλλακτών εδάφους, με αποτέλεσμα το κόστος να είναι πολύ μεγάλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

3.1 Εισαγωγή

Η ευεξία που αισθάνεται ένας άνθρωπος όντας μέσα σε ένα κτηριακό περιβάλλον εξαρτάται τόσο από υποκειμενικούς παράγοντες, όσο και από την ποιότητα του περιβάλλοντος αυτού. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού κτηριακού περιβάλλοντος, ως προς τον άνθρωπο είναι το κατά πόσο καλύπτονται οι θερμικές ανάγκες του χώρου έτσι ώστε να δημιουργηθεί θερμική άνεση.

Οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου και γενικότερα ενός κτιρίου είναι το ποσό θερμότητας που πρέπει να ληφθεί ως βάση για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης θέρμανσης. Οι θερμικές ανάγκες είναι ιδιότητα του χώρου ή του κτιρίου και είναι ανεξάρτητες από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής των τοίχων, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων από τον αερισμό και από άλλους παράγοντες.

Είναι γνωστό ότι ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλείται συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο και πως οι θερμικές απώλειες δεν νοούνται μόνο για την απώλεια της θερμότητας ενός χώρου το χειμώνα αλλά και της δροσιάς το καλοκαίρι, όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι θερμότερος. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό είναι κατορθωτό μόνο όταν υπάρχει έλεγχος των θερμικών απωλειών και ο σημαντικότερος τρόπος για την μείωση των θερμικών απωλειών είναι η θερμομόνωση.

Συνεπώς μία από τις βασικότερες παραμέτρους του σύγχρονου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι η θερμομόνωση. Με την πρόβλεψη για θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να παρεμποδίζεται η διαφυγή της θερμικής ενέργειας από ένα χώρο προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα άλλο, ψυχρότερο γειτονικό χώρο ή αντίστροφα. Συγχρόνως δημιουργείται αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Προτού γίνει ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών σε ένα νέο κτίριο, πρέπει να γίνεται έλεγχος της θερμομόνωσης δηλαδή κατά πόσο το κτίριο εκπληρώνει τις απαιτήσεις του ελληνικού Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ). Η θερμική θωράκιση των κτιρίων συντελεί στη μείωση των φορτίων αυτών και κατά συνέπεια στη μείωση του μεγέθους των συσκευών παραγωγής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Παράλληλα, με τη θερμική θωράκιση μειώνονται οι απαιτήσεις για ενέργεια. Με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μειώνεται το κόστος λειτουργίας και ταυτόχρονα η εκπομπή στην ατμόσφαιρα επικίνδυνων ρύπων που συμβάλουν στη κλιματική αλλαγή και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στόχος, λοιπόν, είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη θερμική μόνωση των κτιρίων και η χρήση ενεργειακών μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας, έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας να είναι η ελάχιστη δυνατή.

3.2 Υπολογισμός Ψυκτικών και Θερμικών Φορτίων

Στην συνέχεια υπολογισμός των θερμικών αναγκών γίνεται για κάθε χώρο του κτιρίου ξεχωριστά, για να μπορεί να προσδιορισθεί το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων του κάθε χώρου. Το σύνολο των θερμικών αναγκών του κτιρίου προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών αναγκών όλων των χώρων που θερμαίνονται. Οι θερμικές και ψυκτικές ανάγκες είναι ιδιότητα του χώρου ή του κτιρίου και είναι ανεξάρτητες από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής των τοίχων, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων, από τον αερισμό και από άλλους παράγοντες.

Ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών φορτίων σχεδιασμού στα κτίρια είναι απαραίτητος για τον καθορισμό της εγκατεστημένης ισχύος των συσκευών θέρμανσης και ψύξης (κεντρικών και τοπικών).

Τα ψυκτικά και θερμικά φορτία είναι απαραίτητο να υπολογίζονται, για να γίνει δυνατή η επιλογή των μηχανημάτων της εγκατάστασης κλιματισμού.

Ο υπολογισμός των φορτίων αυτών βασίζεται ως προς το επιστημονικό του μέρος, κυρίως στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας και της μεταφοράς μάζας.

Για τις κτιριακές εφαρμογές χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, οι οποίες περιλαμβάνουν απλουστευμένες μαθηματικές εξισώσεις. Αυτό σημαίνει ότι τα πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα απλουστεύονται και μόνο η επίδραση βασικών μεγεθών λαμβάνεται υπόψη.

Οι μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς ψυκτικών φορτίων είναι πάρα πολλές, συνήθως είναι δύσκολο να ορισθούν με ακρίβεια και πάντοτε σχετίζονται μεταξύ τους με πολύπλοκο τρόπο.

Οι περισσότερες συνιστώσες του ψυκτικού φορτίου μεταβάλλονται ως προς το εύρος της τιμής τους κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Επειδή αυτές οι περιοδικές μεταβολές των συνιστωσών του φορτίου συνήθως δεν είναι χρονικά και ποσοτικά ίδιες για όλες τις συνιστώσες, πρέπει να γίνεται μια ακριβής ανάλυση των παραμέτρων του φορτίου, ώστε να υπολογίζεται το μέγιστο ψυκτικό φορτίο ενός κτιρίου ή μιας ζώνης του κτιρίου με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια.

Γενικά το ψυκτικό φορτίο χώρου υπολογίζεται για κάθε χώρο ξεχωριστά. Το συνολικό ψυκτικό φορτίο κάθε χώρου υπολογίζεται από τον τύπο $Q_c = Q_L + Q_s$, όπου είναι το Q_s αισθητό φορτίο, το οποίο μεταβάλλει τη θερμοκρασία του χώρου και το Q_L είναι το λανθάνον φορτίο, το οποίο μεταβάλλει την υγρασία του χώρου.

Το φορτίο αυτό, λόγω της περιοδικής μεταβολής των παραγόντων που το επηρεάζουν, έχει διάφορες τιμές τις διάφορες ώρες της ημέρας και φυσικά μια μέγιστη τιμή, η οποία συνήθως εξαρτάται από τον προσανατολισμό του χώρου.

3.3 Ροές θερμότητας σε κλιματιζόμενους χώρους

Στη λειτουργία ενός συστήματος κλιματισμού σε ένα κλιματιζόμενο χώρο διακρίνονται τέσσερις ανεξάρτητες ροές θερμότητας, οι οποίες μεταβάλλονται με το χρόνο.

Οι ροές αυτές είναι:

- α) το θερμικό κέρδος του χώρου,
- β) το ψυκτικό φορτίο του χώρου,
- γ) ο ρυθμός αφαίρεσης της θερμότητας από το χώρο,
- δ) η ψυκτική ισχύς της κλιματιστικής συσκευής.

3.3.1 Το θερμικό κέρδος του χώρου

Το στιγμιαίο θερμικό κέρδος ενός χώρου είναι ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισέρχεται ή παράγεται σε ένα χώρο σε μία δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτή η θερμότητα εισέρχεται ή παράγεται στο χώρο με διάφορους τρόπους. Η είσοδος θερμού αέρα από το περιβάλλον στον κλιματιστικό χώρο (πέραν της ποσότητας η οποία προστίθεται στην κύρια κλιματιστική μονάδα για την ανανέωση του αέρα των χώρων), είναι αναπόφευκτη και πραγματοποιείται κατά τα ανοίγματα θυρών και

παραθύρων, όπως και από σχισμές και χαραμάδες. Όπως είπαμε και για το ψυκτικό φορτία πριν έτσι και το θερμικό κέρδος διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον.

Το αισθητό θερμικό κέρδος εισέρχεται απευθείας στο χώρο με αγωγιμότητα, συναγωγή ή ακτινοβολία.

Το λανθάνον θερμικό κέρδος δημιουργείται όταν προστίθενται στο χώρο υδρατμοί (π.χ. από την αποβολή υδρατμών από τους ανθρώπους ή τις συσκευές και από τον εισερχόμενο εξωτερικό αέρα).

Τα θερμικά κέρδη επίσης μπορούμε να έχουμε και από άλλους παράγοντες που προσδίδουν θερμότητα στον κλιματιζόμενο χώρο μας και ανάλογα με το αν βρίσκονται εκτός η εντός του χώρου τα διαχωρίζουμε σε εξωτερικά και εσωτερικά αντίστοιχα.

Τα κύρια εξωτερικά θερμικά κέρδη είναι τα εξής:

- Η άμεση και η μέσω αγωγής μεταφερόμενη ηλιακή ακτινοβολία, από ηλιοφανή παράθυρα και ανοίγματα.
- Η μεταφορά θερμότητας μέσω τοιχωμάτων, θυρών, παραθύρων λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.
- Η μεταφορά θερμότητας λόγω άμεσης προσβολής (υπερθερμάνσεως) τοιχωμάτων ή και άλλων στοιχείων του περιβλήματος του κτηρίου από την ηλιακή ακτινοβολία .
- Τα διάφορα θερμικά κέρδη τα οποία οφείλονται στην εισροή θερμού αέρα διά των ανοιγμάτων και χαραμάδων του χώρου.

Ενώ αντίστοιχα τα κύρια εσωτερικά θερμικά κέρδη που προσδίδονται σε έναν κλιματιζόμενο χώρο είναι:

- Τα Θερμικά κέρδη που παράγονται από την λειτουργία του συστήματος ηλεκτροφωτισμού (θερμές πηγές φωτός).
- Θερμικά φορτία τα οποία οφείλονται στον φυσικό μεταβολισμό των ατόμων (ή άλλων ζωντανών οργανισμών) που βρίσκονται στο χώρο .
- Θερμικά φορτία τα οποία προκαλούνται εξαιτίας της λειτουργίας θερμικών ή ηλεκτρικών ή ηλεκτρονικών συσκευών ή μηχανών, στον κλιματιζόμενο χώρο και αποβάλουν θερμότητα στον χώρο.
- Τα διάφορα θερμικά φορτία τα οποία δημιουργούνται από άτομα ή μηχανές λόγω δραστηριοτήτων ή διαδικασιών παραγωγής έργου.

Η ακριβής εκτίμηση όλων των παραπάνω παραγόντων είναι πρακτικά αδύνατη γιατί όπως προαναφέρθηκε εξαρτάται από πολλούς μεταβλητούς παράγοντες, π.χ. η παρουσία των εργαζομένων στο χώρο καθώς και η ένταση της εργασίας κατά τις

κρίσιμες ώρες που εμφανίζει αιχμή το θερμικό φορτίο είναι δύσκολο να εκτιμηθούν με μεγάλη αξιοπιστία έως αδύνατο.

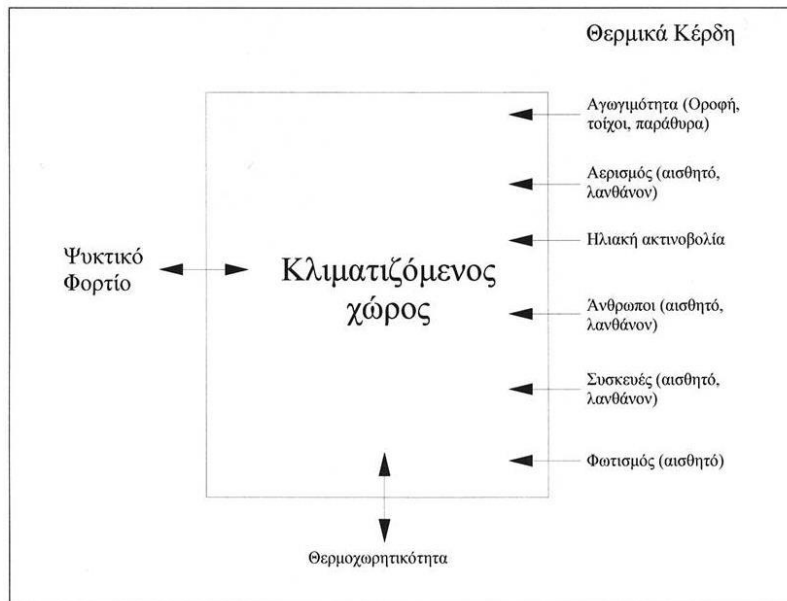
3.3.2 Το ψυκτικό φορτίο του χώρου

Το ψυκτικό φορτίο ενός χώρου είναι ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα πρέπει να αφαιρεθεί από τον χώρο, για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του. Όσον αφορά το ψυκτικό φορτίο χώρου αναλύθηκε αρκετά στις προηγούμενες παραγράφους και κεφάλαια. Ένα επιπλέον παράγοντας όμως που πρέπει να προστεθεί είναι ότι το συνολικό άθροισμα όλων των στιγμιαίων θερμικών κερδών σε ένα χώρο δεν είναι απαραίτητα ίσο με το ψυκτικό φορτίο του χώρου, για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμότητα η οποία προστίθεται στο χώρο με την μορφή θερμικής ακτινοβολίας δεν μετατρέπεται αμέσως σε ψυκτικό φορτίο. Η ακτινοβολία πρέπει πρώτα να απορροφηθεί από τις επιφάνειες που περιβάλλουν το χώρο (τοιίχους, δάπεδα, οροφές).

Από τη στιγμή που οι επιφάνειες αυτές γίνουν θερμότερες από τη θερμοκρασία του χώρου, ένα μέρος της θερμότητας μεταφέρεται με συναγωγή στον αέρα του χώρου. Συνεπώς πολύ μεγάλο ρόλο παίζει η θερμοχωρητικότητα των υλικών που περιβάλλουν το χώρο και καθορίζουν το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα υπό μορφή ακτινοβολίας θα απορροφηθεί και στη συνέχεια θα αποδοθεί ως ψυκτικό φορτίο.

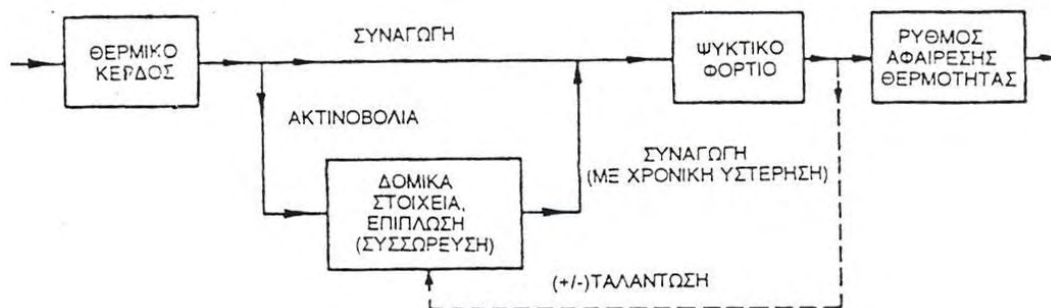
Το φαινόμενο αυτό της θερμικής αποθήκευσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη διάκριση ανάμεσα στο στιγμιαίο θερμικό κέρδος και στο ψυκτικό φορτίο ενός χώρου για μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η πρόβλεψη της φύσης και του εύρους αυτού του φαινομένου καθορίζει σε σημαντικό βαθμό και την ακρίβεια μιας μεθόδου υπολογισμού ψυκτικών φορτίων σε κτίρια.



Σχήμα 16: Θερμικό κέρδος –θερμοχωρητικότητα-ψυκτικό φορτίο

3.3.3 Ο ρυθμός αφαίρεσης της θερμότητας από το χώρο

Ο ρυθμός με τον οποίο αφαιρείται η θερμότητα από ένα χώρο είναι ίσος με το ψυκτικό φορτίο του χώρου μόνον όταν η θερμοκρασία του χώρου διατηρείται σταθερή. Σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας όμως η ψυκτική συσκευή λειτουργεί περιοδικά και το σύστημα ελέγχου συνήθως επιτρέπει μια μικρή διακύμανση της θερμοκρασίας του χώρου.



Σχήμα 17: Στιγμαίο θερμικό κέρδος, ψυκτικό φορτίο και ρυθμός αφαίρεσης θερμότητας σε ένα χώρο.

3.3.4 Η ψυκτική ισχύς της κλιματιστικής συσκευής

Για να έχουμε τον επιθυμητό κλιματισμό του χώρου, με βάση όσα αναφέρθηκαν και σε προηγούμενες παραγράφους, θα πρέπει η ισχύς του ψυκτικού στοιχείου της συσκευής η οποία κλιματίζει έναν ή περισσότερους χώρους πρέπει να είναι ίση με το άθροισμα όλων των στιγμιαίων ψυκτικών φορτίων των συγκεκριμένων χώρων συν όλα τα εξωτερικά φορτία. Επίσης ένας ακόμα παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται είναι τα εξωτερικά φορτία. Τα εξωτερικά φορτία περιλαμβάνουν συνήθως την ηλιακή ακτινοβολία και την θερμότητα και τους υδρατμούς, που εισέρχονται στο χώρο με τον εξωτερικό αέρα αερισμού

Για την εκλογή μιας συσκευής ψύξης είναι απαραίτητο να γίνεται διάκριση ανάμεσα στο αισθητό και στο λανθάνον ψυκτικό φορτίο.

Όσον αφορά την επιλογή της κλιματιστικής συσκευής, κάθε συσκευή έχει μια μέγιστη ικανότητα αφαίρεσης αισθητού φορτίου και αντίστοιχα μία μέγιστη ικανότητα αφαίρεσης λανθάνοντος φορτίου για συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας.

Συνεπώς για να διατηρηθεί το περιεχόμενο σε υγρασία ενός χώρου πρέπει ένα ποσό των υδρατμών να υγροποιείται από την συσκευή ψύξης του χώρου, και μάλιστα σε ρυθμό ίδιο με τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται.

3.4 Μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων

Η διαδικασία υπολογισμού των ψυκτικών αλλά και των θερμικών φορτίων, αποτελεί την αφετηρία επιτυχίας ή αποτυχίας μιας εγκατάστασης. Οι μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων σχεδιασμού, έχουν κατά κανόνα ως κύριο στόχο τους τον εντοπισμό των μέγιστων φορτίων για την διαστασιολόγηση των μηχανημάτων ψύξης.

Θέλοντας λοιπόν να πετύχουμε αυτήν την διαστασιολόγηση λαμβάνονται υπόψη συνήθως οι ακραίες συνθήκες λειτουργίας στις οποίες πρέπει να ανταποκριθούν οι συσκευές που πρόκειται να επιλεγούν, ώστε να ικανοποιήσουν μέσα σε ορισμένα όρια ανοχών τις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης. Αυτός ο τρόπος προσέγγισης για τον υπολογισμό των φορτίων, όμως, έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές την υπερδιαστασιολόγηση των μηχανημάτων ψύξης και τη συνεχή λειτουργία του συστήματος αυτοματισμών για την προσαρμογή των μηχανημάτων στη ζήτηση σαν να επρόκειτο για ενδιάμεσες εποχές.

Ο κυριότερος στόχος των διαφόρων μεθόδων που χρησιμοποιούνται είναι η επαρκής κάλυψη των αναγκών του συστήματος σε φορτία αιχμής. Η αξία όμως μιας μεθόδου εντοπίζεται περισσότερο στην πληρότητά της από πλευράς αντιμετώπισης των διαφόρων παραγόντων που επιδρούν στα φορτία και λιγότερο από το εάν είναι σε θέση να προσδιορίσει (συνήθως με μεγάλους συντελεστές ασφαλείας) το προβλεπόμενο φορτίο.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον σωστό προσδιορισμό των φορτίων είναι προφανώς και η εμπειρία του μηχανικού, ο οποίος πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμήσει τους διάφορους παράγοντες με τέτοιο τρόπο, ώστε ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων να μην οδηγήσει σε μια εγκατάσταση υπέρδιαστασιολογημένη και ακόμα χειρότερα υποδιαστασιολογημένη.

Το σημαντικότερο λοιπόν όλων, ανεξαρτήτως ποια μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί, είναι να γίνει ένας ορθός υπολογισμός φορτίων (χωρίς την εισαγωγή βαθμών ασφαλείας σε διάφορα επίπεδα) έτσι ώστε να γίνει σωστή διαστασιολόγηση και να οδηγήσει σε ομαλή λειτουργία του συστήματος κλιματισμού.

Όσο ορθός και να είναι ένας υπολογισμός, όμως, είναι αδύνατο να είναι και απόλυτα ακριβής λόγω κυρίως των παρακάτω αστάθμητων παραγόντων:

- της απρόβλεπτης συμπεριφοράς των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου,
- των αστοχιών της κατασκευής,
- της αβεβαιότητας στον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργεί το κτίριο.

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:

- I. η μέθοδος TETD (Total Equivalent Temperature Differential Method) της ASHRAE
- II. η μέθοδος TFM (Transfer Function Method) της ASHRAE
- III. η μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor) της ASHRAE
- IV. η μέθοδος HB (Heat Balance) της ASHRAE
- V. η μέθοδος RTS (Radiant Time Series) της ASHRAE

3.5 Η μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE

Η μέθοδος CLTD/CLF της ASHRAE είναι μία μέθοδος η οποία προσαρμόστηκε στις εκάστοτε αντιλήψεις της σύγχρονης πρακτικής και ανταποκρίνεται στη μεγάλη ποικιλία κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στις ΗΠΑ. Μέσα από την εφαρμογή της όμως αποδείχθηκε ότι δίνει πάρα πολύ καλά αποτελέσματα σε όλο το εύρος των κλιματικών συνθηκών που μπορεί να επικρατούν στα διάφορα σημεία του κόσμου και έτσι έχει καταστεί σαν μία πολύ καλή μέθοδο παγκόσμιας εφαρμογής .

Το λογισμικό το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, είναι το Hourly Analysis Program της εταιρείας Carrier και κάνει χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου. Γενικά όλες οι μέθοδοι υπολογισμού των ψυκτικών και θερμικών φορτίων έχουν την ίδια δομή όσον αφορά τους υπολογισμούς των φορτίων κλιματισμού. Η δομή αυτή είναι:

α) Υπολογισμός των εξωτερικών φορτίων.

β) Υπολογισμός των εσωτερικών φορτίων.

γ) 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
- Άτομα
- Διάφορες συσκευές
- Ηλεκτροκινητήρες
- Αερισμός

3.5.1 Εξωτερικές οροφές

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου μέσα από μία εξωτερική οροφή δίνονται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{ορ} = K_{ορ} \cdot A_{ορ} \cdot CLTD_{corr}$$

όπου:

$K_{ορ}$ είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής οροφής [W/m²K]

$A_{ορ}$ είναι το εμβαδόν της επιφάνειας της εξωτερικής οροφής [m²]

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

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

α. Υπάρχουν 13 τύποι οροφών, οι οποίοι δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Σε κάθε τύπο οροφής δίνεται η μάζα της σε [kg/m²] και η θερμοπερατότητα της σε [W/m²K]

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 τον πίνακα, για τη συγκεκριμένη κατηγορία οροφής και για την ώρα (ηλιακή) που θέλουμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο, επιλέγουμε την $CLTD$ (στον πίνακα γίνεται διάκριση ανάμεσα σε οροφές χωρίς ψευδοροφή και σε οροφές με ψευδοροφή).

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

- Σκουρόχρωμη επίπεδη εξωτερική οροφή
- Εσωτερική θερμοκρασία χώρου $t_i = 25.5^{\circ}\text{C}$
- Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία $t_{amax} = 35^{\circ}\text{C}$ με μέση εξωτερική θερμοκρασία $t_m = 29.4^{\circ}\text{C}$ και ημερήσια διακύμανση $DR = 11.2\text{K}$
- Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 40° και ημερομηνία 21 Ιουλίου

•Οροφή χωρίς ή με 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:

$$CLTD_{\text{corr}} = [(CLTD + LM) \cdot K + (25.5 - t_i) + (t_m - 29.4)] \cdot f$$

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

(25.5 -t_i) = Διόρθωση για θερμοκρασία χώρου διαφορετική από t_i= 25.5°C

(t_m-29.4) = Διόρθωση για μέση θερμοκρασία εξωτερικού αέρα διαφορετική από t_m= 29.4°C

f= Συντελεστής που εξαρτάται από το αν υπάρχουν ανεμιστήρες η 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:

$$t_m = t_{\text{amax}} - \frac{DR}{2}$$

όπου:

DR= η ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας

t_{amax}= η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [°C]

3.5.2 Εξωτερικοί τοίχοι (τοιχοποιίες –δοκοί –υποστυλώματα)

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

$$\dot{q}_T = K_T \cdot A_T \cdot CLTD_{corr}$$

όπου:

K_T είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου [W/m^2K]

A_T είναι το εμβαδόν της επιφάνειας του εξωτερικού τοίχου [m^2]

$CLTD_{corr}$ είναι 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 στους 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.

Στον πίνακα δίνονται επίσης η μάζα σε [kg/m^2] και η θερμοπερατότητα σε [W/m^2K] για κάθε τοίχο.

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 $t_i = 25.5^\circ C$

- 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 από τις παραπάνω, πρέπει να κάνουμε τις ακόλουθες διορθώσεις:

$$CLTD_{\text{corr}} = [(CLTD + LM) \cdot K + (25.5 - t_i) + (t_m - 29.4)]$$

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 σκουρόχρωμο τοίχο ή τοίχο σε βιομηχανικές περιοχές
 - K = 0.83 για μόνιμα ενδιάμεσου χρώματος τοίχους
 - K = 0.63 για μόνιμα ανοιχτόχρωμους τοίχους
- (25.5 - t_i) = Διόρθωση για θερμοκρασία χώρου διαφορετική από $t_i = 25.5^{\circ}\text{C}$
- ($t_m - 29.4$) = Διόρθωση για μέση θερμοκρασία εξωτερικού αέρα διαφορετική από $t_m = 29.4^{\circ}\text{C}$

3.5.3 Εξωτερικά παράθυρα

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

- α) ψυκτικό φορτίο από αγωγιμότητα
- β) ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

Το Ψυκτικό φορτίο από αγωγιμότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\dot{q}_{\text{π}} = K_{\text{π}} \cdot A_{\text{π}} \cdot CLTD_{\text{corr}}$$

όπου:

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

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

$CLTD_{corr}$ = η διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (Corrected Cooling Load Temperature Difference) [K] όπου το $CLTD_{corr}$ υπολογίζεται από την σχέση:

$$CLTD_{corr} = CLTD + (25.5 - t_i) + (t_m - 29.4)$$

Ενώ Ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\dot{q}_{\eta\lambda} = A_{\pi} \cdot SC \cdot SHGF \cdot CLF$$

όπου:

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

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

SHGF = το μέγιστο θερμικό ηλιακό κέρδος σε [W/m^2]. Δίνεται 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 (Cooling Load Factor) που μετατρέπει το θερμικό ηλιακό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο για μια συγκεκριμένη ώρα.

3.5.4 Εσωτερικά δομικά στοιχεία

Τα εσωτερικά δομικά στοιχεία είναι τα στοιχεία εκείνα που βρίσκονται σε επαφή με χώρους που δεν κλιματίζονται και συνεπώς όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους υπάρχει ροή θερμότητας από αυτούς τους χώρους προς το κλιματιζόμενο 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:

$$\dot{q}_{\varepsilon\sigma} = K_{\varepsilon\sigma} \cdot A_{\varepsilon\sigma} \cdot TD$$

όπου:

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

$A_{\varepsilon\sigma}$ = 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:

$$TD = t_b - t_i$$

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 t_o κατά τη συγκεκριμένη ώρα υπολογισμού

ελαττωμένη κατά 3K.

$$t_b = t_o - 3$$

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

$$t_o = t_{amax} - \frac{DR * \text{Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας}}{100}$$

όπου:

t_{amax} = η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου [°C]

DR= η ημερήσια διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας

Ποσοστό διακύμανσης θερμοκρασίας = το ποσοστό της ημερήσιας διακύμανσης που αναλογεί σε μία συγκεκριμένη ώρα που έχει εκλεγεί.

3.5.5 Εσωτερικός Φωτισμός

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

$$\dot{q}_{\text{φωτ}} = \text{Συνολική ισχύς φωτιστικών} * \text{συντελεστής χρήσης} * \text{ειδ. συντελεστής} * \text{CLF}$$

- Η ισχύς των φωτιστικών αναγράφεται σ' αυτά και δίνεται σε [W]. Όταν δεν είναι γνωστή η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, γίνεται μία εκτίμηση σε [W/m²επιφάνειας 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 φωτιστικό π.χ. 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 “b” 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. Ο συντελεστής “b” παίρνει τις ενδεικτικές τιμές A, B, C και D.
- Το ψυκτικό φορτίο και η θερμική ισχύς των φωτιστικών γίνονται ίσα (CLF= 1) αν τα φώτα ανάβουν για μεγάλο χρονικό διάστημα (πάνω από 16 ώρες).
- Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος, η τιμή του συντελεστή CLF= 1.

3.5.6 Άτομα

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους, που ζουν ή εργάζονται μέσα σε αυτόν, διακρίνονται σε:

A) Αισθητά ψυκτικά φορτία, τα οποία είναι φορτία τα οποία δεν μετατρέπονται άμεσα σε ψυκτικό φορτίο

B) Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία, τα οποία σε αντίθεση με τα αισθητά, λαμβάνονται σαν φορτία από ανθρώπους που μπορούν να θεωρηθούν ως στιγμιαία ψυκτικά φορτία.

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους υπολογίζεται:

$$\dot{q}_{αν,αισθ} = NP \cdot SenHG \cdot CLF$$

όπου:

NP = ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκεται στο χώρο

SensHG = το αισθητό φορτίο κάθε ατόμου, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του χώρου και από την εργασία που εκτελεί το άτομο

CLF = ο συντελεστής ψυκτικού φορτίου, που μετατρέπει το θερμικό κέρδος από ακτινοβολία σε ψυκτικό φορτίο, και οι τιμές του προϋποθέτουν η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου να είναι σταθερή όλο το 24ωρο.

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.

Επίσης εάν υπάρχει μεγάλη πυκνότητα μεταξύ των ατόμων όπως π.χ. στα θέατρα, όπου η ακτινοβολία προς τους τοίχους ελαττώνεται, τότε πάλι ο CLF= 1.

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

$$\dot{Q}_{αν, λαν} = NP \cdot LatHG$$

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 από τη σχετική υγρασία του χώρου.

3.5.7 Διάφορες συσκευές

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

A. Αισθητά ψυκτικά φορτία

B. Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Αισθητό ψυκτικό φορτίο δημιουργούν όλες οι συσκευές.

Λανθάνον ψυκτικό φορτίο δημιουργείται όταν υπάρχει παραγωγή υδρατμών (π.χ. ηλ. μαγειρεία, πλυντήρια, μηχανήματα παρασκευής καφέ κ.ά.).

Επίσης ένα σημαντικό τμήμα του αισθητού θερμικού κέρδους προέρχεται από ακτινοβολία.

Το στιγμιαίο αισθητό ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από:

$$\dot{q}_{\text{συσ,αισθ}} = \text{HEATGAIN}_{\text{Sen}} \cdot \text{CLF}$$

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.

B. Το στιγμιαίο λανθάνον ψυκτικό φορτίο από συσκευές δίνεται από :

$$\dot{q}_{\text{συσ,λαν}} = \text{HEATGAIN}_{\text{Lat}}$$

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 $\text{CLF} = 1$.

3.5.8 Αερισμός Κτιρίου

Ο αερισμός ενός κτιρίου είναι απαραίτητος για την αραίωση των αέριων ρύπων και για την παροχή του απαραίτητου οξυγόνου της αναπνοής που χρειάζεται ο άνθρωπος. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση του εξωτερικού αέρα. Ο φρέσκος εξωτερικός αέρας εισέρχεται ή με φυσικά μέσα (μέσα από αρμούς, άνοιγμα παραθύρων) ή με μηχανικά μέσα (εξαεριστήρας ή μέσω του συστήματος κλιματισμού).

Το ψυκτικό φορτίο που προέρχεται από τον αέρα αερισμού ενός χώρου διακρίνεται σε:

A. Αισθητό ψυκτικό φορτίο

B. Λανθάνον ψυκτικό φορτίο

Ο φρέσκος εξωτερικός αέρας δεν παραλαμβάνει ψυκτικά φορτία. Εισέρχεται με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και πρέπει να μετατραπεί σε συνθήκες του κλιματιζόμενου χώρου. Οπότε για να φέρουμε τον εξωτερικό αέρα στην επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου απαιτούνται κάποια φορτία. Αυτά είναι:

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 του αέρα από την υγρασία του περιβάλλοντος στην υγρασία του κλιματιζόμενου χώρου.

Το αισθητό ψυκτικό φορτίο δίνεται από τη σχέση:

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

Το λανθάνον ψυκτικό φορτίο 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:

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

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

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

V_a = η παροχή του νωπού εξωτερικού αέρα, (l/s)

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

t_a = η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα, (°C)

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

W_a = 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_a = η ενθαλπία του εξωτερικού αέρα (kJ/kg)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ H.A.P.

4.1 Το λογισμικό Hourly Analysis Program (HAP 5.0)

Το πρόγραμμα Ωριαίας Ανάλυσης της Carrier (**HAP**) είναι ένα λογισμικό της εταιρείας Carrier που βοηθά τους μηχανικούς στο σχεδιασμό συστημάτων κλιματισμού σε σύγχρονα κτίρια και εμπορικές εγκαταστάσεις. Όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά στον οδηγό αναφοράς είναι ένα λογισμικό που παρέχει δυο υπηρεσίες σε ένα πρόγραμμα.

Αρχικά είναι ένα εργαλείο για την εκτίμηση των ψυκτικών αλλά και των θερμικών φορτίων που απαιτούνται αλλά και για τον σχεδιασμό των κλιματιστικών συστημάτων. Επίσης είναι ένα λογισμικό το οποίο προσομοιώνει την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτηρίου αλλά ταυτόχρονα υπολογίζει τα ενεργειακά του κόστη. Δεδομένης της ενεργειακής προσομοίωσης που παρέχει, το **HAP** αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον ενεργειακό σχεδιασμό και την αξιολόγηση κατά LEED® και KENAK.

Το HAP χρησιμοποιεί τη μέθοδο μετάδοσης θερμότητας κατά ASHRAE για τον υπολογισμό των φορτίων και λεπτομερή προσομοίωση 8.760 ωρών για την ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς και κατανάλωσης.

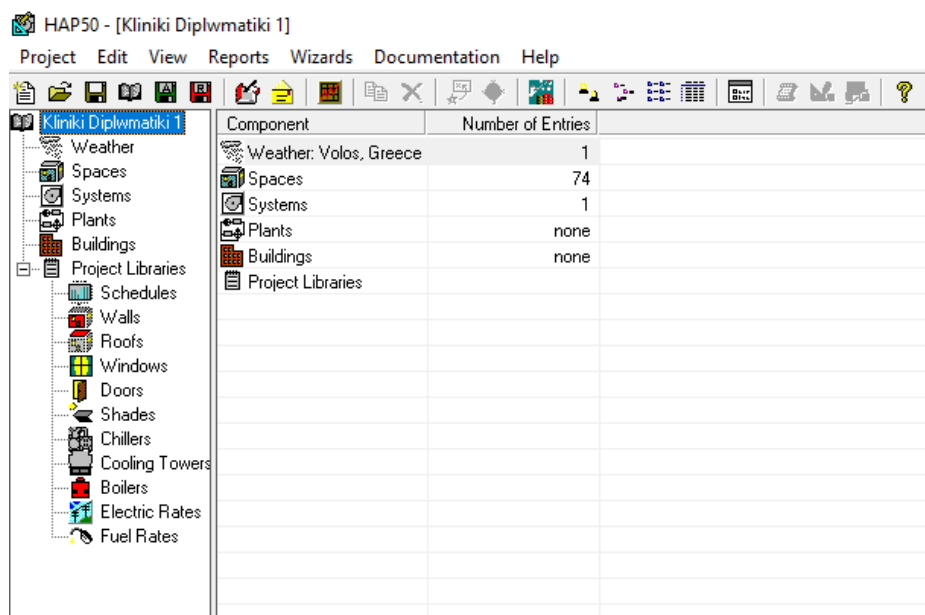
Το **HAP** απευθύνεται σε μηχανικούς σχεδιασμού και κατασκευής κτιριακών εγκαταστάσεων, μελετητές, εργολάβους και άλλους επαγγελματίες, που ασχολούνται με τον κλιματισμό κτιρίων και εμπορικών εφαρμογών.

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.

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.)

Συνεπώς μέσα από το πρόγραμμα HAP παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες να προσδιορίσουν το επιθυμητό κλιματιστικό σύστημα για ένα κτήριο και στην συνέχεια να γίνει χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, να γίνει ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος ή συμπαραγωγής ενέργειας και να μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα σχετικά με το εάν είναι οικονομικά σκόπιμο και ωφέλιμο να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο σύστημα που μελετάται στο κτήριο. Με αυτό τον τρόπο, το HAP αποτελεί ένα γρήγορο, φιλικό προς το χρήστη και χαμηλό σε κόστος μέσο να αντιληφθεί ο μελετητής την βιωσιμότητα και το επιχειρηματικό ρίσκο ενός προσχεδιασμένου έργου μέσω της ενεργειακής ανάλυσης του.

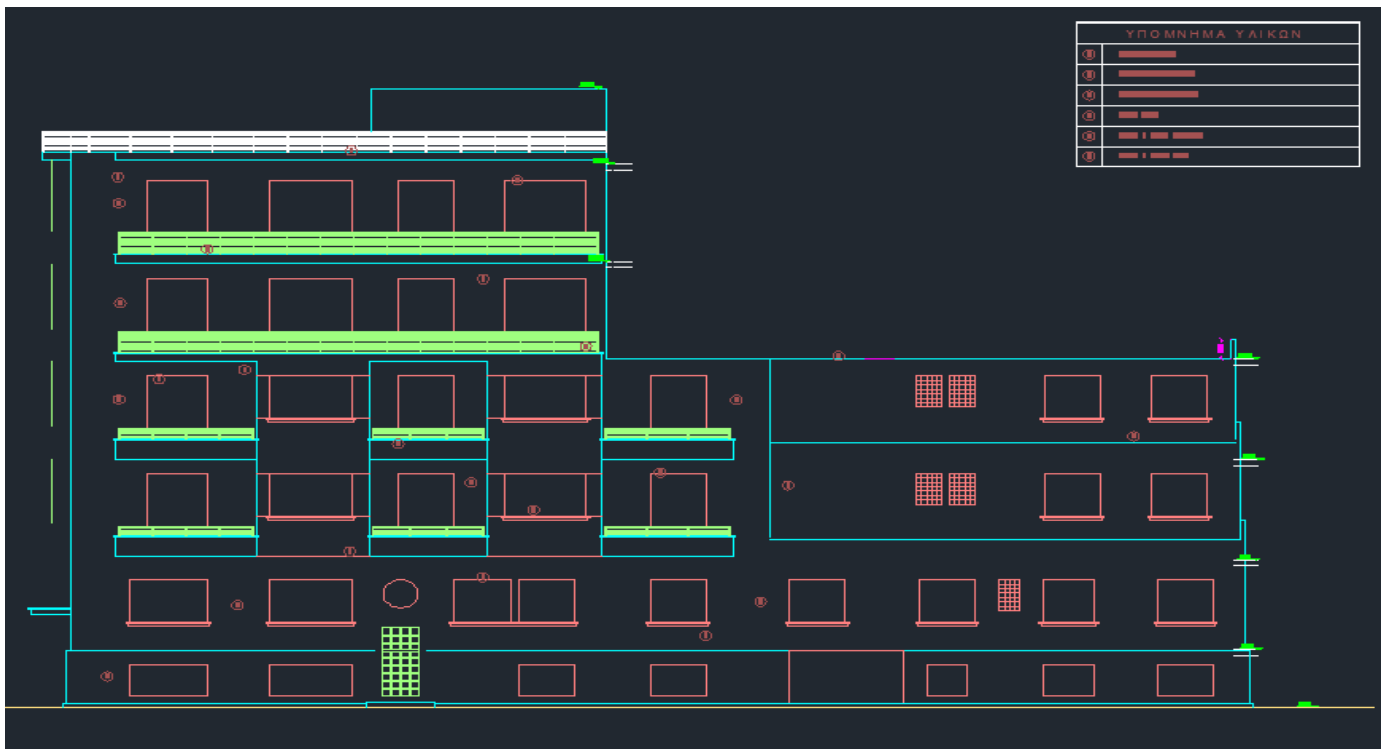
Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα διεξαχθεί μελέτη σε κτίριο κλινικής το οποίο βρίσκεται στην πόλη του Βόλου. Το κτήριο αποτελείται από πέντε ορόφους και συνολικής έκτασης 955m². Η ενεργειακή ανάλυση θα διεξαχθεί με την χρήση του υπολογιστικού προγράμματος HAP το οποίο παρουσιάστηκε παραπάνω. Ακολουθεί ενότητα στην οποία περιγράφονται εκτενώς τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κτιρίου στο οποίο διεξήχθη η μελέτη καθώς και εικόνες από το περιβάλλον του λογισμικού καθώς και δεδομένα που χρειάζεται το πρόγραμμα.



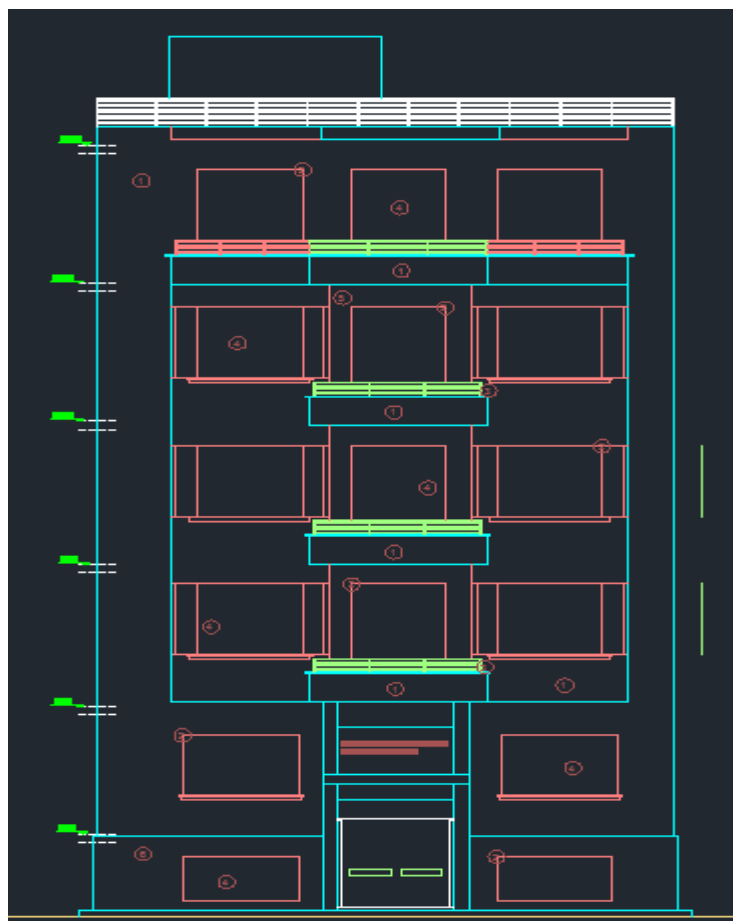
Σχήμα 18: Περιβάλλον του λογισμικού H.A.P.

4.2 Αρχιτεκτονικά Σχέδια Κτιρίου

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει μία παρουσίαση των αρχιτεκτονικών σχεδίου του κτηρίου. Στην μία εικόνα παρουσιάζεται η πλάγια όψη του κτιρίου ενώ στην δεύτερη εικόνα η πρόσοψη.



Σχήμα 19: Πλάγια όψη του κτιρίου



Σχήμα 20: Πρόσοψη κτιρίου

4.3 Ενότητες του λογισμικού HAP

Όπως φαίνεται και παραπάνω στην εικόνα σχετικά με το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού HAP. Υπάρχουν κάποιες ενότητες δεδομένων που πρέπει να συμπληρωθούν στο λογισμικό έτσι ώστε να μπορεί να κάνει όλους τους υπολογισμούς που χρειάζονται να μας παρέχει δεδομένα σχετικά με τα κλιματιστικά συστήματα που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για το κτήριο μας. Οι ενότητες αυτές του λογισμικού είναι:

- Κλιματολογικά δεδομένα – καιρός (weather)
- Χαρακτηριστικά Κτιρίου – χώροι (spaces)
- Συστήματα Κλιματισμού – συστήματα (systems)

4.3.1 Κλιματολογικά Δεδομένα

Για την εκπόνηση μελέτης ενεργειακής ανάλυσης κτιρίου, η ελληνική επικράτεια ομαδοποιείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες αναλόγως με τις βαθμομέρες θέρμανσης και κάθε νομός εντάσσεται σε μία από αυτές τις τέσσερις κλιματικές ζώνες. Σε κάθε νομό οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν. Όσον αφορά την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ. Όλα τα παραπάνω αναφέρονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ).

Παρακάτω παραθέτετε ο χάρτης της Ελλάδος όπου οι νομοί με κόκκινο χρώμα ανήκουν στην κλιματική ζώνη Α που είναι και η θερμότερη. Οι νόμοι με πράσινο ανήκουν στην κλιματική ζώνη Β, οι νομοί με κίτρινο ανήκουν στην κλιματική ζώνη Γ, ενώ αυτοί με μπλε στην Δ ζώνη που όπως αναφέραμε είναι και η ψυχρότερη.

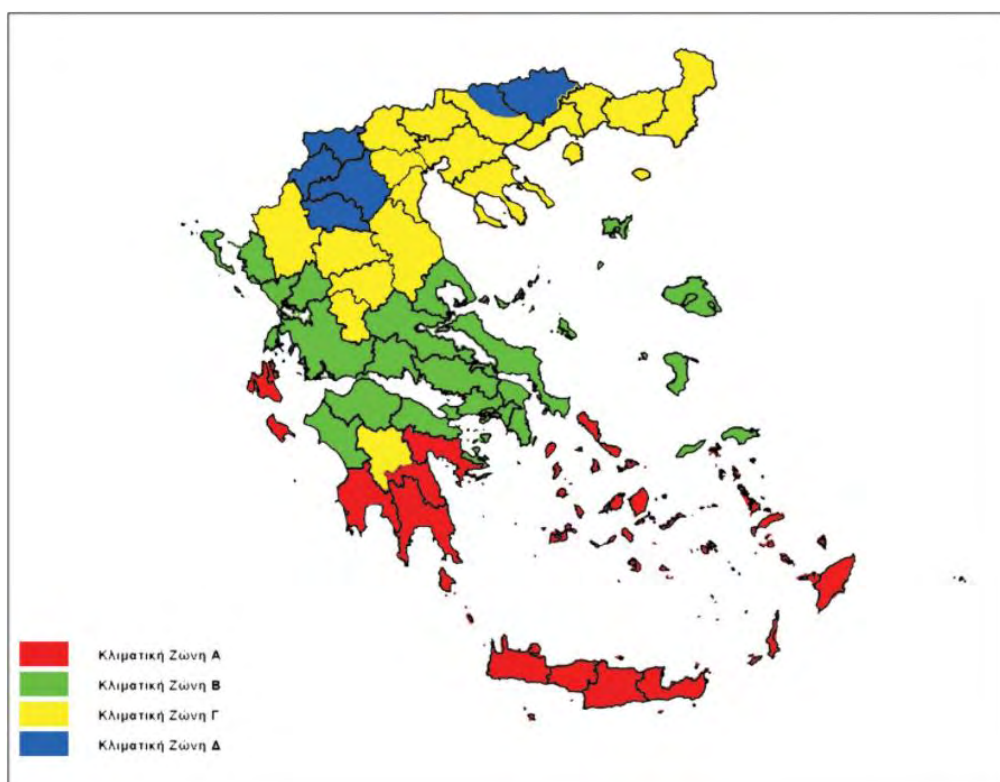
Επίσης παραθέτετε πίνακας με τους Νομούς της Ελλάδος και σε ποια κλιματική ζώνη ανήκει ο κάθε νομός.

Επίσης παρουσιάζονται πίνακες όπου αναγράφονται πληροφορίες σχετικά με τα κλιματολογικά δεδομένα του Βόλου πολλά από τα οποία περάστηκαν σαν παράμετροι στον λογισμικό HAP.

Πίνακας 1: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς

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

Σχήμα 21: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας



Πίνακας 2: Παράμετροι Σχεδιασμού για την γεωγραφική θέση του Βόλου καθώς και τα κλιματολογικά δεδομένα του

Όνομα πόλης	Βόλος
Τοποθεσία	Ελλάδα
Γεωγραφικό Πλάτος	39,2 Deg.
Γεωγραφικό Μήκος	-23,0 Deg
Υψόμετρο	5,0 m
Summer Design Dry-Bulb	33,6 °C
Summer Coincident Wet-Bulb	20,9 °C
Summer Daily Range	10,5 K
Winter Design Dry-Bulb	-2,7 °C
Winter Design Wet-Bulb	-5,1 °C
Atmospheric Τριπλό υαλοστάσιο καθαρό ness Number	1,00
Average Ground Reflectance	0,20
Soil Conductivity	1,385 W/(m K)
Local Time Zone (GMT +/- N hours)	2,0 hours
Simulation Weather Data	(EXT)
Design Cooling Μήνας	Ιανουάριος με Δεκέμβριος

Πίνακας 3: Μηνιαίο Μέγιστο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας

Μήνας	N	NE	E	SE	S	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	Mult
Ιανουάριος	63,0	63,0	63,0	253,8	494,0	645,9	766,7	799,4	800,7				
Φεβρουάριος	76,7	76,7	173,6	399,9	605,5	741,2	784,9	770,6	753,5				
Μάρτιος	91,9	94,4	302,6	540,4	686,0	754,0	739,5	674,2	641,7				
Απρίλιος	107,0	224,0	446,8	600,7	706,1	704,1	636,1	529,9	474,3				
Μάιος	117,5	319,1	523,2	644,1	691,3	653,9	543,9	408,8	342,2				
Ιούνιος	150,0	358,4	544,9	648,2	679,5	623,7	500,9	355,2	289,0				
Ιούλιος	120,3	326,2	512,9	626,5	681,7	635,2	531,2	396,0	332,1				
Αύγουστος	112,4	226,1	427,7	587,5	682,2	674,1	613,7	511,0	458,4				
Σεπτέμβριος	95,4	95,4	290,0	503,3	655,1	709,7	713,8	656,4	622,2				
Οκτώβριος	79,2	79,2	140,5	396,6	581,6	706,3	758,8	748,5	729,9				
Νοέμβριος	63,9	63,9	63,9	260,6	474,4	653,2	745,4	778,7	787,0				
Δεκέμβριος	56,9	56,9	56,9	189,9	438,0	602,6	739,4	788,6	800,4				
Μήνας	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	Mult				
Ιανουάριος	792,4	761,6	663,9	487,9	257,7	63,0	63,0	433,0	1,00				
Φεβρουάριος	771,6	784,8	736,1	603,9	415,3	145,9	76,7	578,7	1,00				
Μάρτιος	678,4	743,7	744,3	692,1	534,1	310,7	92,9	712,1	1,00				
Απρίλιος	528,5	635,6	699,7	707,2	606,9	441,4	228,2	800,7	1,00				
Μάιος	407,4	544,8	650,0	696,1	637,7	520,1	327,2	840,7	1,00				
Ιούνιος	355,1	501,0	623,4	680,0	647,3	544,7	359,1	847,4	1,00				
Ιούλιος	397,1	530,7	638,3	678,6	629,9	515,7	321,0	830,7	1,00				
Αύγουστος	511,3	613,8	675,2	682,2	586,4	429,1	225,5	786,2	1,00				
Σεπτέμβριος	650,9	704,6	722,8	639,8	508,6	293,1	95,4	688,0	1,00				
Οκτώβριος	748,8	760,9	708,4	586,4	370,2	169,0	79,2	567,1	1,00				
Νοέμβριος	787,3	752,5	640,3	481,7	258,3	63,9	63,9	429,9	1,00				
Δεκέμβριος	790,1	739,2	604,3	436,3	198,5	56,9	56,9	370,6	1,00				

4.3.2 Χαρακτηριστικά Κτηρίου

Η δεύτερη ενότητα που θα έπρεπε να συ πληρωθεί με τα σωστά δεδομένα στο HAP είναι αυτή των χαρακτηριστικών του κτηρίου. Το κτήριο αποτελείται από πολλούς διαφορετικούς χώρους και θα ένας από αυτούς τους χώρους ήταν απαραίτητο να δηλωθεί ξεχωριστά. Μαζί με την δήλωση του χώρου συμπληρώθηκαν και όλα τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζεται το λογισμικό για κάθε τέτοιο χώρο. Αυτά τα δεδομένα είναι το εμβαδόν του χώρου σε m^2 καθώς επίσης και το μέσο ύψος του χώρου.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του χώρου έγινε εισαγωγή στο λογισμικό το κέλυφος του κτηρίου. Δηλαδή οι τοίχοι του κάθε χώρου που είναι εξωτερικοί και είναι εκτεθειμένοι στις κλιματολογικές συνθήκες. Στους συγκεκριμένους τοίχους προστέθηκαν και τα τετραγωνικά του κάθε τοίχου, ο προσανατολισμός του καθώς επίσης και τα ανοίγματα που υπάρχουν πάνω σε αυτόν (παράθυρα, πόρτες) όπως επίσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του (U-value).

Για να δημιουργηθεί κάθε χώρος είχαν ήδη περαστεί δεδομένα στο λογισμικό σχετικά με το είδος του τοίχου και τα υλικά που αποτελείται έτσι ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας να είναι αυτός που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. καθώς επίσης και δεδομένα για τις πόρτες και τα παράθυρα του κάθε τοίχου το μέγεθός τους αλλά και ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων αυτών. Με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. λοιπόν οι τιμές θερμοπερατότητας που ορίστηκαν για την τοιχοποιία είναι **0.5** ενώ αυτός των ανοιγμάτων **3.0**.

Στην συνέχεια περάστηκαν στο λογισμικό παράμετροι σχετικά με τον εσωτερικό χώρο και τις απαιτήσεις ρε διάφορα φορτία που θα προκύψουν κατά την λειτουργία του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα δηλώθηκε το είδος του κτιρίου καθώς και οι απαιτήσεις του χώρου σε νωπό αέρα με βάση την χρήση του χώρου. Οι απαιτήσεις σε νωπό αέρα δόθηκαν ανάλογα την περίπτωση του χώρου είτε σαν τον απαιτούμενο νωπό αέρα για κάθε άτομο που θα χρησιμοποιεί τον χώρο (L/s/ άτομο) , είτε σαν την απαίτηση που θα υπάρχει για κάθε τετραγωνικό μέτρο του χώρου (L/s m^2).

Τα υπόλοιπα δεδομένα που ήταν απαραίτητα για το λογισμικό και αφορούν το εσωτερικό κάθε χώρου είναι τα φορτία που θα καταναλώνει ο χώρος σε φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό (W/m^2) καθώς επίσης και ο αριθμός των ατόμων που θα χρησιμοποιούν τον χώρο και τον είδος της εργασίας που θα πραγματοποιούν. Επίσης για τα περισσότερα δεδομένα ορίστηκε και χρονοδιάγραμμα με το πότε θα χρησιμοποιείται κάθε χώρος η κάθε συσκευή και σε πόσο μεγάλο βαθμό.

Για όλα αυτά τα δεδομένα που περάστηκαν στο λογισμικό οι τιμές και οι συντελεστές που δόθηκαν ήταν με βάση τις τιμές των αντίστοιχων πινάκων του

Κ.Εν.Α.Κ. που αφορούν την Β κλιματολογική ζώνη στην οποία ανήκει η πόλη του Βόλου.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται στιγμιότυπα με τον περιβάλλον του λογισμικού δεδομένα , χώρους , χρονοδιαγράμματα και ανοίγματα (πόρτες- παράθυρα) που έχουν περαστεί καθώς επίσης και τα στρώματα του τοίχους που δημιουργήθηκε για να περιγράψει το κέλυφος. Τα υλικά δεν είναι τα ακριβή μια και λόγω της παλαιότητας του κτηρίου δεν ήταν δυνατό να γνωρίζουμε τα υλικά κατασκευής, αλλά χρησιμοποιήσαμε τέτοια υλικά έτσι ώστε να πετύχουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (0.5 για την τοιχοποιία και 3 για τα ανοίγματα) έτσι ώστε να μην υπάρχουν αποκλίσεις στις τιμές που θα πάρουμε.

Wall Details

Outside Surface Color **Dark**
 Absorptivity **0.900**
 Overall U-Value **0.506** W/(m²·K)

Wall Layers Details (Inside to Outside)

Layers	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² ·K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
13mm gypsum plaster	12.700	720.8	1.34	0.05645	9.2
203mm common brick	203.200	1922.2	0.84	0.27954	390.6
RSI-1.2 board insulation	25.400	32.0	0.92	1.22299	0.8
Air space	0.000	0.0	0.00	0.16026	0.0
102mm face brick	101.600	2002.3	0.92	0.07624	203.4
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.05864	0.0
Totals	342.900	-		1.97475	604.0

Σχήμα 22: Τοιχοποιία που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω λόγω της παλαιότητας του συγκεκριμένου κτηρίου δεν ξέραμε τα ακριβή υλικά που χρησιμοποιήθηκαν οπότε χρησιμοποιήσαμε τον αντίστοιχο συντελεστή θερμοπερατότητας του Κ.Εν.Α.Κ. για την τειχοποιία στην κλιματική ζώνη Β που είναι 0.5. Όπως βλέπουμε στην από πάνω εικόνα βάση των υλικών που επιλέχθηκαν έχουμε έναν συντελεστή στο 0.506 ο οποίος είναι πάρα πολύ κοντά στο 0.5 που ορίζει ο κανονισμός.

Front 1ος οροφος

Window Details:

Detailed Input **No**
 Height **1.50** m
 Width **2.26** m
 Overall U-Value **3.000** W/(m²·K)
 Overall Shade Coefficient **0.811**

Σχήμα 23: Συντελεστής και χαρακτηριστικά ανοίγματος στον 1^ο όροφο

Κάθε άνοιγμα που υπήρχε στο κέλυφος του κτηρίου δημιουργήθηκε σαν αντικείμενο στο λογισμικό για να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή και στον ορισμό

του κελύφους του κτηρίου. Όπως παρουσιάζεται στην επάνω εικόνα υπάρχουν οι διαστάσεις ενός παραθύρου στον πρώτο όροφο καθώς επίσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας που είναι 3 όπως ακριβώς ορίζει ο κανονισμός. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα υπόλοιπα παράθυρα καθώς και για τις πόρτες που μαζί αποτελούν τα ανοίγματα του κτηρίου. Παρακάτω παρουσιάζονται στιγμιότυπα του λογισμικού όπου έχουμε ορίσει τους χώρους του κτηρίου, τα παράθυρα και τις πόρτες.

The screenshot shows the HAP50 software interface for a project named 'Kliniki Diplwmatiki Final'. The 'Spaces' tab is active, displaying a list of spaces with their respective floor areas. The interface includes a menu bar (Project, Edit, View, Reports, Wizards, Documentation, Help) and a toolbar with various icons. On the left, there is a tree view showing project components like Weather, Spaces, Systems, Plants, Buildings, Project Libraries, Schedules, Walls, Roofs, Windows, Doors, Shades, Chillers, Cooling Towers, Boilers, Electric Rates, and Fuel Rates. The main area is a table with two columns: 'Space' and 'Floor Area'.

Space	Floor Area
<New default Space>	
A01 Εξ. Ιατρεία	17.9
A02 Αναμονή/Reception	26.3
A03 Ακτινολογικό	18.7
A04 Γραφ. Διευθυντή-Η/Μ/Γ	11.3
A05 Η/Ε/Γ	7.8
A06 Γραφείο Ιατρών	13.0
A07 Μικροβιολογικό Έργασ	12.5
A08 Αποθήκη	14.1
A09 Αποθήκη Φαρμάκων	15.7
A10 Θάλαμος Νοσηλείας	11.6
A11 Αποθήκη	19.9
A12 Office-Γραφείο	11.9
A13 W.C. Εξ. Ιατρείου	3.0
A14 Διάδρομος	24.8
A15 Χώρ. Εισόδου-Υποδοχή	23.5
A16 Κεντρική Είσοδος	17.6
A17 Β' Είσοδος	9.0
B01 Θάλαμος Νοσηλείας 1	22.3
B02 Θάλαμος Νοσηλείας 2	11.9
B03 Θάλαμος Νοσηλείας 3	18.6
B04 Θάλαμος Νοσηλείας 4	12.2
B05 Θάλαμος Νοσηλείας 5	9.8
B06 Θάλαμος Νοσηλείας 6	12.9
B07 Θάλαμος Νοσηλείας 7	12.2
B08 Θάλαμος Νοσηλείας 8	19.3
B09 Θάλαμος Νοσηλείας 9	19.0
B10 Θάλαμος Νοσηλείας 10	21.1
B11 Θάλαμος Νοσηλείας 11	11.3
B12 Γραφείο Προισταμένης	11.9
B13 W.C. / D Κοινού 1	2.2
B14 W.C. / D Κοινού 2	2.2
B15 W.C. / D Κοινού 3	2.2
B16 Ντους ΑΜΕΑ	2.5
B17 Σκωραμίδες	2.5
B18 Χώρ-Διάδρομος	40.3
Γ01 Θάλαμος Νοσηλείας 3κ	24.4
Γ02 Θάλαμος Νοσηλείας 3κ	20.9
Γ03 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	15.6
Γ04 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	12.3
Γ05 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	14.0
Γ06 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	14.0
Γ07 Θάλαμος Νοσηλείας Α'	10.8
Γ08 Θάλαμος Νοσηλείας Α'	10.1

Σχήμα 24: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP όπου φαίνονται κάποιοι από τους χώρους του κτηρίου πώς έχουν οριστεί

HAP50 - [Kliniki Diplwmatiki Final]

Project Edit View Reports Wizards Documentation Help

Window	Overall U-va...	Overall Shade Coef...
<New default Window>		
Front 1os orofos	3.000	0.811
Front Left 2os-3os-4os orofos	3.000	0.811
Front mpalkonoporta 4os L	3.000	0.811
Front mpalkonoporta 4os R	3.000	0.811
Front mpalkonoporta M 1-2-3	3.000	0.811
Front mplalkonoporta 4os M	3.000	0.811
Front Right 2os-3os-4os orofos	3.000	0.811
Side 1os Type 1	3.000	0.811
Side 1os Type 3 (small)	3.000	0.811
Side 1st row 2-3	3.000	0.811
Side 1st row 4-5 orofo	3.000	0.811
Side 2nd+4th row 4-5 orofos	3.000	0.811
Side 3+5 row 2-3 orofo	3.000	0.811
Side 3rd row 4-5 orofo	3.000	0.811
Side Type 2	3.000	0.811
Side very small (grid)	3.000	0.811

Στιγμιότυπα του λογισμικού HAP όπου φαίνεται ο ορισμός των παραθύρων του κτηρίου Σχήμα 24 (πάνω) και ο ορισμός των θηρών Σχήμα 25 (κάτω).

HAP50 - [Kliniki Diplwmatiki Final]

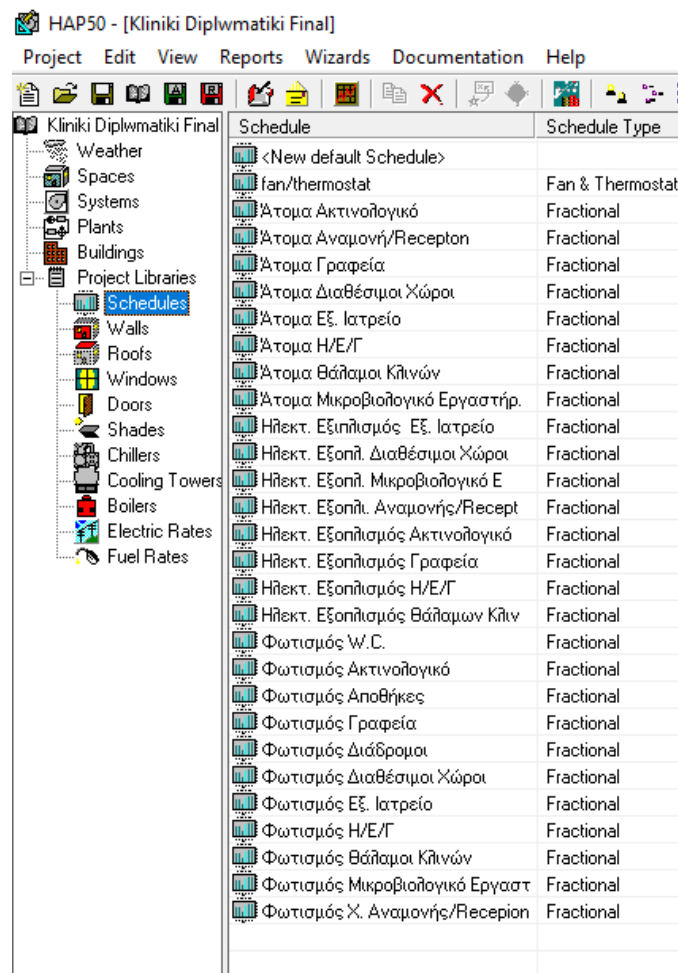
Project Edit View Reports Wizards Documentation Help

Door	Door U-value	Glass U-value
<New default Door>		
2ος όροφος έξοδος κινδύνου	3.000	3.293
3ος όροφος έξοδος κινδύνου	3.000	3.293
4ος όροφος έξοδος πυρασφάλειας	3.000	3.293
5ος όροφος έξοδος πυρασφάλειας	3.000	3.293
Β' Είσοδος Πλαγία	3.000	3.293
Κεντρική Έίσοδος	3.000	3.293

4.3.3 Χρονοδιαγράμματα

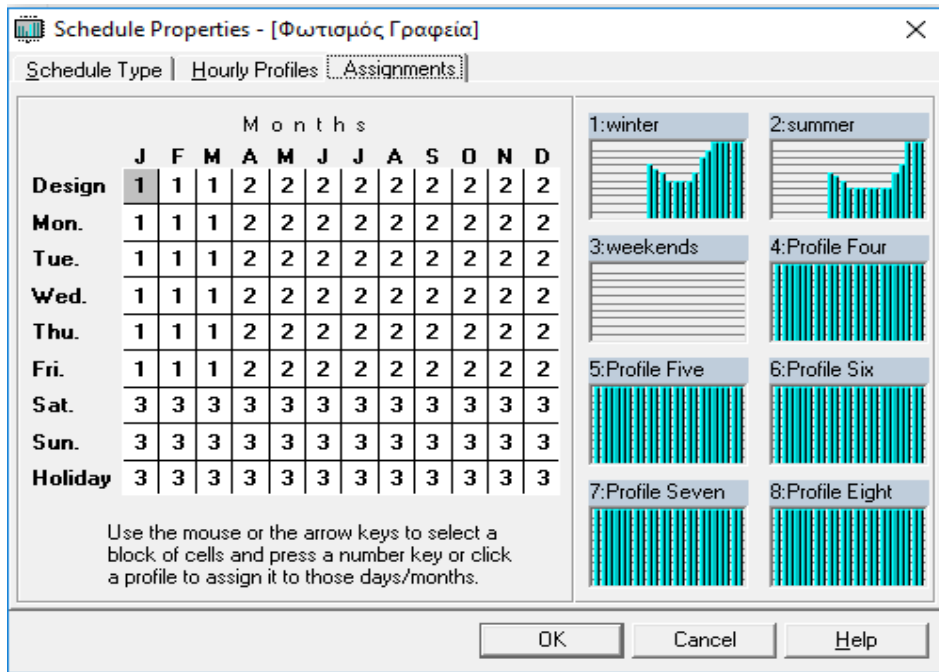
Κάτι πολύ σημαντικό στα δεδομένα του λογισμικού που πρέπει να ορίσουμε είναι να διάφορα χρονοδιαγράμματα που υπάρχουν στον κτήριο. Θα πρέπει δηλαδή να δώσουμε δεδομένα στο λογισμικό σχετικά με την ώρα και την διάρκεια που χρησιμοποιούνται αλλά και σε πόσο μεγάλο βαθμό ο φωτισμός, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός αλλά και πότε χρησιμοποιείται ένας χώρος και πότε όχι. Συνεπώς όλη αυτή η πληροφορία ορίζεται στο λογισμικό με χρονοδιαγράμματα (schedules) τα οποία δηλώνουν το πότε χρησιμοποιείται ένας χώρος από άτομα και τη χρήση γίνεται και ποιες ώρες στον φωτισμό αλλά και σε κάθε είδους εξοπλισμό που μπορεί να υπάρχει και καταναλώνει ενέργεια.

Παρακάτω παρουσιάζονται στιγμιότυπα από το λογισμικό σχετικά με τα χρονοδιαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και το πώς περιγράφουν τις ώρες και τις μέρες λειτουργίας κατά τη διάρκεια του έτους.

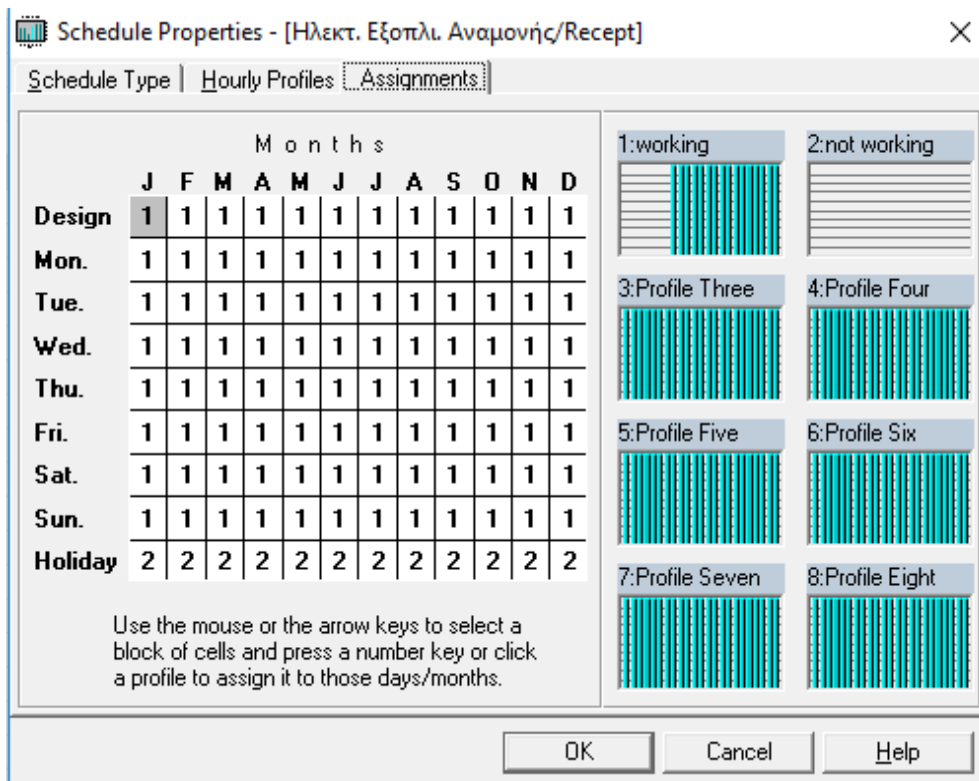


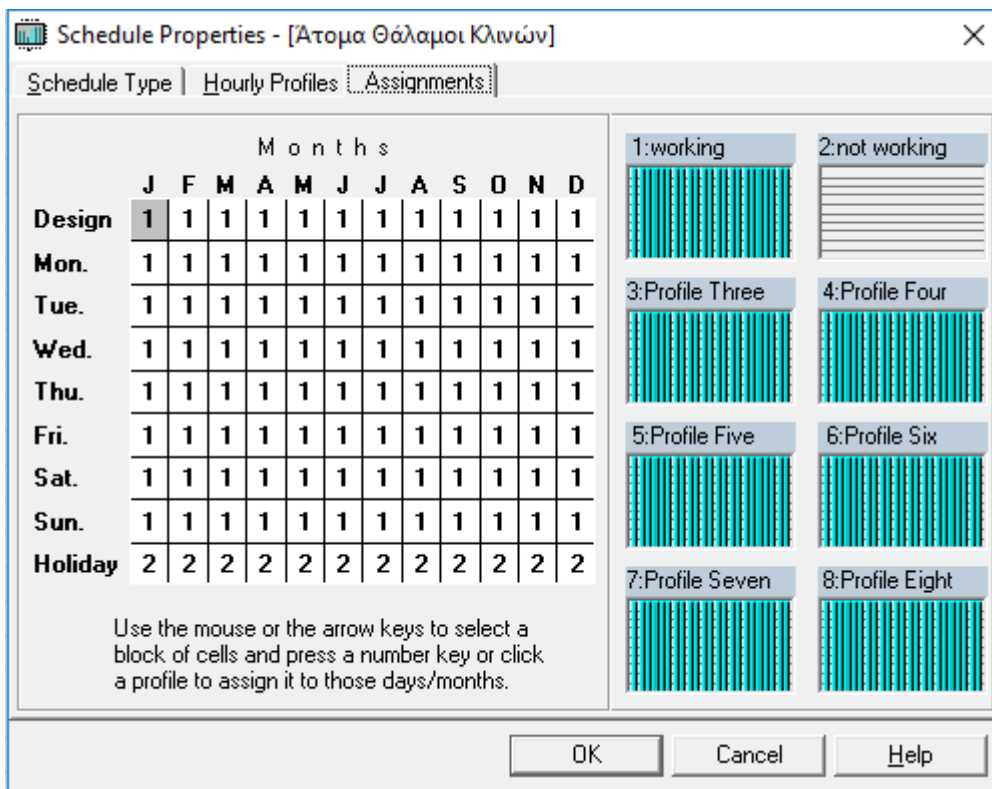
Schedule	Schedule Type
<New default Schedule>	
fan/thermostat	Fan & Thermostat
Άτομα Ακτινολογικό	Fractional
Άτομα Αναμονή/Reception	Fractional
Άτομα Γραφεία	Fractional
Άτομα Διαθέσιμοι Χώροι	Fractional
Άτομα Εξ. Ιατρείο	Fractional
Άτομα Η/Ε/Γ	Fractional
Άτομα Θάλαμοι Κλινών	Fractional
Άτομα Μικροβιολογικό Εργαστήρ.	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλισμός Εξ. Ιατρείο	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλ. Διαθέσιμοι Χώροι	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλ. Μικροβιολογικό Ε	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλ. Αναμονής/Recept	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλισμός Ακτινολογικό	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλισμός Γραφεία	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλισμός Η/Ε/Γ	Fractional
Ηλεκτ. Εξοπλισμός Θάλαμων Κλιν	Fractional
Φωτισμός W.C.	Fractional
Φωτισμός Ακτινολογικό	Fractional
Φωτισμός Αποθήκες	Fractional
Φωτισμός Γραφεία	Fractional
Φωτισμός Διάδρομοι	Fractional
Φωτισμός Διαθέσιμοι Χώροι	Fractional
Φωτισμός Εξ. Ιατρείο	Fractional
Φωτισμός Η/Ε/Γ	Fractional
Φωτισμός Θάλαμοι Κλινών	Fractional
Φωτισμός Μικροβιολογικό Εργαστ	Fractional
Φωτισμός Χ. Αναμονής/Reception	Fractional

Σχήμα 26: Χρονοδιαγράμματα (schedules) που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό



Στιγμιότυπα του λογισμικού HAP για το χρονοδιάγραμμα του φωτισμού γραφείων Σχήμα 27 (πάνω) και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό της αίθουσας αναμονής Σχήμα 28 (κάτω).





Σχήμα 29: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με χρονοδιάγραμμα της χρήσης των θαλάμων κλινών.

Όπως φαίνεται από τα στιγμιότυπα δημιουργήθηκαν διαφορετικά χρονοδιαγράμματα για κάθε είδος χώρο μιας και είναι φυσιολογικό να υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στην χρήση των χώρων. Για παράδειγμα χώροι όπως είναι οι θάλαμοι με τις κλίνες των ασθενών και η γραμματεία του κτηρίου θα χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερες ώρες από γραφεία ή ιατρεία που θα είναι σε λειτουργία μόνο τις ώρες εργασίας των ιατρών. Συνεπώς δημιουργήθηκαν διαφορετικά προφίλ για κάθε τέτοια περίπτωση. Διαφορετικά προφίλ δημιουργήθηκαν επίσης και όσον αφορά τον φωτισμό για τις δύο διαφορετικές περιόδους του χρόνου χειμερινό και καλοκαιρινό προφίλ ,μαζί με αυτό του ανενεργού χώρου. Τα δύο αυτά προφίλ δημιουργήθηκαν γιατί υπάρχει μεγάλη διαφορά , στις ώρες της μέρας που είναι απαραίτητη η χρήση φωτισμού στους χειμερινούς μήνες με τους καλοκαιρινούς μήνες.

4.4 Συστήματα Κλιματισμού

Για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου εφαρμόζονται δύο ανεξάρτητα συστήματα κλιματισμού με απώτερο σκοπό τη σύγκριση αυτών των δύο συστημάτων έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ποιο από τα δυο συστήματα ταιριάζει καλύτερα στο κτίριο μας με βάση την ενέργεια που θα καταναλώνει κάθε σύστημα για ψύξη και θέρμανση. Το πρώτο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε είναι το σύστημα κεντρικού κλιματισμού άμεσης εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV) ενώ το δεύτερο σύστημα κλιματισμού είναι αυτό με γεωθερμική αντλία θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος.

Εισάγοντας στο λογισμικό Hourly Analysis Program (H.A.P 5.0) τα δεδομένα για χαρακτηριστικά κελύφους (οροφής, παραθύρων, θυρών και τοιχοποιίας) για κάθε χώρο ξεχωριστά, καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικά με το εσωτερικό κάθε χώρου (άτομα, εξοπλισμός, φωτισμός) και επιπλέον συνυπολογίζοντας τα κλιματολογικά δεδομένα και τα χρονοδιαγράμματα των διάφορων φορτίων που υπάρχουν στον κάθε χώρο, λαμβάνουμε τις απαραίτητες πληροφορίες για να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για το εκάστοτε σύστημα.

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη ενότητα στο σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία θα πρέπει να υπάρχει ξεχωριστή μονάδα η οποία αναλαμβάνει να αναπληρώσει τον απαραίτητα νωπό αέρα που χρειάζεται κάθε χώρος του κτηρίου. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη έτσι ώστε να αναπληρωθεί το οξυγόνο και να μειωθούν τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την εκπνοή του κάθε ατόμου που υπάρχει στον χώρο. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις και ειδικότερα και κτήρια που αφορούν τον τομέα της υγείας, όπως αυτό στην παρούσα διπλωματική εργασία, είναι πολύ σημαντικό να φιλτράρεται ο νωπός αέρας που εισέρχεται στον χώρο έτσι ώστε να παρέχεται ένα πιο υγιές περιβάλλον.

Το σύστημα εξαερισμού λοιπόν, το οποίο θα αναλάβει να παρέχει νωπό αέρα στον κάθε χώρο, απαιτεί πολύ μεγάλη σημασία σε μία τέτοια μελέτη, καθώς πρόκειται για κτίριο τριτογενή τομέα (κτίριο υγείας - κλινική) το οποίο σημαίνει ότι θα χρησιμοποιείται συνεχώς από πολλά άτομα. Για τον αερισμό του κτιρίου λοιπόν και στις δύο περιπτώσεις συστημάτων έγινε χρήση εξωτερικής κεντρικής μονάδας (D.O.A.S) σύμφωνα πάντα με τα πρότυπα του KENAK έτσι ώστε να παρέχεται ο νωπός αέρας που απαιτείται για κάθε χώρο.

4.4.1 Σύστημα άμεσης εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume – VRV)

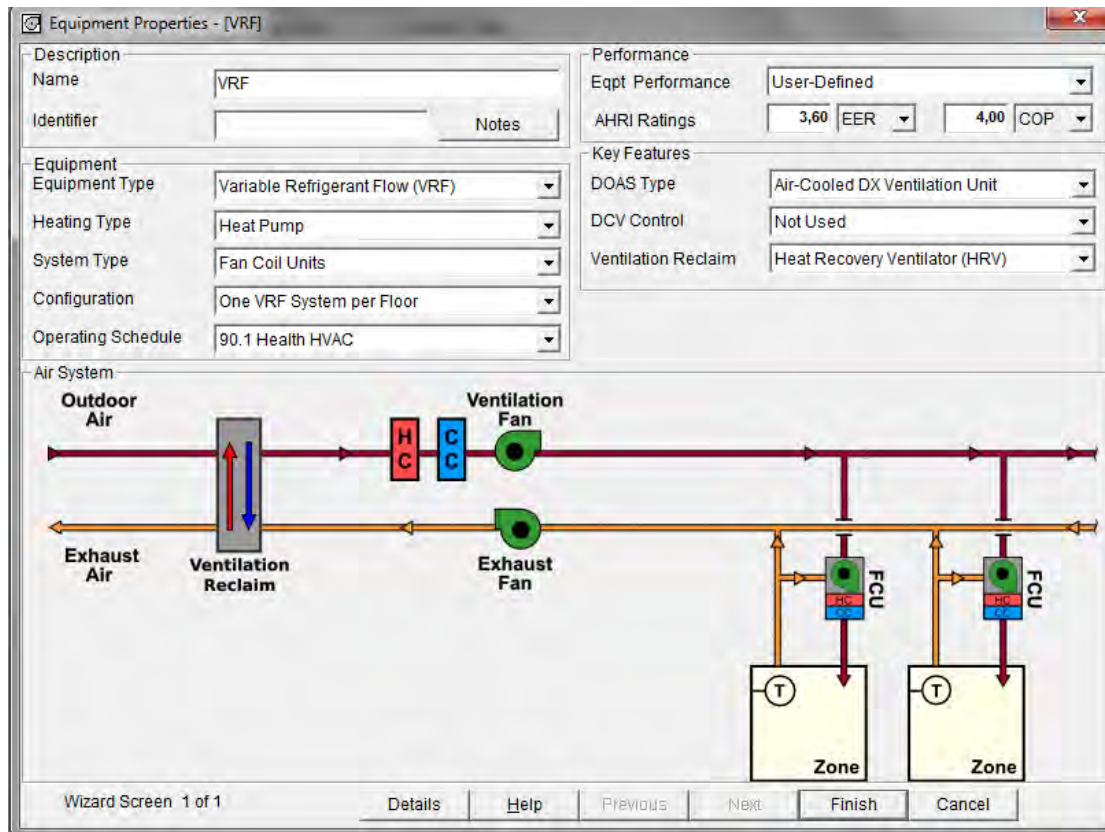
Τα στοιχεία εισόδου που εισήχθησαν για την δημιουργία του συστήματος VRF είναι ότι βασικός εξοπλισμός της είναι ότι διαθέτει τερματικά στοιχεία για την ψύξη και την θέρμανση (fan coils) δηλώσαμε ότι αποτελεί σύστημα variable refrigerant flow – VRF δηλαδή σύστημα μεταβλητού όγκου ψυκτικού υγρού καθώς επίσης τις διάφορες ζώνες κλιματισμού που θα υπάρχουν στο σύστημα που στην δική μας περίπτωση είναι 7 και τέλος δηλώσαμε ότι απαιτείται εξωτερική κεντρική μονάδα για να παρέχει τον απαιτούμενο νωπό αέρα όπως αναφέρθηκε πιο πριν. Στην συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων δεδομένα σχετικά με το σύστημα VRF.

The image shows a software dialog box titled "Air System Properties - [VRF]". It has five tabs: "General", "DOAS Components", "Zone Components", "Sizing Data", and "Equipment". The "General" tab is selected. The dialog contains the following fields and options:

- Air System Name:** A text box containing "VRF".
- Equipment Type:** A dropdown menu with "Terminal Units" selected.
- Air System Type:** A dropdown menu with "Variable Refrigerant Flow (VRF)" selected.
- Number of Zones:** A text box containing "7".
- Ventilation:** Two radio button options: "Direct Ventilation" (unselected) and "Dedicated Outdoor Air System (DOAS)" (selected).

At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Σχήμα 30: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος VRF



Σχήμα 31: Προσομοίωση συστήματος VRF από το λογισμικό

Γενικές Πληροφορίες του συστήματος VRF	
Τύπος Εξοπλισμού	Τερματικά Στοιχεία (Fan coils)
Τύπος Συστήματος	ψυκτικού ρευστού μεταβλητού όγκου (VRF)
Αριθμός ζωνών	7
Εξαερισμός	Εξωτερική Κεντρική Μονάδα (D.O.A.S)

Εξωτερική Κεντρική Μονάδα (D.O.A.S)	
Έλεγχος παροχής αερισμού	Scheduled
Μέθοδος διαστασιολόγησης αερισμού	Sum of Space OA Airflows
Θέση διαφράγματος σε αδράνεια	Κλειστό
Ποσοστό διαρροής Διαφράγματος	5%
Επίπεδα CO2 εξωτερικού αέρα	400 ppm

Δεδομένα Εξαερισμού	
Τύπος ανεμιστήρα εξαερισμού	Forward Curved with Var. Speed Drive
Διάταξη	Draw-thru
Απόδοση ανεμιστήρα	100 pa
Συνολική απόδοση ανεμιστήρα	44%

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

Δεδομένα θερμοστάτη για κάθε ζώνη

Zone	Cooling T-Stat Occ. (°C)	Cooling T-Stat Unocc. (°C)	Heating T-Stat Occ. (°C)	Heating T-Stat Unocc. (°C)	T-Stat Throttling Range (°C)
1	23.9	26.7	23.1	18.3	0.83
2	23.9	26.7	21.1	18.3	0.83
3	23.9	26.7	21.1	18.3	0.83
4	23.9	26.7	21.1	18.3	0.83
5	23.9	26.7	21.1	18.3	0.83
6	23.9	26.7	21.1	18.3	0.83
7	23.9	26.7	21.1	18.3	0.83

Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού

Zone	Supply Airflow (L/s)
1	1263.6
2	429.0
3	3864.0
4	238.6
5	137.3
6	344.9
7	964.7

Θερμοκρασίες ψύξης και θέρμανσης για την διαστασιολόγηση του συστήματος

Δεδομένα διαστασιολόγησης	
Θερμοκρασία παροχής ψύξης	14.4 °C
Θερμοκρασία παροχής θέρμανσης	45 °C
Hydronic Sizing Specifications:	
ΔT ψυχρού νερού	5.6 °C
ΔT ζεστού νερού χρήσης	11.1 °C

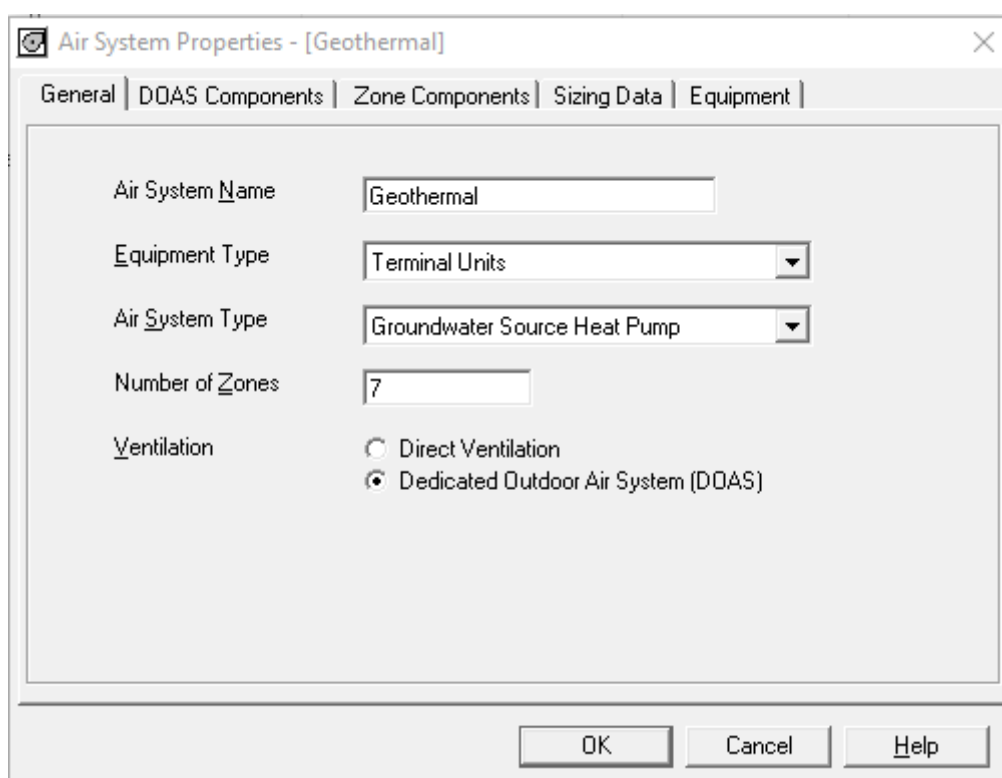
Δεδομένα απόδοσης μονάδας ψύξης	
Διαστασιολόγηση εξοπλισμού	Auto-Sized
Σχεδίαση OADB	35.0 °C
Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο	93 kW
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης	5 %
AHRI Performance Rating	3.600 EER

Δεδομένα απόδοσης μονάδας θέρμανσης	
Διαστασιολόγηση εξοπλισμού	Auto-Sized
Σχεδίαση OADB	8.3 °C
Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο	55.6 kW
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης	5 %
AHRI Performance Rating	4.00 COP

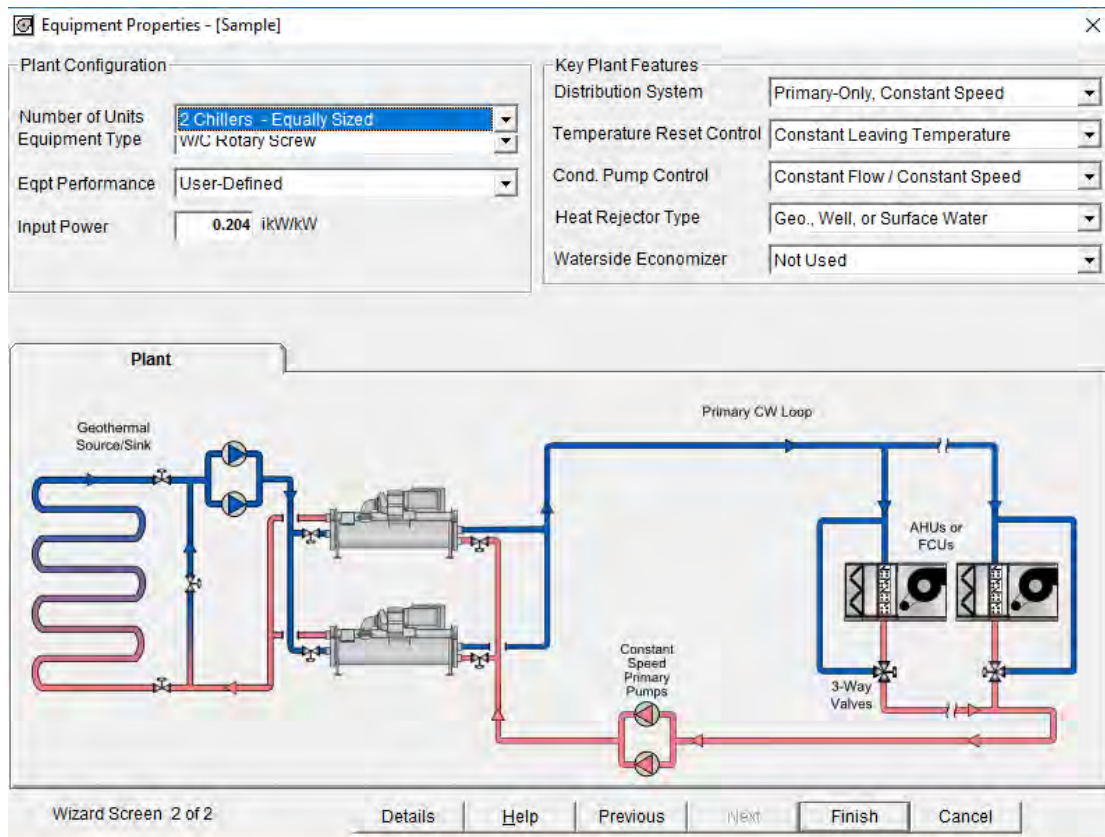
Δεδομένα αντλίας θερμότητας	
Διακοπή αντλίας θερμότητας OADB	-20.0 °C
Χρήση ανάκτησης θερμότητας	NAI
Τύπος συμπληρωματικής θέρμανσης	Ηλεκτρικές Αντιστάσεις
Όριο αποκοπής συμπληρωματικής θέρμανσης	21.1 °C

4.4.2 Γεωθερμία

Όπως και στο σύστημα κλιματισμού VRF έτσι και εδώ έγινε εισαγωγή των απαραίτητων για την δημιουργία του συστήματος της Γεωθερμίας. Ο βασικός εξοπλισμός και αυτού του συστήματος είναι τερματικά στοιχεία για την ψύξη και την θέρμανση (fan coils) του εκάστοτε χώρου και επίσης δηλώσαμε ότι αποτελεί τύπο συστήματος Groundwater Heat Pump δηλαδή σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας με χρήση νερού. Στην συνέχεια όπως και πριν έγινε εισαγωγή στο λογισμικό των ζωνών κλιματισμού που θα υπάρχουν στο σύστημα που στην δική μας περίπτωση είναι 7. Τέλος δηλώσαμε ότι απαιτείται εξωτερική κεντρική μονάδα για να παρέχει τον απαιτούμενο νωπό αέρα ακριβώς όπως και στην περίπτωση του συστήματος με VRF. Παρουσιάζονται επίσης, όπως και στην προηγούμενη ενότητα, πίνακες δεδομένων σχετικά με το σύστημα της γεωθερμίας.



Σχήμα 32: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος γεωθερμίας



Σχήμα 33: Προσομοίωση συστήματος γεωθερμίας από το λογισμικό

Γεωθερμία	
Τύπος Εξοπλισμού	Τερματικά Στοιχεία (Fan coils)
Τύπος Συστήματος	Groundwater Heat Pump
Αριθμός ζωνών	7
Εξαερισμός	Εξωτερική Κεντρική Μονάδα (D.O.A.S)

Εξωτερική Κεντρική Μονάδα (D.O.A.S)	
Έλεγχος παροχής αερισμού	Scheduled
Μέθοδος διαστασιολόγησης αερισμού	Sum of Space OA Airflows
Θέση διαφράγματος σε αδράνεια	Κλειστό
Ποσοστό διαρροής Διαφράγματος	5%
Επίπεδα CO2 εξωτερικού αέρα	400 ppm

Δεδομένα Εξαερισμού	
Τύπος ανεμιστήρα εξαερισμού	Forward Curved with Var. Speed Drive
Διάταξη	Draw-thru
Απόδοση ανεμιστήρα	100 pa
Συνολική απόδοση ανεμιστήρα	44%

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

Δεδομένα διαστασιολόγησης	
Θερμοκρασία παροχής ψύξης	14.4 °C
Θερμοκρασία παροχής θέρμανσης	45 °C
Hydronic Sizing Specifications:	
ΔT ψυχρού νερού	5.6 °C
ΔT ζεστού νερού χρήσης	11.1 °C

Δεδομένα απόδοσης εξωτερικής μονάδας	
Διαστασιολόγηση εξοπλισμού	Auto-Sized
Σχεδίαση OAT	35.0 °C
Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο	14.4 kW
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης	0 %
AHRI Performance Rating Cooling	3,224EER
Conventional Cutoff OAT	12.8 °C
Low Temperature Operation	Used
Low Temperature Cutoff OAT	-17.8 °C

Απόδοση τερματικών μονάδων ψύξης του συστήματος Γεωθερμίας

Zone	Estimated Maximum Load (kW)	Design EWT (°C)	Equipment Sizing	Gross Cooling Capacity (kW)	Capacity Oversizing Factor (%)	ISO / ARI Performance Rating	Units
1	12.2	15.0	Auto-Sized	12.8	5	4.748	EER
2	5.1	15.0	Auto-Sized	5.4	5	4.748	EER
3	37.9	15.0	Auto-Sized	39.8	5	4.748	EER
4	3.8	15.0	Auto-Sized	4.0	5	4.748	EER
5	0.9	15.0	Auto-Sized	1.0	5	4.748	EER
6	4.3	15.0	Auto-Sized	4.5	5	4.748	EER
7	9.5	15.0	Auto-Sized	10.0	5	4.748	EER

Απόδοση τερματικών μονάδων θέρμανσης του συστήματος Γεωθερμίας

Zone	Estimated Maximum Load (kW)	Design EWT (°C)	Equipment Sizing	Gross Heating Capacity (kW)	Capacity Oversizing Factor (%)	ISO / ARI Performance Rating	Units
1	4.2	10.0	Auto-Sized	4.4	5	4.800	COP
2	1.5	10.0	Auto-Sized	1.6	5	4.800	COP
3	13.1	10.0	Auto-Sized	13.8	5	4.800	COP
4	1.4	10.0	Auto-Sized	1.4	5	4.800	COP
5	1.2	10.0	Auto-Sized	1.2	5	4.800	COP
6	1.5	10.0	Auto-Sized	1.6	5	4.800	COP
7	3.6	10.0	Auto-Sized	3.8	5	4.800	COP

Σύστημα Κυκλοφορίας	
Πηγή νερού	Πύργος ψύξης
Συμπληρωματική θέρμανση	Ηλεκτρικές αντιστάσεις
Απόδοση κυκλοφορητών	301.2 W/(L/s)
Μηχανική απόδοση κυκλοφορητών	70,0 %
Απόδοση ηλεκτρικού κινητήρα κυκλοφορητή	94 %

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο έπειτα από την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων στο λογισμικό και αφού έχει γίνει η επιλογή και η διαμόρφωση των συστημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε συνεχίζουμε με την σύγκριση των συστημάτων αυτών. Αρχικά θα πρέπει να μία πρώτη εκτίμηση σχετικά με τα απαιτούμενα φορτία ψύξης και θέρμανσης καθώς και αυτά του αερισμού. Τα ποσά αυτά υπολογίζονται χρησιμοποιώντας πάντοτε τους συντελεστές που προβλέπει ο ενεργειακός κανονισμός Κ.Εν.Α.Κ..

Ο συνολικός υπολογισμός των απαιτούμενων φορτίων είναι εντελώς διαφορετικός από τους υπολογισμούς φορτίου σχεδίασης που συνήθως διεξάγεται για τον προσδιορισμό του μεγέθους ή της ικανότητας για ένα συγκεκριμένο σύνολο συνθηκών σχεδίασης. 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 λογισμικό.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται ενδελεχώς τα αποτελέσματα των ενεργειακών υπολογισμών και των προσομοιώσεων που υπολογίστηκαν μέσω του λογισμικού συστήματος Η.Α.Ρ. Αρχικά γίνεται μια διαστασιολόγηση των φορτίων από το λογισμικό με βάση τα δεδομένα που έχουμε εισάγει και παρουσιάστηκαν αναλυτικά παραπάνω. Ο υπολογισμός της διαστασιολόγησης γίνεται για όλη της διάρκεια του έτους, δηλαδή από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Δεκέμβριο. Οι υπολογισμοί έγιναν, όπως έχουμε αναφέρει για κτίριο κλινικής στην περιοχή του Βόλου, συνολικής έκτασης 955 m². Αρχικά υπολογίστηκε με βάση τους συντελεστές του ενεργειακού κανονισμού, τον αριθμό ατόμων, τις διαστάσεις και το είδος κάθε χώρου τις συνολικές απαιτήσεις σε νωπό αέρα (L/s) που έχει το κτήριο. Αυτό το ποσό ανέρχεται σε 1172 L/s σύμφωνα με τους υπολογισμούς του λογισμικού. Στην συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας όπου φαίνονται αναλυτικά για κάθε χώρο τα φορτία ψύξης, θέρμανσης καθώς επίσης και τα τετραγωνικά μέτρα του κάθε χώρου και οι απαιτήσεις σε νωπό αέρα που έχει ο χώρος.

Πίνακας 4: Χώροι, ζώνες κλιματισμού καθώς επίσης οι απαιτήσεις σε φορτία θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και τα τετραγωνικά μέτρα κάθε χώρου

Zone Name / Space Name	Cooling Sensible (kW)	Air Flow (L/s)	Heating Load (kW)	Floor Area (m ²)	Space L/(s·m ²)
Office-Staff					
A01 Εξ. Ιατρεία	1.6	141	0.6	17.9	7.86
A03 Ακτινολογικό	2.0	173	0.5	18.7	9.25
A04 Γραφ Διευθυντή-Η/Μ/Γ	1.1	96	0.3	11.3	8.50
A05 Η/Ε/Γ	1.2	102	0.3	7.8	13.07
A06 Γραφείο Ιατρών	2.2	191	0.5	13.0	14.71
A07 Μικροβιολογικό Έργασ	2.2	197	0.7	12.5	15.78
A12 Office-Γραφείο	0.9	78	0.4	11.9	6.59
Γ11 Office-Γραφείο	0.7	60	0.3	12.1	4.92
Δ07 Office (Γραφείο)	0.9	80	0.3	4.4	18.20
Ε07 Office (Γραφείο)	1.0	86	0.4	4.4	19.57
B12 Γραφείο Προϊσταμένης	0.7	59	0.3	11.9	4.98
Reception-Entrance					
A02 Αναμονή/Reception	3.5	311	0.9	26.3	11.83
A15 Χωρ. Εισόδου-Υποδοχή	1.1	93	0.0	23.5	3.97
A16 Κεντρική Είσοδος	0.2	14	0.4	17.6	0.79
A17 Β' Είσοδος	0.1	11	0.3	9.0	1.17
Chambers					
A10 θάλαμος Νοσηλείας	1.1	93	0.3	11.6	8.02
B01 Θάλαμος Νοσηλείας 1	1.7	152	0.6	22.3	6.82
B02 Θάλαμος Νοσηλείας 2	0.4	36	0.1	11.9	3.06
B03 Θάλαμος Νοσηλείας 3	2.3	205	0.7	18.6	11.04
B04 Θάλαμος Νοσηλείας 4	1.2	107	0.3	12.2	8.81
B05 Θάλαμος Νοσηλείας 5	1.2	108	0.3	9.8	11.02
B06 Θάλαμος Νοσηλείας 6	1.3	111	0.3	12.9	8.61
B07 Θάλαμος Νοσηλείας 7	1.3	113	0.3	12.2	9.29
B08 Θάλαμος Νοσηλείας 8	2.7	235	1.0	19.3	12.20
B09 Θάλαμος Νοσηλείας 9	2.3	204	0.8	19.0	10.73
B10 Θάλαμος Νοσηλείας 10	1.4	120	0.4	21.1	5.70
B11 Θάλαμος Νοσηλείας 11	1.1	94	0.4	11.3	8.33
Γ01 Θάλαμος Νοσηλείας 3κ	1.8	163	0.7	24.4	6.66
Γ02 Θάλαμος Νοσηλείας 3κ	2.5	224	0.7	20.9	10.70
Γ03 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.4	121	0.3	15.6	7.73
Γ04 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.3	112	0.3	12.3	9.09
Γ05 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.4	119	0.3	14.0	8.51
Γ06 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.4	123	0.5	14.0	8.78
Γ07 Θάλαμος Νοσηλείας Α'	1.5	132	0.5	10.8	12.24
Γ08 Θάλαμος Νοσηλείας Α'	1.4	124	0.5	10.1	12.24
Γ09 Θάλαμος Νοσηλείας Α'	1.3	116	0.7	10.3	11.26
Γ10 Θάλαμος Νοσηλείας Μο	0.9	82	0.3	8.6	9.56
Δ01 Θάλαμος Νοσηλείας 3κ	1.7	152	0.6	23.0	6.63
Δ02 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.5	129	0.3	12.3	10.50
Δ03 Θάλαμος Νοσηλείας 3κ	2.5	222	0.7	19.3	11.53
Δ04 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.9	168	0.4	12.9	13.05
Δ05 Θάλαμος Νοσηλείας 2κ	1.5	136	0.3	11.5	11.83
Δ06 Μόνωση Ασθενών	1.8	160	0.5	9.2	17.43
Corridors					

Zone Name / Space Name	Cooling Sensible (kW)	Air Flow (L/s)	Heating Load (kW)	Floor Area (m ²)	Space L/(s·m ²)
A14 Διάδρομος	0.1	12	0.0	24.8	0.50
B18 Χωλ-Διάδρομος	0.2	20	0.0	40.3	0.50
Γ12 Χωλ	0.1	10	0.0	20.0	0.50
Γ13 Διάδρομος 1 (ενδιάμ)	0.1	12	0.1	17.5	0.69
Γ14 Διάδρομος 2 (πίσω)	1.5	128	0.8	16.4	7.81
Δ11 Χωλ-Διάδρομος	0.2	15	0.1	23.7	0.61
E11 Χωλ-Διάδρομος	0.5	41	0.4	23.7	1.74
W.C.					
A13 W.C. Εξ. Ιατρείου	0.1	9	0.1	3.0	3.00
B13 W.C./ D Κοινού 1	0.0	7	0.0	2.2	3.00
B14 W.C./ D Κοινού 2	0.0	7	0.0	2.2	3.00
B15 W.C./ D Κοινού 3	0.0	7	0.0	2.2	3.00
B16 Ντους ΑΜΕΑ	0.3	24	0.1	2.5	9.64
B17 Σκωραμίδες	0.1	9	0.2	2.5	3.77
Γ15 W.C./ D Κοινού-τοίχο	0.1	11	0.1	3.5	3.00
Γ16 W.C./ D Κοινού	0.0	7	0.0	2.4	3.00
Γ17 W.C./ D Κοινού-Ντους	0.0	11	0.0	3.7	3.00
Δ08 W.C./D Κοινού	0.0	8	0.0	2.7	3.00
Δ09 W.C./D Κοινού	0.0	8	0.0	2.5	3.00
Δ10 W.C./D Κοινού	0.0	8	0.0	2.5	3.00
E08 W.C./D Κοινού	0.1	8	0.0	2.7	3.00
E09 W.C./D Κοινού	0.0	8	0.0	2.5	3.00
E10 W.C./D Κοινού	0.0	8	0.0	2.5	3.00
Storage					
A08 Αποθήκη	0.9	81	0.5	14.1	5.76
A11 Αποθήκη	1.2	103	0.4	19.9	5.19
A09 Αποθήκη Φαρμάκων	1.8	160	0.6	15.7	10.22
Available Spaces					
E01 Διαθέσιμος Χώρος	1.8	162	0.9	21.7	7.48
E02 Διαθέσιμος Χώρος	1.3	116	0.4	12.3	9.40
E03 Διαθέσιμος Χώρος	2.7	238	1.0	18.1	13.13
E04 Διαθέσιμος Χώρος	1.9	165	0.6	12.9	12.81
E05 Διαθέσιμος Χώρος	1.4	121	0.4	11.5	10.55
E06 Διαθέσιμος Χώρος	1.9	163	0.6	9.1	17.88

Στην συνέχεια μετά από τον υπολογισμό των παραπάνω φορτίων που θα πρέπει να αναλάβει η κλιματιστική μονάδα αναλύουμε περισσότερο τα δύο συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν. Αρχικά παρουσιάζεται το σύστημα κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου (VRF) και στην συνέχεια το σύστημα με γεωθερμία. Παρουσιάζονται μηνιαίες καταναλώσεις των συστημάτων καθώς επίσης και τα φορτία ψύξης θέρμανσης και αερισμού που αναλαμβάνει κάθε σύστημα για τις 15 Ιανουαρίου και για 15 Ιουλίου. Ημερομηνίες δηλαδή που υπάρχει μεγάλη κατανάλωση λόγω ακραίων θερμοκρασιών στο περιβάλλον. Επίσης παρατίθενται πίνακες σχετικά με τα συνολικά φορτία σχεδίασης.

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 .

5.2 Σχεδιαστική ανάλυση συστήματος κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRF

Όπως έχουμε αναφέρει αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια ένα από τα δύο κύρια συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το σύστημα VRF. Το κτίριο που γίνεται η σύγκριση των δυο συστημάτων είναι κτίριο κλινικής συνολικής έκτασης 955 m² και όπως έχουμε αναφέρει έχουμε χωρίσει τους χώρους του κτιρίου σε 7 ζώνες κλιματισμού. Όσον αφορά την προσομοίωση του συστήματος επιλέχθηκαν να γίνει προσομοίωση για όλες τους μήνες του χρόνου αλλά και για 2 συγκεκριμένες μέρες , 15 Ιανουαρίου και 15 Ιουλίου. 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 (πίνακας 1) , τα φορτία που αναλαμβάνει το σύστημα κατά την διάρκεια των δύο ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω (πίνακας 2) καθώς επίσης και τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης του συστήματος με βάση τα αποτελέσματα του λογισμικού (πίνακας 3).

Πίνακας 5: Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης τερματικών στοιχείων για κάθε μήνα.

Month	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)	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kWh)
January	0	0	0	6381	6410	1459	4
February	0	0	0	4034	4054	918	0
March	0	0	0	1351	1354	285	0
April	0	0	0	460	460	93	0
May	28495	28495	4716	0	0	0	0

June	36359	36315	7012	0	0	0	0
July	43154	42980	9044	0	0	0	0
August	42198	42062	8665	0	0	0	0
September	28025	28025	4864	0	0	0	0
October	0	0	0	316	316	61	0
November	0	0	0	1682	1684	343	0
December	0	0	0	5882	5907	1324	0
Total	178231	177877	34302	20105	20184	4482	4

Πίνακας 6: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού για κάθε μήνα.

Month	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	4	124	124	337	2214	3273
February	0	112	112	304	1972	2928
March	0	124	124	337	2142	3200
April	0	120	120	326	1883	3158
May	0	124	124	362	1921	3236
June	0	120	120	359	1849	3121
July	0	124	124	378	1955	3273
August	0	124	124	376	1887	3200
September	0	120	120	348	1883	3158
October	0	124	124	337	2175	3273
November	0	120	120	326	2028	3085
December	0	124	124	337	2175	3273
Total	4	1459	1459	4127	24083	38176

Στην συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες με τα ίδια στοιχεία αλλά για την διάρκεια δυο συγκεκριμένων ημερών του χρόνου. 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.

Αρχικά παρουσιάζεται πίνακας σχετικά με τις καταναλώσεις σε τερματικά στοιχεία κατά την διάρκεια της 15^{ης} Ιανουαρίου και στην συνέχεια δεύτερος πίνακας κατά την διάρκεια της ίδιας μέρας όπου προσομοιώνονται οι καταναλώσεις κυρίως σε εξαερισμό, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό.

Πίνακας 7: Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης τερματικών στοιχείων κατά την διάρκεια της 15^{ης} Ιανουαρίου του συστήματος VRF.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kW)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Clg Input (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Terminal Heating Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Htg Input (kW)
0000	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0100	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0200	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0300	-2.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.2
0400	-2.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.2
0500	-3.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	0.2
0600	-3.6	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	0.3
0700	-3.7	0.0	0.0	0.0	39.3	39.8	11.4
0800	-3.0	0.0	0.0	0.0	34.3	34.7	9.7
0900	-1.6	0.0	0.0	0.0	28.9	29.3	7.8
1000	-0.2	0.0	0.0	0.0	24.4	24.8	6.4
1100	1.0	0.0	0.0	0.0	21.2	21.4	5.3
1200	1.8	0.0	0.0	0.0	19.2	19.5	4.7
1300	2.3	0.0	0.0	0.0	17.5	17.7	4.2

1400	2.3	0.0	0.0	0.0	18.4	18.6	4.5
1500	1.6	0.0	0.0	0.0	20.3	20.5	5.0
1600	0.5	0.0	0.0	0.0	22.7	23.0	5.8
1700	-0.7	0.0	0.0	0.0	25.4	25.8	6.7
1800	-1.3	0.0	0.0	0.0	26.8	27.3	7.2
1900	-2.0	0.0	0.0	0.0	28.2	28.7	7.7
2000	-2.6	0.0	0.0	0.0	29.5	30.0	8.2
2100	-3.3	0.0	0.0	0.0	31.0	31.6	8.7
2200	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2300	-4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		0.0	0.0	0.0	388.1	395.9	104.3

Πίνακας 8: Προσομοίωσης αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά την διάρκεια της 15^{ης} Ιανουαρίου του συστήματος VRF.

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)
0000	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0100	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0200	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0300	-2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0400	-2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0500	-3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0600	-3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0700	-3.7	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	0.6	5.0
0800	-3.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	5.1	5.7
0900	-1.6	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	4.6	5.7
1000	-0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.9	5.7
1100	1.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.7	5.7
1200	1.8	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.7	5.7
1300	2.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.7	5.7

1400	2.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.8	5.7
1500	1.6	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	4.5	5.7
1600	0.5	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	5.2	5.7
1700	-0.7	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	5.7	5.7
1800	-1.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	5.9	5.7
1900	-2.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	6.2	5.7
2000	-2.6	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	6.2	5.7
2100	-3.3	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	6.2	5.7
2200	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	5.7
2300	-4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.3
Total		0.0	0.0	4.0	4.0	10.9	80.7	115.0

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένας πίνακας σχετικά με τις καταναλώσεις σε τερματικά στοιχεία κατά την διάρκεια της 15^{ης} Ιουλίου και όπως επίσης και ένας δεύτερος πίνακας κατά την διάρκεια της ίδιας μέρας όπου όπως και πριν προσομοιώνονται κυρίως οι καταναλώσεις σε εξαερισμό και φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό.

Πίνακας 9: Προσομοίωσης αποτελεσμάτων κατανάλωσης τερματικών στοιχείων κατά την διάρκεια της 15^{ης} Ιουλίου του συστήματος VRF.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Coil Load (kW)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Clg Input (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Terminal Heating Eqpt Load (kW)	Terminal Unit Htg Input (kW)
0000	19.8	21.7	21.7	3.2	0.0	0.0	0.0
0100	18.8	20.6	20.6	2.9	0.0	0.0	0.0
0200	18.2	19.8	19.8	2.8	0.0	0.0	0.0
0300	17.6	18.9	18.9	2.6	0.0	0.0	0.0
0400	17.2	18.1	18.1	2.5	0.0	0.0	0.0
0500	17.3	17.6	17.6	2.4	0.0	0.0	0.0
0600	18.6	21.7	21.7	3.1	0.0	0.0	0.0
0700	20.2	49.1	49.1	7.6	0.0	0.0	0.0

0800	21.8	56.7	56.7	9.2	0.0	0.0	0.0
0900	23.5	61.9	61.9	10.6	0.0	0.0	0.0
1000	24.9	64.3	64.3	11.5	0.0	0.0	0.0
1100	26.2	66.2	66.2	12.3	0.0	0.0	0.0
1200	27.1	67.7	67.7	13.0	0.0	0.0	0.0
1300	27.8	68.0	68.0	13.3	0.0	0.0	0.0
1400	28.2	70.4	70.4	14.1	0.0	0.0	0.0
1500	28.2	71.2	71.2	14.2	0.0	0.0	0.0
1600	27.8	71.8	71.8	14.1	0.0	0.0	0.0
1700	27.0	69.7	69.7	13.3	0.0	0.0	0.0
1800	25.9	66.1	66.1	12.1	0.0	0.0	0.0
1900	24.5	59.5	59.5	10.4	0.0	0.0	0.0
2000	23.4	55.5	55.5	9.4	0.0	0.0	0.0
2100	22.4	53.1	53.1	8.7	0.0	0.0	0.0
2200	21.3	31.9	31.9	4.9	0.0	0.0	0.0
2300	20.3	26.1	26.1	3.9	0.0	0.0	0.0
Total		1147.6	1147.6	202.3	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 10: Προσομοίωσης αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά την διάρκεια της 15^{ης} Ιουλίου του συστήματος VRF

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)
0000	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1
0100	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1
0200	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1
0300	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1
0400	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1

0500	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1
0600	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1
0700	20.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	0.6	5.0
0800	21.8	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	4.7	5.7
0900	23.5	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	4.1	5.7
1000	24.9	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.5	5.7
1100	26.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.3	5.7
1200	27.1	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.3	5.7
1300	27.8	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.3	5.7
1400	28.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.3	5.7
1500	28.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.5	5.7
1600	27.8	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.6	5.7
1700	27.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	3.8	5.7
1800	25.9	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	4.4	5.7
1900	24.5	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	5.1	5.7
2000	23.4	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	5.9	5.7
2100	22.4	0.0	0.0	0.3	0.3	0.7	6.2	5.7
2200	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.2	5.7
2300	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.0	3.3
Total		0.0	0.0	4.0	4.0	12.0	71.8	115.0

Πίνακας 11: Συνολικά φορτία ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα κλιματισμού VRF

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 33.6 °C / 20.5 °C			HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	229 m ²	34796	-	229 m ²	-	-
Wall Transmission	956 m ²	5614	-	956 m ²	9923	-

Roof Transmission	193 m ²	2045	-	193 m ²	1906	-
Window Transmission	229 m ²	5655	-	229 m ²	13960	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	18 m ²	435	-	18 m ²	1056	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	3632 W	3294	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	5652 W	5503	-	0	0	-
People	182	11680	8292	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	69022	8292	-	26845	0
Zone Conditioning	-	73566	8292	-	27408	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	1172 L/s	266	-	1172 L/s	-266	-
Ventilation Load	1172 L/s	12453	-4746	1172 L/s	28922	0
Ventilation Fan Load	1172 L/s	266	-	1172 L/s	-266	-
Space Fan Coil Fans	-	724	-	-	-724	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	87276	3546	-	55073	0
Terminal Unit Cooling	-	87406	3562	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	55612	-
>> Total Conditioning	-	87406	3562	-	55612	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 συστήματος κλιματισμού με γεωθερμική αντλία θερμότητας

Το δεύτερο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτό με την χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (Γ.Α.Θ.) . Το σύστημα χρησιμοποιήθηκε στο ίδιο ακριβώς κτίριο με αυτό του συστήματος VRF έτσι ώστε να γίνει σωστή σύγκριση αποτελεσμάτων. Έγινε προσομοίωση της κατανάλωσης για όλους τους μήνες όπως και πριν καθώς επίσης και για τις δυο ημέρες με μεγάλες απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη. Συνεπώς δημιουργείται μια συνολική εικόνα για τις καταναλώσεις και τα φορτία των δύο συστημάτων και στην συνέχεια θα γίνει αναφορά και σε κόστη λειτουργίας του κάθε συστήματος.

Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κατά την διάρκεια του έτους (πίνακας 1) , τα φορτία που αναλαμβάνει το σύστημα κατά την διάρκεια των δύο ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω (πίνακας 2) καθώς επίσης και τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης του συστήματος με βάση τα αποτελέσματα του λογισμικού (πίνακας 3).

Πίνακας 12α :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Month	Precool Coil Load (kWh)	Precool Eqpt Load (kWh)	Precool Unit Clg Input (kWh)	Preheat Coil Load (kWh)	Preheat Coil Input (kWh)	WSHP Cooling Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Cooling Load (kWh)
January	0	0	0	8296	8296	0	0
February	0	0	0	6808	6808	0	0
March	0	0	0	4910	4910	0	0
April	0	0	0	2856	2856	0	0
May	747	747	199	0	0	26596	26518
June	2518	2509	665	0	0	32318	32230
July	4188	4139	1106	0	0	37254	37042
August	3776	3753	995	0	0	36607	36386
September	1091	1091	286	0	0	25467	25455
October	0	0	0	1586	1586	0	0

November	0	0	0	4625	4625	0	0
December	0	0	0	7604	7604	0	0
Total	12320	12238	3250	36684	36684	158243	157631

Πίνακας 12β :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Month	WSHP Clg Compressor (kWh)	WSHP Heating Coil Load (kWh)	WSHP Eqpt Heating Load (kWh)	WSHP Htg Compressor (kWh)	WSHP Aux Htg Load (kWh)	WSHP Aux Htg Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)
January	0	789	785	165	4	4	124
February	0	469	468	99	0	0	112
March	0	226	226	50	0	0	124
April	0	204	204	45	0	0	120
May	5992	0	0	0	0	0	124
June	7171	0	0	0	0	0	120
July	8170	0	0	0	0	0	124
August	8030	0	0	0	0	0	124
September	5751	0	0	0	0	0	120
October	0	169	169	37	0	0	124
November	0	384	384	84	0	0	120
December	0	772	771	161	2	2	124
Total	35114	3013	3007	641	6	6	1459

Πίνακας 12γ :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Month	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	WSHP Loop Water Pump (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	124	300	619	2214	3273
February	112	271	517	1972	2928
March	124	300	576	2142	3200

April	120	291	552	1883	3158
May	124	333	934	1921	3236
June	120	331	904	1849	3121
July	124	349	934	1955	3273
August	124	347	934	1887	3200
September	120	319	904	1883	3158
October	124	300	504	2175	3273
November	120	291	565	2028	3085
December	124	300	612	2175	3273
Total	1459	3733	8554	24083	38176

Πίνακας 13: Κατανάλωση των στοιχείων την γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά της διάρκεια την 15^{ης} Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Preheat Coil Load (kW)	Preheat Coil Input (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Compressor Htg (kW)	WSHP Aux Htg Load (kW)
0000	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0100	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0200	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0300	-2.3	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
0400	-2.8	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0
0500	-3.2	0.0	0.0	0.4	0.4	0.1	0.0
0600	-3.6	0.0	0.0	0.5	0.5	0.1	0.0
0700	-3.7	34.1	34.1	5.9	5.6	1.1	0.3
0800	-3.0	33.1	33.1	4.2	4.2	0.8	0.1
0900	-1.6	31.2	31.2	3.4	3.4	0.7	0.0
1000	-0.2	29.2	29.2	3.1	3.1	0.6	0.0
1100	1.0	27.5	27.5	2.9	2.9	0.6	0.0

1200	1.8	26.5	26.5	3.1	3.1	0.6	0.0
1300	2.3	25.8	25.8	2.8	2.8	0.6	0.0
1400	2.3	25.8	25.8	2.9	2.9	0.6	0.0
1500	1.6	26.7	26.7	2.8	2.8	0.6	0.0
1600	0.5	28.2	28.2	2.8	2.8	0.6	0.0
1700	-0.7	29.9	29.9	3.1	3.1	0.6	0.0
1800	-1.3	30.7	30.7	2.9	2.9	0.6	0.0
1900	-2.0	31.7	31.7	2.8	2.8	0.6	0.0
2000	-2.6	32.5	32.5	3.1	3.1	0.6	0.0
2100	-3.3	33.5	33.5	2.9	2.9	0.6	0.0
2200	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2300	-4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		446.3	446.3	50.0	49.6	10.2	0.4

Πίνακας 14: Κατανάλωση των στοιχείων την γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά της διάρκεια την 15^{ης} Ιανουαρίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0100	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0200	-1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1
0300	-2.3	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6	3.1
0400	-2.8	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6	3.1
0500	-3.2	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6	3.1
0600	-3.6	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6	3.1
0700	-3.7	0.3	0.3	0.6	1.3	0.6	5.0
0800	-3.0	0.3	0.3	0.6	1.3	5.1	5.7

0900	-1.6	0.3	0.3	0.6	1.3	4.6	5.7
1000	-0.2	0.3	0.3	0.6	1.3	3.9	5.7
1100	1.0	0.3	0.3	0.6	1.3	3.7	5.7
1200	1.8	0.3	0.3	0.6	1.3	3.7	5.7
1300	2.3	0.3	0.3	0.6	1.3	3.7	5.7
1400	2.3	0.3	0.3	0.6	1.3	3.8	5.7
1500	1.6	0.3	0.3	0.6	1.3	4.5	5.7
1600	0.5	0.3	0.3	0.6	1.3	5.2	5.7
1700	-0.7	0.3	0.3	0.6	1.3	5.7	5.7
1800	-1.3	0.3	0.3	0.6	1.3	5.9	5.7
1900	-2.0	0.3	0.3	0.6	1.3	6.2	5.7
2000	-2.6	0.3	0.3	0.6	1.3	6.2	5.7
2100	-3.3	0.3	0.3	0.6	1.3	6.2	5.7
2200	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	5.7
2300	-4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.3
Total		4.0	4.0	9.7	23.8	80.7	115.0

Πίνακας 15: Κατανάλωση των στοιχείων την γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά της διάρκεια την 15^{ης} Ιουλίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Precool Coil Load (kW)	Precool Eqpt Load (kW)	Precool Unit Clg Input (kW)	WSHP Cooling Coil Load (kW)	WSHP Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Clg Compressor (kW)
0000	19.8	0.0	0.0	0.0	26.4	26.4	6.1
0100	18.8	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	5.9
0200	18.2	0.0	0.0	0.0	23.9	23.9	5.6
0300	17.6	0.0	0.0	0.0	22.8	22.8	5.3
0400	17.2	0.0	0.0	0.0	21.7	21.7	5.1
0500	17.3	0.0	0.0	0.0	21.1	21.1	5.0

0600	18.6	0.0	0.0	0.0	24.9	24.9	5.8
0700	20.2	0.0	0.0	0.0	42.5	42.5	9.6
0800	21.8	0.0	0.0	0.0	50.4	50.4	11.2
0900	23.5	0.0	0.0	0.0	55.0	55.0	12.2
1000	24.9	1.6	1.6	0.4	56.5	56.5	12.4
1100	26.2	3.5	3.5	0.9	57.9	57.9	12.7
1200	27.1	4.7	4.7	1.2	57.4	57.4	12.6
1300	27.8	5.6	5.6	1.5	57.3	57.3	12.6
1400	28.2	6.3	6.3	1.7	58.5	58.5	12.8
1500	28.2	6.3	6.3	1.7	59.5	59.5	13.0
1600	27.8	5.6	5.6	1.5	61.1	61.1	13.3
1700	27.0	4.6	4.6	1.2	60.7	60.7	13.3
1800	25.9	3.0	3.0	0.8	58.0	58.0	12.8
1900	24.5	1.1	1.1	0.3	53.6	53.6	11.9
2000	23.4	0.0	0.0	0.0	50.8	50.8	11.3
2100	22.4	0.0	0.0	0.0	48.5	48.5	10.9
2200	21.3	0.0	0.0	0.0	37.2	37.2	8.5
2300	20.3	0.0	0.0	0.0	30.8	30.8	7.1
Total		42.4	42.4	11.3	1061.6	1061.6	237.2

Πίνακας 16: Κατανάλωση των στοιχείων την γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά της διάρκεια την 15^{ης} Ιουλίου

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	WSHP Loop Water Pump (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	19.8	0.0	0.0	0.2	1.3	0.6	3.1
0100	18.8	0.0	0.0	0.1	1.3	0.6	3.1
0200	18.2	0.0	0.0	0.1	1.3	0.6	3.1
0300	17.6	0.0	0.0	0.1	1.3	0.6	3.1

0400	17.2	0.0	0.0	0.1	1.3	0.6	3.1
0500	17.3	0.0	0.0	0.1	1.3	0.6	3.1
0600	18.6	0.0	0.0	0.1	1.3	0.6	3.1
0700	20.2	0.3	0.3	0.6	1.3	0.6	5.0
0800	21.8	0.3	0.3	0.6	1.3	4.7	5.7
0900	23.5	0.3	0.3	0.6	1.3	4.1	5.7
1000	24.9	0.3	0.3	0.6	1.3	3.5	5.7
1100	26.2	0.3	0.3	0.6	1.3	3.3	5.7
1200	27.1	0.3	0.3	0.6	1.3	3.3	5.7
1300	27.8	0.3	0.3	0.6	1.3	3.3	5.7
1400	28.2	0.3	0.3	0.6	1.3	3.3	5.7
1500	28.2	0.3	0.3	0.6	1.3	3.5	5.7
1600	27.8	0.3	0.3	0.6	1.3	3.6	5.7
1700	27.0	0.3	0.3	0.6	1.3	3.8	5.7
1800	25.9	0.3	0.3	0.6	1.3	4.4	5.7
1900	24.5	0.3	0.3	0.6	1.3	5.1	5.7
2000	23.4	0.3	0.3	0.6	1.3	5.9	5.7
2100	22.4	0.3	0.3	0.6	1.3	6.2	5.7
2200	21.3	0.0	0.0	0.2	1.3	5.2	5.7
2300	20.3	0.0	0.0	0.2	1.3	4.0	3.3
Total		4.0	4.0	11.0	30.1	71.8	115.0

Πίνακας 17: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για την Γ.Α.Θ.

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 33.6 °C / 20.5 °C			HEATING OA DB / WB 1.1 °C / -1.8 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)

Window & Skylight Solar Loads	229 m ²	34796	-	229 m ²	-	-
Wall Transmission	956 m ²	5128	-	956 m ²	9740	-
Roof Transmission	193 m ²	1950	-	193 m ²	1901	-
Window Transmission	229 m ²	4970	-	229 m ²	13735	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	18 m ²	382	-	18 m ²	1056	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	3632 W	3294	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	5652 W	5503	-	0	0	-
People	182	11680	8292	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	67703	8292	-	26432	0
Zone Conditioning	-	70445	8292	-	26566	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	1172 L/s	266	-	1172 L/s	-266	-
Ventilation Load	1172 L/s	11137	-5617	1172 L/s	28468	0
Ventilation Fan Load	1172 L/s	266	-	1172 L/s	-266	-
Space Fan Coil Fans	-	646	-	-	-646	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	82760	2676	-	53855	0
Cooling Coil	-	13995	0	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	27986	-
Terminal Unit Cooling	-	68981	2695	-	0	0

Terminal Unit Heating	-	0	-	-	26523	-
>> Total Conditioning	-	82976	2695	-	54509	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

5.4 Ετήσιο κόστος και κατανάλωση ενέργειας

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν μέσα από το λογισμικό H.A.P. τα κόστη που απαιτεί καθένα από τα δυο συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύθηκαν επαρκώς σε προηγούμενες ενότητες και κεφάλαια. Με την χρήση του λογισμικού λοιπόν θα δούμε ακριβώς τα ποσά που θα πρέπει να δαπανηθούν για την ψύξη, την θέρμανση και τον αερισμό των χώρων του κτιρίου. Επίσης πέρα από κόστη που αφορούν τον κλιματισμό του κτιρίου ,και θα διαφέρουν για τα δύο συστήματα , προσομοιώνονται μέσα από το λογισμικό και τα κόστη για φωτισμό και για ηλεκτρικό εξοπλισμό που θα είναι ίδια για τα δύο συστήματα. Προσθέτοντας λοιπόν όλα τα επιμέρους κόστη του κτιρίου παρουσιάζεται το συνολικό ετήσιο κόστος για την λειτουργία του για έναν ολόκληρο χρόνο. Στην συνέχεια συγκρίνονται τα ετήσια κόστη των δυο συστημάτων και καταλήγουμε σε συμπεράσματα σχετικά με το πιο από τα δύο μας παρέχει τα απαιτούμενα ποσά ψύξης , θέρμανσης και αερισμού στο χαμηλότερο κόστος.

5.4.1 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για το σύστημα VRF

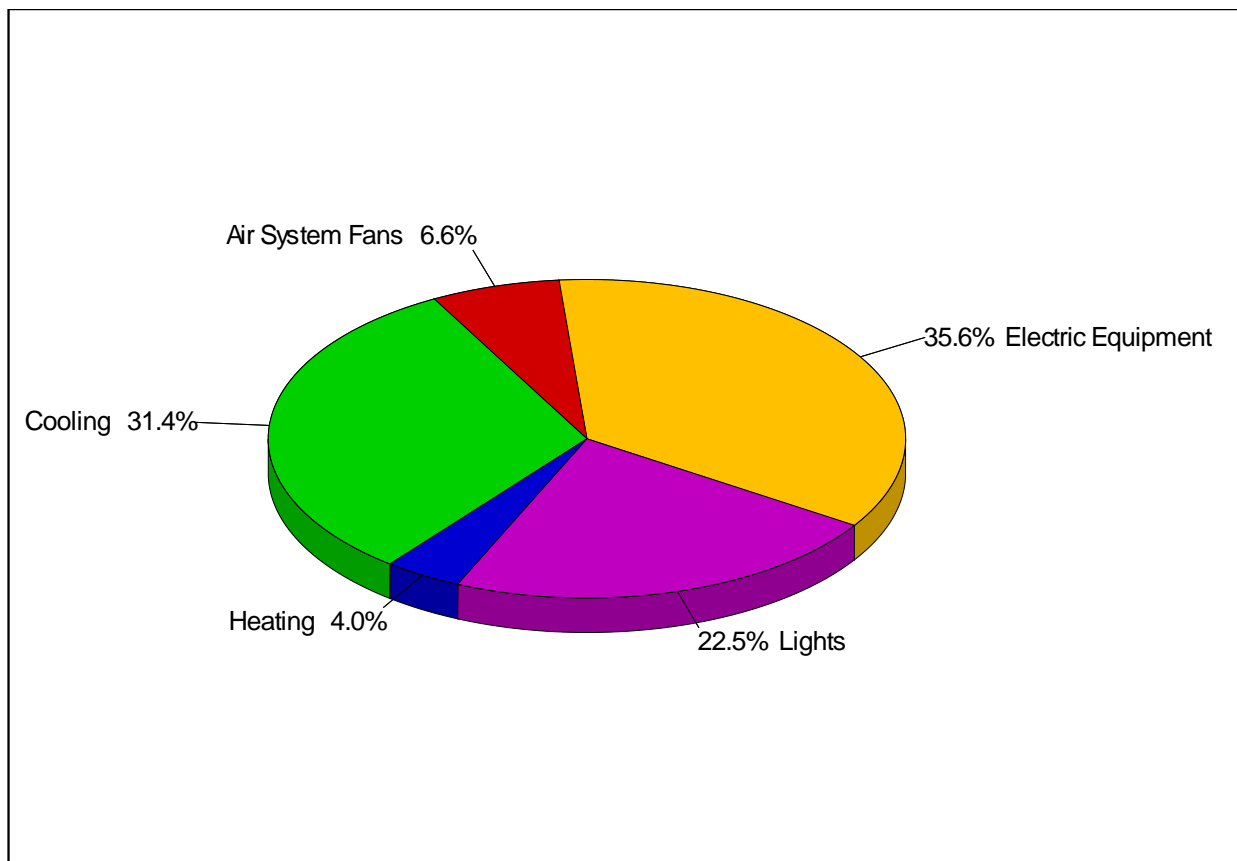
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη κατανάλωσης ενέργειας από όλα τα μέρη του συστήματος , καθώς επίσης και το ποσοστό που καταναλώνει κάθε ένα από αυτά τα μέρη ως προς την συνολική κατανάλωση. Στην συνέχεια αυτά τα ποσοστά παρουσιάζονται και σε μορφή γραφήματος για να έχουμε μία πιο οπτική εικόνα σχετικά με τα μεγέθη των καταναλώσεων.

Πίνακας 18: Ετήσια κόστη του συστήματος VRF

Component	VRF (€)	VRF (€/m ²)	VRF (%)
Air System Fans	846	0.886	6.6
Cooling	4,059	4.250	31.4
Heating	511	0.535	4.0
Pumps	0	0.000	0.0
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0

HVAC Sub-Total	5,416	5,671	42.0
Lights	2,899	3,035	22.5
Electric Equipment	4,592	4,809	35.6
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
Non-HVAC Sub-Total	7,491	7,844	58.0
Grand Total	12,907	13,515	100.0

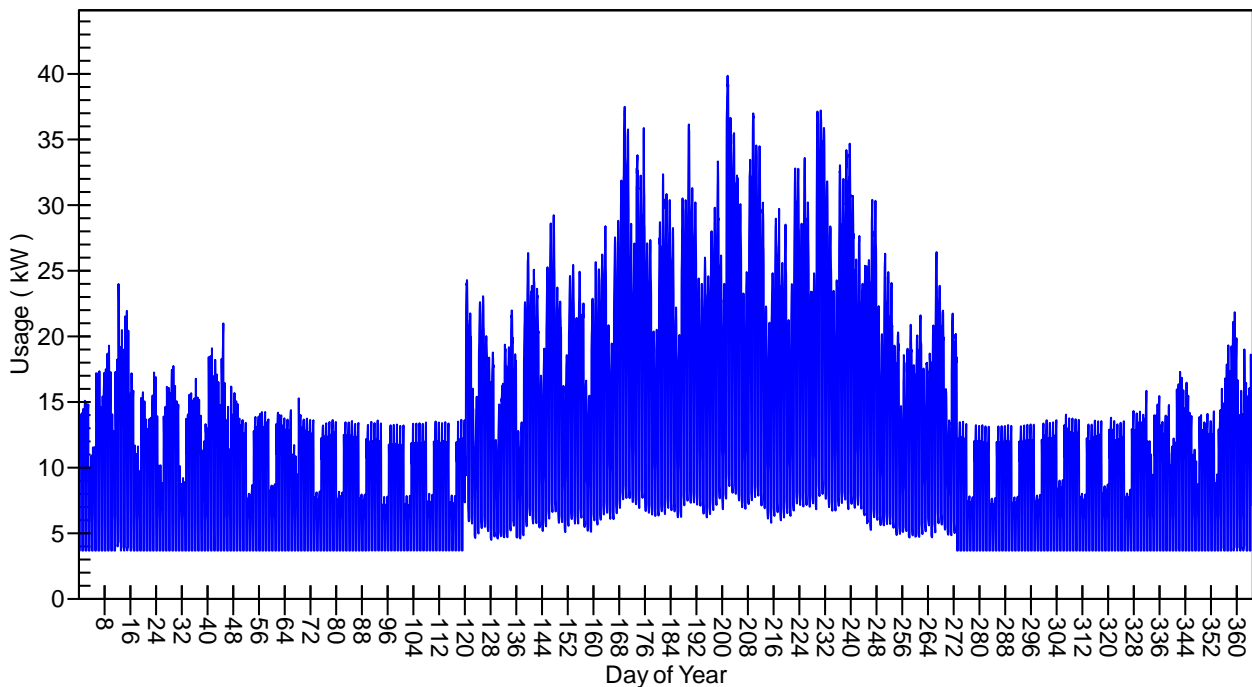
Σχήμα 34: Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος



Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά για ψύξη είναι πολύ μεγαλύτερα για θέρμανση και αυτό είναι λογικό μιας και το κτίριο χρησιμοποιείται μόνιμα από άτομα και σε συνδυασμό με την μόνιμη χρήση διαφόρων εξοπλισμών για τους ασθενείς αλλά και τον φωτισμό παράγονται αρκετά μεγάλα θερμικά φορτία τα οποία βοηθούν πολύ στην θέρμανση των χώρων. Αυτός είναι ο λόγος που απαιτούνται μικρά ποσοστά ενέργειας για θέρμανση ενώ τα ποσοστά για ψύξη είναι πολύ μεγαλύτερα. 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. Μεγαλύτερα από τα συνολικά ποσοστά που απαιτούνται για ψύξη και θέρμανση. Αυτό φαίνεται και από τον πίνακα παρακάτω καθώς και από το αντίστοιχο γράφημα που οπτικοποιεί αυτά τα ποσοστά. Αυτό συμβαίνει γιατί όπως αναφέραμε και πιο πριν, λόγω της συνεχής χρήσης του κτιρίου γίνεται συνεχώς κατανάλωση ενέργειας σε ηλεκτρικό εξοπλισμό και φωτισμό.

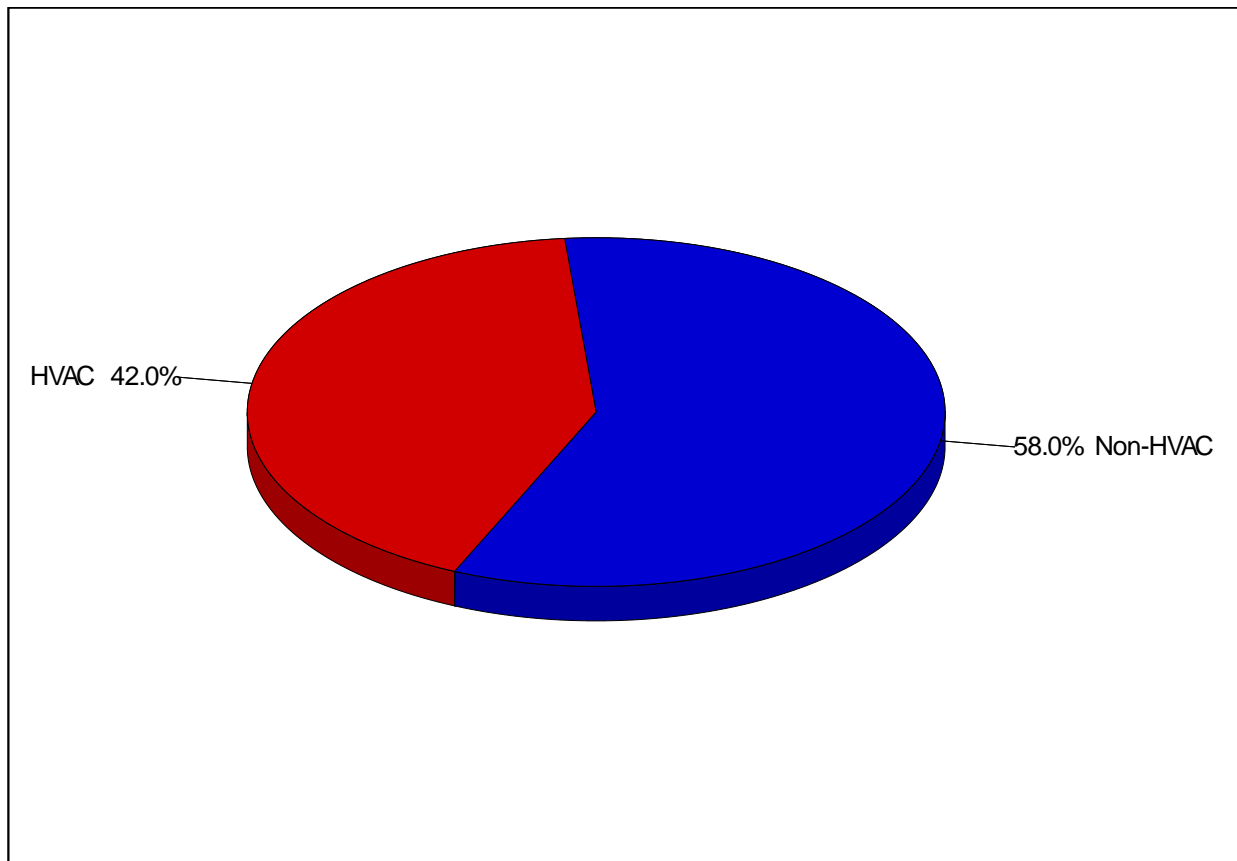
Σχήμα 35: Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών)



Πίνακας 19: Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία

Component	Annual Cost		Percent of Total
	(€/yr)	(€/m ²)	(%)
HVAC	5,416	5.671	42.0
Non-HVAC	7,491	7.844	58.0
Grand Total	12,907	13.515	100.0

Σχήμα 36: Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία



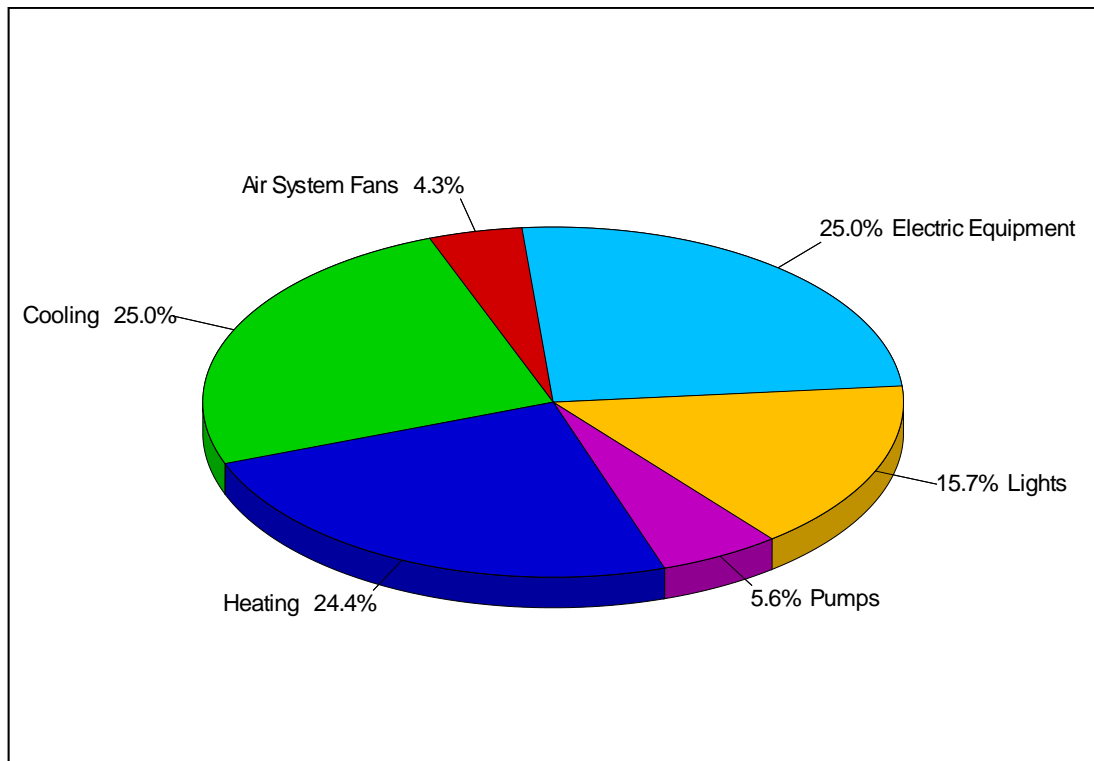
5.4.2 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία

Όπως και την περίπτωση του συστήματος VRF έτσι και στο σύστημα με γεωθερμική 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. Στην συνέχεια γίνεται χρήση γραφήματος όπου οπτικοποιείται το ποσό που καταναλώνει κάθε μέρος του συστήματος.

Πίνακας 20: Ετήσια κόστη του συστήματος με γεωθερμία

Component	Geothermia (€)	Geothermia (€/m ²)	Geothermia (%)
Air System Fans	788	0.825	4.3
Cooling	4,530	4.743	25.0
Heating	4,425	4.634	24.4
Pumps	1,013	1.061	5.6
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0
HVAC Sub-Total	10,756	11.263	59.3
Lights	2,855	2.990	15.7
Electric Equipment	4,526	4.739	25.0
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
Non-HVAC Sub-Total	7,382	7.729	40.7
Grand Total	18,138	18.992	100.0

Σχήμα 37: Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος

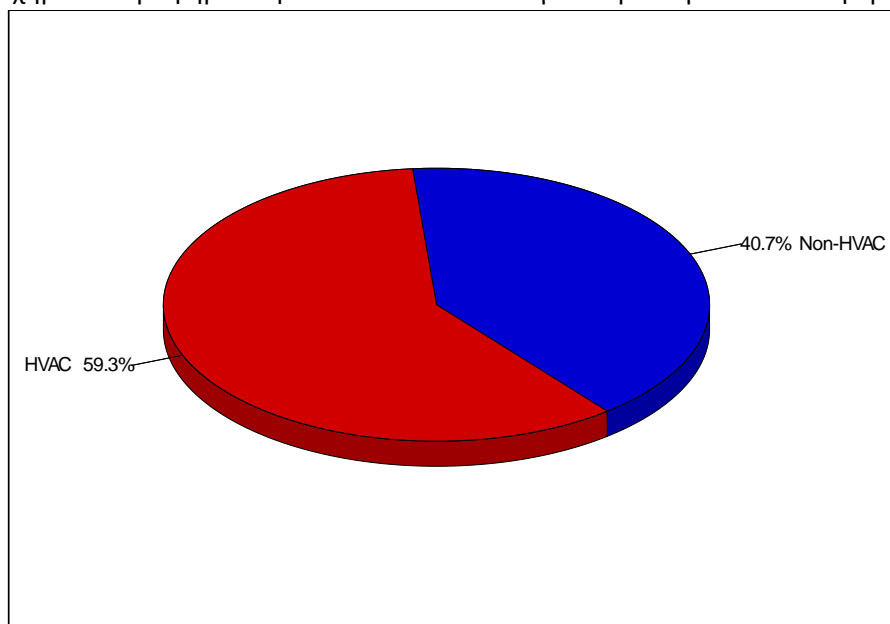


Ήδη μπορούμε να δούμε ότι γίνεται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα της γεωθερμίας σε σχέση με το VRF. Πολύ μεγάλο ρόλο όσον αφορά τον κλιματισμό παίζει η χρήση τοπικών εναλλακτών στο σύστημα VRF. Οι εναλλάκτες αναμιγνύουν ένα ποσοστό του ήδη κλιματισμένου αέρα που είναι αν εξαχθεί από τον χώρο με νωπό αέρα που εισέρχεται στον χώρο. Έτσι ο αέρα που πρέπει να κλιματισθεί δεν έχει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλά μια ενδιάμεση θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι ειδικά στην θέρμανση που 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. Σε αντίθεση με το σύστημα VRF το σύστημα με την 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. 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.

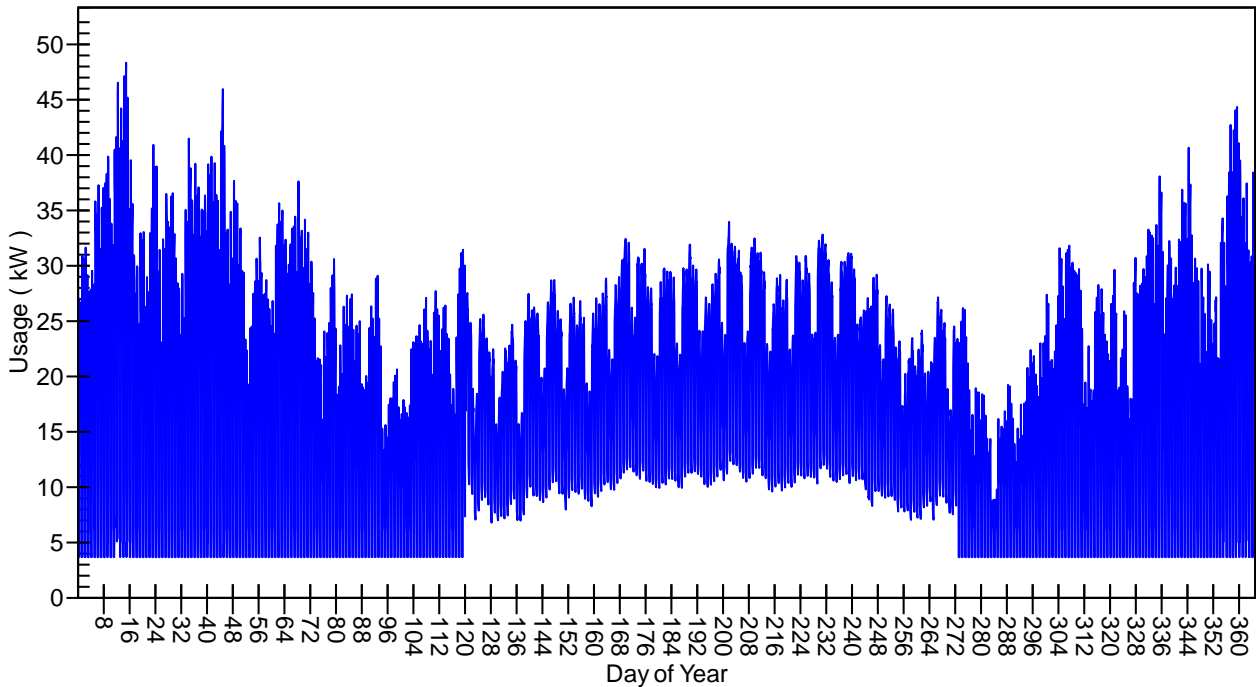
Πίνακας 21: Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία

Component	Annual Cost		Percent of Total (%)
	(€/yr)	(€/m ²)	
HVAC	10,756	11.263	59.3
Non-HVAC	7,382	7.729	40.7
Grand Total	18,138	18.992	100.0

Σχήμα 38: Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία



Σχήμα 39: Ετήσια κατανάλωση για όλες τις μέρες του χρόνου (Γ.Α.Θ)



5.4.3 Σύγκριση κόστους κλιματισμού των δύο συστημάτων

Όπως μπορούμε να δούμε από τους πίνακες καθώς και από τα γραφήματα το κόστος για τον κλιματισμό του κτιρίου είναι χαμηλότερο στην περίπτωση του συστήματος με VRF σε σχέση με αυτό της γεωθερμίας. Το ετήσιο κόστος κατανάλωσης στην περίπτωση του συστήματος με VRF είναι 12,907 € , ενώ στην περίπτωση της γεωθερμίας είναι 18,138 € πράγμα που σημαίνει ότι για το συγκεκριμένο κτίριο που χρησιμοποιείται για τον συγκεκριμένο σκοπό το σύστημα κλιματισμό με VRF λειτουργεί πολύ πιο αποδοτικά και με αρκετά χαμηλότερο ετήσιο κόστος λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Συμπεράσματα

Μετά την ανάλυση των συστημάτων, του κτιρίου και του λογισμικού καθώς επίσης και την τεχνοοικονομική μελέτη που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια προέκυψαν μερικά ασφαλή συμπεράσματα τα οποία θα αναλυθούν στο παρών κεφάλαιο.

Αρχικά, ένας κύριος λόγος διεξαγωγής της παρούσας μελέτης αποτελεί η οικονομική σύγκριση των δύο κλιματιστικών συστημάτων έτσι ώστε να έχουμε την κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση ψύξη και αερισμό σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος.

Βασιζόμενοι, πλέον στα αποτελέσματα που προέκυψαν στο κεφάλαιο 5, ότι δηλαδή το κόστος της ετήσιας λειτουργίας του κτιρίου με χρήση συστήματος κλιματισμού τύπου VRF είναι 12,907 €, ενώ αντίστοιχα το κόστος με την χρήση συστήματος κλιματισμού με γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα.

Αρχικά μπορούμε να αντιληφθούμε ότι το σύστημα που αποδίδει καλύτερα στο συγκεκριμένο κτίριο είναι το σύστημα με την χρήση VRF μίας και το ετήσιο κόστος κατανάλωσης είναι αισθητά χαμηλότερο από το αντίστοιχο της γεωθερμίας.

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι το κόστος εγκατάστασης του συστήματος γεωθερμίας είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό του VRF μιας και απαιτούνται γεωτρήσεις, κυκλοφορητές νερού και εξοπλισμός ο οποίος έχει πολύ τα μεγαλύτερο κόστος από την εγκατάσταση του συστήματος VRF.

Αυτό που προκύπτει από την συγκεκριμένη μελέτη είναι ότι ο κυριότερος λόγος που Στο συγκεκριμένο κτήριο είναι πολύ πιο αποδοτική η εγκατάσταση συστήματος με VRF είναι τα θερμικά φορτία που παράγονται από την χρήση του κτηρίου. Το κτίριο που πραγματοποιήθηκε η μελέτη είναι κτίριο κλινικής και αυτό σημαίνει ότι βρίσκεται σε συνεχή χρήση. Τα άτομα που χρησιμοποιούν τους χώρους, η συνεχή χρήση φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού έχουν σαν αποτέλεσμα να παράγονται μεγάλα ποσά θερμότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τους χειμερινούς μήνες η χρήση εναλλακτών να μειώνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση στο σύστημα κλιματισμού με VRF.

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 VRF 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 δύο διαφορετικά συστήματα κλιματισμού.

Μια πρόταση που θα μπορούσε να γίνει θα ήταν μία παρόμοια μελέτη στο ίδιο κτίριο χρησιμοποιώντας όμως κάποια διαφορετικά συστήματα κλιματισμού έτσι ώστε να γίνει σύγκριση και μεταξύ τους αλλά και με το σύστημα VRF που αποδείχθηκε το πιο αποδοτικό στην συγκεκριμένη εργασία.

Επίσης στην συγκεκριμένη εργασία όλο τα συστήματα λειτουργούσαν με ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς μπορεί να γίνει παρόμοια εργασία με συστήματα που λειτουργούν με άλλες μορφές ενέργειας όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο η ακόμη και βιομάζα και να γίνει σύγκριση μεταξύ τους για το ποιο σύστημα είναι το πιο αποδοτικό.

Μπορούν ακόμα να γίνουν και συνδυασμοί συστημάτων με σκοπό να πετύχουμε μια καλύτερη ενεργειακά απόδοση.

ΒΙΒΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συγγράμματα

Βραχόπουλος.Μ, Κούκου Μ., Καρύτσα , Κανονική Γεωθερμία ,Αρχή Σχεδιασμου Γεωθερμικών Συστημάτων και Εφαρμογών ,Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα, ,2015

Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα “MOVIDA” “MOVing from Inspection to Domestic Advice by service companies”, Εκπαιδευτικό σεμινάριο για Επιθεωρητές συστημάτων Κλιματισμού, Ιούνιος 2013, Δρ Ιωάννης Μιχαηλίδης Αναπληρωτής Καθηγητής

Βραχόπουλος.Μ, 'Ψυκτικές διατάξεις', ΙΩΝ, 2000

Μαχιάς Α., Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις , Ζαμπάρα, 2002

Σελούντος Β.Η., Θέρμανση-Κλιματισμός, Μελέτη, Κατασκευή, Εγκαταστάσεις, Υλικά, Δίκτυα, Εξοπλισμός , Γ' Έκδοση, ΤεκΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ-4Μ, 2002

Σταυρόπουλος Α., Το Ενεργειακό Πρόβλημα. Το Παρόν και το Μέλλον, Καραμπερόπουλος, 1980

http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60568/book_60568_mendrinis.pdf

- Ιωαννίδης Δ., Γεωργακάκης Μ., Θερμάνσεις, Ίδρυμα Ευγενίδου, 2006
- Geothermal Energy Technology: Issues, R&d Needs, and Cooperative Arrangements
- ASHRAE, Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, 2010
- Banks, D. An introduction to thermogeology-ground source heating and cooling 2nd edition 2012, Wiley-Blackwell
- Cengel Y, Μεταφορά Θερμότητας, Μια πρακτική Προσέγγιση, Τζιόλα, 2005
- Cengel Y., Boles M., Θερμοδυναμική για Μηχανικούς Γ' Έκδοση, Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1998
- McQuinston F.C., J.D. Parker, J.D. Splitter, Heating, Ventilation, Air conditioning: Analysis and Design, 4th edition, Willey, 1994
- Ochsner K. Geothermal Heat Pumps A guide for planning and installing, Earthscan, 2008
- Twidell, J and Weir, T, Renewable Energy Resources, 2nd Edition, Taylor & Francis, 2006
- Anonymous, National ruler electric cooperative association Oklahoma State University I.G.S.H.P.A, Closed Loop / Ground Source Heat Pump Systems, 2004

Επιστημονικά άρθρα-Δημοσιεύσεις

- Ενεργειακή πολιτική για την Ελλάδα: σύγκλιση ή απόκλιση από την Ευρωπαϊκή προοπτική; , Π. Κάπρου, Καθηγητή ΕΜΠ
- Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές , Χ. Κουτρούλης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
- Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα Κλιματισμός Ενότητα 4 Συστήματα κλιματισμού, Κωνσταντίνος Παπακώστας Μηχανολόγος μηχανικών
- Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό , Α' επιθεώρηση κτιρίων τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Α' έκδοση, 2011
- Κατσιμίχας Σ., Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Ετήσια απόδοση συστημάτων θέρμανσης με λέβητες και Αντλίες Θερμότητας, Ημερίδα ΠΣΔΜ-Η, Αθήνα 2013
- Κ.ΕΝ.Α.Κ. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων . Τ.Ε.Ε., 2008
- Μητσάκης Ε. , Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Αντλίες θερμότητας αέρα – νερού, Σεμινάριο Θερμογάζ, Αθήνα, 2012

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

Σανταμούρης Μ., Εξοικονόμηση ενέργειας στο κτιριακό τομέα στην Ελλάδα, ΚΑΠΕ-ΕΚΠΑ, Αθήνα,

http://www.iene.gr/energydevelopment2011/articlefiles/6session_partA/sadamouris.pdf

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

Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο, Συνθήκη της Λειτουργίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Λισαβόνα: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010

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

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

Karagiorgas.M, Mendrinos.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>

Mendrinos.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](http://www.lowex.net/guidebook/additionalinformation/lowexx/3lowexx%20paper%20gr.pdf)

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

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>

Simulation and optimization of multi-split variable refrigerant flow systems, Ali Alahmer , Sameh Alsaqoor