

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



**“Ενεργειακή Ανάλυση Κτιρίου Με Χρήση Λογισμικού”
“Building Energy Analysis With Software”**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ξανθίππη Σ. Νικολαΐδου

Επιβλέποντες Καθηγητές

Δρ. Ελευθέριος Τσουκαλάς Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δρ. Ηλίας Χούστης Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βόλος, Μάρτιος 2018

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 © Ξανθίππη Σ. Νικολαΐδου, 2018

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.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Πρόλογος

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με τη βοήθεια της ενεργειακής ανάλυσης σε μία σχολική μονάδα στην περιοχή του Βελεστίνου του νομού Μαγνησίας. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε συνδυασμό με τις ενεργειακές απαιτήσεις των σύγχρονων κτιρίων, καθιστούν απαραίτητη την βελτίωση των ενεργειακών αποδόσεων, με βασικό στόχο τον περιορισμό της άσκοπης ενεργειακής χρήσης. Η ενεργειακή αυτή επιθεώρηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, τον περιορισμό της ρύπανσης της ατμόσφαιρας αλλά και την εξοικονόμηση χρημάτων.

Η διπλωματική εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2017-2018 υπό την επίβλεψη των κ. Ελευθέριου Τσουκαλά, καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, και κ. Ηλία Χούστη, ομότιμο καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, στους οποίους και οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες.

Δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τον κ. Ζημέρη, για τη συνεχή παρακολούθηση της πορείας της διπλωματικής μου εργασίας, την καθοδήγηση του, τις πολύτιμες συμβουλές, το ενδιαφέρον που έδειξε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αλλά και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την στήριξή τους καθ' όλη την διάρκεια της σταδιοδρομίας μου, καθώς χωρίς την συμπαράστασή τους και την υπομονή τους δεν θα μπορούσα να πραγματοποιήσω τα όνειρά μου.

Ευχαριστώ

Βόλος, Μάρτιος 2018

Νικολαΐδου Ξανθίππη

Περίληψη

Το κόστος λειτουργίας ενός συστήματος κλιματισμού αποτελεί έναν βασικό παράγοντα στην επιλογή ενός συστήματος κλιματισμού στα κτίρια. Ιδιαίτερη σημασία έχει το κόστος σε κτίρια που ξεφεύγουν από την απλή χρήση της κατοικίας, όπως σε κτίρια σχολείων όπου οι απαιτήσεις στις εσωτερικές συνθήκες κλιματισμού αλλά και το μέγεθος των ίδιων των συστημάτων είναι μεγαλύτερα. Ο μελετητής μηχανικός καλείται να απαντήσει ποιο σύστημα κλιματισμού έχει το μικρότερο κόστος λειτουργίας καθώς αποτελεί ένας από τους πρωταρχικούς προβληματισμούς του ιδιοκτήτη του έργου.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία, έγινε μία προσπάθεια να προσδιοριστεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τριών συστημάτων κλιματισμού που προδιαγράφηκαν σε μία σχολική μονάδα. Η σχολική μονάδα είναι τριώροφη και καλύπτει συνολική επιφάνεια 1660,5 m². Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η κατανομή ενέργειας στον κτιριακό τομέα σε Ελλάδα και Ευρώπη καθώς και η τρέχουσα νομοθεσία. Για την μελέτη των συστημάτων κλιματισμού, στο κεφάλαιο 3 καθορίστηκαν οι ιδιότητες της θερμομόνωσης του κτιρίου κατά ΚΕΝΑΚ και βάσει αυτών υπολογίστηκαν τα θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου. Για καθένα από τα τρία συστήματα κλιματισμού, όπως αναλύονται στο κεφάλαιο 2, επιλέχθηκαν οι συσκευές που καλύπτουν τις απαιτήσεις του κτιρίου και έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την διαστασιολόγηση όλων των δικτύων με τη χρήση του ενεργειακού προγράμματος Η.Α.Ρ. (κεφάλαιο 4). Ο υπολογισμός του κόστους κάθε συστήματος όσον αφορά την εγκατάσταση αλλά και τη λειτουργία του παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5. Στο κεφάλαιο 6 διατυπώνονται τα συμπεράσματα αυτής της εργασίας βάσει του κόστους εγκατάστασης των συστημάτων και της λειτουργίας τους και σημειώνονται κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή Επιθεώρηση, Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίου, Συστήματα Κλιματισμού, Εξοικονόμηση Ενέργειας Τριτογενούς τομέα, Προσδιορισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας, Παρεμβάσεις Ενεργειακής βελτίωσης.

Abstract

Operating cost plays a key role in the choice of an air conditioning system in buildings. Of particular importance is the cost of buildings that escape the simple use of home, such as in school buildings where the indoor air conditioning requirements and the size of the systems are bigger. The engineering engineer is asked to answer which air conditioning system has the lowest installation cost as it is one of the main concerns of the project owner.

In this thesis, an attempt was made to determine the cost of installing and operating three air conditioning systems specified in a school unit. The school unit is three-storey and covers a total area of 1660.5 m². The first chapter presents the distribution of energy in Greece and Europe as well as the current legislation. For the study of air conditioning systems, chapter 3 determined the thermal insulation properties of the building against KENAK and based on these, the thermal and cooling loads of the building were calculated. For each of the three air conditioning systems, as discussed in Chapter 2, the appliances that meet the building requirements were selected and the necessary calculations were made for the dimensioning of all networks using the H.A.P. energy program. (Chapter 4). The calculation of the cost of each system in terms of installation and operation is presented in Chapter 5. Chapter 6 sets out the conclusions of this work based on the cost of installing systems and system operation and outlines some proposals for future research.

Keywords:Energy Inspection, Building Energy Efficiency, Air Conditioning Systems, Energy Saving in Tertiary Sector, Determination of Thermal Transmittance Factors, Energy Improvement Operations.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iii
Περίληψη.....	iv
Abstract.....	v
Περιεχόμενα.....	vi
Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1ο. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ.....	3
1.1 Εισαγωγή.....	3
1.2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	4
1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα.....	7
1.4 Νομοθεσία στην Ε.Ε.....	11
1.4.1 Βασικές διατάξεις και στόχοι.....	12
1.4.2 Πεδίο εφαρμογής και εξαιρέσεις.....	13
1.4.3 Απαιτήσεις οδηγίας από τα κράτη-μέλη.....	14
1.5 Νομοθεσία στην Ελλάδα.....	15
Κεφάλαιο 2ο. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	19
2.1 Ιστορική Αναδρομή.....	19
2.2 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήρια.....	20
2.2.1 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήριο τον βαθμό επεξεργασίας του αέρα.....	20
2.2.2 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήριο τη θέση των συσκευών και την έκταση της εφαρμογής τους.....	21
2.2.2.1 Τοπικά συστήματα.....	21
2.2.2.2 Κεντρικά συστήματα κλιματισμού.....	22
2.2.3 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήριο το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.....	23
2.3 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα.....	24
2.4 Σύστημα κλιματισμού μεταβαλλόμενης παροχής αέρα.....	25
2.5 Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό.....	26
2.6 Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού.....	27
2.7 Συστήματα ψυκτικού ρευστού-αέρα.....	29
2.7.1 Συστήματα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης.....	29
2.7.2 Συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου.....	30
2.8 Γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού.....	32
Κεφάλαιο 3ο. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ Κ.ΕΝ.Α.Κ.....	40
3.1 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης.....	40
3.2 Κατηγορίες κτιρίων.....	41
3.3 Ελάχιστες απαιτήσεις κτιρίου αναφοράς.....	43
3.4 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου.....	44
3.4.1 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου αναφοράς.....	45
3.4.2 Θερμικές ζώνες κτιρίου.....	45
3.4.3 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας κτιρίου.....	46
3.4.4 Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικών χώρων.....	49
3.4.4.1 Θερμοκρασία και υγρασία χώρων.....	50
3.4.4.2 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων.....	52
3.4.4.3 Στάθμη φωτισμού.....	55
3.5 Χρήστες κτιρίου.....	57
3.6 Εξοπλισμός κτιρίων.....	59
3.7 Προδιαγραφές κελύφους κτιρίου.....	61
3.7.1 Γεωμετρία-Αναλογίες κτιρίου.....	62

3.7.1.1	Τα γεωμετρικά στοιχεία επιφανειών δομικών στοιχείων.....	62
3.7.1.2	Γραμμικές διαστάσεις δομικών στοιχείων.....	63
3.7.2	Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων.....	64
3.7.2.1	Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m	65
3.7.2.2	Συντελεστής θερμοπερατότητας για αδιαφανή δομικά στοιχεία.....	66
3.7.2.3	Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους.....	68
3.7.3	Συντελεστής θερμοπερατότητας διάφανων δομικών στοιχείων επιφανειών U_w	69
3.7.4	Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων.....	70
3.8	Άλλοι συντελεστές υπολογισμού ενεργειακής μελέτης.....	71
3.9	Θερμικό φορτίο κτιρίου.....	74
3.10	Ψυκτικό φορτίο κτιρίου.....	75
Κεφάλαιο 4ο	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ H.A.P.....	77
4.1	Το λογισμικό Hourly Analysis Program(HAP 5.0).....	77
4.2	Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου.....	80
4.3	Ενότητες του λογισμικού HAP.....	81
4.3.1	Κλιματολογικά δεδομένα-καιρός.....	81
4.3.2	Χαρακτηριστικά κτιρίου-χώροι.....	84
4.4	Χρονοδιαγράμματα.....	91
4.5	Συστήματα κλιματισμού.....	97
4.5.1	Μονάδα ανεμιστήρα στοιχείου (Fan Coil Units, FCU) νερού με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	98
4.5.2	Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume – VRV).....	101
4.5.3	Γεωθερμική αντλία θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος.....	105
Κεφάλαιο 5ο	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	110
5.1	Εισαγωγή.....	110
5.2	Σχεδιαστική ανάλυση αντλίας θερμότητας αέρα-νερού.....	112
5.3	Σχεδιαστική ανάλυση συστήματος κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRF.....	117
5.4	Σχεδιαστική ανάλυση συστήματος κλιματισμού με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	122
5.5	Ετήσιο κόστος και κατανάλωση ενέργειας.....	126
5.5.1	Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για σύστημα κλιματισμού με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	127
5.5.2	Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για το σύστημα VRF.....	129
5.5.3	Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία.....	132
5.6	Σύγκριση κόστους κλιματισμού των τριών συστημάτων.....	134
Κεφάλαιο 6ο	135
6.1	Συμπεράσματα.....	135
6.2	Προτάσεις.....	136
Βιβλιογραφία	137

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Ενεργειακή κατανάλωση στην Ε.Ε.....	6
1.2	Κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα.....	7
1.3	Μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στον τριτογενή τομέα για όλες τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου.....	8
1.4	Ενεργειακοί δείκτες κατανάλωσης ενέργειας σε κτίρια.....	9
1.5	Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση σε κατοικίες.....	11
1.6	Κατανομή ενέργειας στον τριτογενή τομέα.....	11
2.1	Σχηματικό διάγραμμα κλιματισμού μιας ζώνης.....	21
2.2	Σχηματική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού μόνο με αέρα.....	25
2.3	Σχεδιάγραμμα συστήματος Μ.Π.Α.....	26
2.4	Σχηματική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού με νερό.....	27
2.5	Σχηματική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού αέρα-νερού.....	28
2.6	Σύστημα με μία εξωτερική και δύο εσωτερικές.....	29
2.7	Ημικεντρικό σύστημα με δυνατότητα λήψης νερού αέρα.....	30
2.8	Σχηματική απεικόνιση συστήματος VRV σε κτίριο.....	32
2.9	Σχηματική απεικόνιση συστήματος γεωθερμίας.....	34
2.10	Σχηματική απεικόνιση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	36
2.11	Σχηματική απεικόνιση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας-ψυκτικός κύκλος.....	37
2.12	Εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος.....	37
4.1	Πρόγραμμα Η.Α.Ρ.....	77
4.2	Νότια όψη σχολείου.....	79
4.3	Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Η.Α.Ρ.....	79
4.4	Νότια όψη κτιρίου.....	80
4.5	Δυτική όψη κτιρίου.....	80
4.6	Ανατολική όψη κτιρίου.....	81
4.7	Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτεια.....	82
4.8	Παράμετροι Σχεδιασμού για την γεωγραφική θέση του Βόλου καθώς και τα κλιματολογικά δεδομένα του.....	83
4.9	Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP όπου φαίνονται οι χώροι του κτιρίου.....	86
4.10	Στιγμιότυπο του λογισμικού HAP όπου φαίνεται ο ορισμός των κουφωμάτων.....	89
4.11	Στιγμιότυπο του λογισμικού HAP όπου φαίνεται ο ορισμός των θυρών.....	91
4.12	Χρονοδιαγράμματα που ορίστηκαν στο λογισμικό.....	92
4.13	Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος Air-Water Heat Pump.....	99
4.14	Συνδεσμολογία Α.Θ Α/Ν με FCU.....	100
4.15	Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος VRV.....	102
4.16	Προσομοίωση συστήματος VRV από το λογισμικό.....	103
4.17	Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος γεωθερμίας.....	106
4.18	Προσομοίωση συστήματος γεωθερμίας από το λογισμικό.....	106
5.1	Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος.....	128
5.2	Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών).....	128
5.3	Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία.....	129

5.4 Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος.....	130
5.5 Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών).....	131
5.6 Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία.....	132
5.7 Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος.....	133
5.8 Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία.....	133
5.9 Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών).....	134

Κατάλογος Πινάκων

3.1 Βασικές κατηγορίες κτιρίων.....	42
3.2 Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτιρίων ανά χρήση.....	48
3.3 Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.....	51
3.4 Απαιτούμενος νωπός αέρα ανά χρήση κτιρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	53
3.5 Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού(W/m ²) κτιρίου αναφοράς ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	55
3.6 Εκκλόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	58
3.7 Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών / εξοπλισμού ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	60
3.8 Συμβατικός τρόπος υπολογισμού του εμβαδού που καταλαμβάνει ο φέρων οργανισμός του κτιρίου ως ποσοστό επί της επιφάνειας της όψης του σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αποτύπωση του φέροντος οργανισμού.....	62
3.9α. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	64
3.9β. Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας U _m κτιρίου για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	64
3.10α. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979).....	67
3.10β. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979).....	68
3.11. Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U _w [W/(m ² . K)].....	70
3.12. Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά m ² δαπέδου.....	71
3.13. Τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία.....	72
3.14. Τιμές του συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας.....	73
3.15. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση, της ημισφαιρικής διαπερατότητας g _{em} και της μέσης διαπερατότητας g _{gl} , για διάφορους τύπο υαλοπίνακα.....	73
3.16. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων.....	73

4.1 Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες ανά νομούς.....	82
4.2 Μηνιαίο Μέγιστο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας.....	83
4.3 Τοιχοποιία που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό.....	88
4.4 Σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό.....	88
4.5 Οροφή που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό.....	89
4.6 Κουφώματα που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό.....	90
4.7 Υαλοπίνακες που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό.....	90
4.8 Θύρες που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό.....	91
4.9 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (1).....	92
4.10 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (2)	92
4.11 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας	93
4.12 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών χειμώνας(1)	93
4.13 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (2).....	93
4.14 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών καλοκαίρι (3)	93
4.15 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας.....	93
4.16 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (1)	93
4.17 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (2)	94
4.18 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας	94
4.19 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (1)	94
4.20 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (2)	94
4.21 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας.....	94
4.22 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών χειμώνας (1).....	94
4.23 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών καλοκαίρι(2).....	95
4.24 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (3).....	95
4.25 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας	95
4.26 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (1).....	95
4.27 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (2).....	95
4.28 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας	95
4.29 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών το χειμώνα στο κεντρικό κτίριο (1).....	96
4.30 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων (2).....	96
4.31 Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών το καλοκαίρι στο κεντρικό κτίριο (3).....	96
4.32 Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή.....	97
4.33 Ετήσια Κατανομή Διακοπών -Αργιών.....	97
4.34 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού.....	101
4.35 Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού.....	101
4.36 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού	104
4.37 Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού.....	104
4.38 Απόδοση ανεμιστήρα εξαερισμού.....	107
4.39 Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού.....	107
5.1 Χώροι, ζώνες κλιματισμού καθώς επίσης οι απαιτήσεις σε φορτία θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και τα τετραγωνικά μέτρα κάθε χώρου.....	110
5.2 Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	112
5.3 Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	112

5.4	Προσομοίωση αποτελεσμάτων ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	113
5.5	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-νερού κατά την διάρκεια της 23ης Ιουλίου	113
5.6	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της 23ης Ιουλίου.....	114
5.7	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-νερού κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.....	115
5.8	Προσομοίωση αποτελεσμάτων αερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-νερού κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.	116
5.9	Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για την αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	116
5.10	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με VRV.....	117
5.11	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια του έτους σε σύστημα VRV.....	118
5.12	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατανάλωσης συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιουλίου.	118
5.13	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιουλίου.	119
5.14	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου	119
5.15	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.....	120
5.16	Συνολικά φορτία ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα κλιματισμού VRF.	121
5.17	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	122
5.18	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	122
5.19	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	123
5.20	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	123
5.21	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	124
5.22	Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της 23ης Ιουλίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	124
5.23	Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της 23ης Ιουλίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	125
5.24	Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για την Γ.Α.Θ.	126
5.25	Ετήσια κόστη του συστήματος κλιματισμού με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.....	127
5.26	Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία.....	129
5.27	Ετήσια κόστη του συστήματος με VRF.....	129

5.28	Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία.	131
5.29	Ετήσια κόστη του συστήματος με γεωθερμία.....	132
5.30	Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία.....	133

Εισαγωγή

Στόχος ενός συστήματος κλιματισμού είναι να διατηρεί τις επιθυμητές τεχνητές συνθήκες υγιεινής και άνεσης μέσα σε έναν κλειστό χώρο. Υπάρχουν αρκετές επιλογές, για τον μελετητή μηχανικό, όσον αφορά τον τύπο του συστήματος κλιματισμού σ ένα κτίριο. Για αυτά τα διαθέσιμα συστήματα ο μηχανικός θα πρέπει να λάβει υπόψη του μια σειρά από παράγοντες ώστε τελικά να επιλέξει και να διαστασιολογήσει το σύστημα κλιματισμού του εξεταζόμενου κτιρίου.

Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται με την άνεση των ατόμων μέσα στο κτίριο, τις διεργασίες θέρμανσης, ψύξης αλλά και του αερισμού του κτιρίου. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι:

- θερμοκρασία,
- υγρασία,
- κίνηση και ποιότητα του αέρα,
- τοπικό κλίμα,
- αρχικό κόστος εγκατάστασης,
- κόστος λειτουργίας, κατανάλωση ενέργειας,
- κόστος συντήρησης.

Πολλοί από αυτούς τους παράγοντες αλληλοεξαρτώνται και ανάλογα με το είδος του κτιρίου ο βαθμός αλληλοεξάρτησης ποικίλει. Ο μηχανικός θα πρέπει να εξετάσει τις απαιτήσεις του κτιρίου σε όλους τους παραπάνω τομείς και να προτείνει το καταλληλότερο σύστημα κλιματισμού. Τέλος, θα πρέπει να πετύχει το κατάλληλο εσωτερικό κλίμα για το εξεταζόμενο κτίριο γεγονός το οποίο έρχεται πολλές φορές σε σύγκρουση με το αρχικό κόστος εγκατάστασης ή ακόμα και το κόστος λειτουργίας.

Στην περίπτωση λοιπόν που ο μηχανικός έχει στη διάθεση του περισσότερα του ενός συστήματα κλιματισμού τα οποία μπορούν να επιφέρουν τα ίδια αποτελέσματα στους κλιματιζόμενους χώρους τίθεται το ερώτημα ποιο από αυτά να επιλέξει. Από την στιγμή που ο τύπος του συστήματος δεν μπαίνει ως περιορισμός στην επιλογή όσον αφορά τις παρεχόμενες εσωτερικές συνθήκες, ζητήματα όπως το μικρότερο κόστος αρχικής εγκατάστασης, το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας αλλά και οι απαιτήσεις συντήρησης αποτελούν τον κυρίαρχο παράγοντα στην επιλογή του συστήματος που θα εφαρμοστεί στο εξεταζόμενο κτίριο.

Δεδομένης της χρήσης του κτιρίου επιλέχθηκαν τρία διαδεδομένα συστήματα κλιματισμού τα οποία είναι :

1. Σύστημα κλιματισμού με μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan coils) νερού για την κάλυψη των φορτίων των χώρων του κτιρίου και ξεχωριστή μονάδα για την κάλυψη των φορτίων αερισμού.
2. Σύστημα κλιματισμού με μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου (variable refrigerant flow) για την κάλυψη των φορτίων των χώρων του κτιρίου και ξεχωριστή μονάδα για την κάλυψη των φορτίων αερισμού.
3. Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος.

Όλα τα συστήματα διαθέτουν εξωτερική κεντρική μονάδα.

Οι υπολογισμοί βάσει των προδιαγραφών του ΚΕ.Ν.Α.Κ καθώς και η επιλογή και η σχεδίαση των συστημάτων παρουσιάζονται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ

1.1 Εισαγωγή

Μετά την βιομηχανική επανάσταση, η κατανάλωση ενέργειας σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας αυξάνεται συνεχώς λόγω της ανάγκης των ανθρώπινων κοινωνιών για πρόοδο και βελτίωση των συνθηκών ζωής. Οι μεγάλες τεχνολογικές εξελίξεις καθώς και οι ενεργειακές μας ανάγκες προκαλούν σημαντικά προβλήματα τα οποία αφορούν αφενός μεν τη διαθεσιμότητά της ενέργειας στο μέλλον, αφετέρου δε την προκαλούμενη ρύπανση κατά την παραγωγή της.

Σήμερα, οι βασικότερες πηγές τριτογενούς ενέργειας παγκοσμίως είναι τα ορυκτά καύσιμα, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, η πυρηνική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, καθώς και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική ενέργεια κ.ά.). Από αυτές, τα ορυκτά καύσιμα, το πετρέλαιο και σε μικρότερο βαθμό το φυσικό αέριο, αποτελούν τον κορμό του συστήματος παραγωγής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας δεν κατέχουν μεγάλο μερίδιο στην παραγωγή ενέργειας, κυρίως λόγω του κόστους τους, που δεν τις καθιστά τόσο ανταγωνιστικές σε σχέση με τα ορυκτά και υγρά καύσιμα, αλλά και επειδή έχουν σοβαρούς περιορισμούς στην παραγωγή ενέργειας σε σχέση με τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Η πυρηνική ενέργεια από την άλλη, αν και θεωρήθηκε ως η σοβαρότερη λύση για φθηνή και απεριόριστη ενέργεια, τέθηκε υπό αμφισβήτηση λόγω της επικινδυνότητάς της και των περιορισμών σχετικά με τα πυρηνικά απόβλητα.

Δεν προκαλεί εντύπωση το γεγονός ότι η ενέργεια αποτελεί πρωταγωνιστικό θέμα στην πολιτική ατζέντα όλων των σύγχρονων κρατών. Η οικονομική ανάπτυξη και η ευημερία εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την ενεργειακή αυτάρκεια και την πρόσβαση ενός κράτους του σε ενεργειακές πηγές όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτό γίνεται ξεκάθαρο μετά την αύξηση της τιμής του πετρελαίου και την επίπτωση αυτής στην παγκόσμια οικονομική κρίση του 2009, αν και πολύ πρόσφατα οι τιμές έχουν υποχωρήσει σημαντικά. Σε κάθε περίπτωση, οι τιμές αυτές παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αβεβαιότητα και κατ' επέκταση η απε-

ξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα αποτελεί σαφέστατα προτεραιότητα.

Η λύση του παραπάνω προβλήματος τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική σκοπιά απαιτεί την λήψη απαραίτητων μέτρων. Το πρώτο βήμα αφορά τη στροφή της παραγωγής σε ανανεώσιμες πηγές, με ταυτόχρονη βελτίωση της τεχνολογίας και των αποδόσεων στον τομέα αυτό. Το δεύτερο βήμα είναι η μείωση της ζήτησης της ενέργειας μέσω των μεθόδων εξοικονόμησης και της ενεργειακής αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούμε στην παραγωγική διαδικασία αλλά και στην καθημερινότητά μας.

Η ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, τόσο στον τριτογενή όσο και στο πρωτογενή τομέα, και αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες. Ως ενεργειακή επιθεώρηση ορίζεται η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Οι κυριότεροι τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας στους οποίους καταναλώνεται η παραγόμενη ενέργεια είναι η βιομηχανία, οι μεταφορές, και ο τριτογενής και πρωτογενής τομέας.

1.2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι μια από τις περιοχές στην οποία σημειώνονται οι υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις παγκοσμίως. Το 1999 η ετήσια κατανάλωση ήταν 1442 Μtoe, το οποίο αναλογούσε στο 15 % της παγκόσμιας κατανάλωσης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση το 2001 κατείχε το 0,6 % των γνωστών παγκοσμίως κοιτασμάτων πετρελαίου και το 2,0% των παγκοσμίως αποθεμάτων φυσικού αερίου. Επίσης διέθετε το 7,3 % των παγκοσμίως αποθεμάτων σε γαιάνθρακα, το 16 % της ικανότητας διύλισης πετρελαίου σε παγκόσμιο επίπεδο και το 16 % της ηλεκτροπαραγωγής παγκοσμίως. Σχετικά με την κατανάλωση το 2001 η Ευρωπαϊκή Ένωση κατανάλωσε το 16 % της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας.

Σαν συνέπεια αυτών ενέκρινε τον Δεκέμβριο του 2008, μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ενεργειακή και την κλιματική πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ για το 2020, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της και την μετατροπή της σε μια ιδιαίτερα αποδοτική από ενεργειακής άποψης οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η "δέσμη για το κλίμα και την ενέρ-

για" έγινε νόμος τον Ιούνιο του 2009 και περιλαμβάνει νόμους για την επίτευξη των στόχων "20-20-20". Οι απαιτήσεις που υιοθετήθηκαν από τους αρχηγούς κρατών και κυβερνήσεων αφορούσαν:

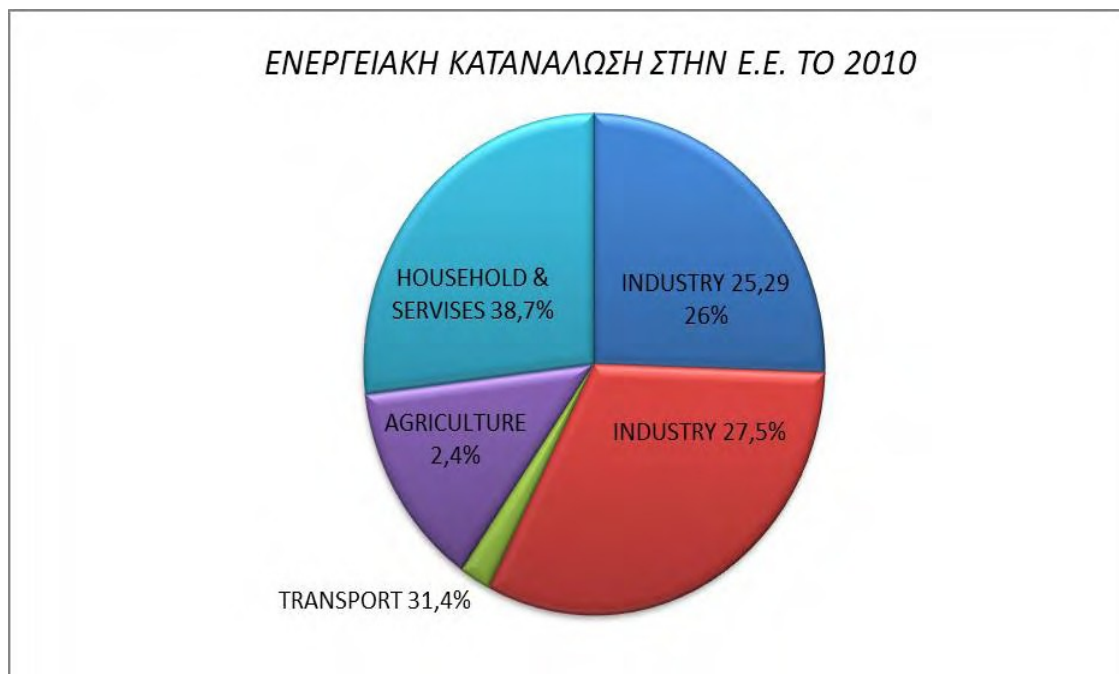
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20%,
- 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές,
- Μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Σε συνολικό ευρωπαϊκό επίπεδο, το πρώτο ζητούμενο που είναι η μείωση της εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων, βρίσκεται πολύ κοντά στην επίτευξή του (μεταξύ του 1990 και του 2012 οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ΕΕ μειώθηκαν κατά 18%). Σε ό,τι αφορά την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές υπάρχει επίσης σημαντική πρόοδος. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κάλυπταν το 13% της ενεργειακής κατανάλωσης στην ΕΕ το 2011, ενώ το ποσοστό τους αναμένεται να αυξηθεί στο 20% έως το 2020. Ο τρίτος στόχος της ενεργειακής αποτελεσματικότητας που αφορά σαφώς και τα κτίρια, φαίνεται ότι είναι και ο πιο δύσκολος στην επίτευξή του. Ως εκ τούτου, εξακολουθεί να αποτελεί προτεραιότητα η επίτευξη όλων των στόχων που έχουν ήδη τεθεί για το 2020.

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, και ζεστό νερό αναλογεί στο 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ευρώπης και περίπου 75% των κτιρίων είναι ενεργειακά μη αποδοτικά, γεγονός που αντικατοπτρίζει σε γενικές γραμμές και την Ελληνική πραγματικότητα. Η παραγωγή και η χρήση ενέργειας ευθύνονται για το 94% των εκπομπών CO₂, από τις οποίες το 45% προέρχεται από τον κτιριακό τομέα. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη αύξηση του αριθμού των κτιρίων στον χώρο της Ευρώπης, ενώ οι ρυθμοί απόσυρσης παλαιών κτιρίων είναι πολύ μικροί, με αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια.

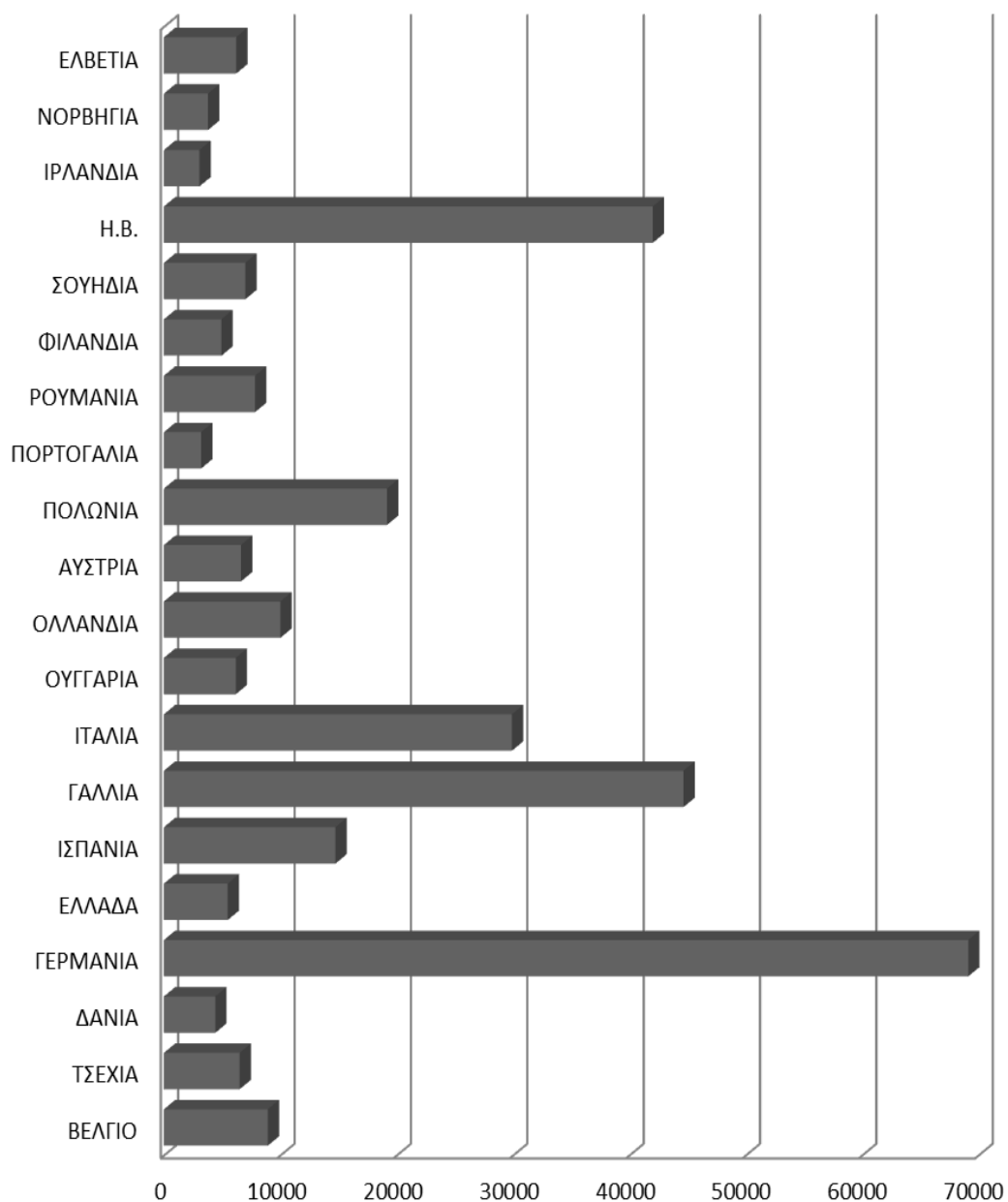
Συνοψίζοντας μπορούμε να επισημάνουμε ότι στα κτίρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης αντιστοιχεί το 1/6 των παγκόσμιων πόρων, το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, και το 70% των εκπομπών CO₂. Εφόσον, όμως, τεθούν σε εφαρμογή τα μέτρα που προβλέπει η οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων (EU, 2002), εκτιμάται ότι τα νέα οικοδομήματα θα εξοικονομήσουν πρωτογενή ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι τα διαμερίσματα θα έχουν 60% λιγότερη κατανάλωση σε σύγκριση με αυτά

που κατασκευάστηκαν πριν το 1970. Στην περίπτωση δε που αναθεωρηθούν τα εθνικά πρότυπα και εφαρμοστούν αυστηρότερες προδιαγραφές είναι δυνατόν να πετύχουμε επιπρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% με 30% (World Energy Council, 2008). Ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας θα συνεχίσει να μεγαλώνει, ενώ θα αρχίσει να παρουσιάζει κάμψη μέχρι το 2030, καθώς από 1% ετησίως την περίοδο 2000-2010 υπολογίζεται να μειωθεί σε 0,6% την περίοδο 2010-2020 και σε 0,3% την περίοδο 2020-2030. Η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, είτε αυτή αφορά στην κατασκευή τους είτε στη χρήση πιο αποδοτικών συσκευών, απορρέει μεν από τα μέτρα εξοικονόμησης που ισχύουν σήμερα, αλλά τα αποτελέσματα αυτής της βελτίωσης θα φανούν μακροπρόθεσμα, διότι απαιτείται αρκετός χρόνος για να μεταβληθεί το υπάρχον κτιριακό απόθεμα.



Σχήμα 1.1: Ενεργειακή κατανάλωση στην Ε.Ε [Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.]

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

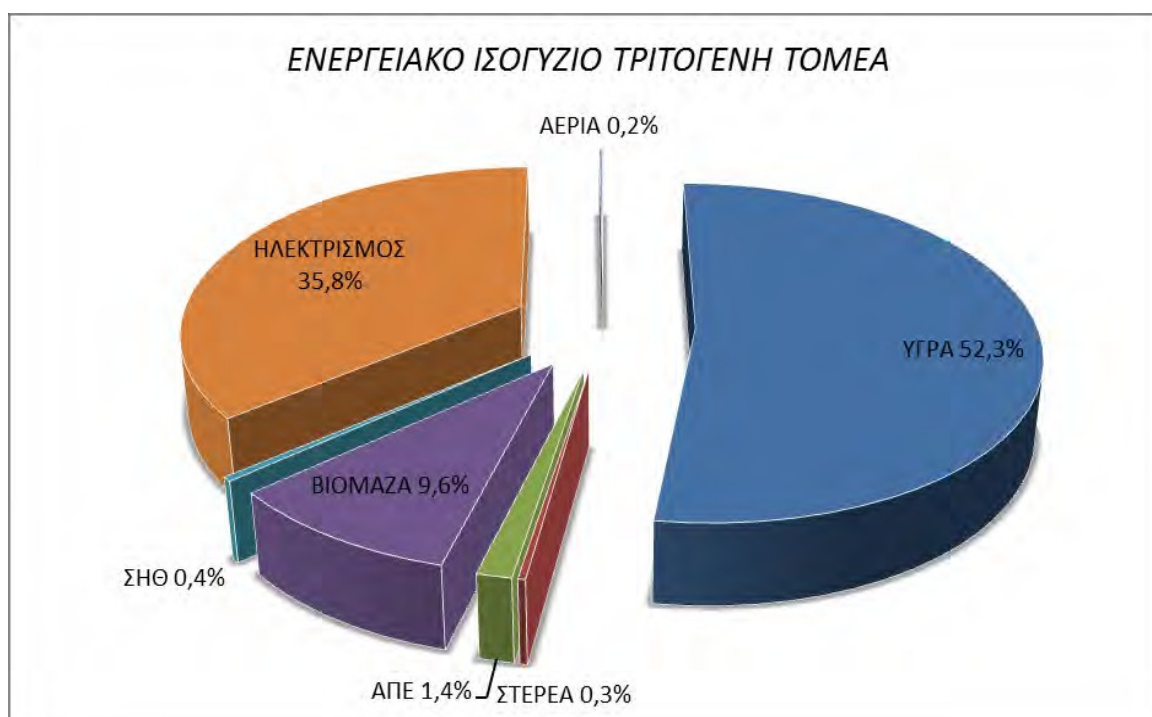


Σχήμα 1.2: Κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα[Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.]

1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα του Ευρωπαϊκού νότου η οποία τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει αύξηση των ενεργειακών της καταναλώσεων σαν αποτέλεσμα της

αύξησης του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων της. Η μεγάλη αυτή αύξηση των απαιτήσεων σε ενέργεια άρχισε κατά την δεκαετία του 1970 και του 1980, ήταν η εντονότερη ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οδήγησε στην αύξηση της προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος από το σύστημα και κατ' επέκταση σε αυξημένη χρήση του λιγνίτη για την κάλυψη των αναγκών αυτών, ο οποίος σαν ορυκτό έχει χαμηλή θερμοδογόνου δύναμη και προκαλεί υψηλή αέρια ρύπανση με την καύση του. Η χρήση του λιγνίτη βοηθάει στην κάλυψη των όλο και μεγαλύτερων ενεργειακών απαιτήσεων της χώρας, με υψηλό όμως περιβαλλοντικό κόστος.

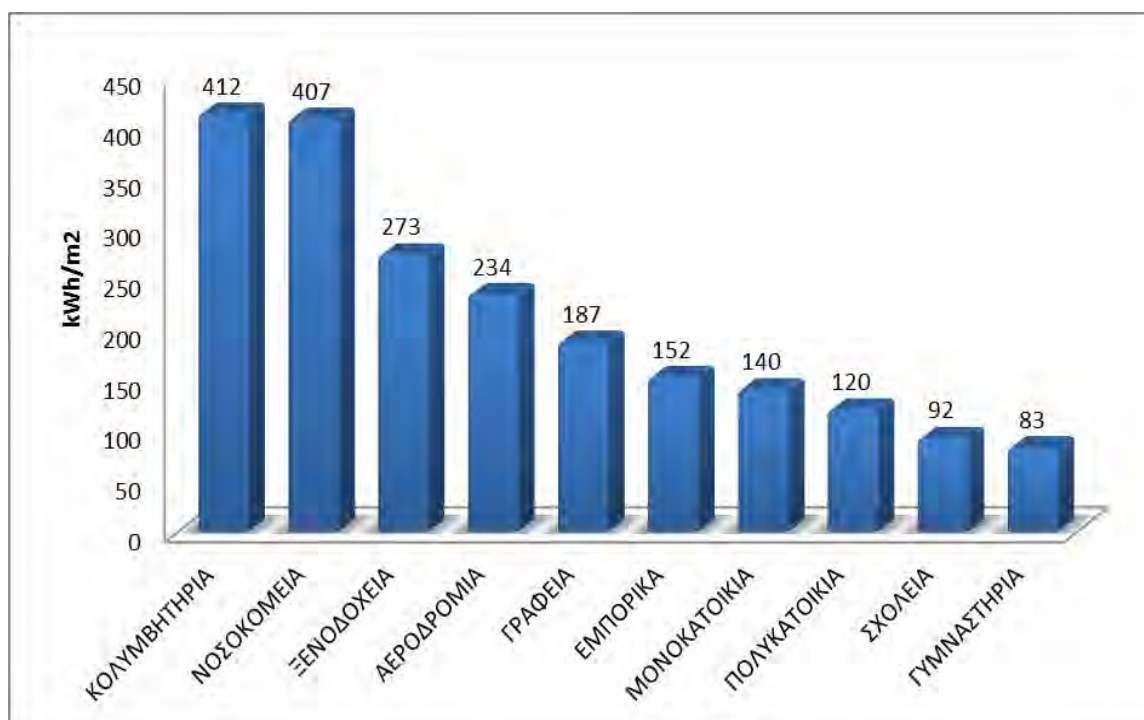


Σχήμα 1.3: Μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στον τριτογενή τομέα για όλες τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου [Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.]

Η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων στην Ελλάδα δεν έγινε ομοιόμορφα σε όλους τους τομείς που καταναλώνουν ενέργεια. Στον βιομηχανικό τομέα η αύξηση των απαιτήσεων ακολούθησε μικρότερους αυξητικούς ρυθμούς, καθώς ήταν ένας προνομιακός τομέας για την εφαρμογή μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και λόγω της στασιμότητας στην παραγωγή προϊόντων. Από την άλλη η αύξηση στις απαιτήσεις ενέργειας στις μεταφορές και στον οικιστικό τομέα ήταν μεγαλύτερες. Η προσπάθεια λοιπόν για την εξοικονόμηση ενέρ-

γιας θα πρέπει να δοθεί κυρίως στις μεταφορές και στον πρωτογενή/τριτογενή τομέα.

Ο τριτογενής τομέας που περιλαμβάνει σχεδόν όλα τα κτίρια όπως γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, σχολεία και νοσοκομεία, καταλαμβάνει το 36% της ζήτησης ενέργειας στη χώρα μας και συμμετέχει δυναμικά στο ενεργειακό πρόβλημα.



Σχήμα 1.4 Ενεργειακοί δείκτες κατανάλωσης ενέργειας σε κτίρια [Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.]

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, που αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων στην Ευρώπη. Στα νοικοκυριά για τη θέρμανση μόνο καταναλώνεται περίπου το 60% της τελικής ζήτησης ενέργειας ενώ μόλις το 30% των κτιρίων στην Ελλάδα διαθέτει θερμομόνωση. Οι ελληνικές κατοικίες χαρακτηρίζονται οι πιο ενεργοβόρες στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της ευρύτερης προσπάθειας για αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η σωστή ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου δίνουν τη δυνατότητα να εντοπιστούν τα σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και άλλων καυσίμων για τη θέρμανση, τον κλιματισμό, το φωτισμό κλπ. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια

σημειώνεται αυξανόμενο ενδιαφέρον από πλευράς καταναλωτών για τον εξοπλισμό των κτιρίων με τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) αλλά και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) το οποίο πλαισιώνεται από ποικίλα μέτρα οικονομικής ενίσχυσης από το κράτος (ευνοϊκά δάνεια, επιδοτήσεις/επιχορηγήσεις κλπ).

Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠ.ΑΝ. στην Ελλάδα τα κτίρια κατοικιών αντιπροσωπεύουν το 76% του συνόλου και από αυτά, το 70% μέχρι το 2001 δεν είχαν μόνωση ενώ μόνο το 29% έχει κτιστεί μετά το 1981. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης, λοιπόν, είναι αρκετές αν λάβει κανείς υπόψη ότι μέχρι το 2001, σύμφωνα με στοιχεία, από το σύνολο των κτιρίων:

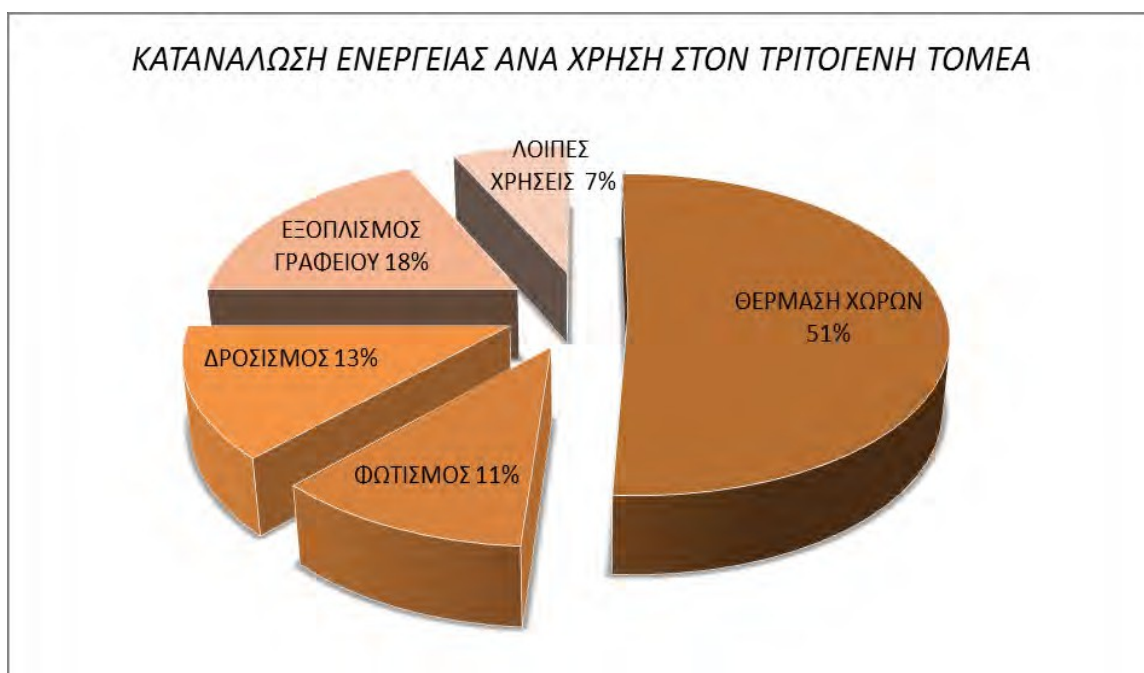
- 2,1% έχουν διπλά τζάμια,
- 30,4% έχουν μόνωση δώματος,
- 12,7% έχουν μόνωση πυλωτής,
- 1,5% έχουν μόνωση δαπέδου,
- 4,2% έχουν μόνωση σωληνώσεων στην εγκατάσταση θέρμανσης,
- 20% έχουν μόνωση εξωτερικών τοίχων (αφού το 29% χτίστηκε μετά το 1981, τότε που άρχισε να ισχύει ο κανονισμός θερμομόνωσης).

Από την εκτενή ανάλυση που προηγήθηκε είναι αρκετά ευνόητη η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Αρκεί μόνο να αναφέρουμε το μέγεθος του οικονομικού και περιβαλλοντικού κέρδους που θα προκύψει με σωστό σχεδιασμό και αύξηση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων που μπορεί να ανέλθει έως και 30% στη κατανάλωση.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί πλέον υποχρεωτική διαδικασία σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία τόσο για νέα όσο και για παλαιότερα κτίρια. Συνίσταται, αρχικά, στον έλεγχο του κτιρίου ώστε το κτιριακό κέλυφος να πληροί τις προδιαγραφές θερμομόνωσης που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και, εν συνεχεία, στην καταγραφή και ανάλυση του ενεργειακού προφίλ του, ώστε να περιοριστούν οι περιττές καταναλώσεις και να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα. Τα οφέλη από μια τέτοια διαδικασία είναι ποικίλα, τόσο σε οικονομικό επίπεδο, μιας και τα λειτουργικά έξοδα περιορίζονται στα απολύτως αναγκαία αποφεύγοντας άσκοπες σπατάλες, όσο και σε περιβαλλοντικό, με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



Σχήμα 1.5: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση σε κατοικίες [Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.]



Σχήμα 1.6: Κατανομή ενέργειας στον τριτογενή τομέα [Πηγή: ΥΠ.ΑΝ.]

1.4 Νομοθεσία στην Ε.Ε.

Η οδηγία 2012/27/ΕΕ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, υπογραμμίζει τη σημαντική σημασία του κτιριακού τομέα στην ενεργειακή κατανάλωση και την αναγκαιότητα θέσπισης μέτρων για την βελτίωση της ενεργεια-

κής απόδοσης των κτιρίων. Κύρια επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η δυνατότητα να επηρεάζει την παγκόσμια αγορά ενέργειας. Αναλυτικότερα, στόχος της οδηγίας 2012/27/EE είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων, θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού, αερισμό, συστήματα σκίασης και ηλιακής προστασίας καθώς και οικονομικά κριτήρια.

Επιπλέον η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (2012/27/EE), η οποία τέθηκε σε ισχύ τον Δεκέμβριο του 2012, απαιτεί από τα κράτη μέλη να ορίζουν ενδεικτικούς εθνικούς στόχους ενεργειακής απόδοσης, διασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο ότι η ΕΕ θα επιτύχει τον πρωταρχικό στόχο της περί μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20% έως το 2020. Τα κράτη μέλη είναι ελεύθερα να καθιστούν τις ελάχιστες αυτές απαιτήσεις πιο αυστηρές, στην προσπάθειά τους να εξοικονομηθεί ενέργεια. Η οδηγία εισάγει επίσης μια δεσμευτική δέσμη μέτρων, ώστε να βοηθήσει τα κράτη μέλη να επιτύχουν τον εν λόγω στόχο, ενώ επίσης ορίζει νομικά δεσμευτικούς κανόνες για τους τελικούς χρήστες και τους προμηθευτές ενέργειας. Η οδηγία για τον οικολογικό σχεδιασμό (2009/125/EK), η οδηγία για την επισήμανση της ενεργειακής απόδοσης (2010/30/EE) και η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (2010/31/EE) θέσπισαν περαιτέρω πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για προϊόντα και κτίρια.

1.4.1 Βασικές διατάξεις και στόχοι

Η οδηγία 2010/31/EE για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων περιέχει αρκετές διατάξεις με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τόσο των νέων όσο και των υφιστάμενων κτιρίων. Στις βασικότερες διατάξεις της οδηγίας περιλαμβάνονται απαιτήσεις σχετικά με τα εξής:

- Κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η κοινή μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ενεργειακή απόδοση και όχι πλέον μόνο την ποιότητα της μόνωσης του κτιρίου.
- Ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια αλλά και τα υφιστάμενα όταν αυτά υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση.
- Την ενεργειακή πιστοποίηση για νέα και υφιστάμενα κτίρια. Τα πιστοποιητικά δεν πρέπει να είναι παλαιότερα των 5 ετών.

- Την τακτική συντήρηση και επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού στα κτίρια και αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης όταν οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών.

Στόχοι της οδηγίας:

- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, δηλαδή μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό, παροχή ζεστού νερού χρήσης ενός κτιρίου.
- Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και κυρίως της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση, ψύξη, φυσικό φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ενός κτιρίου.
- Περιορισμό των εκπομπών αέριων ρύπων που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος.
- Σύγκλιση των κτιριακών προτύπων προς αυτά των κρατών μελών, που έχουν ήδη υψηλότερα επίπεδα απαιτήσεων.

1.4.2 Πεδίο εφαρμογής και εξαιρέσεις

Η οδηγία αυτή όπως αναφέραμε και παραπάνω αφορά τον τομέα της κατοικίας και τον τριτογενή τομέα, ωστόσο ορισμένα κτίρια εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής των διατάξεων σχετικά με την πιστοποίηση. Αφορά όλες τις πλευρές της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και μέτρα όπως η επισήμανση και η υποχρεωτική ελάχιστη απόδοση προβλέπονται για την ενεργειακή απόδοση. Αναλυτικότερα η οδηγία έχει υποχρεωτική εφαρμογή:

- Στην ανέγερση νέων κτιρίων κατοικίας, προσωρινής διανομής, συνάθροισης κοινού, εκπαίδευσης, υγείας και κοινωνικής πρόνοιας, εμπορίου, γραφείων και βιομηχανιών.
- Στην επέκταση κτιρίων.
- Στην ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων, αποκατάσταση όψεων, αλλαγή χρήσης και αναβάθμιση εγκαταστάσεων.
- Στην εφαρμογή επεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης υφιστάμενων κτιρίων.

Εξαιρούνται της υποχρεωτικής εφαρμογής τα ακόλουθα κτίρια:

- Ανοιχτά κτίρια, δηλαδή κτίρια αποτελούμενα κατά μεγάλο ποσοστό από ημιυπαίθριους χώρους και κτίρια στα οποία δεν προβλέπεται μόνιμη ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση θέρμανσης ή ψύξης,
- Θρησκευτικά κτίρια,
- Κτίρια χαρακτηρισμένα ως διατηρητέα για τα οποία η εφαρμογή της οδηγίας θα επέφερε αλλοίωση της φυσιογνωμίας τους,
- Νέες κατοικίες με επιφάνεια μικρότερη των 50m²,
- Προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια με επιφάνεια μικρότερη των 30m²,
- Κτίρια εξειδικευμένης χρήσης όπως χειρουργεία, χώροι μνημείων, νοσοκομεία, εργαστήρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αγροτικά κτίρια.

1.4.3 Απαιτήσεις οδηγίας από τα κράτη-μέλη

Οι απαιτήσεις της οδηγίας από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. θεσπίζει τα εξής:

- ◆ Ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η μέθοδος αυτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους ακόλουθους παράγοντες:
 - Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου,
 - Την εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας ζεστού νερού χρήσης,
 - Την εγκατάσταση κλιματισμού,
 - Τον αερισμό,
 - Την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού,
 - Τη θέση και προσανατολισμό των κτιρίων,
 - Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία,
- ◆ Στον υπολογισμό αυτό θα πρέπει να συνεκτιμάται και η θετική επίδραση των εξής παραγόντων:
 - Ενεργών ηλιακών συστημάτων, άλλων συστημάτων θέρμανσης και ηλεκτρικών συστημάτων βασιζόμενων στις ΑΠΕ,
 - Ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης με συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ),
 - Συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης,
 - Συστημάτων φωτισμού,
 - Εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση νέων κτιρίων. Ειδικά για τα νέα κτίρια με επιφάνεια πάνω από 1000m², μελετάται η εγκατάσταση εναλλακτικών συστημάτων όπως οι αντλίες θερμότητας,
 - Εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφιστάμενων κτιρίων (άνω των 1000 m²), στα οποία γίνεται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας (άνω του 25%).

- ◆ Τακτική επιθεώρηση λέβητων:
 - Ετήσια σε λέβητες ονομαστικής ισχύος 20kW,
 - Ανά διετία σε λέβητες άνω των 100kW,
 - Οι λέβητες φυσικού αερίου επιθεωρούνται ανά τετραετία,
 - Γενική επιθεώρηση της εγκατάστασης και συστάσεις για μετατροπές σε λέβητες παλαιότητας μεγαλύτερης των 15 ετών.
- ◆ Τακτική επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού.
- ◆ Ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων.

Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους, την μείωση των ρύπων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.5 Νομοθεσία στην Ελλάδα

Την κύρια ευθύνη για την εφαρμογή της πολιτικής και τη παρακολούθηση των εθνικών ενεργειακών στόχων σχετικά με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση έχει το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ). Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) ως υποστηρικτικός φορέας παρέχει την τεχνική και επιστημονική βοήθεια στο ΥΠΕΚΑ. Παράλληλα, αρμοδιότητες δόθηκαν στην νέα ιδρυθείσα Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας Ε.Γ.Ε.Π.Ε. στο ΥΠΕΚΑ με σκοπό την επίβλεψη και το συντονισμό των αρμόδιων υπηρεσιών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο για την εφαρμογή της σχετικής περιβαλλοντικής και ενεργειακής νομοθεσίας.

Στην Ε.Γ.Ε.Π.Ε. δημιουργήθηκε επίσης και η Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.ΕΠ.ΕΝ.) που κύριο μέλημα της έχει τον έλεγχο και την παρακολούθηση της εφαρμογής του Ν.3661/2008, όπως θα δούμε παρακάτω, σχετικά με την εφαρμογή των προβλεπόμενων σε αυτόν μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων, καθώς και της έκδοσης των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης. Σημαντική είναι και η συνεισφορά του Πράσινου Ταμείου για παρακολούθηση της είσπραξης, του έλεγχου και διασφάλισης της απόδοσης των Πράσινων Πόρων για εφαρμογές μέτρων και δράσεων για τη Βελτίωση της

Ενεργειακής Απόδοσης.

Η Ελλάδα με τον νόμο Ν40/75 «περί λήψεως μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας» και μετά, θέσπισε μια σειρά μέτρων που αφορούσαν την εξοικονόμηση ενέργειας.

- 1975 – Ν.40/75 (Νόμος –Πλαίσιο) περί «Λήψης Μέτρων για την Εξοικονόμηση Ενέργειας»,
- 1979 – «Κανονισμός για την Θερμομόνωση των Κτιρίων» (ΚΘΚ),
- 1985 – Άρθρο 26 του Ν.1577/85 «Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός» (ΓΟΚ-2000),
- 1989 – Υ.Α 3046/304 «Κτιριοδομικός Κανονισμός»,
- 1993 – «Περιορισμό των εκπομπών CO₂ μέσω της βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης »,
- 1995- Σχεδίου Δράσης "Ενέργεια 2001" του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.,
- 1998 – Εναρμόνιση Κοινοτικής Οδηγίας SAVE για τον «Περιορισμό των εκπομπών CO₂ με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων» - ΑΡΘΡΟ 4: Κ.ΟΧ.Ε.Ε.,
- 1999 – ΥΑ 11038 «ΔΑΚ Κανονισμός Ενεργειακών Επιθεωρήσεων»,
- 2001 – Σχέδιο Δράσης «Ενέργεια 2001»,
- 2002 – Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων».

Αναλυτικότερα, η ελληνική νομοθεσία πριν το 1980 σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων, περιορίζεται στη μελέτη θερμομόνωσης που απαιτείται για κάθε νέα κατασκευή, σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων (ΚΘΚ), ο οποίος αντικαταστάθηκε από τον κανονισμό ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας -ΚΟΧΕΕ. Λόγω της αύξησης του ενδιαφέροντος σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και ιδιαίτερα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, σε συνδυασμό με την ανάγκη εναρμόνισης της ελληνικής νομοθεσίας σύμφωνα με τις σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες, συντάχθηκαν και θεσμοθετήθηκαν νέες διατάξεις.

Έτσι με το σχέδιο δράσης «Ενέργεια 2001» του ΥΠΕΧΩΔΕ, για την εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα, προετοιμάστηκε και εκδόθηκε η κοινή υπουργική απόφαση για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Το σχέδιο δράσης «Ενέργεια 2001» αποτελεί μέχρι και σήμερα πηγή μιας σειράς νομοθετημάτων και άλλων

ρυθμίσεων και πιλοτικών εφαρμογών, σημαντικότερη των οποίων είναι ο νέος Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), μετά την απόσυρση του Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.. Τέλος η βασική καινοτομία είναι η καθιέρωση του ενεργειακού πιστοποιητικού κτιρίων, όπως προβλέπεται και από την οδηγία 2002/91/ΕΚ της ευρωπαϊκής κοινότητας.

Με τον Ν.3661/2008 Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, ο οποίος προβλέπει:

- Κανονισμό και πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων που θέτει τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα καινούργια κτίρια,
- Ενεργειακούς επιθεωρητές και ενεργειακές επιθεωρήσεις λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού των κτιρίων,
- Συμμόρφωση όσων δεν εναρμονίζονται με τον νόμο,
- Μελέτη ενεργειακής απόδοσης που αφορά το κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού. Για τους υπολογισμούς των απωλειών σε θέρμανση και ψύξη αυτό που χρειάζεται να ξέρουμε είναι τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, δηλαδή τα δομικά υλικά, τον προσανατολισμό, την γεωμετρία, τις συνθήκες σχεδιασμού, και την χρήση του εκάστοτε χώρου που μελετάμε.

Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει τουλάχιστον να περιλαμβάνει τους ακόλουθους παράγοντες:

- α) θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (κέλυφος και εσωτερικά χωρίσματα, κ.λπ.),
- β) εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσία θερμού νερού,
- γ) εγκατάσταση κλιματισμού,
- δ) αερισμό,
- ε) εγκατάσταση φωτισμού,
- στ) θέση και προσανατολισμό των κτιρίων,
- ζ) παθητικά ηλιακά συστήματα,
- η) φυσικό αερισμό.

Κατά τον υπολογισμό λαμβάνουμε υπόψιν:

- α) ενεργά ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρικά συστήματα βα-

σιζόμενα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,

β) την συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ),

γ) συστήματα θέρμανσης και ψύξης,

δ) φυσικός φωτισμός.

Τέλος τα κτίρια για ευκολότερους υπολογισμούς κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

α) κατοικίες,

β) διαμερίσματα,

γ) γραφεία,

δ) εκπαιδευτικά κτίρια,

ε) νοσοκομεία,

στ) ξενοδοχεία και εστιατόρια,

ζ) αθλητικές εγκαταστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

2.1 Ιστορική αναδρομή

Από ανέκαθεν ο άνθρωπος ζούσε συχνά σε μεταβαλλόμενες και κάποιες φορές ακραίες κλιματιστικές συνθήκες. Τέτοιες μεταβολές είναι ο καύσωνας, η ξηρασία, η παγωνιά, η υγρασία. Με την πάροδο των χρόνων, ο άνθρωπος προσπάθησε να ελέγξει αυτές τις μεταβολές με σκοπό την επιβίωση του καθώς και τις καλύτερες συνθήκες διαβίωσης, γι αυτό εφηύρε τον κλιματισμό. Ο κλιματισμός των κτιρίων και ειδικά των επαγγελματικών ή βιομηχανικών εγκαταστάσεων είναι απαραίτητος για να διατηρηθούν συνθήκες που ανταποκρίνονται με αξιοπιστία, ασφάλεια και προσιτό κόστος στις απαιτήσεις του ανθρώπου για άνετη και υγιεινή διαβίωση στους κλειστούς χώρους διαμονής και εργασίας. Η τεχνολογία και οι οικονομικές δυνατότητες των ανθρώπων έχουν διαμορφώσει ένα πολύπλευρο πλέγμα απαιτήσεων, οι οποίες πρέπει να καλυφθούν από κάθε σύστημα κλιματισμού και τεχνητού αερισμού.

Η τεχνητή διαδικασία της επίτευξης συνθηκών υγιεινής και άνεσης σε έναν κλειστό χώρο ονομάζεται κλιματισμός. Με τον όρο κλιματισμό δηλαδή εννοούμε την ρύθμιση των απαιτούμενων συνθηκών θερμοκρασίας, υγρασίας, κίνησης και καθαρότητας του αέρα. Οι μεταβλητοί παράγοντες που σχετίζονται με τον αέρα του χώρου είναι οι παρακάτω:

- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Κίνηση και διανομή αέρα
- Καθαρότητα αέρα
- Ηλεκτρική φόρτιση αέρα

Η κλιματιστική εγκατάσταση είναι η εγκατάσταση κατάλληλων μηχανημάτων με συσκευές ελέγχου και δίκτυα μεταφοράς ενέργειας, τα οποία ελέγχουν τις παραπάνω μεταβλητές του χώρου.

Σκοπός της κλιματιστικής εγκατάστασης ουσιαστικά είναι ο πλήρης έλεγχος των περιβαλλοντικών συνθηκών και η διαρκή κάλυψη των απαιτήσεων για καθαρότητα, κίνηση, ψύξη και θέρμανση ενός χώρου έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η υγεία, η άνεση κι η παραγωγική δράση

του ανθρώπου.

Για τους παραπάνω λόγους τα συστήματα κλιματισμού έχουν γίνει απαραίτητα και καλύπτουν τις ανάγκες του ανθρώπου καθημερινά.

2.2 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήρια

Στις παρακάτω ενότητες γίνεται αναφορά στα τρία βασικά κριτήρια κατάταξης των συστημάτων κλιματισμού που χρησιμοποιούνται στην αγορά σήμερα. Τα τρία βασικά κριτήρια είναι τα παρακάτω:

1. Ο βαθμός επεξεργασίας του αέρα,
2. Η θέση των συσκευών και η έκταση της εφαρμογής τους,
3. Το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.

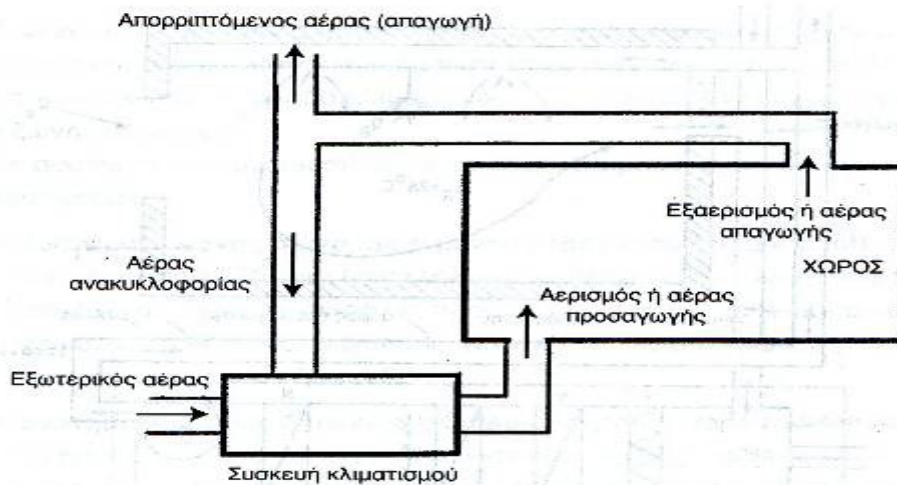
2.2.1 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήριο τον βαθμό επεξεργασίας του αέρα

Τα συστήματα κλιματισμού, ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που παρέχουν στον αέρα μπορούν να διακριθούν σε:

- α) συστήματα αερισμού-εξαερισμού, που εξασφαλίζουν την ανανέωση του αέρα ενός χώρου.
- β) συστήματα μερικού κλιματισμού, τα οποία εκτός από την ανανέωση του αέρα, παρέχουν και μία μερική επεξεργασία που περιλαμβάνει κυρίως τον καθαρισμό και τη θέρμανση του αέρα.
- γ) συστήματα πλήρους κλιματισμού, τα οποία εξασφαλίζουν τη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας ενός κλειστού χώρου μέσα σε προκαθορισμένα όρια και περιλαμβάνουν διατάξεις για τον καθαρισμό, τη θέρμανση, την ψύξη, την αφύγρανση, την ανανέωση του αέρα καθώς και τοπικές ή κεντρικές διατάξεις αυτόματης ρύθμισης της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Σε κάθε σύστημα κλιματισμού διακρίνουμε:

- τον αέρα που προσάγεται στο χώρο (αερισμός),
- τον εξερχόμενο από το χώρο αέρα (εξαερισμός),
- το μέρος του αέρα απαγωγής που επαναφέρεται στο κλειστό χώρο (ανά-κυκλοφορία),
- τον αέρα που απορρίπτεται στο περιβάλλον,
- τον εισαγόμενο από το περιβάλλον αέρα (φρέσκος εξωτερικός αέρας).



Σχήμα 2.1: Σχηματικό διάγραμμα κλιματισμού μιας ζώνης

2.2.2 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήριο τη θέση των συσκευών και την έκταση της εφαρμογής τους

Με κριτήριο τη θέση των συσκευών κλιματισμού ως προς τον κλιματιζόμενο χώρο και την έκταση εφαρμογής του συστήματος, διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού.

1. Τοπικά Συστήματα Κλιματισμού,
2. Κεντρικά Συστήματα Κλιματισμού.

2.2.2.1 Τοπικά συστήματα κλιματισμού

Πρόκειται για μονάδες μικρής ισχύος, οι οποίες εξυπηρετούν τις ανάγκες ενός συγκεκριμένου χώρου ή δωματίου. Αυτές οι μονάδες κλιματισμού είναι γνωστές και ως ενιαίες μονάδες ή monobloc, των οποίων η εγκατάσταση τοποθετούνται σε οπή που ανοίγεται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου ενός δωματίου. Υπάρχουν επίσης και οι μονάδες διαιρούμενου τύπου (Split Type), οι οποίες έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ψύξη ή θέρμανση και αποτελούν τον συνηθέστερο τύπου που κυκλοφορεί στο εμπόριο. Επιπρόσθετα, στην κατηγορία των διαιρούμενων μονάδων, περιλαμβάνονται και οι πολυδιαιρούμενες μονάδες (Multi unit), όπου μια εξωτερική μονάδα, γνωστή ως συμπιεστής ή συμπυκνωτής, συνδέεται με δύο έως πέντε εσωτερικές μονάδες, οι οποίες δρουν ανεξάρτητα.

2.2.2.2 Κεντρικά συστήματα κλιματισμού

Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες ολόκληρου κτιρίου και προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες σε σύγκριση με τις τοπικές. Η εγκατάσταση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, απαιτεί πολύπλοκες εσωτερικές εγκαταστάσεις. Μία απλή εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού είναι εκείνη που διαθέτει ένα κεντρικό δίκτυο σωλήνων διανομής ζεστού ή αντίστοιχα κρύου νερού ή ψυκτικού υγρού. Αυτή η εγκατάσταση τροφοδοτεί τις διάφορες κλιματιστικές μονάδες του κτιρίου, οι οποίες εξυπηρετούν ολόκληρο το κτίριο. Αυτές οι μονάδες, δεν παράγουν απευθείας ψύξη ή αντίστοιχα θερμότητα, αντίθετα συνδέονται με έναν ψύκτη και έναν λέβητα ή με μία μεγάλη αντλία θερμότητας. Με αυτόν τον τρόπο, τροφοδοτούν με ζεστό και κρύο νερό ή αν έχουν, με ψυκτικό ρευστό τους εναλλάκτες θερμότητας των μονάδων. Οι κλιματιστικές μονάδες λοιπόν χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Στις μονάδες εγκατάστασης ψύξης/θέρμανσης με ψύκτη νερού και λέβητα ζεστού νερού,
2. Στις μονάδες ψύξης/θέρμανσης με αναστροφή του κύκλου λειτουργίας. Αυτές οι μονάδες ονομάζονται και αντλίες θερμότητας (Heat pumps).

Η κατασκευή τους γίνεται από τυποποιημένα τμήματα, τα οποία συναρμολογούνται μεταξύ τους με τον κατάλληλο τρόπο και έπειτα συνδέονται με ένα κεντρικό δίκτυο αεραγωγών, το οποίο διανέμει τον αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Τα κυριότερα εξαρτήματα των εγκαταστάσεων αυτών είναι οι εναλλάκτες θερμότητας, που δεν έχουν όμως σχέση με τους εναλλάκτες των τοπικών μονάδων. Επίσης, πρόκειται για μία πολύ μελετημένη κατασκευή χωρίς ίχνος διαφυγής αέρα. Είναι ισχυρά θερμομονωμένες κατασκευές και τα πάνελ τα οποία συμπεριλαμβάνουν είναι κατασκευασμένα από δύο λεπτά φύλλα λαμαρίνας όπου ανάμεσα τους έχει τοποθετηθεί ένα κατάλληλο θερμομονωτικό υλικό. Η θερμομόνωση τους κρίνεται απαραίτητη λόγω της εγκατάστασης των κεντρικών μονάδων σε μη κατάλληλους χώρους με αποτέλεσμα τον κίνδυνο μεγάλων απωλειών. Αναλυτικότερα, οι εξωτερικές μονάδες των εγκαταστάσεων αυτών, τοποθετούνται στην οροφή του εκάστοτε κτιρίου ή σε ειδικά μελετημένο και διαμορφωμένο μηχανοστάσιο. Σημαντικό είναι ότι στις εγκαταστάσεις απαιτείται προσοχή στον τύπο της μονάδας, διότι ανάλογα με το είδος του, πρέπει να υπάρχει και η δυνατότητα ελεύθερης κυκλοφορίας του εξωτερικού αέρα περιμετρικά από τις εξωτερικές μο-

νάδες. Τέλος, στις κεντρικές εγκαταστάσεις που κυκλοφορεί νερό, χρήζουν απαραίτητες οι αντλίες, στις οποίες κυκλοφορεί κρύο ή ζεστό νερό από την εξωτερική μονάδα στους διαφορετικούς τύπους εναλλακτών, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στους εσωτερικούς χώρους, έτσι ώστε να κλιματίζουν ανάλογα τον αέρα. Το σύστημα που είναι γνωστό ως VRV (Variable Refrigerant Volume), είναι η περίπτωση που κυκλοφορεί ψυκτικό ρευστό μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων. Σε αυτά τα συστήματα, οι σωλήνες είναι μικρής διαμέτρου και αυτού του είδους η εγκατάσταση είναι εύκολη σε νέες κατασκευές.

Η κεντρική εγκατάσταση κλιματισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω:

1. Την κεντρική μονάδα θερμικής επεξεργασίας, η οποία έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται αέρα. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως αέρα-αέρα. Μπορεί να επεξεργάζεται νερό, τα οποία συστήματα ονομάζονται συστήματα νερού-αέρα. Και τέλος η κεντρική μονάδα θερμικής επεξεργασίας, έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί ψυκτικό ρευστό και τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως συστήματα ψυκτικού-αέρα.
2. Το δίκτυο αγωγών προσαγωγής θερμότητας, όπου πρόκειται για δίκτυο σωληνώσεων ή αεραγωγών.
3. Στοιχεία τοπικής επεξεργασίας ή προσαγωγής και διαχύσεως της θερμότητας ή αντίστοιχα παραλαβής θερμότητας στον ή διαφορετικά από τον αέρα του χώρου. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η κεντρική εγκατάσταση περιλαμβάνει επίσης τα στοιχεία που παραλαμβάνουν και απομακρύνουν τον μολυσμένο αέρα.
4. Τους αυτοματισμούς και τα αντίστοιχα συστήματα ελέγχου, τα οποία καθίστανται απαραίτητα για την προσαρμογή των μονάδων, καθώς και για της ίδια της κεντρικής εγκατάστασης, στις ανάγκες του χώρου.

2.2.3 Κατάταξη συστημάτων κλιματισμού με κριτήριο το μέσο μεταφοράς της θερμότητας

Με κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η τελική διαμόρφωση των συνθηκών άνεσης στον κλιματιζόμενο χώρο διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού:

1. Συστήματα Κλιματισμού μόνο με αέρα,
2. Συστήματα Κλιματισμού μόνο με νερό,

3. Συστήματα Κλιματισμού αέρα-νερού,
4. Συστήματα Κλιματισμού ψυκτικού ρευστού και αέρα.

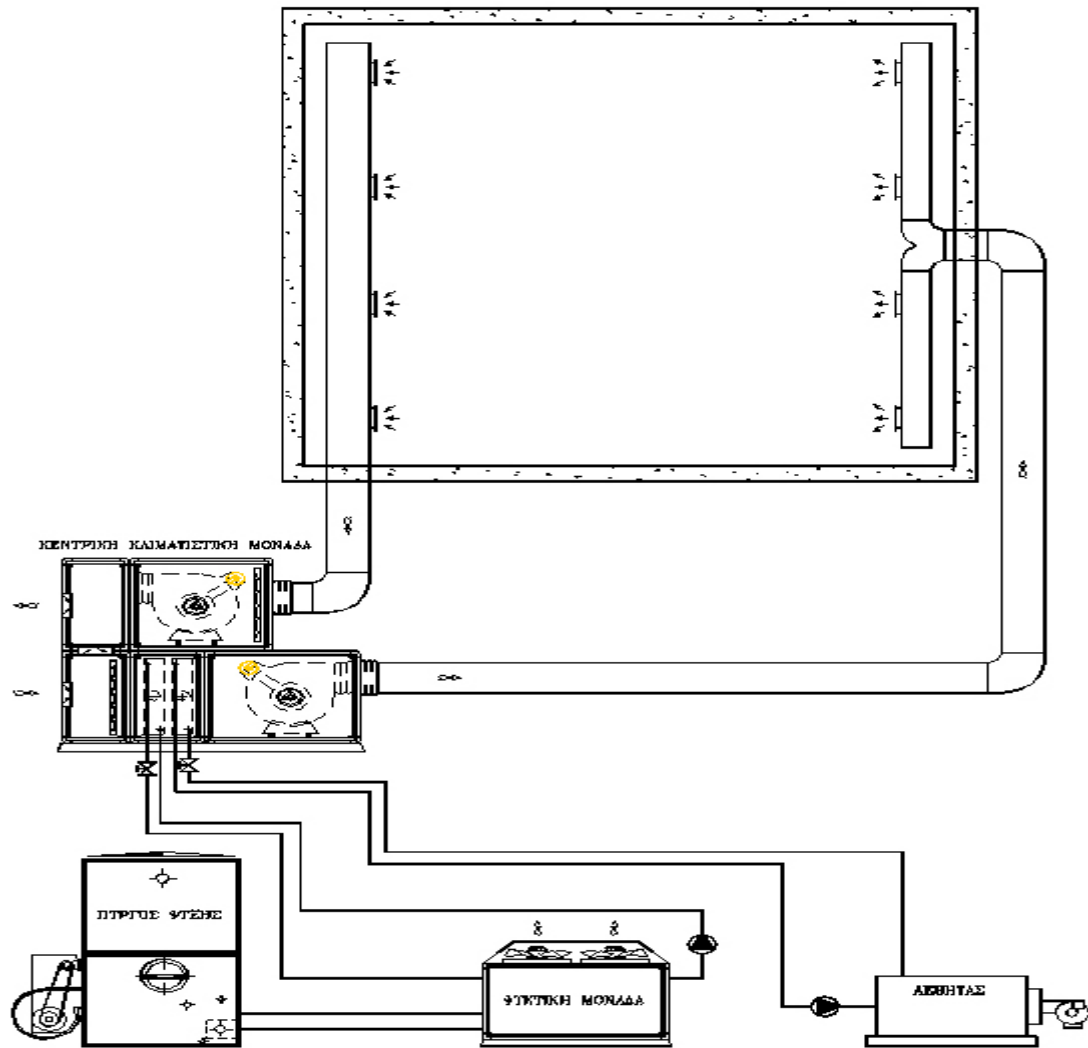
2.3 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα

Στα συστήματα αυτά ο κλιματιζόμενος αέρας παρασκευάζεται στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και μεταφέρεται διαμέσου δικτύου αεραγωγών στους κλιματιζόμενους χώρους. Στην κεντρική μονάδα κλιματισμού εξωτερικός αέρας απορροφάται από το ύπαιθρο, αναμιγνύεται στον θάλαμο μίξης με ένα τμήμα του αέρα που επιστρέφει από το κτίριο και φιλτράρεται. Τέλος ο αέρας οδηγείται μέσω του ανεμιστήρα και των αεραγωγών διανομής στους διάφορους χώρους.

Η ψύξη και η αφύγρανση 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.

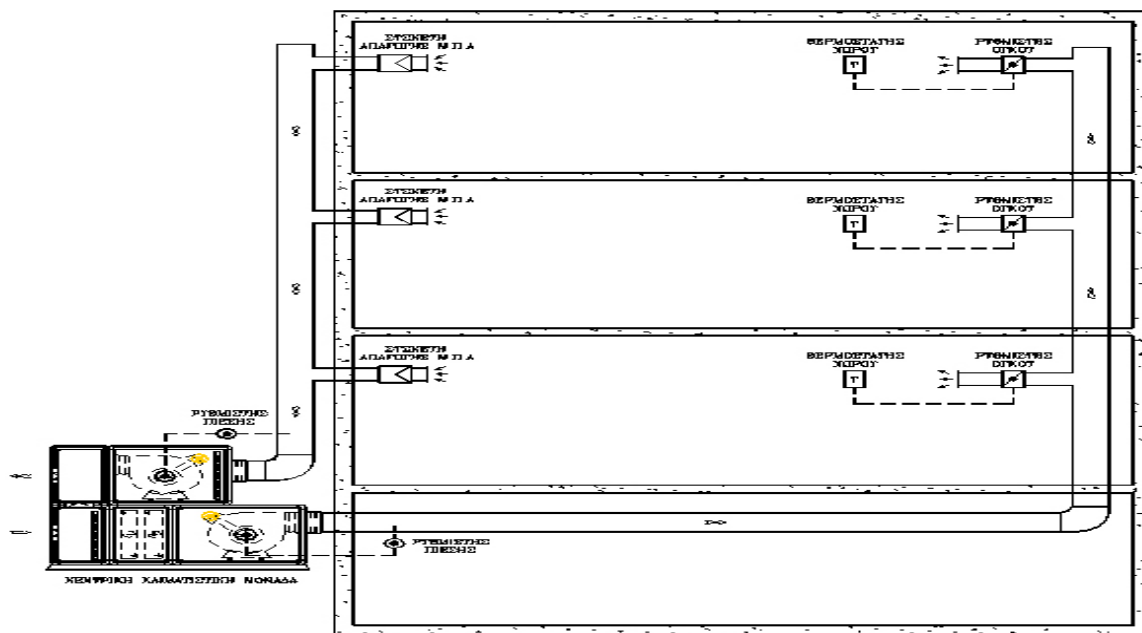


Σχήμα 2.2 :Σχηματική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού μόνο με αέρα

2.4 Σύστημα κλιματισμού μεταβαλλόμενης παροχής αέρα

Το χαρακτηριστικό των συστημάτων μεταβαλλόμενης παροχής αέρα (ΜΠΑ) είναι ότι ο αέρας εισέρχεται στους κλιματιζόμενους χώρους με σταθερή θερμοκρασία αλλά η παροχή του αυξομειώνεται ανάλογα με τις διακυμάνσεις του φορτίου των χώρων.

Η μεταβολή της παροχής γίνεται με κατάλληλες τερματικές συσκευές ρύθμισης– διανομής του αέρα, οι οποίες ελέγχονται από ένα θερμοστάτη. Η μεταβολή της παροχής συνδυάζεται συνήθως με ανεμιστήρα μεταβλητής παροχής ή τοποθετείται ένας ανεμιστήρας παράκαμψης (by pass). Οι εγκαταστάσεις ΜΠΑ είναι εφοδιασμένες και με συστήματα ελέγχου της στατικής πίεσης.



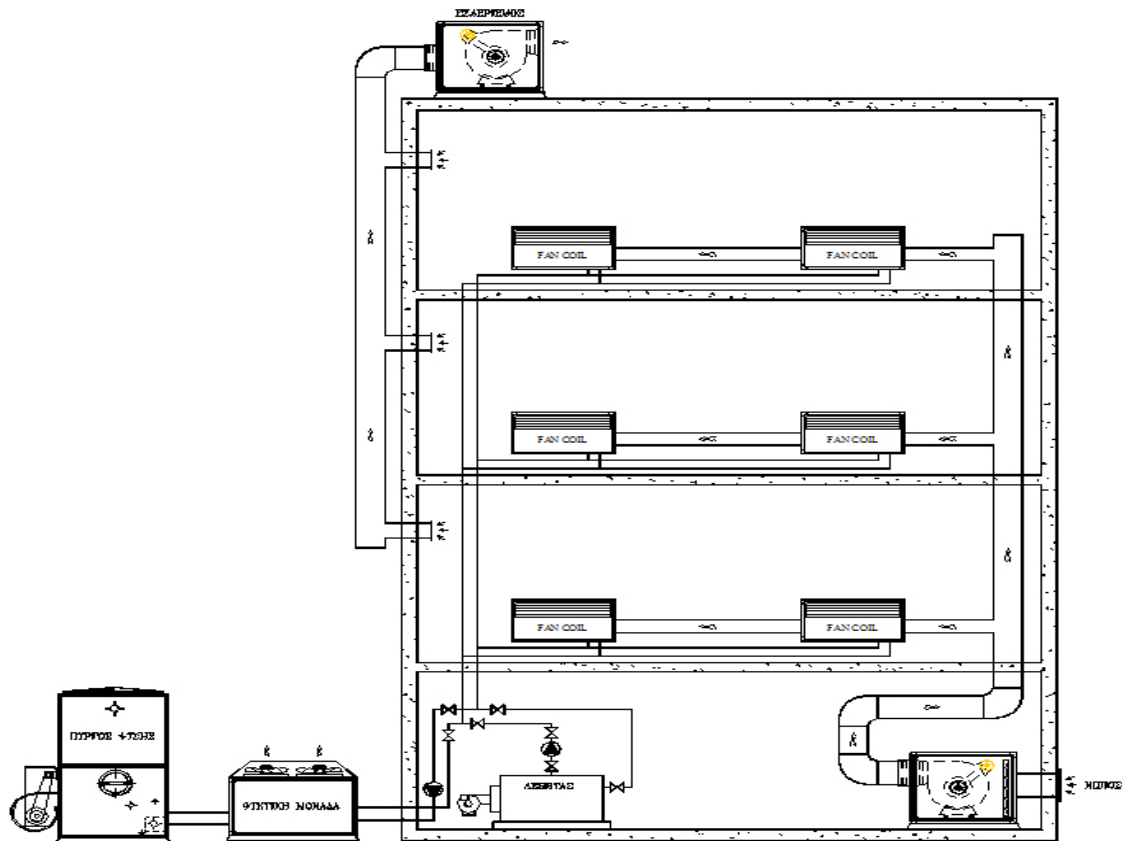
Σχήμα 2.3: Σχεδιάγραμμα συστήματος Μ.Π.Α

2.5 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 τερματικές συσκευές, στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ή ψυχρό νερό (Fan-coils). Οι τερματικές συσκευές είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτιρίου.

Η παρασκευή του ψυχρού νερού γίνεται σε ψυκτικές μονάδες (υδρόψυκτες ή αερόψυκτες) ενώ η παρασκευή του θερμού νερού γίνεται σε λέβητες.

Οι τερματικές συσκευές (Fan-coils) περιλαμβάνουν θερμαντικό /ψυκτικό στοιχείο και ανεμιστήρα για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα. Κεντρικά κλιματισμένος αέρας δεν παρέχεται στους χώρους ή στις ζώνες του κτιρίου. Η παροχή φρέσκου εξωτερικού αέρα πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά.



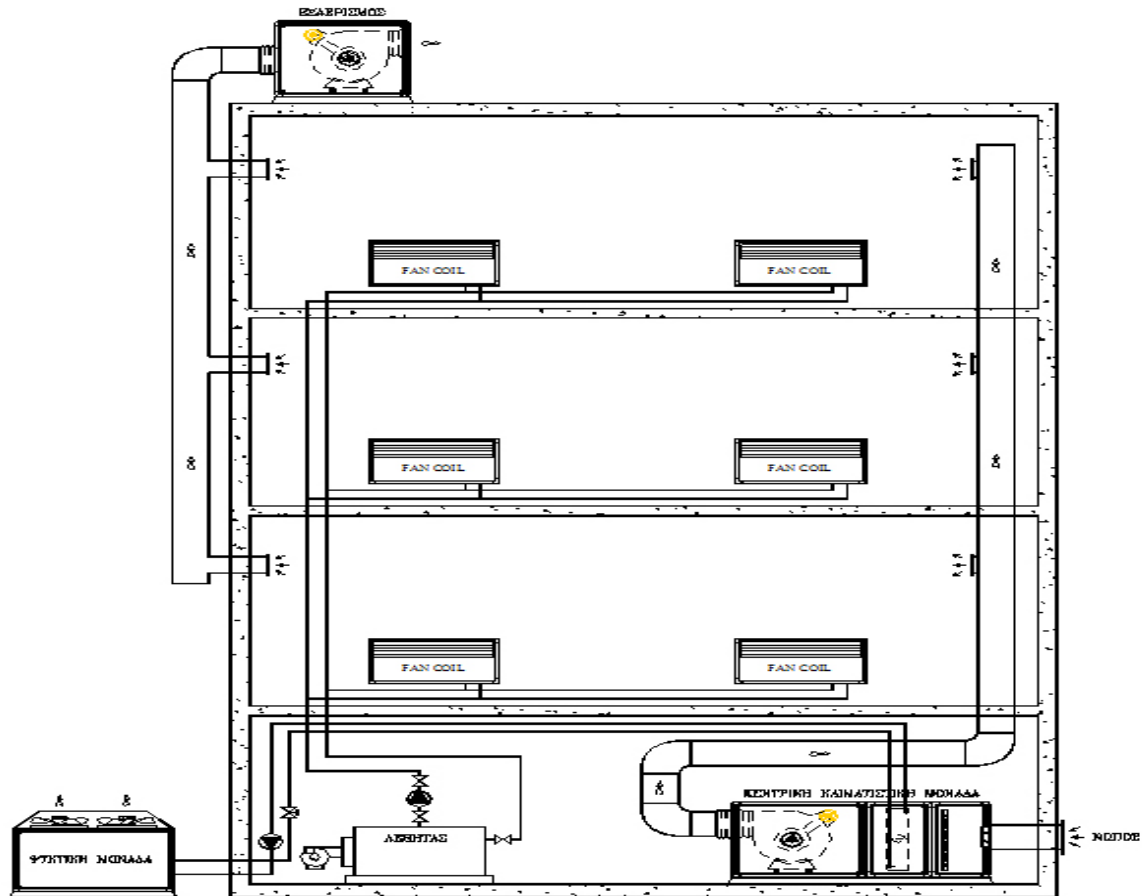
Σχήμα 2.4: Σχηματική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού με νερό

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

2.6 Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού

Στα συστήματα αυτά παρέχεται κλιματισμένος αέρας και ψυχρό ή θερμό νερό σε κατάλληλες θερματικές 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.



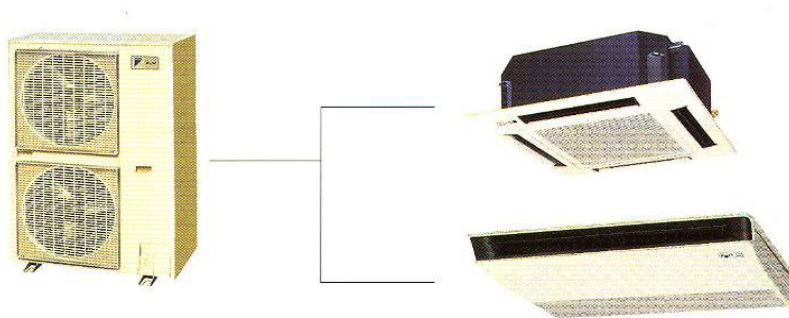
Σχήμα 2.5 : Σχηματική απεικόνιση συστήματος κλιματισμού αέρα-νερού

Με αντλίες θερμότητας (εξωτερικός χώρος) ψύχουμε ή θερμαίνουμε το ψυκτικό μέσον (νερό) και το διοχετεύουμε με σωληνώσεις στους εσωτερικούς χώρους που εμείς θέλουμε, χρησιμοποιώντας όσες και οποιαδήποτε τύπου τερματικές μονάδες επιθυμούμε (καναλάτα αεραγωγών, δαπέδου/οροφής, τοίχου, κασέτες ψευδοροφής, fan coils κρυφού ή εμφανούς τύπου). Η μέθοδος αυτή έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα όπως η χρήση του νερού, ενός απόλυτα φυσικού και οικολογικού μέσου για την μεταφορά θερμότητας, παράλληλη απουσία Freon εντός των χώρων κλιματισμού, ευκολία εγκατάστασης και συντήρησης, εύκολη συναρμογή καθώς και συνεργασία με υφιστάμενα συστήματα θέρμανσης (π.χ λέβητες κτλ).

2.7 Συστήματα κλιματισμού ψυκτικού ρευστού-αέρα

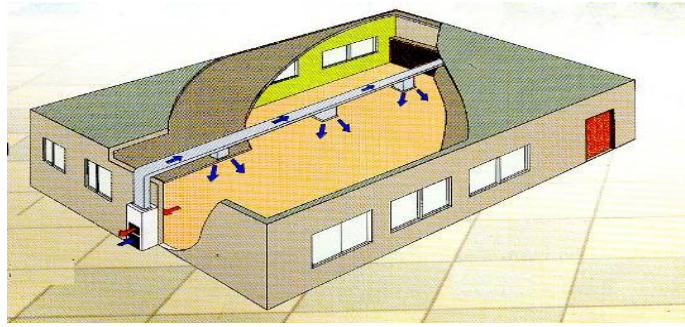
2.7.1 Συστήματα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης (τοπικά συστήματα)

Τα συστήματα κλιματισμού διαιρούμενου τύπου (split systems), αποτελούν μια κατηγορία αυτόνομων κλιματιστικών μηχανημάτων τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού μικρών χώρων. Ονομάζονται κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου γιατί η ψυκτική μηχανή του συστήματος διαιρείται σε δύο κύρια μέρη: την εσωτερική μονάδα και το εξωτερικό μηχάνημα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο για τη ψύξη ή τη θέρμανση του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων. Είναι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, στις οποίες δεν υπάρχει κύκλωμα νερού και ο αέρας ψύχεται ή θερμαίνεται απευθείας σε εναλλάκτες θερμότητας αέρα-ψυκτικού μέσου (η εξάτμιση ψυκτικού μέσου προκαλεί ψύξη και η συμπύκνωση θέρμανση). Διακρίνονται σε μονάδες του ενός τεμαχίου (self contained) και σε διμερείς μονάδες (split units). Με τα εν λόγω συστήματα είναι δυνατό να ελεγχθεί η θερμοκρασία του χώρου, μέχρι ενός βαθμού η καθαρότητα του αέρα (μέσω φίλτρων ιονισμού), ενώ σε κάποιους τύπους μηχανημάτων μπορεί να ελεγχθεί μερικώς η ανανέωση του αέρα, καθώς και το επίπεδο της σχετικής υγρασίας.



Σχήμα 2.6:Σύστημα με μία εξωτερική και δύο εσωτερικές

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



Σχήμα 2.7 : Ημικεντρικό σύστημα με δυνατότητα λήψης νωπού αέρα

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

2.7.2 Συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume – VRV) (κεντρικά συστήματα)

Ένα ακόμη σύστημα ψυκτικού ρευστού – αέρα είναι αυτό των VRF όπου πρόκειται για ένα καινοτόμο σύστημα κλιματισμού και λειτουργεί με ψυκτικό μέσο μεταβλητού όγκου. VRV (Variable Refrigerant Volume) και VRF (Variable Refrigerant Flow) είναι ονομασίες που αναφέρονται στην ίδια τεχνολογία ανάλογα με τον κατασκευαστή του κλιματιστικού συστήματος.

Μια εγκατάσταση θέρμανσης-ψύξης χώρων με VRV-VRF αποτελείται από:

- αντλία θερμότητας με συμπιεστή τεχνολογίας inverter,
- εσωτερικές μονάδες χώρων,
- δίκτυο σωληνώσεων χαλκού για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου freon,
- δίκτυο απορροής των συμπυκνωμάτων των εσωτερικών μηχανημάτων.

Το σύστημα VRV λειτουργεί με το μηχανισμό λειτουργίας του συμπιεστή INVERTER. Το αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου και την ελέγχει δίνοντας οδηγίες στο σύστημα INVERTER με την επιλογή κατάλληλης συχνότητας.

Το σύστημα INVERTER επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία του χώρου, δηλαδή μεταβάλλει την

ψυκτική/θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Το INVERTER επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών στο συμπιεστή.

Η ποσότητα του ψυκτικού υγρού που οδηγείται σε κάθε εσωτερική μονάδα κλιματισμού, είναι απόλυτα ελεγχόμενη και ανάλογη των ψυκτικών φορτίων κάθε κλιματιζόμενου χώρου ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις κάθε χώρου για μέγιστη άνεση και ενεργειακή απόδοση. Το ψυκτικό μέσον είναι FREON R407 ή FREON R410 (οικολογικό) και το διοχετεύουμε με σωληνώσεις και ειδικούς διανεμητές στους εσωτερικούς χώρους που εμείς θέλουμε, χρησιμοποιώντας όσες (ανάλογα την ισχύ) και οποιαδήποτε τύπου τερματικές μονάδες επιθυμούμε (καναλάτα αεραγωγών, δαπέδου/οροφής, τοίχου, κασέτες ψευδοροφής, fan coils κρυφού ή εμφανούς τύπου κ.τ.λ.).

Το σύστημα VRV είναι σημαντικά βελτιωμένο σε ότι αφορά τη θερμική απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας, παρέχει συνθήκες άνεσης στους κλιματιζόμενους χώρους υψηλών προδιαγραφών και τέλος εξοικονομεί χώρους (εξωτερικά και εσωτερικά του κτιρίου) μιας και οι διαστάσεις των μηχανημάτων και των σωληνώσεων είναι σημαντικά μικρότερες, από όλα τα άλλα συστήματα κλιματισμού.

Το σύστημα κλιματισμού VRV εξοικονομεί ενέργεια με πολλούς τρόπους καθώς επιτυγχάνει:

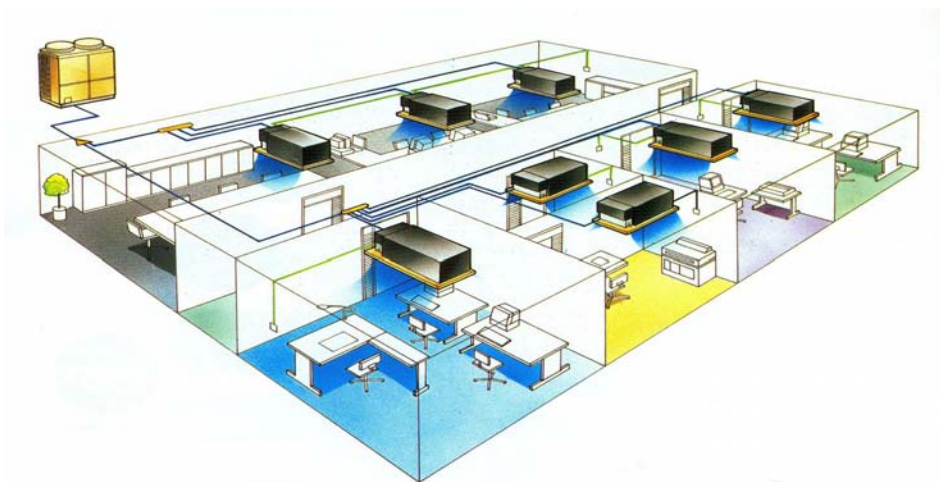
- Μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας,
- Αποφυγή της ψύξης ή θέρμανσης που πλεονάζει,
- Προηγμένο σύστημα ελέγχου και υψηλό βαθμό απόδοσης,
- Ανανέωση αέρα με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας,
- Κεντρικό έλεγχο και ενεργειακή διαχείριση κλιματιστικής εγκατάστασης.

Ανάλογα με την ιδιομορφία του εσωτερικού χώρου μπορούμε να διαλέξουμε ένα εσωτερικό μηχάνημα από τις παρακάτω κατηγορίες:

- Τύπου κασέτας 4 κατευθύνσεων
- Τύπου κασέτας 2 κατευθύνσεων
- Τύπου οροφής: Οι μονάδες αυτές είναι για μεγαλύτερους ενιαίους χώρους, οπότε συ-

νήθως συνδέονται σε ένα στόμιο οροφής για συνδυασμένη προσαγωγή και απαγωγή αέρα. Μια τέτοια μονάδα μπορεί επίσης να κλιματίζει περισσότερους και με διαφορετικές απαιτήσεις χώρους, οπότε συνδέεται σε αεραγωγούς που συνήθως οδεύουν στον χώρο μεταξύ οροφής και ψευδοροφής. Οι μονάδες αυτές μπορούν να έχουν ύγρανση, η δε θέρμανση τους παράγεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου ή με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

- Τύπου τοίχου: Οι μονάδες αυτές κυμαίνονται από μικρές μονάδες δωματίου, μέχρι μεγάλες μονάδες όπως π.χ. για μια αίθουσα καταστήματος. Οι μονάδες αυτές δεν έχουν ύγρανση και η θέρμανση τους παράγεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου ή με ηλεκτρικές αντιστάσεις.
- Τύπου δαπέδου: Οι μονάδες αυτές είναι επίσης για μεγάλους ενιαίους χώρους. Τα στόμια προσαγωγής και απαγωγής αέρα βρίσκονται επάνω στην μονάδα, ή επάνω σε αεραγωγούς που συνδέονται με τη μονάδα. Η μονάδα δαπέδου συνδυάζεται συνήθως με μια εξωτερική μονάδα, για την απόρριψη της θερμότητας που απάγει από το χώρο. Οι μονάδες αυτές μπορούν να εφοδιασθούν με ύγρανση. Γενικά μπορούν να έχουν όλα τα πλεονεκτήματα των μονάδων κεντρικού τύπου.



Σχήμα 2.8: Σχηματική απεικόνιση συστήματος VRV σε κτίριο

2.8 Γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό

της γης με μορφή νερών, αερίων ή μειγμάτων αυτών ή ακόμη και ως ενέργεια από τα πετρώματα και αποτελεί μία σημαντική Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Είναι η φυσική ενέργεια της γης που διαρρέει το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια.

Η γεωθερμία αποτελεί μια καινοτομία εξέλιξης στον τομέα της θέρμανσης-δροσιάς. Η χρήση της ενδείκνυται για όλους τους χώρους (οικιακούς χώρους, ξενοδοχειακές επιχειρήσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κτηνοτροφικές μονάδες, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες) όπου απαιτείται η ύπαρξη θέρμανσης και δροσιάς. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150°C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν όμως η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κλπ.

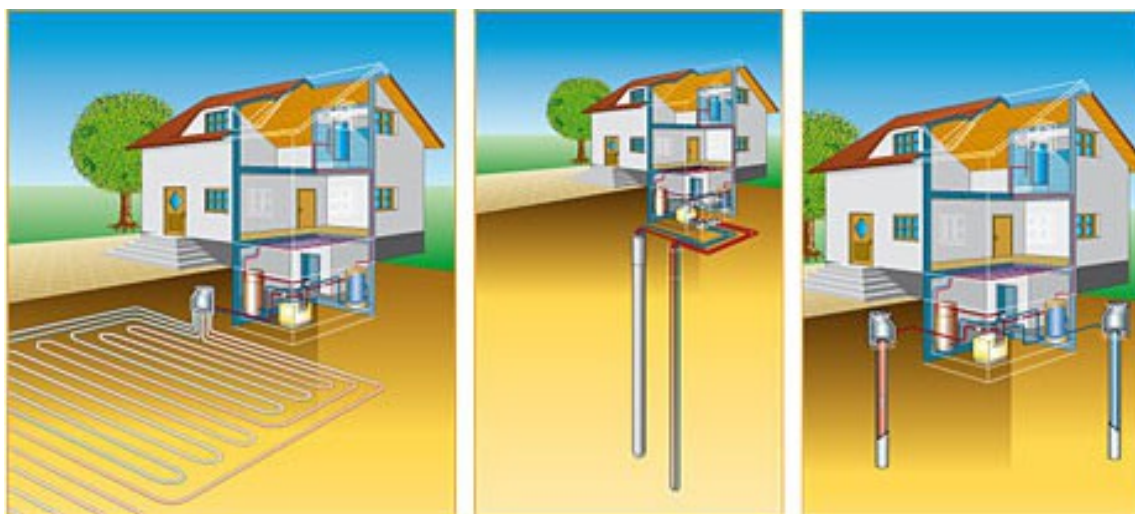
Η λειτουργία της θέρμανσης καθώς και του κλιματισμού ενός κτιρίου μέσω μιας εγκατάστασης γεωθερμίας αποτελεί την πλέον αποδοτική λύση θέρμανσης και κλιματισμού καθώς διασφαλίζει το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος σε σχέση με όλες τις άλλες λύσεις θέρμανσης που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα (λέβητες πετρελαίου, φυσικού αερίου, υγραερίου, πέλλετ κλπ) καθώς επίσης και σε σχέση με τις αερόψυκτες αντλίες θερμότητας. Ειδικά σε περιοχές με ψυχρό κλίμα (ορεινές περιοχές) η εξοικονόμηση σε σχέση με μία συμβατική εγκατάσταση θέρμανσης με πετρέλαιο μπορεί να φτάσει έως και στο 90%.

Όταν η θερμοκρασία του εδάφους ή του υπογείου ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα είναι χαμηλότερη των 25°C, η γεωθερμία χαρακτηρίζεται ως αβαθής ή επιφανειακή και χρησιμοποιείται για ίδια ενεργειακή χρήση. Η αβαθής γεωθερμία είναι ένα σύστημα που μπορεί εκτός από την λειτουργία θέρμανσης να παρέχει και λειτουργίες παραγωγής ζεστού νερού χρήσης καθώς και ψύξης (κλιματισμό ή δροσισμό). Μία εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας αποτελείται από:

1. Από τον γεωθερμικό εναλλάκτη (σωληνώσεις από πολυαιθυλένιο),
2. Από τη γεωθερμική αντλία θερμότητας,
3. Από την εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου (ενδοδαπέδια, fancoils),
4. Από τους λοιπούς αυτοματισμούς της εγκατάστασης (τρίοδες, μπόιλερ, κτλ).

Ο γεωθερμικός εναλλάκτης είναι ένα δίκτυο σωληνώσεων που τοποθετείται μέσα στο έδαφος και εντός του οποίου κυκλοφορεί νερό. Το νερό που κυκλοφορεί μέσα σε αυτό το δίκτυο σωληνώσεων, το χειμώνα απορροφά θερμότητα από την γη και την μεταφέρει μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στο κτίριο που επιθυμούμε να ζεστάνουμε ενώ το καλοκαίρι, αν επιθυμούμε η εγκατάσταση μας να διαθέτει και κλιματισμό ή δροσισμό, μεταφέρει στην γη την θερμότητα που απορροφά η γεωθερμική αντλία θερμότητας από τους κλιματιζόμενους χώρους του κτιρίου.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες συστημάτων γεωθερμικών εναλλακτών :



Σχήμα 2.9: Σχηματική απεικόνιση συστήματος γεωθερμίας

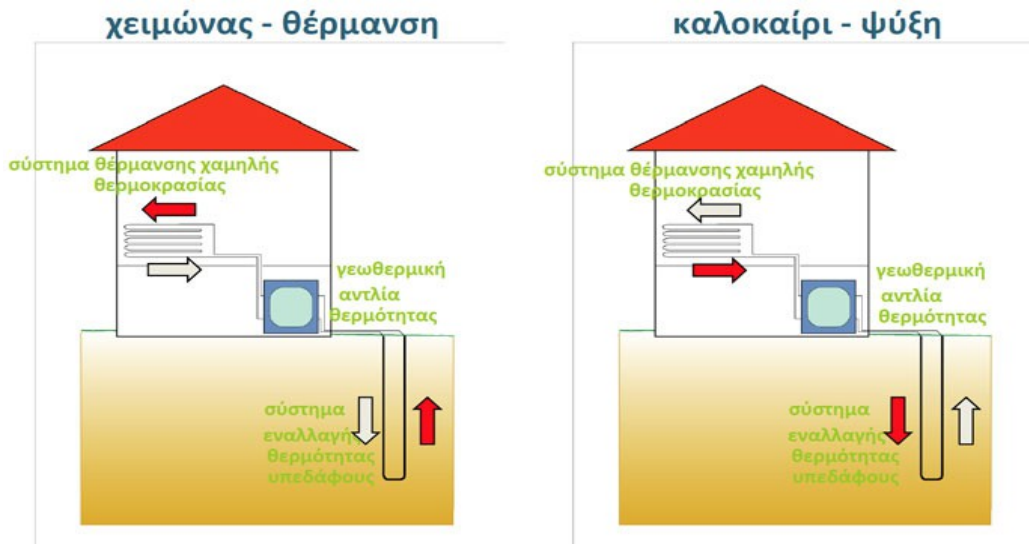
• Η πρώτη κατηγορία αφορά τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος, στα οποία το μέσο μεταφοράς της θερμότητας που είναι το νερό αντλείται από κάποια γεώτρηση ή πηγάδι ή ακόμα και λίμνη ή θάλασσα και επανεισάγεται πάλι σε άλλο σημείο από αυτό που έγινε η άντληση. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή ενός τέτοιου κυκλώματος είναι η ύπαρξη πλούσιας και συνεχούς υπόγειας υδροφορίας στην περιοχή της εγκατάστασης. Ένα ανοικτό γεωθερμικό σύστημα απαιτεί επαρκή διαπερατότητα για να παράγει την απαραίτητα ποσότητα νερού και καλή χημεία του υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή χαμηλή συγκέντρωση σιδήρου και υδρόθειου. Η σημαντικότερη όμως προϋπόθεση είναι η σταθερή ποσότητα διαθέσιμου υπογείου νερού όλο το χρόνο. Τα συστήματα αυτά είναι περισσότερο οικονομικά από πλευράς κατασκευής, καταλαμβάνουν μικρό χώρο αλλά έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με

τα συστήματα γεωθερμίας κλειστού κυκλώματος. Για να θεωρηθεί συμφέρουσα η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος ο χώρος πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 100 τ.μ. Το βάθος κυμαίνεται στα 60-70 μέτρα όταν η υδροφορία είναι συνεχής και πλούσια. Συνήθως τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα για να λειτουργήσουν καλύτερα χρειάζονται δύο γεωτρήσεις. Από τη μία γεώτρηση παραλαμβάνεται νερό. Η αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί την ενέργεια που περιέχεται σε αυτό. Μέσω της δεύτερης γεώτρησης οδηγείται το νερό πάλι στον υδροφόρο ορίζοντα. Οι αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων εξαρτάται από τα πετρώματα, την ποσότητα νερού άντλησης και το βάθος του.

•Η δεύτερη κατηγορία, η οποία διακρίνεται για τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης της, αφορά τα γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος, στα οποία το μέσο μεταφοράς θερμότητας που είναι το νερό ανακυκλοφορεί στην γεωθερμική αντλία θερμότητας διερχόμενο από ένα σύστημα σωληνώσεων που είναι θαμμένες στο έδαφος. Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα επιλέγονται σε περιοχές όπου η υπόγεια υδροφορία δεν είναι πλούσια και συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου ή τα κοστολόγια εκμετάλλευσης είναι υψηλά. Η μεγαλύτερη δυσκολία στην κατασκευή τους είναι η εγκατάσταση του γεωεναλλάκτη στο έδαφος. Σε περιοχές με παγετό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ανακυκλοφορία του νερού στο γεωεναλλάκτη και χρήση αντιψυκτικών υγρών. Υπάρχουν δύο τύποι γεωθερμικών συστημάτων κλειστού κυκλώματος ανάλογα με τη διάταξη του γεωεναλλάκτη. Τα κλειστά οριζόντια γεωθερμικά συστήματα όπου οι σωληνώσεις του γεωεναλλάκτη τοποθετούνται σε οριζόντια διάταξη και σε μικρό βάθος κάτω από το έδαφος (1-1,5 m) και για την ανάπτυξη των οποίων απαιτείται η ύπαρξη μεγάλου περιβάλλοντος χώρου ο οποίος δεν πρέπει να διαθέτει φυτά που θα δημιουργούν σκιά (υψηλά δέντρα ή πυκνή χαμηλή βλάστηση) και τα κλειστά κατακόρυφα γεωθερμικά συστήματα που βρίσκουν εφαρμογές σε περιπτώσεις έλλειψης επαρκούς περιβάλλοντος χώρου και στα οποία για την τοποθέτηση των σωληνώσεων απαιτείται η διάνοιξη γεωτρήσεων βάθους έως και 100 m.

Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (Αντλίες θερμότητας νερού-νερού) είναι ηλεκτροκίνητα συστήματα που απελευθερώνουν την αποθηκευμένη ενέργεια του μεγαλύτερου ηλιακού συλλέκτη που υπάρχει, τη γη. Πιο συγκεκριμένα εκμεταλλεύονται τη σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους, για να παρέχουν θέρμανση, ψύξη και ζεστά νερά χρήσης. Αξιοποιώντας ηλε-

κτρική ενέργεια, εξασφαλίζουν την μεταφορά θερμότητας από το υπέδαφος προς στο κτίριο, κατά την περίοδο της θέρμανσης και αντίστροφα από το κτίριο στο υπέδαφος, κατά την περίοδο ψύξης. Η πηγή θερμότητας των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας μπορεί να είναι είτε επιφανειακά ύδατα (λίμνες, ποτάμια) είτε ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ή ρευστό το οποίο κυκλοφορεί εντός γεωεναλλακτών σε κλειστό κύκλωμα.



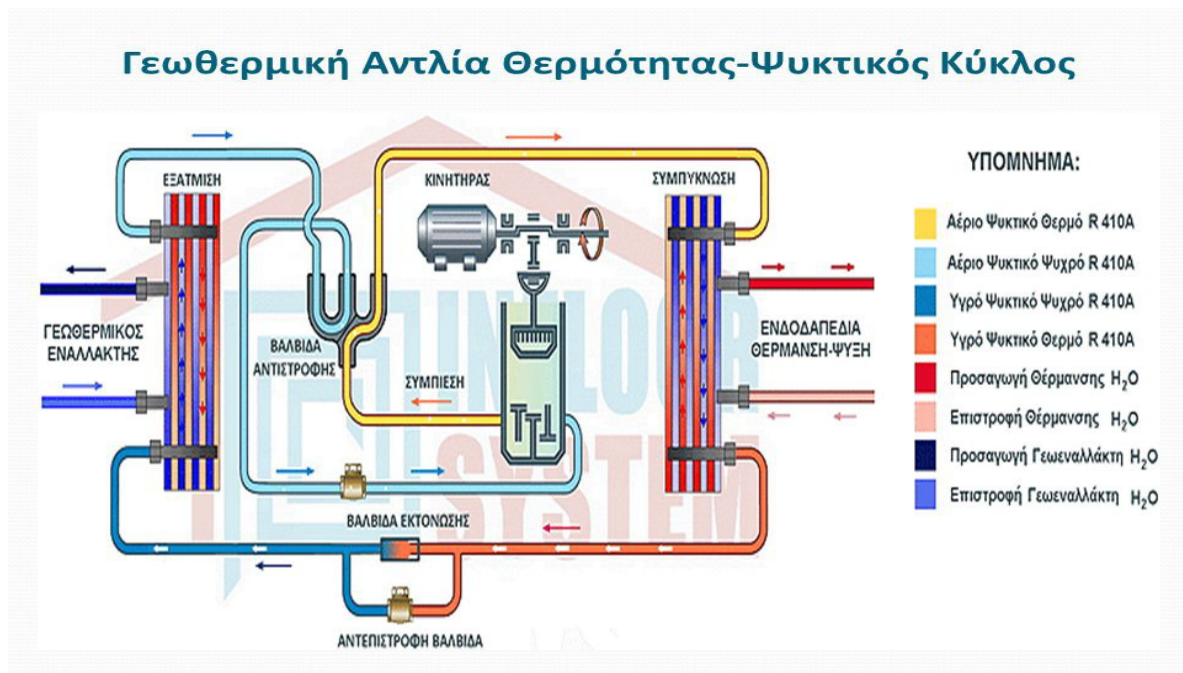
Σχήμα 2.10: Σχηματική απεικόνιση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (Γ.Α.Θ.) χαρακτηρίζονται από υψηλότερο συντελεστή απόδοσης COP ($COP=3,5$ έως 7) έναντι των Αντλιών Θερμότητας Αέρος ($COP=1,5 - 3$), καθώς αξιοποιούν ως πηγή θερμότητας το υπέδαφος ή το νερό του υπεδάφους, το οποίο παρουσιάζει θερμοκρασιακή σταθερότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με θερμοκρασία η οποία προσεγγίζει τη μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

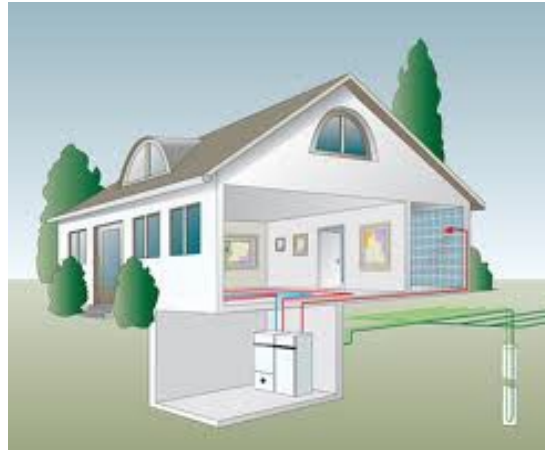
Ο υψηλός συντελεστής απόδοσης των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας εξασφαλίζεται, βέβαια, με το συνδυασμό των Γ.Α.Θ. με κατάλληλα συστήματα διανομής θερμότητας στο κτίριο, τα οποία πρέπει να λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα πλέον κατάλληλα και αποδοτικά συστήματα είναι αυτά της ενδοδαπέδιου θέρμανσης, ή των Fan Coil Unit (εναλλάκτες εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα).

Το γεγονός ότι οι Γ.Α.Θ. εμφανίζουν τον υψηλότερο COP έναντι των αντλιών θερμότητας αέρος, τις καθιστά τις πλέον αποδοτικές, οικονομικές και φιλικές προς το περιβάλλον αντλίες

θερμότητας, οι οποίες μπορούν να αξιοποιούνται για τη θέρμανση, την ψύξη των κτιρίων, καθώς και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.



Σχήμα 2.11: Σχηματική απεικόνιση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας-ψυκτικός κύκλος



Σχήμα 2.12: Εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος

Τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη που απορρέουν από την επιλογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, είναι ασύγκριτα, έναντι οποιουδήποτε άλλου συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.

- Οικονομικά πλεονεκτήματα:

- Το μικρότερο λειτουργικό κόστος πάνω από 60% σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης, λόγω της υψηλής απόδοσης, τόσο στη θέρμανση όσο και στη ψύξη του κτιρίου,
 - Μειωμένη ηλεκτρική κατανάλωση και κυρίως σε περιόδους αιχμής,
 - Ελάχιστο κόστος συντήρησης, καθώς όλος ο εξοπλισμός είναι σε εσωτερικό χώρο, χωρίς απαιτήσεις καθαρισμού,
 - Χωρίς προβλήματα φθοράς ή κλοπής της μονάδας,
 - Μεγάλο χρόνο ζωής και επομένως ασυναγώνιστη οικονομική απόδοση στο χρόνο (25 χρόνια για την αντλία θερμότητας και περισσότερο από 50 χρόνια για το γεωενεαλλάκτη).
- Πλεονεκτήματα αισθητικής, αρχιτεκτονικής και χωροταξίας:
- Το κτίριο απαλλάσσεται από εξωτερικές μονάδες,
 - Δεν απαιτούνται εξωτερικές σωληνώσεις και ηλεκτρικές παροχές,
 - Δεν απαιτούνται υποχρεωτικά ανοίγματα αερισμού και καμινάδες,
 - Δεσμεύεται ελάχιστος χώρος στο μηχανοστάσιο, αυξάνοντας την ωφέλιμη επιφάνεια του κτιρίου,
 - Συνδυάζεται άριστα με ενδοδαπέδια θέρμανση και fan coil για ψύξη, διευκολύνοντας την εσωτερική - διαρρύθμιση του κτιρίου,
 - Αποτελεί προϋπόθεση για αναβαθμισμένη ενεργειακή κατηγορία κτιρίου (Α κατηγορία), με οφέλη στο συντελεστή δόμησης του κτιρίου (νέος Ν.Ο.Κ.).
- Άνεση και ασφάλεια για τους χρήστες:
- Χωρίς καύση και προβλήματα μονοξειδίου του άνθρακα, οσμής και ρύπων,
 - Χωρίς θέματα ανεφοδιασμού και αποθήκευσης καυσίμων,
 - Απλή λειτουργία για τον χρήστη,
 - Μια μονάδα, για την κάλυψη όλων των αναγκών σας σε θέρμανση, ψύξη, ζεστά νερά,
 - Αθόρυβη λειτουργία.
- Περιβαλλοντικά οφέλη
- Συμπαγής κατασκευή χωρίς διαφυγές ψυκτικών υγρών,

- Σημαντική ελάττωση των εκπομπών των αερίων που δημιουργούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου,
- Αποφυγή του φαινομένου του μικροκλίματος εντός του αστικού ιστού, ιδιαίτερα την περίοδο ψύξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ Κ.ΕΝ.Α.Κ.

3.1 Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης (ΚΕΝΑΚ)

Με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) που εγκρίθηκε από την Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ολοκληρώνεται το πλαίσιο των αναγκαίων κανονιστικών ρυθμίσεων για την πλήρη εφαρμογή του Ν. 3661/2008, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Με τον ΚΕΝΑΚ ενσωματώνεται πλέον η έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων που θα συμβάλλει ιδιαίτερα στη βελτίωσή της ενεργειακής απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Σκοπός της απόφασης αυτής είναι να καθοριστούν όροι και προϋποθέσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Συγκεκριμένα στοχεύει στην μείωση της κατανάλωσης της συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Επίσης ορίζει μεθοδολογίες και υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων και καθορίζει ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων. Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους υπό μελέτη νέων κτιρίων, καθώς και των ριζικά ανακαινισμένων κτιρίων και καθορίζει απαραίτητο το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Από την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προσδιορίζεται με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η μεθοδολογία του προϋπολογισμού περιλαμβάνει τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος όσον αφορά την θερμοκρασία, την υγρασία και αερισμό, τα κλιματικά δεδομένα τη περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία) καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηρι-

στικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα κτιρίου, σκίαστρα) σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων. Αφορά τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας) και τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων (τύπος συστημάτων, απόδοση συστήματος). Επίσης στη μεθοδολογία του υπολογισμού συνεκτιμάται η θετική επίδραση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ο κανονισμός ενεργητικής απόδοσης κτιρίων και η μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίων του Ν.3661 προϋποθέτει απαραίτητες τις ελάχιστες αυτές ενεργειακές απαιτήσεις για να είναι ένα κτίριο ενεργειακά αποδοτικό, είτε αναφερόμαστε σε ένα νέο κτίριο ή σε ένα υφιστάμενο που ανακαινίζεται. Θέτει απαραίτητη στα υφιστάμενα κτίρια την αντικατάσταση της θερμομόνωσης κουφωμάτων καθώς και εγκαταστάσεις ηλεκτρισμού.

Η ενεργειακή επιθεώρηση στοχεύει στην μείωση κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια που αφορούν:

- Στη βελτίωση εσωτερικής ποιότητας κτιρίων,
- Εξοικονόμηση ενέργειας,
- Εξοικονόμηση χρημάτων,
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης,
- Μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων και τις ενεργειακές απαιτήσεις θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ότι το υπό εξέταση κτίριο έχει μια πολύ καλή ενεργειακή συμπεριφορά.

Παρακάτω θα αναλύσουμε συνοπτικά τις τεχνικές οδηγίες και τις διατάξεις του κανονισμού ως προς την εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογικών μέσων.

3.2 Κατηγορίες κτιρίων

Στον παρακάτω πίνακα καθορίζονται οι βασικές κατηγορίες και χρήσεις κτιρίων στον οποίο εντάσσεται το υπό μελέτη ή επιθεώρηση κτίρια, για να πιστοποιηθεί η ενεργειακή του απόδοση. Αυτά τα κτίρια τα οποία καθορίζονται από τον κτιριοδομικό κανονισμό διαχωρίζονται σε

βασικές κατηγορίες και επιμέρους κατηγορίες (χρήσεις). Ωστόσο καθορίζονται συνθήκες λειτουργίας ανάλογα με τη χρήση για τις ανάγκες του Κ.ΕΝ.Α.Κ.

Πίνακας 3.1: Βασικές κατηγορίες κτιρίων

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικοτροφείο και κοιτώνας.
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.

Από το πεδίο εφαρμογής του Κ.ΕΝ.Α.Κ. σύμφωνα με το άρθρο 11 του νόμου 3661/08 (ΦΕΚ 89Α/ 19-5-08) και όπως αυτό τροποποιήθηκε με το άρθρο 28, παράγραφο 4 του νόμου 3889 (ΦΕΚ 182Α/14-10-10) εξαιρούνται οι ακόλουθες κατηγορίες κτιρίων:

- Κτίρια και μνημεία που προστατεύονται από το νόμο ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής αξίας τους εφόσον η συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις του κανονισμού θα αλλοίωνε, κατά τρόπο μη αποδεκτό το χαρακτήρα ή την εμφάνισή τους.
- Κτίρια τα οποία χρησιμοποιούνται ως χώροι λατρείας ή θρησκευτικών δραστηριοτήτων.
- Μη μόνιμα κτίρια, των οποίων η διάρκεια της χρήσης τους βάσει στο σχεδιασμό τους δεν υπερβαίνει τα δύο έτη (δεν πρέπει να γίνεται σύγκριση με κατοικίες που χαρακτηρίζονται ως «παραθεριστικές», δηλαδή με τη χρήση μέχρι και 4 μήνες ετησίως και για τις οποίες, πλέον δεν ισχύει η εξαίρεση από τις απαιτήσεις που καθορίζονται στον

Κ.ΕΝ.Α.Κ.).

- Βιομηχανικές εγκαταστάσεις, βιοτεχνίες, χώροι αποθήκευσης.
- Εργαστήρια (δηλαδή κτίρια τα οποία στην πολεοδομική τους άδεια είναι χαρακτηρισμένα ως εργαστήρια όπως ερευνητικά ή ιατρικά εργαστήρια, παραγωγής τροφίμων κ.α.)
- Κτίρια αγροτικών χρήσεων πλην κατοικιών με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Αυτοτελή κτίρια με συνολική επιφάνεια κάτω των 50 τετραγωνικών μέτρων.

Τέλος διευκρινίζεται ότι:

- σε περίπτωση ενιαίας χρήσης κτιρίου επιλέγεται μια από τις χρήσεις κτιρίων του πίνακα.
- σε περίπτωση μεικτής χρήσης κτιρίου με διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας (π.χ. κτίριο πολυκατοικίας με εμπορικά καταστήματα στο ισόγειο) οι υπολογισμοί για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου, τόσο κατά την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης όσο και κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου για την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης γίνεται ξεχωριστά για κάθε χρήση των επί μέρους τμημάτων του κτιρίου.
- σε περίπτωση που μια συγκεκριμένη χρήση κτιρίου δεν συμπεριλαμβάνεται στις κατηγορίες του πίνακα 3.1 τότε αναγκαστικά κατατάσσεται στην πλησιέστερη κατηγορία.

3.3 Ελάχιστες απαιτήσεις κτιρίου αναφοράς

Βάσει του άρθρου 7 του Κ.ΕΝ.Α.Κ. για κάθε νέο και ριζικά ανακαινισμένο κτίριο πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κατά τα οριζόμενα άρθρα 4 και 5 του νόμου 3661/2008. Ωστόσο οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης εξασφαλίζεται όταν το κτίριο εναρμονίζεται με όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφονται στο άρθρο 8 του Κ.ΕΝ.Α.Κ. και:

Α. Είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, όπως αυτό περιγράφεται στο άρθρο 9 του Κ.ΕΝ.Α.Κ. (τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς) ή ίση με αυτό.

B. Είτε το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολο τους.

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της πρωτογενούς ενέργειας με την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση και η κατάταξη του κτιρίου. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.ΕΝ.Α.Κ., οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, αναφέρονται στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου στη θερμομόνωση του κελύφους και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Για αυτές τις ελάχιστες απαιτήσεις το κτίριο αναφοράς πρέπει:

- να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτίριο,
- να έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με το εξεταζόμενο κτίριο,
- να πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές,
- να έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά (τεχνικά χαρακτηριστικά στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του και στις Η/Μ εγκαταστάσεις των εσωτερικών χώρων).

3.4 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου

Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, καθορίζονται και οι παράμετροι των συνθηκών λειτουργίας του κτιρίου. Ο μελετητής Μηχανικός καθορίζει τον αριθμό των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών του κτιρίου ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου. Οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας από χρήστη σε χρήστη μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση. Άρα απαραίτητη προϋπόθεση είναι να καθοριστούν σε εθνικό επίπεδο οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας, ώστε να προσδιορίζεται εκτενέστερα με υπολογισμό η κατανάλωση ενέργειας και η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Σημειώνεται πως οι παράμετροι συνθηκών λειτουργίας ενός κτιρίου όπως ορίζεται στον πίνακα 3.1 και καθορίστηκαν βάσει Ευρωπαϊκών προτύπων (EN 150 13790:2008 και EN 15251:2007) και άλλων διεθνών προδιαγραφών. Ωστόσο, σε ειδικές περιπτώσεις κτιρίων ή και ειδικών χώρων κτιρίων (π.χ. χειρουργείο) που δεν αναφέρονται στην παρούσα, καθώς και σε περιπτώσεις οι οποίες χρήζουν περισσότερη λεπτομερή εξέταση, οι συνθήκες λειτουργίας καθορίζονται κατά περίπτωση από τις συνθήκες σχεδιασμού.

Οι ειδικές συνθήκες λειτουργίας των επί μέρους χώρων ενός κτιρίου (wc, διαδρόμων, απο-

θηκών κ.τ.λ.) λαμβάνονται υπόψη μόνο κατά το σχεδιασμό του κτιρίου ή κατά το σχεδιασμό της θερμικής ζώνης, ενώ κατά την μελέτη ενεργειακής απόδοσης λαμβάνεται υπόψη μια ενιαία τιμή για κάθε παράμετρο (π.χ. θερμοκρασία, σχετική υγρασία κ.ά) όπως αναφέρεται στη γενική χρήση κτιρίου και σε αντίστοιχους πίνακες. Επιπρόσθετα και σε όσες υποκατηγορίες κτιρίων στα οποία δεν υπάρχει καθορισμένη τιμή παραμέτρων (π.χ. θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας κ.ά) τότε λαμβάνεται η γενική τιμή της κατηγορίας αυτής.

3.4.1 Συνθήκες λειτουργίας κτιρίου αναφοράς

Το κτίριο αναφοράς ως εξ ορισμού είναι ένα κτίριο το οποίο έχει ίδιο προφίλ, δηλαδή όμοιες συνθήκες λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Κατά συνέπεια, οι συνθήκες λειτουργίας θα ισχύουν τόσο για το υπό μελέτη κτίριο όσο και για το κτίριο αναφοράς. Βέβαια δεν θα ισχύουν τα παραπάνω εάν το υπό μελέτη κτίριο έχει διαφορετικές τιμές για κάποιες από τις παραμέτρους του όπως αυτές που θα αναλυθούν στις ενότητες των συνθηκών λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι εάν η στάθμη φωτισμού η οποία καθορίζεται από πίνακες ανά κατηγορία σε συγκεκριμένη χρήση κτιρίου ξεπερνά τα προβλεπόμενα όρια (τα οποία καθορίζονται στο κτίριο αναφοράς) τότε το εξεταζόμενο κτίριο θα διαμορφωθεί ανάλογα με τα συστήματα που διαθέτει, ενώ για το κτίριο αναφοράς θα λαμβάνονται υπόψη τιμές όπως αυτές ορίζονται στις εθνικές προδιαγραφές.

3.4.2 Θερμικές ζώνες κτιρίου

Για να μπορέσουμε να κατατάξουμε το κτίριο ενεργειακά πρέπει να το χωρίσουμε πρώτα σε θερμικές ζώνες, δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή και ίδια ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για αυτόν τον χωρισμό θερμικών ζωνών πρέπει να τηρούμε τους παρακάτω κανόνες:

- Πρέπει να εξασφαλίζουμε τον μικρότερο αριθμό θερμικών ζωνών για να επιτύχουμε οικονομία στους υπολογισμούς και στο χρόνο.
- Ο προσδιορισμός θερμικών ζωνών να γίνεται με την καταγραφή της πραγματικής λειτουργίας του κτιρίου.
- Για τμήματα του κτιρίου με μικρότερο όγκο από το 10% του συνολικού όγκου, πρέπει να εξετάζονται ενταγμένες σε άλλες θερμικές ζώνες με παρόμοιες χρήσεις.

Για να υπολογιστούν τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης, το κτίριο πρέπει να μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή κατά περίπτωση να διαχωρίζεται σε περισσότερες ζώνες.

Ωστόσο, είναι φρόνιμο να μην γίνεται σύζευξη ζωνών αλλά μεμονωμένων ζωνών, για να επιτευχθεί ακρίβεια υπολογιστική. Για τον καθορισμό ανεξάρτητων θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. (ΦΕΚ 407/9.4.2010) και πρότυπο ΕΛΟΤ EN 150 13790:2009 επιβάλλεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει πάνω από 4K (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου για τη χειμερινή ή και καλοκαιρινή περίοδο.
- Σε χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες π.χ. νοσοκομεία όπου έχουμε διαφορετικές συνθήκες στους χώρους (θερμοκρασία, σχετική υγρασία).
- Σε χώρους όπου υπάρχουν διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Σε χώρους με μεγάλες εναλλαγές ενέργειας (π.χ. μεγάλα ανοίγματα με ανταλλαγή θερμικού κέρδους κ.τ.λ.).
- Σε χώρους στους οποίους υπάρχει μηχανικός εξαερισμός και καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας της κάτοψης του κτιρίου.

Κατά συνέπεια, καταλαβαίνουμε πως είναι πολύ σημαντικός ο καθορισμός θερμικών ζωνών σε ένα κτίριο για να υπολογιστεί με ακρίβεια ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U.

3.4.3 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας κτιρίου

Για την επίτευξη ενεργειακής απόδοσης ή επιθεώρησης ενός κτιρίου απαιτείται ο καθορισμός τυπικού ωραρίου λειτουργίας του κτιρίου ανάλογα με τη χρήση του. Το ωράριο λειτουργίας ενός κτιρίου ή τμήματος εξαρτάται και από τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- από τη χρήση του κτιρίου,
- από τον ανθρώπινο παράγοντα, δηλαδή οι επιλογές και χρήσεις των ιδιοκτητών,
- από τις τοπικές – κοινωνικές συνθήκες (π.χ. κλιματισμού – θέρμανσης).

Για τις ανάγκες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου καθορίζεται ένα τυπικό ωράριο λειτουργίας κάθε κτιρίου, ανάλογα με τη γενική χρήση του. Το ίδιο ισχύει και για τμήμα κτιρίου, που αποτελεί ανεξάρτητη θερμική ζώνη υπολογισμού, με διαφορετική χρήση.

Σε περιπτώσεις κτιρίων με πολλές παράλληλες χρήσεις, όταν οι χρήσεις αυτές αντιμετωπίζονται ως ανεξάρτητες θερμικές ζώνες, το τυπικό ωράριο και οι εσωτερικές θερμικές συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, εσωτερικά φορτία κ.ά.), καθορίζονται για κάθε χρήση χωριστά σύμφωνα με τα οριζόμενα στον πίνακα 3.2 και ανεξάρτητα από τη βασική κατηγορία και τη γενική χρήση του κτιρίου (π.χ. οι χώροι γραφείων των νοσοκομείων, αντιμετωπίζονται ως γραφεία). Ωστόσο η μηνιαία περίοδος λειτουργίας για όλες τις επιμέρους παράλληλες χρήσεις καθορίζεται από τη γενική χρήση του κτιρίου (π.χ. οι χώροι γραφείων ενός σχολικού κτιρίου, δεν λειτουργούν τους θερινούς μήνες που το κτίριο θεωρείται ότι είναι εκτός λειτουργίας). Στον πίνακα 3.2 δίνεται το τυπικό ωράριο λειτουργίας ανά χρήση κτιρίου ή χρήση θερμικής ζώνης.

Πίνακας 3.2: Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτιρίων ανά χρήση.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	18	7	12
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
	θερινής λειτουργίας	24	7	7 (Απρ.-Οκτ.)
	χειμερινής λειτουργίας	24	7	8 (Σεπτ.-Απρ.)
	Οικοτροφείο και κοιτώνας	24	7	12
	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	12	7	ανά χρήση
	Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	24	7	ανά χρήση
Συνάθροισης κοινού	Εσπιατόριο	12	7	12
	Ζαχαροπλαστέιο, καφενείο	15	7	12
	Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	6	4	12
	Θέατρο, κινηματογράφος	7	7	12
	Χώρος συναυλιών	6	7	12
	Χώρος εκθέσεων, μουσείο	6	7	12
	Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	6	5	12
	Τράπεζα	8	5	12
	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	14	3	12
	Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	14	7	12
	Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι *	ανά χρήση	ανά χρήση	ανά χρήση
	Λουτρό (κοινόχρηστο) *	ανά χρήση	ανά χρήση	ανά χρήση
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο	8	5	8 (Οκτ.-Μαΐ.)
	Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	8	5	9 (Σεπτ.-Μαΐ.)
	Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	13	5	10(Σεπτ.-Ιουν.)
	Φροντιστήριο, ωδείο	7	5	9 (Σεπτ.-Μαΐ.)
Υγείας και	Νοσοκομείο, κλινική	24	7	12

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
κοινωνικής πρόνοια	Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	24	7	12
	Χειρουργείο (τακτικό)	8	5	12
	Εξωτερικά ιατρεία	8	5	12
	Αίθουσες αναμονής	8	5	12
	Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	12	5	12
	Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο	24	7	12
	Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	8	5	11
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	24	7	12
	Αστυνομική διεύθυνση	24	7	12
Εμπορίου	Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	12	6	12
	Κατάστημα, φαρμακείο	9	6	12
	Ινστιτούτο γυμναστικής	12	6	12
	Κουρείο, κομμωτήριο	12	6	12
Γραφείων	Γραφείο	10	5	12
	Βιβλιοθήκη	6	5	12

*Σημειώνεται ότι το ωράριο και η περίοδος λειτουργίας των βοηθητικών χώρων ενός κτιρίου ή μιας θερμικής ζώνης (κοινόχρηστα λουτρά, διάδρομοι, κλιμακοστάσια κ.ά.) είναι το ίδιο με αυτό της κύριας χρήσης (κάθε βασικής κατηγορίας: υγείας, συνάθροισης κοινού, εκπαίδευσης, εμπορίου κ.τ.λ.), την οποία εξυπηρετούν.

Για τον υπολογισμό θερμικών ή ψυκτικών φορτίων λαμβάνονται συγκεκριμένες περιόδους για θέρμανση – ψύξη αναλόγως με την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτίριο.

- Για την ζώνη Α και Β η περίοδος θέρμανσης είναι από 1η Νοεμβρίου έως 15 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από 15 Μαΐου έως 15 Σεπτεμβρίου.
- Για την ζώνη Γ και Δ η περίοδος θέρμανσης είναι από 15 Οκτωβρίου έως τις 30 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από 1η Ιουνίου έως 31 Αυγούστου.

3.4.4 Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικών χώρων

Οι συνθήκες ανέσεως είτε είναι επιθυμητές είτε είναι ιδανικές ανταποκρίνονται στατιστικά σε διαπιστωμένες προτίμησες μεγάλου αριθμού ατόμων. Ωστόσο στόχος των συστημάτων θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη της θερμικής ή ψυκτικής άνεσης σε κάθε χώρο του κτιρίου. Βέβαια υπάρχουν αρκετοί παράμετροι οι οποίοι επηρεάζουν τις συνθήκες ανέσεως

των χώρων, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- η θερμοκρασία του αέρα (ξηρού θερμομέτρου),
- η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας από τις περιβάλλουσες επιφάνειες (π.χ. επιφάνειες από υαλοπίνακες, καθρέφτες που ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία κ.τ.λ.),
- η σχετική υγρασία του αέρα,
- η ένδυση των χρηστών,
- η δραστηριότητα των χρηστών,
- η ταχύτητα των εσωτερικών ρευμάτων του αέρα.

Επίσης υπάρχουν πολλές διαφοροποιήσεις στις προδιαγραφές και τα δομικά στοιχεία των κτιρίων, ο δε μελετητής θα πρέπει να τα προσαρμόσει γύρω από τις καταγεγραμμένες τιμές συνθηκών που ισχύουν από πίνακες. Για παράδειγμα σε ένα κτίριο με μεγάλα ανοίγματα έχει περισσότερο θερμικό κέρδος των χειμώνα ή αντίστοιχα το καλοκαίρι θερμότερο αέρα στα εσωτερικά ρεύματα του χώρου και ως εκ τούτου, θα πρέπει να αντισταθμίσει τις συνθήκες αυτές με τις αντίστοιχες τιμές των πινάκων.

3.4.4.1 Θερμοκρασία και υγρασία χώρων

Είναι γεγονός πως οι δύο πιο σημαντικοί παράγοντες ανέσεως των εσωτερικών χώρων είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, βέβαια από χρήστη σε χρήστη και ανάλογα με την ηλικία των χρηστών υπάρχουν μικροδιαφορές ως προς τις επιθυμητές τιμές του χώρου. Σαφώς όμως, για να υπάρχει μια στάθμιση τιμών και να μπορεί ο μελετητής να λαμβάνει τιμές για τους υπολογισμούς, καθορίστηκαν σε εθνικό επίπεδο τιμές βάσει προτύπων ΕΛΟΤ EN 15251:2007 και δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.3.

Σημειώνεται ότι για περιπτώσεις ειδικών κτιρίων όπως για παράδειγμα ιατρεία, χειρουργεία κ.τ.λ. μπορεί να υπάρχει απόκλιση των κατώτερων τιμών των πινάκων και φυσικά ο μελετητής ορίζει τις πραγματικές τιμές έπειτα από αποδεδειγμένη μελέτη. Το δε σύγχρονο φαινόμενο της «διακοπτόμενης λειτουργίας θέρμανσης» αντιμετωπίζεται με τη λήψη τιμών ίση με την μέση εξωτερική μηνιαία θερμοκρασία για κάθε μήνα.

Τέλος πολύ σημαντική είναι και η στάθμη τιμών της σχετικής υγρασίας των χώρων. Για την επίτευξη της αφαίρεσης αυτής μέσα από το χώρο, συμμετέχουν ενεργά τα συστήματα κλιματισμού τα οποία λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (μόνο κατά την ψύξη) προκαλούν αφύγραν-

ση του αέρα. Επίσης οι επιθυμητές τιμές υγρασίας χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης καθορίζονται από τον πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26	40	45
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
θερινής λειτουργίας	20	26	35	45
χειμερινής λειτουργίας	20	26	35	45
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
θερινής λειτουργίας	20	26	35	45
χειμερινής λειτουργίας	20	26	35	45
Οικοτροφείο και κοπώνας	20	26	40	45
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	20	26	40	45
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	20	26	35	50
Εστιατόριο	20	26	35	50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	20	26	35	50
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	20	26	35	50
Θέατρο, κινηματογράφος	20	26	35	50
Χώρος συναυλιών	20	26	35	50
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	20	23	35	50
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	20	26	35	45
Τράπεζα	20	26	35	45
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	20	26	35	50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	18	25	35	45
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	18	26	35	50
Λουτρό (κοινόχρηστο)	22	26	40	50
Νηπαγωγείο	20	26	35	45
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	20	26	35	45
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	20	26	35	45
Φροντιστήριο, ωδείο	20	26	35	45
Νοσοκομείο, κλινική	22	26	35	50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	35	50

Χειρουργείο (τακτικό)	18	20	35	55
Εξωτερικά ιατρεία	20	26	35	50
Αίθουσες αναμονής	20	26	35	50

Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	22	26	35	50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα απόρων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	22	26	40	45
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	20	26	40	45
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	26	40	45
Αστυνομική διεύθυνση	20	26	35	45
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	19	25	35	45
Κατάστημα, φαρμακείο,	20	26	35	45
Ινστιτούτο γυμναστικής	20	26	35	45
Κουρείο, κομμωτήριο	20	26	35	45
Γραφείο	20	26	35	45
Βιβλιοθήκη	20	26	35	50

3.4.4.2 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων

Απαιτούμενος νωπός αέρας των εσωτερικών χώρων, ο οποίος για να εξασφαλιστεί σε κάθε χώρο πρέπει να γίνονται κάποιες εναλλαγές του αέρα ανά τακτά διαστήματα. Οι απαιτήσεις αυτές του νωπού αέρα εξασφαλίζονται ανάλογα με:

- τη χρήση του κτιρίου,
- τον αριθμό των χρηστών,
- την παραγωγή ρύπων στο κτίριο (π.χ. CO₂ κατά την εκπνοή).

Ωστόσο για τη σωστή μελέτη του νωπού αέρα ο μελετητής οφείλει να εφαρμόσει τους υπολογισμούς σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του TOTEE 20701-1/2010 και να κάνει λήψη τιμών από τον ακόλουθο πίνακα 3.4:

Πίνακας 3.4. Απαιτούμενος νωπός αέρα ανά χρήση κτιρίου (για χώρους μη καπνίζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m ² επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h/m ²]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας*	15	20	3,00
θερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
χειμερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας*	15	20	3,00
θερινής λειτουργίας*	15	20	3,00
χειμερινής λειτουργίας*	15	20	3,00

Οικοτροφείο και κοπώνας*	10	15	1,50
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	8	15	1,20
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	25	25	6,25
Εσπιατόριο	70	25	17,50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	80	25	20,00
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	45	45,00
Θέατρο, κινηματογράφος	100	25	25,00
Χώρος συναυλιών	100	30	30,00
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	50	20	10,00
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	25	27,50
Τράπεζα	20	30	6,00
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	75	45	33,75
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	--	--	2,6
Λουτρό (κοινόχρηστο)	--	--	6,00
Νηπιαγωγείο**	50	22	11,00
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης**	50	22	11,00
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας**	50	22	11,00
Φροντιστήριο, ωδείο**	55	22	12,10
Νοσοκομείο, κλινική*	30	35	10,50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	5,50
Χειρουργείο (τακτικό)	20	150	30,00
Εξωτερικά ιατρεία	10	50	5,00
Αίθουσες αναμονής	55	45	24,75
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	15	50	7,50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα απόρων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία*	15	25	3,75
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	25	45	11,25
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	22	4,40
Αστυνομική διεύθυνση	10	30	3,00

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m ² επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h/m ²]
Ινστιτούτο γυμναστικής,	15	45	6,75
Κουρείο, κομμωτήριο	15	30	4,50
Γραφείο	10	30	3,00
Βιβλιοθήκη	22	30	6,60

* Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται όταν το κτίριο εξετάζεται ενιαία και όχι κατατεμημένο σε επιμέρους θερμικές ζώνες διαφορετικών χρήσεων.

** Οι τιμές αυτές αφορούν τις αίθουσες εκπαίδευσης και όχι άλλους χώρους των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων όπως είναι τα γραφεία, διάδρομοι κ.τ.λ.

3.4.4.3 Στάθμη φωτισμού

Η στάθμη φωτισμού είναι πολύ σημαντική για κάθε χώρο ώστε να διασφαλίζεται η σωστή οπτική άνεση των χρηστών δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την άσκηση της προβλεπόμενης δραστηριότητά τους, χωρίς φαινόμενα που να οδηγούν στην οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Η δυσχέρεια μιας οπτικής δραστηριότητας εξαρτάται από τη λεπτομέρεια της εργασίας, την ταχύτητα και ορθότητα της αντίληψης, καθώς και από τις εμφανιζόμενες φωτεινές εντάσεις και τις φωτεινές αντιθέσεις. Ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. καθορίζει ως ελάχιστη φωτιστική απόδοση του γενικού φωτισμού τα 55(lm/W). Ωστόσο στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν οι στάθμες φωτισμού για εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, δηλαδή W/m^2 για το κτίριο αναφοράς.

Πίνακας 3.5. Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2) κτιρίου αναφοράς ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]*	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m ²]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	6,4	0,8
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	9,6	0,8
θερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	9,6	0,8
θερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
χειμερινής λειτουργίας	300	9,6	0,8
Οικοτροφείο και κοπύνας	300	9,6	0,8
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	250	8,0	0,8
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	100	3,2	0,5
Εστιατόριο	200	6,4	0,8
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	8,0	0,8
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	3,2	0,8
Θέατρο, κινηματογράφος	100	3,2	0,8
Χώρος συναυλιών	100	3,2	0,8
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	6,4	0,8
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	16,0	0,8
Τράπεζα	500	16,0	0,8
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	9,6	0,8
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	9,6	0,5
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	200	6,4	0,5
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	6,4	0,5
Νηπαγωγείο	300	9,6	0,8
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	300	9,6	0,8
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500	16,0	0,8
Φροντιστήριο, ωδείο	500	16,0	0,8
Νοσοκομείο, κλινική	300	9,6	0,8
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	100	3,2	0,8

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]*	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m ²]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]
Αίθουσες αναμονής	300	9,6	0,8
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	16,0	0,8
Ψυχιατρείο, ίδρυμα απόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	300	9,6	0,8
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	300	9,6	0,8
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	9,6	0,8
Αστυνομική διεύθυνση	500	16,0	0,8
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	300	9,6	0,8
Κατάστημα, φαρμακείο,	500	16	0,8
Ινστιτούτο γυμναστικής	400	12,8	0,8
Κουρείο, κομμωτήριο	400	12,8	0,8
Γραφείο	500	16,0	0,8
Βιβλιοθήκη	500	16,0	0,8

3.5 Χρήστες κτιρίου

Εκλύουν ποσά θερμότητας στο περιβάλλον. Αυτό πραγματοποιείται με δύο τρόπους, την θερμική ακτινοβολία του σώματος και τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα στον αέρα και ιδίως κατά την εκπνοή του ατόμου. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλο σφάλμα κατά τον υπολογισμό των τιμών μεταφοράς θερμότητας διότι ποικίλει από άνθρωπο σε άνθρωπο λόγω διαφορετικότητας στην ένδυση ή εφίδρωσης κ.τ.λ. Επίσης, οι μελετητές οφείλουν να λαμβάνουν τιμές από τον παρακάτω πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6. Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημ. επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	80	4	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	75	11	1,00
θερινής λειτουργίας	75	11	0,58
χειμερινής λειτουργίας	75	11	0,66
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	75	11	1,00
θερινής λειτουργίας	75	11	0,58
χειμερινής λειτουργίας	75	11	0,66
Οικοτροφείο και κοπώνας	75	8	1,00
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	60	5	0,50
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	80	20	1,00
Εστιατόριο	75	53	0,50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	75	60	0,62
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	75	75	0,14
Θέατρο, κινηματογράφος	75	75	0,29
Χώρος συναυλιών	75	75	0,25
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	90	45	0,25
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	75	83	0,18
Τράπεζα	75	15	0,24
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	80	60	0,25
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	120	90	0,58
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	0	0	0
Λουτρό (κοινόχρηστο)	0	0	0

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημ. επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Νηπιαγωγείο	80	40	0,16
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευσης	80	40	0,18
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	80	40	0,32
Φροντιστήριο, ωδείο	80	44	0,16
Νοσοκομείο, κλινική	90	27	1,00
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	70	15	0,75
Χειρουργείο (τακτικό)	90	0	0,24
Εξωτερικών ιατρείων	90	9	0,24
Αίθουσες αναμονής	80	44	0,24
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	90	14	0,36
Ψυχιατρείο, ίδρυμα απόρων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	80	12	1,00
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	90	23	0,22
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	80	16	1,00
Αστυνομική διεύθυνση	80	8	1,00
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	90	27	0,43
Κατάστημα, φαρμακείο	90	13	0,32
Ινστιτούτο γυμναστικής	90	14	0,43
Κουρείο, κομμωτήριο	90	14	0,43
Γραφείο	80	8	0,30
Βιβλιοθήκη	75	17	0,18

3.6 Εξοπλισμός κτιρίων

Ο εξοπλισμός κτιρίων και οι ηλεκτρικές συσκευές είναι καθοριστικές για την σωστή μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Σαφώς και υπάρχει εναλλαγή θερμικών φορτίων μεταξύ συσκευών και εσωτερικού περιβάλλοντος του χώρου. Η εναλλαγή θερμότητας επιτυγχάνεται με θερμική ακτινοβολία – συναγωγή μεταφορά θερμότητας. Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 150.13790:2009 εκτιμήθηκαν και παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7. Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών/εξοπλισμού ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος συντελεστής ετερ/σμού	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m ²]	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	4	0,5	2	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	3	0,5	1,5	1,00
θερινής λειτουργίας	3	0,5	1,5	0,58
χειμερινής λειτουργίας	4	0,5	2	0,66
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	3	0,5	1,5	1,00
θερινής λειτουργίας	3	0,5	1,5	0,58
χειμερινής λειτουργίας	4	0,5	2	0,66
Οικοτροφείο και κοπώνας	4	0,5	2	1,00
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	4	0,5	2	0,50
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	2	0,5	1	1,00
Εστιατόριο	20	0,5	10	0,50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	20	0,5	10	0,62
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	15	0,5	7,5	0,14
Θέατρο, κινηματογράφος	4	0,3	1,2	0,29
Χώρος συναυλιών	4	0,5	2	0,25
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	4	0,3	1,2	0,25
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	2	0,3	0,6	0,18
Τράπεζα	2	0,3	0,6	0,24
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	4	0,25	1	0,25
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό καλυμβητήριο	4	0,25	1	0,58
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	0	0	0	0
Λουτρό (κοινόχρηστο)	0	0	0	0
Νηπιαγωγείο	5	0,15	0,75	0,16
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	5	0,15	0,75	0,18
Τριτοβάθμια εκπαίδευση,	5	0,15	0,75	0,32

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος συντελεστής ετερ/σμού	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m ²]	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
αίθουσα διδασκαλίας				
Φροντιστήριο, ωδείο	5	0,15	0,75	0,16
Νοσοκομείο, κλινική	15	0,5	7,5	1,00
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	8	0,5	4	0,75
Χειρουργείο (τακτικό)	20	0,5	10	0,24
Εξωτερικών ιατρείων	15	0,5	7,5	0,24
Αίθουσες αναμονής	0	0	0	0,24
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	15	0,5	7,5	0,36
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	10	0,5	5	1,00
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	15	0,3	4,5	0,22
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	4	0,2	0,8	1,00
Αστυνομική διεύθυνση	15	0,2	3	1,00
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	10	0,25	2,5	0,43
Κατάστημα, φαρμακείο,	10	0,2	2	0,32
Ινστιτούτο γυμναστικής	20	0,3	6	0,43
Κουρείο, κομμωτήριο	20	0,3	6	0,43
Γραφείο	15	0,3	4,5	0,30
Βιβλιοθήκη	2	0,25	0,5	0,18

3.7 Προδιαγραφές κελύφους κτιρίου

Η μελέτη ενός κτιρίου το οποίο θα καταναλώσει χαμηλά ποσά ενέργειας είναι το πρώτιστο στοιχείο του μελετητή μηχανικού. Παρόλα αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά οι παρακάτω παράμετροι:

- Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός κτιρίου,
- Διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου για σωστό μικροκλίμα,
- Σωστός προσανατολισμός ανοιγμάτων ανάλογα με το νότο ή το βορά,
- Χωροθέτηση λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση,
- Υπολογισμός παθητικών συστημάτων (π.χ. άμεσο ηλιακό κέρδος),
- Ηλιοπροστασία κτιρίου για τους θερινούς μήνες,
- Μελέτη φυσικού εξαερισμού χώρων,
- Εξασφάλιση φυσικού φωτισμού.

Και ασφαλώς ο μελετητής οφείλει να λαμβάνει υπόψη του:

- Την χρήση του κτιρίου επαγγελματικός χώρος – οικία κ.τ.λ.,
- Το ωράριο λειτουργίας χρήσης κ.τ.λ.,
- Τη διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων με διαφορετική λειτουργία,
- Τη θερμομόνωση του κελύφους,
- Τη εφαρμογή παθητικών συστημάτων δροσισμού,
- Και τη φυσική σκίαση του κτιρίου (π.χ. μέσω δέντρων κ.τ.λ.).

Στον Κ.ΕΝ.Α.Κ. περιλαμβάνονται όλες οι παράμετροι για τον σχεδιασμό νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενης οικίας και οφείλουν οι μελετητές να τις λαμβάνουν υπόψη ώστε η τελική ενεργειακή κατάσταση να εντάσσεται στην κατηγορία Β.

3.7.1 Γεωμετρία-Αναλογίες κτιρίου

Για να γίνει μια ενεργειακή μελέτη ή επιθεώρηση ενός κτιρίου χρειάζεται η καταγραφή των αδιαφανών και των διαφανών δομικών στοιχείων. Με τον όρο αδιαφανή δομικά στοιχεία εννοούμε όλα τα στοιχεία (όπως τοίχοι – σκυροδέματα, πλάκες – δοκάρια κ.τ.λ.) ενώ για διαφανή στοιχεία εννοούμε όλα τα ανοίγματα – κουφώματα κ.τ.λ.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου είναι αυτά που καθορίζουν της εναλλαγές θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον. Για να επιτευχθεί μια ενεργειακή μελέτη ειδικά σε ριζικά ανακαινιζόμενο κτίριο και σε υφιστάμενο, ο μελετητής οφείλει να αποτυπώσει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου καθώς και να τα διασταυρώσει με τα σχέδια τα οποία θα του χορηγήσει ο ιδιοκτήτης.

3.7.1.1 Τα γεωμετρικά στοιχεία επιφανειών δομικών στοιχείων

Όπως προαναφέρθηκε, από τα αρχιτεκτονικά σχέδια λαμβάνονται τιμές διαστάσεων για τα γραμμικά δομικά στοιχεία (π.χ. τοιχοποιίες, κατακόρυφα δομικά στοιχεία κ.ά.). Για περιπτώσεις που δεν μπορεί να αποτυπωθεί η επιφάνεια του φέροντος οργανισμού, τότε λαμβάνονται τιμές από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.8. Συμβατικός τρόπος υπολογισμού του εμβαδού που καταλαμβάνει ο φέρων οργανισμός του κτιρίου ως ποσοστό επί της επιφάνειας της όψης του σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αποτύπωσή του φέροντος οργανισμού.

Έτος έκδοσης οικοδομικής άδειας	Τύπος κτηρίου	Αριθμός ορόφων	
		έως 5	>5
Προ του 1981	Γωνιακό κτήριο	15%	22%
	Μη γωνιακό κτήριο	25%	30%
1981 έως 1999	Γωνιακό κτήριο	18%	25%
	Μη γωνιακό κτήριο	30%	35%

Επίσης ένα στοιχείο το οποίο είναι πολύ σημαντικό κατά την ενεργειακή μελέτη είναι ο όγκος του κτιρίου, ο οποίος περιλαμβάνεται από:

- Το δάπεδο της, το οποίο μπορεί να έρχεται σε επαφή με τον αέρα, το έδαφος κ.τ.λ.,
- Τις κατακόρυφες πλευρικές επιφάνειες, οι οποίες μπορούν να έρχονται σε επαφή με τον αέρα, το έδαφος κ.τ.λ.,
- Την επιστέγασή της.

Τέλος για τον αερισμό και άλλων διαφόρων παραμέτρων ορίζεται ο μεικτός όγκος του κτιρίου.

3.7.1.2 Γραμμικές διαστάσεις δομικών στοιχείων

Η αρχιτεκτονική μελέτη είναι αυτή η οποία θα καθορίσει τις διαστάσεις των δομικών στοιχείων. Δηλαδή η επιφάνεια μιας πλάκας ενός δαπέδου μετρείται στην κάτοψη, ομοίως και οι τοιχοποιίες στις οποίες υπολογίζονται οι εξωτερικές διαστάσεις. Σημειώνεται πως υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία για τον υπολογισμό των δομικών στοιχείων την οποία παραθέτουμε παρακάτω:

- Για τα εξωτερικά κατακόρυφα στοιχεία, τα οποία είναι σε επαφή με το περιβάλλον λαμβάνονται οι εξωτερικές διαστάσεις,
- Για τις επιφάνειες που εφάπτονται με μη θερμαινόμενους χώρους λαμβάνονται για τον υπολογισμό μόνο οι επιφάνειες που γειτνιάζουν προς τη πλευρά της μη θερμαινόμενης ζώνης,
- Για τις ενδιάμεσες στάθμες πλακών λαμβάνονται στάθμες μόνο των σκυροδεμάτων χωρίς να λαμβάνονται οι ενδιάμεσες επιστρώσεις δαπέδων,
- Για τον τελευταίο όροφο λαμβάνεται η στάθμη της ανώτερης επιφάνειας της πλάκας, ενώ για την πρώτη πλάκα του ισογείου λαμβάνεται η κατώτερη πλάκα σε επαφή με το έδαφος,

- Οι προεξοχές σε όροφο υπολογίζονται από την κάτω στάθμη της πλάκας που έρχεται σε επαφή με τον αέρα και ομοίως έως πάνω.

3.7.2 Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτιρίου

Ως γνωστών όλα τα δομικά έχουν θερμοφυσικές ιδιότητες οι οποίες καθορίζουν τον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας με αγωγιμότητα και μεταφορά. Οι συντελεστές οι οποίοι υπεισέρχονται στον υπολογισμό μεταφοράς θερμότητας είναι ο λ (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας) και ο U_m (μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας). Ως εκ τούτου είναι πολύ σημαντικός ο προσδιορισμός αυτών των συντελεστών για κάθε δομικό υλικό και φυσικά για κάθε συνδυασμό πολλών στρώσεων δομικών υλικών (π.χ. τοιχοποιίες με 2 στρώσεις τούβλων – μονωτικά – επιχρίσματα). Κατά συνέπεια σε κάθε ριζικά ανακαινιζόμενο κτίριο ή και νέο, υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m του οποίου οι μονάδες είναι W/m^2K . Ωστόσο, ο υπολογιζόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δεν πρέπει να υπερβαίνει τον μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας, ο οποίος προσδιορίζεται από τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. και παρατίθεται στους επόμενους πίνακες για κάθε κλιματική ζώνη.

Πίνακας 3.9α. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	$U_{v,D}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	$U_{v,w}$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	$U_{v,α}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{v,ε}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{v,we}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	$U_{v,F}$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	$U_{v,εF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 3.9β. Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_m κτιρίου για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

A/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U _m) σε [W/m ² .K]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

3.7.2.1 Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m

Κάθε νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτίριο πρέπει να πληρεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις ώστε ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας να μην υπερβαίνει τα αντίστοιχα επιτρεπτά όρια, τα οποία έχουν καθοριστεί για κάθε κλιματική ζώνη. Κατά συνέπεια για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις της θερμομονωτικής επάρκειας θα πρέπει να ισχύει U_{εξεταζ.} ≤ U_{max} (W/m²K₀) για κάθε σύνολο των επιμέρους δομικών στοιχείων. Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου ο μελετητής οφείλει να τον υπολογίσει από την παρακάτω σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

- όπου U_m [W/(m²·K)] ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου,
n [-] το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου,
v [-] το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους,
A_j [m²] το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου,
U_m [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτηρίου,
ℓ_j [m] το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,

Ψ_j	[W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου,
b	[-]	μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου).

Το ευρισκόμενο πηλίκο U_m συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{m,max}$ από το λόγο A/V του πίνακα 7 για κάθε κλιματική ζώνη.

Πρέπει πάντα να ισχύει:

$$U_m \leq U_{m,max}$$

3.7.2.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας για αδιαφανή δομικά στοιχεία

Για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων υπολογίζεται σύμφωνα με την τεχνική οδηγία «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων».

Ειδικότερα, στις περιπτώσεις κτιρίων χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασία ή με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία, στο έργο του ενεργειακού επιθεωρητή μπορεί να λειτουργήσει βοηθητικά ο πίνακας 3.10(3.10α. και 3.10β.), στον οποίο καταγράφονται τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U των αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Ο ενεργειακός επιθεωρητής, κατά τον έλεγχο, έχει δύο δυνατότητες:

- είτε να θεωρήσει αυτές τις τιμές του πίνακα 3.10(3.10α. και 3.10β.),
- είτε να υπολογίσει ο ίδιος τους συντελεστές σύμφωνα με όσα προβλέπει ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. για τον υπολογισμό της θερμομονωτικής επάρκειας κάθε δομικού στοιχείου και του συνόλου του κτηρίου, με την προϋπόθεση πάντα ότι έχει στη διάθεσή του όλα τα απαιτούμενα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των δομικών στοιχείων (π.χ. πάχος στρώσεων δομικού στοιχείου, ποιότητα υλικών κ.ά.) και εφόσον η ορθότητά τους είναι αναμφισβήτητη. Τότε ο υπολογισμός οφείλει να γίνει σύμφωνα με τις τιμές των μεταβλητών που δίνει ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. και όχι ο προγενέστερος κανονισμός (Κ.Θ.Κ.).

Πίνακας 3.10α. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)						
Μπατική ή δικέλυφη δομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
Δομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00

Πίνακας 3.10β. Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμ. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αεριζόμενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,90	–	–	0,90	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας σπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	–	–	1,05	–	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	–	–	1,00	–	–
Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)						
Επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο (πυλωτή).	2,75	–	–	0,90	–	–
Επί εδάφους.	–	–	3,10	–	–	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,00	–	–	0,80	–

3.7.2.3 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους

Ως μη θερμαινόμενος χώρος ορίζεται κάθε κλειστός χώρος που δεν θερμαίνεται και περιλαμβάνεται στον όγκο του κτιρίου ή βρίσκεται στην περίμετρο του. Ο μη θερμαινόμενος χώρος δεν συμπεριλαμβάνεται στο θερμομονωτικά προστατευόμενο όγκο του κτιρίου και εφόσον διαχωρίζεται από τους λοιπούς θερμαινόμενους χώρους με κοινά προς αυτούς δομικά στοιχεία, αυτά οφείλουν να θερμομονώνονται πλήρως και να ελέγχονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κανονισμού.

Συνήθως μη θερμαινόμενοι χώροι είναι :

- Οι χώροι των υπογείων όταν δεν θερμαίνονται,
- Οι χώροι των αποθηκών όταν δεν θερμαίνονται,
- Οι χώροι των αποθηκών που βρίσκονται μέσα στο κυρίως σώμα του κτιρίου ή σε επα-

φή με αυτό και δεν διαθέτουν θέρμανση,

- Οι κλειστοί χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων,
- Κάθε κλειστός χώρος που από τη φύση της λειτουργίας του δεν θερμαίνεται.

Θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι οι βοηθητικοί χώροι και οι μικρές αποθήκες που συνυπολογίζονται στον ωφέλιμο χώρο ενός διαμερίσματος και έχουν συνεχή χρήση στη λειτουργικότητα του κτιρίου.

3.7.3 Συντελεστής θερμοπερατότητας διάφανων δομικών στοιχείων επιφανειών U_w

Πέραν των δομικών στοιχείων του κτιρίου, υπάρχουν και τα λεγόμενα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα κ.τ.λ.), τα οποία πλαισιώνονται από κουφώματα. Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας αυτών των στοιχείων είναι πολύ σημαντικός διότι οι περισσότερες απώλειες ενός κτιρίου παρουσιάζονται σε αυτά. Αυτό είναι ένα γεγονός το οποίο αποδεικνύεται και με τη θερμοκάμερα, και ως εκ τούτου χρήζουν σοβαρής μελέτης. Ο συντελεστής U_w ενός κουφώματος εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, του υαλοπίνακα του και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος καθώς και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζει. Για να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_w πρέπει να προσδιοριστεί η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου και του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η γραμμική θερμογέφυρα που σχηματίζεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$

όπου:	U_w [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος,
	U_f [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος,
	U_g [W/(m ² ·K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων),
	A_f [m ²]	η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος,
	A_g [m ²]	η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος
	l_g [m]	το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα),
	Ψ_g [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
	A_w [m ²]	το εμβαδό επιφάνειας του κουφώματος

Ωστόσο για να απλοποιηθεί το έργο του μελετητή έχουν υπολογιστεί και συνταχθεί οι

τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας για συνηθισμένα κουφώματα, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.11. Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w [$W/(m^2 \cdot K)$].

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μόνος	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
	[%]	[$W/(m^2 \cdot K)$]	[$W/(m^2 \cdot K)$]	[$W/(m^2 \cdot K)$]	[$W/(m^2 \cdot K)$]	[$W/(m^2 \cdot K)$]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Εξωτερικές Πόρτες						
Υλικό	Χωρίς υαλοπίνακες [$W/(m^2 \cdot K)$]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

* Οι τιμές για το διπλό ξύλινο παράθυρο ισχύουν, εφόσον και τα δύο φύλλα του παραθύρου δεν παρυσιάζουν προβλήματα αεροστεγανότητας. Σε αντίθετη περίπτωση ισχύουν οι τιμές του μονού παραθύρου.

3.7.4 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων

Μια πολύ σημαντική παράμετρος για τον ενεργειακό υπολογισμό είναι η θερμοχωρητικότητα των θερμικών ζωνών C_m (KJ/K), η οποία υπολογίζεται με βάση τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων τα οποία περιλαμβάνονται στον εσωτερικό αέρα της αντίστοιχης θερμικής ζώνης του κτιρίου. Η παρακάτω σχέση δίνει τη θερμοχωρητικότητα:

$$C_m = \sum (k_j \cdot A_j)$$

όπου: C_m [kJ/K] η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης,
 A_j [m²] η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου,
 k_j [kJ/(m²·K)] η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου j.

Ωστόσο, η ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα δηλαδή η κλιμακωτή της κάθε θερμικής ζώνης ισούται με το λόγο της εσωτερικής θερμοχωρητικότητας της ζώνης προς τη μεικτή επιφάνεια της ζώνης A σε m² και δίδεται από τη σχέση:

$$c_m = \frac{C_m}{A}$$

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται τιμές για την κλιμάκωση της θερμοχωρητικότητας διαφόρων δομικών υλικών:

Πίνακας 3.12. Ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά m² δαπέδου.

Κατηγορία	Περιγραφή	Ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα [kJ/(m ² ·K)]
1	Ελαφριά κατασκευή με ξύλινο σκελετό και στοιχεία πλήρωσης από γυψοσανίδα ή ξύλο και εσωτερική θερμομόνωση σε όλα τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο).	80
2	Φέρων οργανισμός από ελαφριά μεταλλική κατασκευή, πλήρωση από υαλοπετάσματα ή ελαφριά πετάσματα με θερμομόνωση.	110
3	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα, στοιχεία πλήρωσης από ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθους ή γυψοσανίδα και ύπαρξη ψευδοροφών.	165
4	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους.	260
5	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από βαριά υλικά, όπως πέτρα, συμπαγείς οπτόπλινθους, ωμόπλινθους ή σκυρόδεμα.	370

3.8 Άλλοι συντελεστές υπολογισμού ενεργειακής μελέτης

Για τον υπολογισμό ενεργειακής επάρκειας κάθε νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου, λαμ-

βάνονται και υπεισέρχονται και διάφοροι άλλοι συντελεστές υπολογισμού τους οποίους οφείλουμε να αναφέρουμε στην παρών εργασία, αλλά χωρίς να επεκταθούμε διότι η εργασία αφορά την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου κατά τους υπολογισμούς δεν υπεισέρχονται σημαντικά οι παρακάτω συντελεστές. Παρόλα αυτά στον Κ.ΕΝ.Α.Κ. υπολογίζονται:

Α)Ο Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας, η προσπίπτουσα δηλαδή ακτινοβολία η οποία απορροφάται από τα δομικά μέρη του κτιρίου και προσδίδει ένα κέρδος το χειμώνα ή ένα δυσμενές θερμικό φορτίο το καλοκαίρι, όπως περιγράφεται από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.13. Τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία		
Επίχρισμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0,70	0,30
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (π.χ. ανοιχτό γκρι, μπεζ, κίτρινο, ροζ ή γαλάζιο)	0,60	0,40
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (π.χ. γκρι, μπεζ, σκούρη ώχρα, σομόν)	0,40	0,60
Επίχρισμα σκούροχρωμο (π.χ. σκούρο λαδί, καφέ, γκρι)	0,20	0,80
Εμφανής οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,20	0,80
Εμφανής ανοιχτόχρωμη οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,40	0,60
Στρίπνες μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. φύλλα αλουμινίου)	0,80	0,20
Αδιαφανές τμήμα γυάλινης πρόσοψης (π.χ. πάνελ με επικάλυψη γυαλιού)	0,40	0,60
Οριζόντια δομικά στοιχεία (οροφές)		
Κόκκινο κεραμίδι	0,40	0,60
Πολύ σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (ασφαλτόπανα)	0,10	0,90
Σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (π.χ. επικάλυψη με σχιστολιθικές πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια)	0,20	0,80
Ανοιχτόχρωμες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (π.χ. επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου, ασφαλτόπανα με χαλαζακή ψηφίδα)	0,35	0,65
Στρίπνες μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. ανακλαστικές μεμβράνες)	0,80	0,20
Γαρμπίλι	0,70	0,30

Β)Συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία, δηλαδή το ποσό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας το οποίο επιστρέφεται ή αποδίδεται προς το περιβάλλον ανάλογα με την ανακλαστικότητα των δομικών υλικών και δίδεται από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.14. Τιμές του συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας.

Περιγραφή επιφάνειας	Συντελεστής εκπομπής
Σύνηθες δομικό υλικό	0,80
Γυαλί	0,90
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες	0,20
Γαρμπίλι	0,30

Γ) Συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων ο οποίος εκφράζεται από το ποσό της θερμότητας το οποίο διαπερνά διαμέσου της ακτινοβολίας από τα κουφώματα και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$g_w = g_{gl}(1 - F_f)$$

όπου: F_f το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα,

g_{gl} ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα.

και δίδεται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 3.15. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση, της ημισφαιρικής διαπερατότητας g_{em} και της μέσης διαπερατότητας g_{gl} , για διάφορους τύπους υαλοπίνακα.

Τύπος υαλοπίνακα	g	g_{gl}	g_{em}
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77	0,78
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68	0,66
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60	0,56
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68	0,66
Υαλότουβλα	0,30	0,27	0,25

Πίνακας 3.16. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων.

Τύπος υαλοπίνακα	Ποσοστό πλαισίου F_f			
	10%	20%	30%	40%
Μονός υαλοπίνακας	0,69	0,62	0,54	0,46
Διπλός υαλοπίνακας	0,61	0,54	0,48	0,41
Διπλός υαλοπίνακας, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,54	0,48	0,42	0,36
Διπλό παράθυρο	0,61	0,54	0,48	0,41
Έγχρωμος ή ανακλαστικός υαλοπίνακας χωρίς δυνατότητα διαπίστωσης των ιδιοτήτων του	0,41	0,36	0,32	0,27

Δ) Συντελεστές σκίασης οι οποίοι καθορίζουν το ποσοστό της μείωσης της προσπίπτουσας

ηλιακής ακτινοβολίας ως προς το κτίριο. Αυτή η μείωση της ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη καθώς υπολογίζεται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με συγκεκριμένο προσανατολισμό, έτσι υπολογίζονται οι μέσοι συντελεστές σκίασης π.χ. για την χειμερινή περίοδο και για τη θερινή ανάλογα με το είδος του σκιάστρου. Ο δε συνολικός σκιασμός υπολογίζεται από το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- Του συντελεστή σκίασης από εμπόδια στο περιβάλλον,
- Του συντελεστή σκίασης από πλευρικά εμπόδια,
- Του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο.

Οι συντελεστές σκίασης αποτελούν ένα μεγάλο κεφάλαιο, το οποίο δεν είναι φρόνιμο επί της παρούσας εργασίας να αναλυθούν καθώς επίσης και να παρατεθούν οι ανάλογοι πίνακες.

Ε) Αερισμός του κτιρίου, οποίος συνυπολογίζεται στην ενεργειακή μελέτη λόγω της διεισδυτικότητας του αέρα από χαραγές κουφωμάτων κ.τ.λ. καθώς και ο μηχανικός εξαναγκασμένος αερισμός εάν υπάρχει ανάλογο σύστημα.

3.9 Θερμικό φορτίο κτιρίου

Η διαφορά θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων με αυτή που επικρατεί στο εξωτερικό περιβάλλον κατά τους χειμερινούς μήνες είναι αυτή που προκαλεί τη ροή θερμότητας από την υψηλότερη θερμοκρασία του εσωτερικού του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Το είδος και το πάχος της θερμομόνωσης που επιλέγεται αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της ροής θερμότητας, χωρίς όμως ποτέ να είναι εφικτός ο μηδενισμός της, κυρίως λόγω κόστους. Για να διατηρηθούν οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου στην επιθυμητή θερμοκρασία σχεδιασμού θα πρέπει το σύστημα κλιματισμού να είναι ικανό να προσδώσει σε αυτούς θερμότητα ίση με αυτήν που χάνεται προς το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό ο ακριβής υπολογισμός των θερμικών απωλειών του κτιρίου αποτελεί βασικό παράγοντα για την όσο το δυνατό κοντά στην πραγματικότητα επιλογή της ισχύος του συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού στη συγκεκριμένη περίπτωση του εξεταζόμενου κτιρίου. Υπερεκτίμηση των θερμικών απωλειών οδηγεί στην επιλογή ακριβότερου στην αγορά και πιο ενεργοβόρου στη χρήση συστήματος, ενώ η υποεκτίμηση αυτών οδηγεί σε σύστημα που αδυνατεί να καλύψει τις απώλειες του κτιρίου με αποτέλεσμα να αυξάνεται το λειτουργικό κόστος λόγω της συνεχούς λειτουργίας του.

Βασικές παραδοχές της μεθοδολογίας υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

- η κατανομή θερμοκρασίας (θερμοκρασία του αέρα και θερμοκρασία σχεδιασμού) θεωρείται πως είναι ομοιόμορφη,
- οι θερμικές απώλειες υπολογίζονται σε στατική-μόνιμη κατάσταση, θεωρώντας σταθερά στο χρόνο διάφορα μεγέθη όπως η θερμοκρασία, ιδιότητες δομικών στοιχείων κτλ.

Οι απώλειες υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε χώρο του κτιρίου ώστε να είναι δυνατή η επιλογή της ισχύος της τερματικής μονάδας που θα διατηρεί τις επιθυμητές συνθήκες σε αυτόν, και βάσει του συνόλου των απωλειών των χώρων επιλέγεται και η κεντρική συσκευή παραγωγής της θερμότητας που καλείται να υπερνικήσει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου. Οι θερμικές απώλειες χωρίζονται στις απώλειες μεταφοράς μέσω του κτιριακού κελύφους και στις απώλειες αερισμού.

Οι περισσότερο διαδεδομένες μονάδες παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια είναι λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, φυσικού αερίου, σπανιότερα υγραερίου ή ηλεκτρικοί (σε μικρές εγκαταστάσεις) και πολύ σπάνια λέβητες βιομάζας κ.ά. Επίσης αρκετά σημαντικό είναι και το ποσοστό των κτιρίων (κυρίως κατοικιών), που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές μονάδες για τη θέρμανση των χώρων (ηλεκτρικά σώματα διάφορων τύπων, άμεσης απόδοσης ή θερμοσυσσώρευσης κ.ά.). Σε μικρότερο ποσοστό, και κυρίως σε κτίρια του τριτογενούς τομέα (όπου απαιτείται και ψύξη), οι μονάδες παραγωγής θερμότητας είναι ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας νερού ή άμεσης εξάτμισης. Σε λίγες περιπτώσεις γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργεια (π.χ. ηλιακών συλλεκτών, γεωθερμίας). Τέλος, σε πολύ περιορισμένη κλίμακα στα ελληνικά κτίρια εφαρμόζονται συστήματα τηλεθέρμανσης (κοντά σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η.) ή/και συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης (Σ.Η.Θ.).

3.10 Ψυκτικό φορτίο κτιρίου

Όπως ήδη έχει αναλυθεί προηγουμένως τα βασικά μεγέθη που συνεισφέρουν στις θερμικές απώλειες του κτιρίου είναι τα φορτία λόγω μεταφοράς μέσα από τα δομικά στοιχεία και ο ρυθμός παροχής φρέσκου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στους κλιματιζόμενους χώρους. Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, εκτός από τα θερμικά κέρδη μέσα από τα αδιαφανή στοιχεία και τον αερισμό υπάρχει μια σειρά από επιπρόσθετες παραμέτρους που είναι απα-

ραίτητο να ληφθούν υπόψη για τον προσδιορισμό των ψυκτικών φορτίων του κάθε χώρου ξεχωριστά και κατά συνέπεια ολόκληρου του κτιρίου. Τα επιπρόσθετα στοιχεία που επηρεάζουν τα ψυκτικά φορτία του χώρου είναι:

1. τα παράθυρα τα οποία επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στον χώρο,
2. ο εσωτερικός φωτισμός,
3. ο αριθμός των ατόμων που χρησιμοποιούν το κτίριο και το είδος της εργασίας τους,
4. τα θερμικά κέρδη από συσκευές, κυρίως ηλεκτρικές,
5. τα θερμικά κέρδη από ηλεκτροκινητήρες.

Για κάθε σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση όλου του κτιρίου ή μιας θερμικής ζώνης του πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη ή/και κλιματισμό των χώρων.

Όπως θα φανεί και στα αποτελέσματα των υπολογισμών αυτοί οι επιπρόσθετοι παράγοντες επιβαρύνουν το ψυκτικό φορτίο των χώρων περισσότερο από ότι οι απώλειες μεταφοράς ή και αερισμού.

Οι μονάδες παραγωγής ψύξης που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια είναι κατά κανόνα ψύκτες ή αντλίες θερμότητας με χρήση κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας και σπανιότερα με τη χρήση κινητήρων που καταναλώνουν φυσικό αέριο ή άλλο συμβατικό καύσιμο. Στα κτίρια κατοικιών χρησιμοποιούνται συνήθως τοπικά συστήματα αντλιών θερμότητας άμεσης εξάτμισης μικρής ψυκτικής ικανότητας. Αντίθετα σε πολλά και κυρίως νεόδμητα κτίρια του τριτογενούς τομέα χρησιμοποιούνται κεντρικά ή ημικεντρικά συστήματα ψύξης/ κλιματισμού. Σε κτιριακές εγκαταστάσεις που διαθέτουν συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, ενδείκνυται να γίνεται και χρήση ψυκτών προσρόφησης ή/και απορρόφησης. Ωστόσο, αυτές οι εφαρμογές στην ελληνική πρακτική είναι εξαιρετικά περιορισμένες και συναντώνται μόνο σε μεγάλες και κατά το πλείστον βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Η.Α.Ρ.

4.1 Το λογισμικό Hourly Analysis Program (HAP 5.0)

Το πρόγραμμα ωριαίας ανάλυσης (HAP) είναι ένα εργαλείο πληροφορικής της εταιρείας Carrier που βοηθά τους μηχανικούς στο σχεδιασμό συστημάτων κλιματισμού σε σύγχρονα κτίρια και εμπορικές εγκαταστάσεις. Όπως αναφέρεται στον οδηγό αναφοράς είναι ένα λογισμικό που ενσωματώνει δύο εργαλεία σε ένα πακέτο.

Πρώτον, παρέχει ένα λογισμικό για την εκτίμηση των ψυκτικών και θερμικών φορτίων που απαιτούνται για το σχεδιασμό των συστημάτων κλιματισμού. Επιπλέον, είναι ένα εργαλείο το οποίο προσομοιώνει την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου και υπολογίζει την ετήσια κατανάλωση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, παρέχει δυνατότητες σύγκρισης της χρήσης ενέργειας και του κόστους λειτουργίας των εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού. Δεδομένης της ενεργειακής προσομοίωσης που παρέχει, το **HAP** αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον ενεργειακό σχεδιασμό και την αξιολόγηση κατά KENAK.

Το HAP εκτελεί ωριαία ενεργειακή ανάλυση 8760 ωρών (Hour by Hour Energy Analysis) προσομοιώνοντας τη συμπεριφορά του κτιρίου σε όλες τις καιρικές συνθήκες και τις εσωτερικές παραμέτρους λειτουργίας.

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



Σχήμα 4.1: Πρόγραμμα Η.Α.Ρ

Το **HAP** απευθύνεται σε μηχανικούς σχεδιασμού και κατασκευής κτιριακών εγκαταστάσε-

ων, μελετητές, εργολάβους και άλλους επαγγελματίες, που ασχολούνται με τον κλιματισμό κτιρίων και εμπορικών εφαρμογών.

Το **HAP** λειτουργεί σε φιλικό-προς-το-χρήστη 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.

Επομένως, μέσα από το πρόγραμμα HAP παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες να προσδιορίσουν το επιθυμητό κλιματιστικό σύστημα για ένα κτίριο και στην συνέχεια να γίνει ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος έτσι ώστε να μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα σχετικά με το εάν είναι οικονομικά ωφέλιμο να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο σύστημα που μελετάται στο κτίριο. Με αυτό τον τρόπο, το HAP προσφέρει γρήγορη και αποτελεσματική πρόσβαση στα δεδομένα του έργου καθώς παρέχει τη μέγιστη ευελιξία για τη διαμόρφωση των δεδομένων ώστε να ταιριάζουν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Χρησιμοποιεί ένα φιλικό γραφικό περιβάλλον προς το χρήστη και αποτελεί ένα χαμηλό σε κόστος μέσο να αντιληφθεί ο μελετητής την βιωσιμότητα και το επιχειρηματικό ρίσκο ενός προσχεδιασμένου έργου μέσω της ενεργειακής ανάλυσης του.

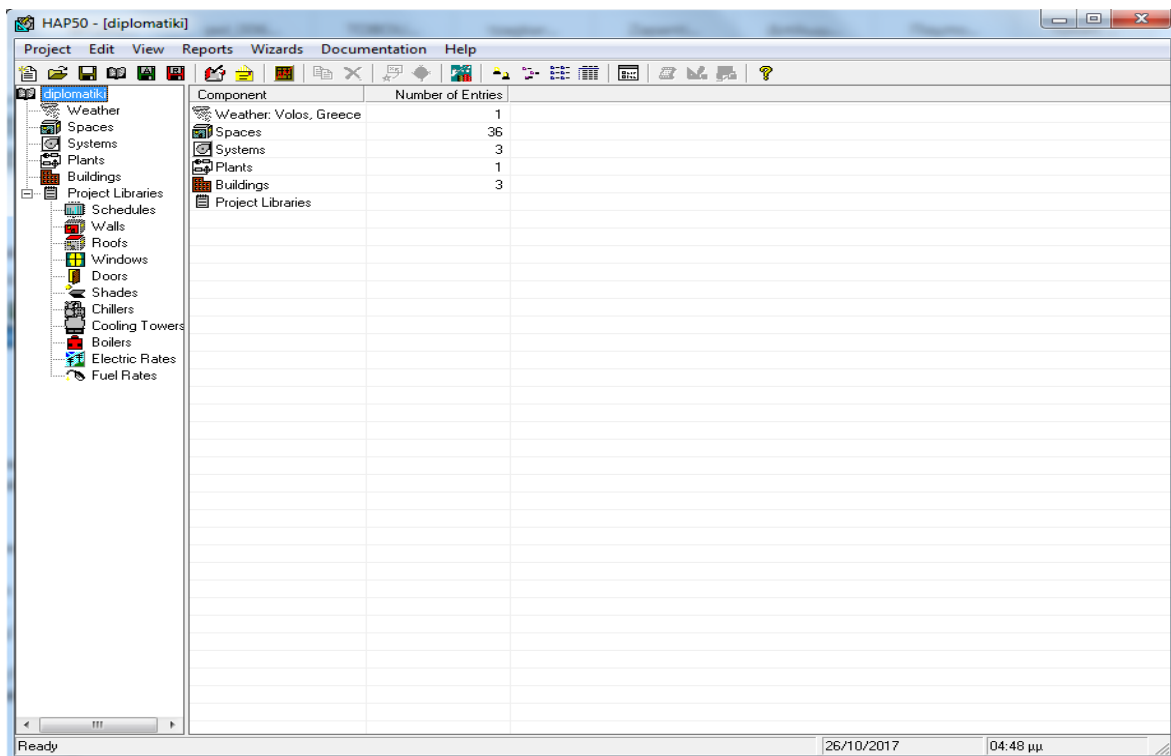
Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε το κτίριο του επαγγελματικού λυκείου ΕΠΑ.Λ που βρίσκεται στην περιοχή Βελεστίνο Μαγνησίας. Η σχολική μονάδα στεγάζεται σε νεόδμητο τριώροφο υπερσύγχρονο κτίριο ευρωπαϊκών προδιαγραφών, καλύπτει συνολική επιφάνεια **1660,5** m² και λειτουργεί με σύγχρονους αυτοματισμούς τελευταίας τεχνολογίας. Το σχολείο διαθέτει έναν ισόγειο χώρο που αποτελείται από γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας, την βιβλιοθήκη και τα WC, τον Α' όροφο όπου υπάρχουν τα εργαστήρια και τα γραφεία των καθηγητών και το υπόγειο όπου υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι, το κυλικείο, το λεβητοστάσιο, το μηχανοστάσιο, WC και η αίθουσα εκδηλώσεων η οποία μπορεί να διατεθεί και για την πραγματοποίηση πολιτιστικών εκδηλώσεων από τοπικούς κοινωνικούς φορείς. Το κτίριο δεν εφάπτεται στις πλευρές του με άλλα γειτονικά κτίρια και η νότια πλευρά του βλέπει στο δρόμο. Στην ανατολική πλευρά του σχολείου υπάρχουν δέντρα με έντονη βλάστηση που βοηθούν κάποιες ώρες της ημέρας που χτυπάει ο ήλιος. Η ενεργειακή ανάλυση θα

διεξαχθεί με την χρήση του υπολογιστικού προγράμματος HAP το οποίο παρουσιάσθηκε παραπάνω.



Σχήμα 4.2: Νότια όψη σχολείου

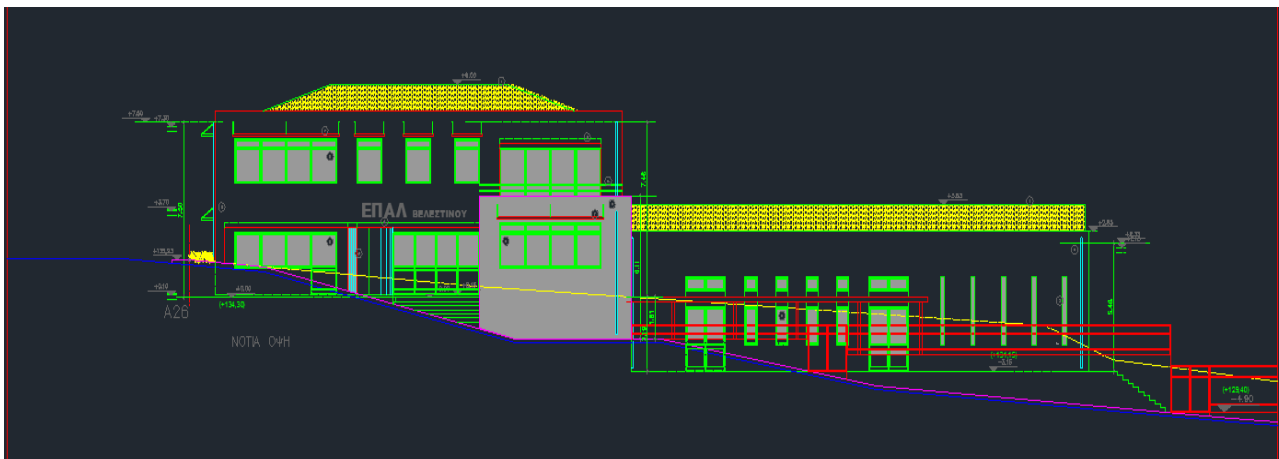
Ακολουθεί ενότητα στην οποία περιγράφονται εκτενώς τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κτιρίου στο οποίο διεξήχθη η μελέτη, εικόνες από το περιβάλλον του λογισμικού καθώς και δεδομένα που χρειάζεται το πρόγραμμα.



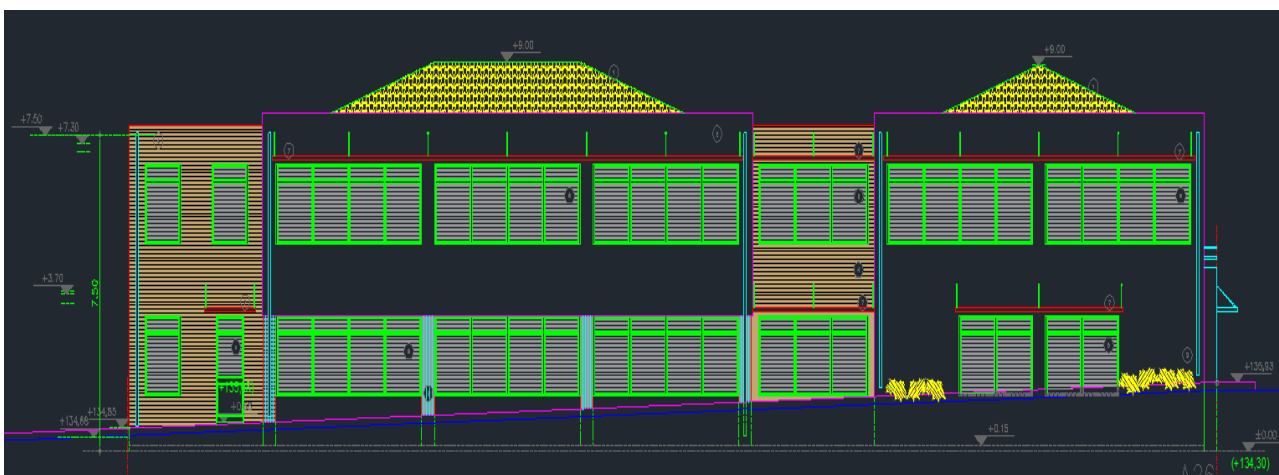
Σχήμα 4.3 : Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Η.Α.Ρ.

4.2 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μία παρουσίαση των αρχιτεκτονικών σχεδίου του κτιρίου. Στη πρώτη εικόνα παρουσιάζεται η νότια όψη του κτιρίου, στη δεύτερη εικόνα η δυτική όψη ενώ στην τρίτη εικόνα η ανατολική όψη του κτιρίου.



Σχήμα 4.4 : Νότια όψη κτιρίου



Σχήμα 4.5 : Δυτική όψη κτιρίου



Σχήμα 4.6 :Ανατολική όψη κτιρίου

4.3 Ενότητες του λογισμικού HAP

Προκειμένου να γίνουν οι υπολογισμοί που χρειάζονται για τα δεδομένα των κλιματιστικών συστημάτων θα πρέπει να συμπληρωθούν κάποιες καρτέλες δεδομένων όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα με το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού HAP. Οι καρτέλες αυτές είναι:

- Κλιματολογικά δεδομένα – καιρός (weather),
- Χαρακτηριστικά κτιρίου – χώροι (spaces),
- Συστήματα κλιματισμού (systems).

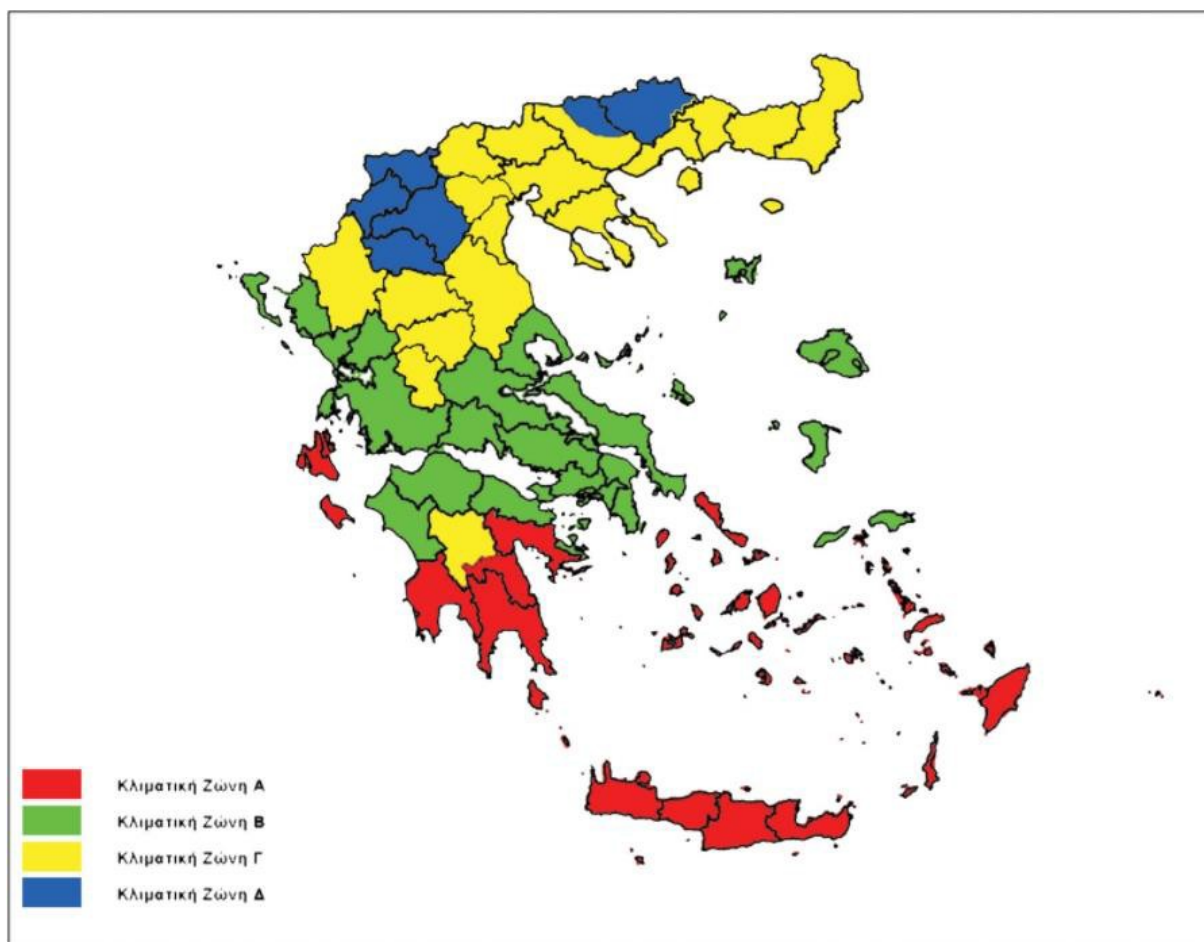
4.3.1 Κλιματολογικά δεδομένα-καιρός

Οι κλιματολογικές συνθήκες είναι διαφορετικές ανά γεωγραφική περιοχή και τοποθεσία για αυτό και ο μελετητής καλείται να τις αποτυπώσει και να τις χρησιμοποιήσει προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες του κτιρίου για δροσισμό το καλοκαίρι και ζεστασιά τον χειμώνα. Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία καθώς και το υψόμετρο της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο.

Με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, η Ελλάδα διακρίνεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στη ψυχρότερη).

Παρακάτω παραθέτεται ο χάρτης της Ελλάδος όπου οι νομοί με κόκκινο χρώμα ανήκουν στην κλιματική ζώνη Α που είναι και η θερμότερη. Οι νομοί 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.

Οι μετεωρολογικές αυτές ζώνες είναι απαραίτητο δεδομένο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.



Σχήμα 4.7 :Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

Πίνακας 4.1 Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες ανά 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 Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Επίσης παρουσιάζεται σχήμα όπου υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τα κλιματολογικά

δεδομένα του Βόλου πολλά από τα οποία λήφθηκαν από την εθνική μετεωρολογική υπηρεσία και περάστηκαν σαν παράμετροι στο λογισμικό HAP.

Πόλη	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 Clearness Number	1,00
Average Ground Reflectance	0,20
Soil Conductivity	1,385 W/(m K)
Local Time Zone (GMT +/- N hours)	2,0 hours
Consider Daylight Savings Time	Ναι
Daylight Savings Begins	Μάρτιος, 26
Daylight Savings Ends	Οκτώβριος, 29
Simulation Weather Data	(EXT)
Design Cooling Months	Ιανουάριος με Δεκέμβριος

Σχήμα 4.8: Παράμετροι Σχεδιασμού για την γεωγραφική θέση του Βόλου καθώς και τα κλιματολογικά δεδομένα του

Πίνακας 4.2 : Μηνιαίο Μέγιστο κέρδος ηλιακής ακτινοβολίας

Μήνας	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
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 κτιρίου- χώροι

Η δεύτερη ενότητα που έπρεπε να συμπληρωθεί στο HAP είναι αυτή των χαρακτηριστικών του κτιρίου. Το κτίριο αποτελείται από πολλούς διαφορετικούς χώρους οι οποίοι δηλώθηκαν ξεχωριστά. Μαζί με την δήλωση του χώρου συμπληρώθηκαν και το εμβαδόν του χώρου σε m² καθώς και το μέσο ύψος του χώρου.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του χώρου έγινε αρχικά εισαγωγή στο λογισμικό το κέλυφος του κτιρίου. Δηλαδή το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων που καθορίζουν το εξωτερικό περίγραμμα του κτιρίου και διαχωρίζουν τον εξωτερικό από τον εσωτερικό χώρο. Συγκεκριμένα για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα δηλώθηκε η συνολική τους επιφάνεια σε m², ο προσανατολισμός τους καθώς και τα ανοίγματα που υπάρχουν πάνω σε αυτά (παράθυρα, πόρτες) όπως επίσης και ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους (U-value).

Για την δημιουργία κάθε χώρου περάστηκαν δεδομένα στο λογισμικό σχετικά με το είδος του τοίχου και τα υλικά που αποτελείται έτσι ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας (0.5) να είναι σύμφωνος με τον 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 τους (3.0).

Στη συνέχεια περάστηκαν στο λογισμικό παράμετροι σχετικά με τον εσωτερικό χώρο και τις απαιτήσεις του σε φορτία κατά την λειτουργία του κτιρίου. Συγκεκριμένα δηλώθηκε το εί-

δος του κτιρίου καθώς και οι απαιτήσεις του χώρου σε νωπό αέρα με βάσει 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 m²).

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/m²) καθώς επίσης και ο αριθμός των ατόμων που θα χρησιμοποιούν τον χώρο και το 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 τι βαθμό.

Για όλα αυτά τα δεδομένα που περάστηκαν στο λογισμικό οι τιμές και οι συντελεστές που δόθηκαν ήταν με βάσει τις τιμές των αντίστοιχων πινάκων του Κ.ΕΝ.Α.Κ. που αφορούν την Β κλιματολογική ζώνη στην οποία ανήκει ο Βόλος.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται στιγμιότυπα από το περιβάλλον του λογισμικού με τους χώρους, τα ανοίγματα (πόρτες- παράθυρα) που έχουν περαστεί, τα στρώματα τοίχους που δημιουργήθηκαν για να περιγράψουν το κέλυφος καθώς και χρονοδιαγράμματα. Τα υλικά δεν είναι τα ακριβή αλλά χρησιμοποιήσαμε παρόμοια έτσι ώστε να πετύχουμε τον συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. για να μην υπάρχουν αποκλίσεις στις τιμές.

The screenshot shows the HAP50 software interface with a project named 'diplomatiki'. The main window displays a table of spaces and their floor areas. The table has two columns: 'Space' and 'Floor Area'. The 'Space' column lists various room types and identifiers, and the 'Floor Area' column shows numerical values. The interface includes a menu bar (Project, Edit, View, Reports, Wizards, Documentation, Help) and a toolbar with various icons.

Space	Floor Area
<New default Space>	
A01-GRAFEIO KATHIGHTWN	75,9
A02-GRAFEIO DIEUTHUNTH	22,3
A03-XWROS GRAM-FWTOTYP	35,8
A04-AITHOUSA TYPOU II(1)	30,2
A05-ERGAST SXED-AISTH AG	56,7
A06-AITHOUSA TYPOU II(2)	43,8
A07-ARXEIO	19,4
A08-ERGASTHRIAKH AITH(1)	56,8
A09-ERGASTHRIAKH AITH(2)	57,1
A10-ERGAST XENWN GLWS(1)	42,3
A11-ERGAST XENWN GLWS(2)	35,9
A12-ERGAST PLHROFORIKHS	56,6
A13-ERGAST FUSIKO-XHMEIAS	56,6
A14-PARASKEUASTHRIO	12,3
I01-AITHOUSA TYPOU I(1)	47,0
I02-GRAF SYL GON & MATH	14,6
I03-XWROS ANAMONHS	40,1
I04-AITHOUSA TYPOU I(2)	45,1
I05-AITHOUSA TYPOU I(3)	43,8
I06-IATREIO-FULAKAS	19,4
I07-AITHOUSA TYPOU I(4)	45,2
I08-AITHOUSA TYPOU I(5)	44,5
I09-AITHOUSA TYPOU I(6)	45,3
I10-GRAF MATH-XWR SYMB	35,9
I11-BIBLIOTHIKH	86,9
I12-XWROS EISODOU	119,2
I13- W.C. AGORIWN	13,3
I14- W.C. AMK	5,5
Y01-XWROS EISOD-FOUAGIE	133,1
Y02-AITH POLLAPLWN XRHHS	145,5
Y03-SKHNH	76,6
Y04-KYLIKEIO	17,4
Y05-GRAFEIO(1)	27,3
Y06-GRAFEIO(2)	27,1
Y07- W.C. AMK	6,0
Y08- W.C. AGORIWN	20,0

Σχήμα 4.9: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP όπου φαίνονται οι χώροι του κτιρίου.

Space Properties - [I04-AITHOUSA TYPOU I(2)]

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Name **I04-AITHOUSA TYPOU I(2)**

Floor Area **45,1** m²

Avg Ceiling Height **3,3** m

Building Weight **341,8** kg/m²

Light Med. Heavy

OA Ventilation Requirements

Space Usage <User-Defined>

OA Requirement 1 **6,1** L/s/person

OA Requirement 2 **3,05** L/(s·m²)

Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2013
Defaults can be changed via View/Preferences.

OK Cancel Help

Space Properties - [I04-AITHOUSA TYPOU I(2)]

General Internals Walls, Windows, Doors Roofs, Skylights Infiltration Floors Partitions

Overhead Lighting

Fixture Type Recessed, unvented

Wattage **16,00** W/m²

Ballast Multiplier **1,08**

Schedule Lighting_main building

Task Lighting

Wattage **0,00** W/m²

Schedule (none)

Electrical Equipment

Wattage **5,00** W/m²

Schedule equipment_main building

People

Occupancy **23,0** People

Activity Level Seated at Rest

Sensible **67,4** W/person

Latent **35,2** W/person

Schedule people_main building

Miscellaneous Loads

Sensible **0** W

Schedule (none)

Latent **0** W

Schedule (none)

OK Cancel Help

Στιγμιότυπα από το λογισμικό HAP όπου φαίνεται η εισαγωγή στοιχείων για κάθε χώρο.

Λεδομένα Τοιχοποιίας

Χρώμα Εξωτερικής Επιφάνειας**Ανοιχτό**
Απορροφητικότητα**0,450**
Συνολική U-Τιμή **0,336** W/(m²·K)

Πίνακας 4.3: Τοιχοποιία που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό

Στρώματα	Πάχος mm	Πυ- κνότητα kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² ·K)/W	Βάρος kg/m ²
Συντελεστής Εσωτερικής Επιφάνειας	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
16mm γυψοσανίδα	15,875	800,9	1,09	0,09863	12,7
102mm σκυρόδεμα	101,600	2002,3	0,92	0,07624	203,4
RSI-2.5 θερμομονωτικό υλικό	50,800	32,0	0,92	2,44598	1,6
102mm σκυρόδεμα	101,600	2002,3	0,92	0,07624	203,4
16mm γυψοσανίδα	15,875	800,9	1,09	0,09863	12,7
Συντελεστής Εξωτερικής Επιφάνειας	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Συνολικά	285,750	-		2,97498	433,9

Λεδομένα Σκυροδέματος

Χρώμα Εξωτερικής Επιφάνειας**Ανοιχτό**
Απορροφητικότητα **0,450**
Συνολική U-Τιμή **0,361** W/(m²·K)

Πίνακας 4.4 : Σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότη- τα kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² ·K)/W	Βάρος kg/m ²
Συντελεστής Εσωτερικής Επιφάνειας	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
16mm γυψοσανίδα	15,875	800,9	1,09	0,09863	12,7
203mm LW σκυρόδεμα	203,200	640,7	0,84	1,17407	130,2
RSI-1.2 θερμομονωτικό υλι- κό	25,400	32,0	0,92	1,22299	0,8
16mm γυψοσανίδα	15,875	800,9	1,09	0,09863	12,7
Συντελεστής Εξωτερικής Επιφάνειας	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Συνολικά	260,350	-		2,77359	156,4

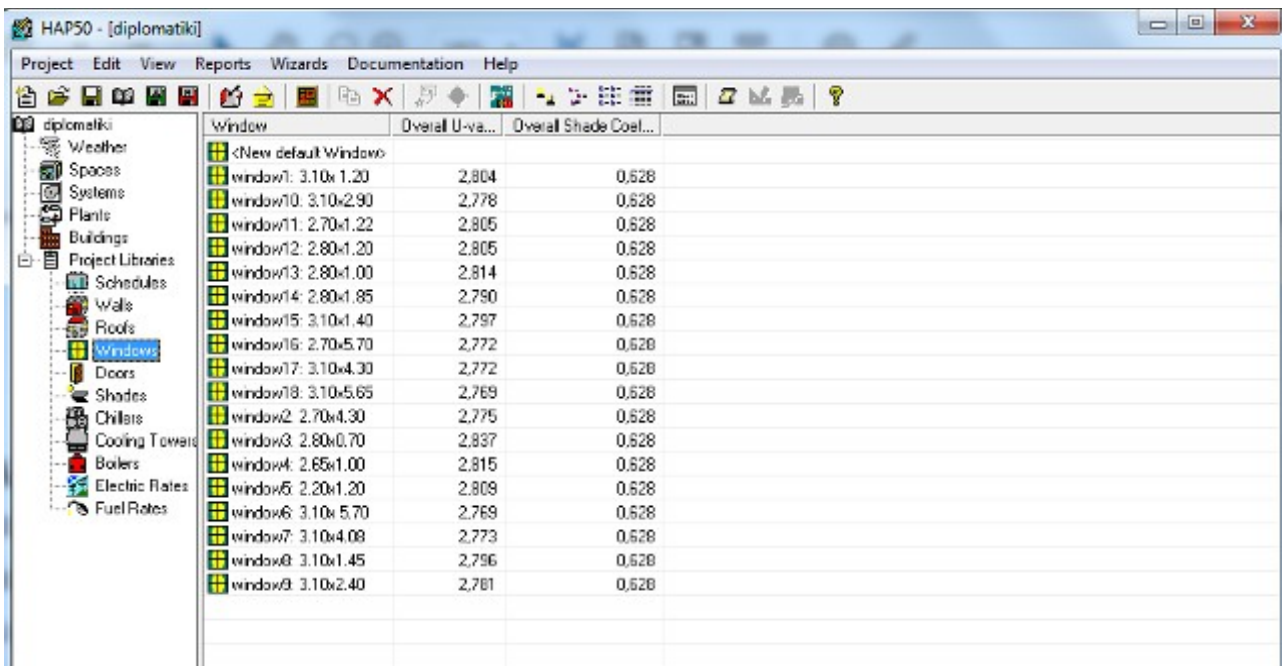
Λεδομένα Οροφής

Χρώμα Εξωτερικής Επιφάνειας.....**Μεσαίο**

Απορροφητικότητα..... **0,675**
 Συνολική U-Τιμή..... **0,202** W/(m²·K)

Πίνακας 4.5: Οροφή που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό

Στρώματα	Πάχος mm	Πυκνότη- τα kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² ·K)/W	Βάρος kg/m ²
Συντελεστής Εσωτερικής Επιφάνειας	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
16mm γυψοσανίδα	15,875	800,9	1,09	0,09863	12,7
203mm LW σκυρόδεμα	203,200	640,7	0,84	1,17407	130,2
RSI-3.3 θερμομονωτικό υλικό	152,400	8,0	0,84	3,38673	1,2
Σκυρόδεμα Μέσης Πυκνότητας	9,525	1121,3	1,47	0,05855	10,7
Συντελεστής Εξωτερικής Επιφάνειας	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
Συνολικά	381,000	-		4,95925	154,8



Σχήμα 4.10: Στιγμιότυπο του λογισμικού HAP όπου φαίνεται ο ορισμός των κουφωμάτων

Πίνακας 4.6 : Κουφώματα που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό

	Παράθυρο 1	Παράθυρο 2	Παράθυρο 3	Παράθυρο 4	Παράθυρο 5	Παράθυρο 6	Παράθυρο 7	Παράθυρο 8	Παράθυρο 9
Υψος m	3,1	2,7	2,8	2,65	2,2	3,1	3,1	3,1	3,1
Πλάτος m	1,2	4,3	0,7	1	1,2	5,7	4,08	1,45	2,4
Τύπος Πλαισίου	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα
Εσωτερικός τύπος σκίασης	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο
U-Τιμή W/(m ² ·K)	2,804	2,775	2,837	2,815	2,809	2,769	2,773	2,796	2,781
Συνολικός Συντελεστής Σκίασης	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628	0,628

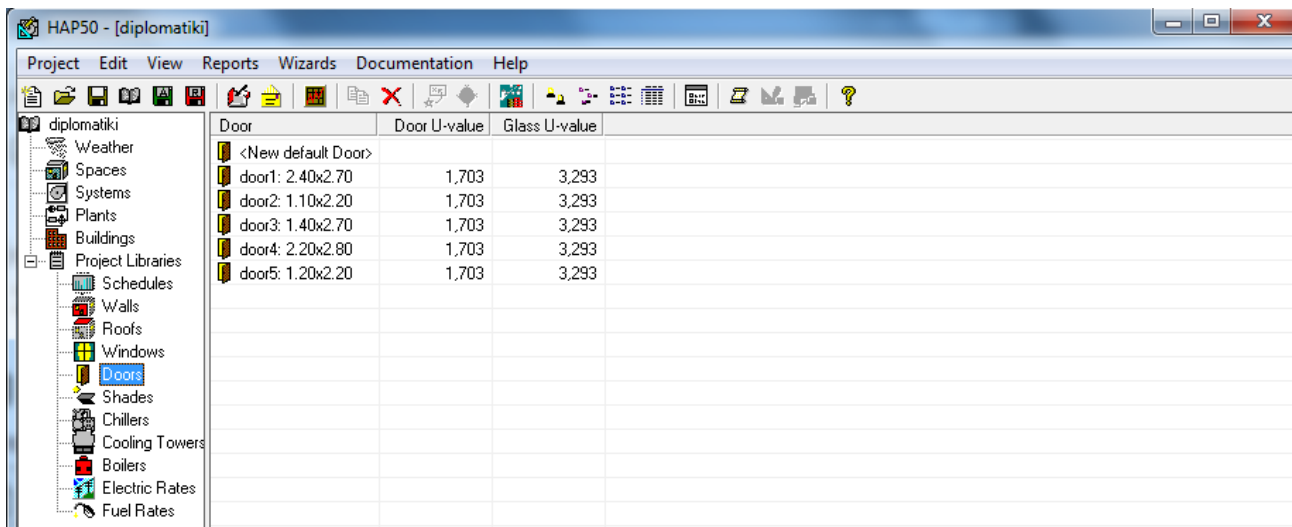
	Παράθυρο 10	Παράθυρο 11	Παράθυρο 12	Παράθυρο 13	Παράθυρο 14	Παράθυρο 15	Παράθυρο 16	Παράθυρο 17	Παράθυρο 18
Υψος m	3,1	2,7	2,8	2,8	2,8	3,1	2,7	3,1	3,1
Πλάτος m	2,9	1,22	1,2	1	1,85	1,4	5,7	4,3	5,65
Τύπος Πλαισίου	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα	Αλουμίνο με θερμικά διαλείμματα
Εσωτερικός τύπος σκίασης	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο	Κουρτίνες - Ανοιχτό ύφασμα – Μεσαίο
U-Τιμή W/(m ² ·K)	2,778	2,805	2,805	2,814	2,79	2,797	2,772	2,772	2,769

Λεδομένα Γυαλιού:

Τύπος Γυαλιού.....**13 mm Διάκενο αέρα**

Πίνακας 4.7: Υαλοπίνακες που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό

Υαλοπίνακας	Είδος γυαλιού	Διαπερατότητα	Αντανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Εξωτερικός Υαλοπίνακας	6mm καθαρό	0,792	0,079	0,129
Υαλοπίνακας #2	6mm καθαρό	0,792	0,079	0,129
Υαλοπίνακας #3	Δεν χρησιμοποιείται	1,000	0,000	0,000



Σχήμα 4.11 : Στιγμιότυπο του λογισμικού HAP όπου φαίνεται ο ορισμός των θυρών

Πίνακας 4.8: Θύρες που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό

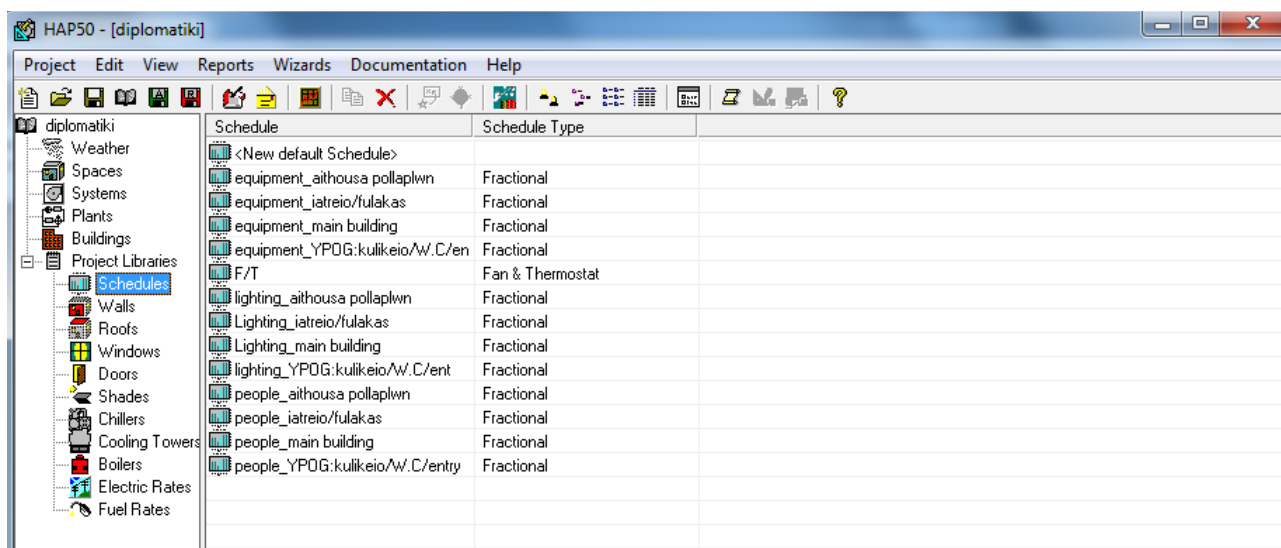
	Θύρα 1	Θύρα 2	Θύρα 3	Θύρα 4	Θύρα 5
Λεπτομέρειες Θύρας					
Επιφάνεια Θύρας m ²	6,5	2,4	3,8	616	264
U-Τιμή W/(m ² ·K)	1,703	1,703	1,703	1,703	1,703
Λεπτομέρειες Γυαλιού					
Επιφάνεια Γυαλιού m ²	6,5	24	38	616	264
U-Τιμή W/(m ² ·K)	3,293	3,293	3,293	3,293	3,293
Συντελεστής Σκίασης Γυαλιού	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

4.4 Χρονοδιαγράμματα

Επίσης απαραίτητο στο λογισμικό είναι να ορίσουμε τα χρονοδιαγράμματα (schedules) που υπάρχουν στο κτίριο και βοηθούν στους θερμικούς υπολογισμούς. Θα πρέπει να δώσουμε δεδομένα στο λογισμικό σχετικά με τις ώρες και τις μέρες που χρησιμοποιούνται οι θερμικές ζώνες αλλά και για το φωτισμό, τον ηλεκτρικό εξοπλισμό και το μέγιστο αριθμό ατόμων που βρίσκονται σε κάθε θερμική ζώνη και το είδος εργασίας που αυτοί εκτελούν.

Όπως προαναφέρθηκε το κτίριο στο οποίο γίνεται η διεξαγωγή της μελέτης είναι ένα επαγ-

γελματικό λύκειο, κατά συνέπεια τηρεί ως επί το πλείστον το εκπαιδευτικό ημερολόγιο του κάθε έτους, με μερικές αποκλίσεις σε κάποιους χώρους πολλαπλών χρήσεων. Θεωρείται δηλαδή, ότι οι ώρες λειτουργίας του κεντρικού κτιρίου είναι 7.00-21.00 τις εργάσιμες ημέρες και 8.00-20.00 τα Σαββατοκύριακα. Ενώ για την αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, θεωρείται ότι οι ώρες λειτουργίας της είναι 9.00-23.00 τα Σαββατοκύριακα και τις εργάσιμες μέρες είναι κλειστή. Γι αυτό το λόγο θα παρουσιαστούν ενδεικτικά τα χρονοδιαγράμματα από αυτές τις δύο ζώνες. Στους παρακάτω πίνακες ακολουθούν τα ποσοστιαία schedules (χρονοδιαγράμματα) αρχικά για τον εξοπλισμό, το φωτισμό και έπειτα για τα άτομα που βρίσκονται στο κεντρικό κτίριο και στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.



Σχήμα 4.12: Χρονοδιαγράμματα που ορίστηκαν στο λογισμικό

Εξοπλισμός στο κεντρικό κτίριο

Πίνακας 4.9 : Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (1)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	30	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0

Πίνακας 4.10 : Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (2)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0

Πίνακας 4.11 : Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Δευτέρα	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Τρίτη	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Τετάρτη	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Πέμπτη	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Παρασκευή	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Σάββατο	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Κυριακή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Διακοπές	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Φωτισμός στο κεντρικό κτίριο

Πίνακας 4.12: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών χειμώνας(1)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	40	10 0	10 0	10 0	60	60	60	60	80	80	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	0	0

Πίνακας 4.13: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (2)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0

Πίνακας 4.14: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών καλοκαίρι (3)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	30	60	60	60	40	40	40	40	40	40	40	70	70	10 0	10 0	0	0

Πίνακας 4.15: Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1
Δευτέρα	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1
Τρίτη	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1
Τετάρτη	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1
Πέμπτη	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1
Παρασκευή	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1
Σάββατο	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Κυριακή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Διακοπές	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Άτομα στο κεντρικό κτίριο

Πίνακας 4.16: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (1)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	30	10	10	10	10	10	10	10	45	45	10	10	10	10	10	0	0

									0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0		
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	---	---	---	---	---	--	--

Πίνακας 4.17: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (2)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35	35	35	25	25	25	35	35	35	35	0	0	0

Πίνακας 4.18: Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Δευτέρα	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Τρίτη	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Τετάρτη	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Πέμπτη	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Παρασκευή	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Σάββατο	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Κυριακή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Διακοπές	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Εξοπλισμός αίθουσας πολλαπλών χρήσεων

Πίνακας 4.19 : Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (1)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Πίνακας 4.20: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (2)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.21: Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Δευτέρα	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Τρίτη	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Τετάρτη	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Πέμπτη	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Παρασκευή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Σάββατο	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Κυριακή	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Διακοπές	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Φωτισμός αίθουσας πολλαπλών χρήσεων

Πίνακας 4.22 : Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών χειμónας (1)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	50	50	50	50	80	80	10	10	10	10	10	10	10	10
										0	0							0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.23: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών καλοκαίρι(2)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	40	40	40	40	40	40	40	70	70	10	10	10	10
										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.24: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (3)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.25: Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Δευτέρα	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Τρίτη	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Τετάρτη	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Πέμπτη	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Παρασκευή	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Σάββατο	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Κυριακή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Διακοπές	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1

Άτομα αίθουσας πολλαπλών χρήσεων

Πίνακας 4.26: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών (1)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	35	35	35	35	10	10	10	10	10	10
										0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.27: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών (2)

ώρα	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
τιμή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.28: Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή λειτουργίας

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Δευτέρα	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Τρίτη	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Τετάρτη	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Πέμπτη	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Παρασκευή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Σάββατο	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Κυριακή	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Διακοπές	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες ορίστηκαν διαφορετικά χρονοδιαγράμματα για κάθε είδος χώρου μιας και είναι λογικό να υπάρχει διαφορετική χρήση των χώρων. Για παράδειγμα χώροι όπως είναι τα γραφεία, η βιβλιοθήκη και οι αίθουσες διδασκαλίας που βρίσκονται στο κεντρικό κτίριο θα χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερες ώρες σε σχέση με την αίθουσα πολλαπλών χρήσεων που είναι ανοιχτή συγκεκριμένες ώρες και μέρες. Επομένως δημιουργήθηκαν διαφορετικά προφίλ για κάθε τέτοια περίπτωση όπως το ίδιο έγινε και για τον φωτισμό για τις δύο διαφορετικές περιόδους του χρόνου χειμερινό και καλοκαιρινό προφίλ. Τα δύο αυτά προφίλ δημιουργήθηκαν γιατί υπάρχει μεγάλη διαφορά, στις ώρες της μέρας που είναι απαραίτητη η χρήση φωτισμού στους χειμερινούς μήνες από τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι ώρες που πρέπει να λειτουργεί το σύστημα μας ημερήσια, βάσει του θερμοστάτη. Στις ώρες με O (Occupied) η σχολική μονάδα είναι σε πλήρη λειτουργία (διδάσκονται μαθήματα, λειτουργούν εργαστήρια, γραφεία, βιβλιοθήκη, κ.τ.λ.), ενώ στις ώρες με U (Unoccupied) στις αίθουσες του κτιρίου βρίσκονται ελάχιστα άτομα.

Ως διακοπές έχουν υπολογιστεί οι επίσημες διακοπές και αργίες του ακαδημαϊκού ημερολογίου του έτους (Πίνακας 4.33).

F/T (Fan / Thermostat)

Πίνακας 4.29: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών το χειμώνα στο κεντρικο κτίριο (1)

Hou r	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Valu e	U	U	U	U	U	U	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	U	U

Πίνακας 4.30 :Ημερήσια Ωριαία Κατανομή διακοπών-αργιών στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων (2)

Hou r	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Valu e	U	U	U	U	U	U	U	U	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Πίνακας 4.31: Ημερήσια Ωριαία Κατανομή εργασιμων ημερών το καλοκαίρι στο κεντρικό κτίριο (3)

Hou r	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Value	U	U	U	U	U	U	U	U	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	U	U	U
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

O = Occupied, U = Unoccupied

Πίνακας 4.32: Εβδομαδιαία-Μηνιαία Κατανομή

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ
Design	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Δευτέρα	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Τρίτη	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Τετάρτη	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Πέμπτη	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Παρασκευή	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Σάββατο	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Κυριακή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Διακοπές	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Πίνακας 4.33: Ετήσια Κατανομή Διακοπών -Αργιών:

Ιαν	1	2	3	4	5	6	3	0																										
Μαρ	2	5																																
Απρ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3																				
Μαι	1																																	
Ιουλ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1		
Αυγ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1		
Οκτ	2	8																																
Δεκ	6	2	2	2	2	2	2	2	3	3																								
	3	4	5	6	7	8	9	0	1																									

4.5 Συστήματα κλιματισμού

Για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου εφαρμόζονται τρία συστήματα θέρμανσης κλιματισμού με σκοπό τη σύγκριση τους. Το πρώτο σύστημα είναι με μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (Fan Coil Units, FCU) νερού των οποίων η τροφοδοσία με θερμό και ψυχρό νερό θα γίνεται με μία αντλία θερμότητας αέρα-νερού, το δεύτερο σύστημα είναι το σύστημα κλιματισμού με μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου με ψυκτικό ρευστό μεταβαλλόμενης παροχής (Variable Refrigerant volume – VRV) για την κάλυψη των φορτίων των χώρων του κτιρίου και εξωτερική κεντρική μονάδα για την κάλυψη των φορτίων αερισμού και το τρίτο σύστημα

είναι μία γεωθερμική αντλία θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος.

Εισάγοντας στο λογισμικό Hourly analysis program (H.A.P 5.0) τα δεδομένα που αφορούν το κέλυφος (οροφής, παραθύρων, θυρών και τοιχοποιίας) για κάθε χώρο και επιπλέον λαμβάνοντας υπόψη τα κλιματολογικά δεδομένα και το ακαδημαϊκό πρόγραμμα λειτουργίας, παίρνουμε τις απαραίτητες πληροφορίες για να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για το κάθε σύστημα κλιματισμού.

Ο νωπός αέρας είναι απαραίτητος να εισέρχεται στα κτίρια για να αναπληρώνει το οξυγόνο που απαιτείται για την αναπνοή και να αραιώνει το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα απόβλητα που παράγονται από τα άτομα που βρίσκονται στο χώρο. Σε πολλές περιπτώσεις είναι επιθυμητό να καθαριστεί ή να φιλτραριστεί ο εισερχόμενος νωπός αέρας, να μειωθεί η πηγή και να επιτευχθεί καλή διανομή αέρα. Το σχέδιο ενός κατάλληλου συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού για τον καθαρισμό αέρα είναι συχνά το τελικό βήμα στην βεβαίωση ότι ένα σύστημα κλιματισμού θα παράσχει υγιές και καθαρό εσωτερικό περιβάλλον (Splitter J.D.).

Η μέθοδος και το σύστημα εξαερισμού λοιπόν για μια τέτοιου είδους μελέτη είναι κομβικά σημεία, καθώς πρόκειται για κτίριο τριτογενή τομέα (εκπαιδευτικό ίδρυμα). Για τον αερισμό του κτιρίου λοιπόν επιλέχθηκε και στις τρεις περιπτώσεις η χρήση εξωτερικής κεντρικής μονάδας (D.O.A.S) σύμφωνα πάντα με τα πρότυπα του ΚΕΝΑΚ.

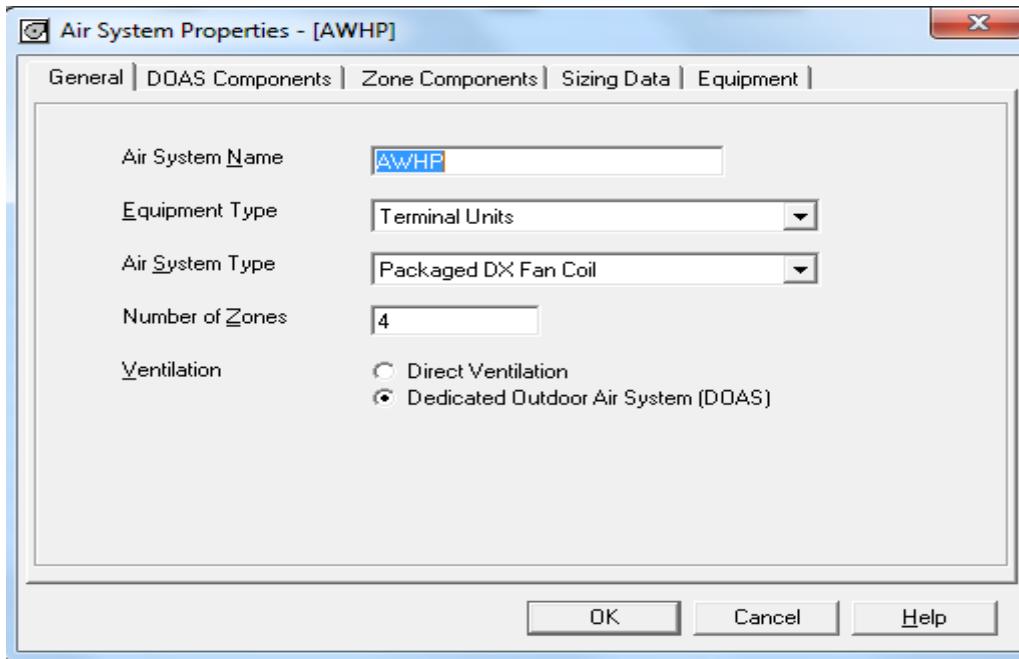
Προκειμένου να υπολογιστούν τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης, το κτίριο πρέπει να χωριστεί σε θερμικές ζώνες, δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή και ίδια ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Το κτίριο που μελετάμε χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες. Την πρώτη ζώνη αποτελεί το ισόγειο, την δεύτερη ζώνη ο Α΄ όροφος, την τρίτη ζώνη το υπόγειο και την τέταρτη ζώνη η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.

Στο πλαίσιο της ενεργειακής μελέτης ενός κτιρίου καθορίζονται επίσης οι θερμαινόμενοι χώροι (ή θερμικές ζώνες) και οι μη θερμαινόμενοι χώροι. Οι μη θερμαινόμενοι χώροι του κτιρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι, χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό για αυτό το λόγο δεν γίνεται και μελέτη σ αυτούς.

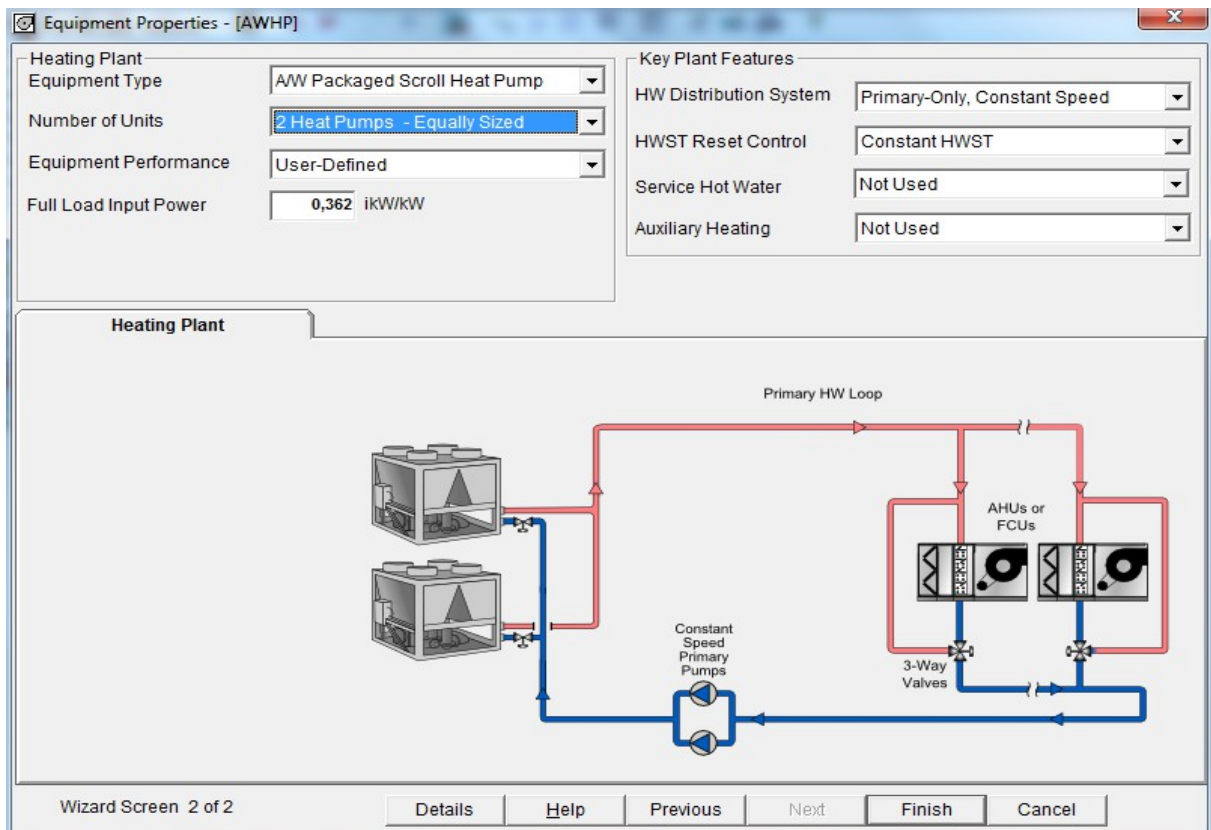
4.5.1 Μονάδα ανεμιστήρα στοιχείου (Fan Coil Units, FCU) νερού με αντλία θερμότητας αέρα-νερού

Ο βασικός εξοπλισμός αυτού του συστήματος είναι τα τερματικά στοιχεία για την κάλυψη

των φορτίων των χώρων του κτιρίου. Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή στο λογισμικό των ζωνών κλιματισμού που θα υπάρχουν στο σύστημα που όπως αναφέραμε είναι 4. Τέλος δηλώσαμε ότι απαιτείται μία αντλία θερμότητας αέρα-νερού η οποία θα τροφοδοτεί με θερμό και ψυχρό νερό τις τερματικές μονάδες καθώς και μία εξωτερική κεντρική μονάδα για να παρέχει τον απαιτούμενο νωπό αέρα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων δεδομένα σχετικά με το σύστημα των fan coils.



Σχήμα 4.13: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος Air-Water Heat Pump



Σχήμα 4.14 : Συνδεσμολογία Α.Θ Α/Ν με FCU

1.Λεπτομέρειες Συστήματος:

Όνομα Συστήματος	AWHP
Τύπος Εξοπλισμού	Τερματικά Στοιχεία (Fan Coils)
Τύπος Συστήματος	Packaged DX Fan Coil
Αριθμός ζωνών	4
Εξαερισμός	Κεντρική Εξωτερική Μονάδα (D.O.A.S)

2. Κεντρική Εξωτερική Μονάδα (D.O.A.S):

Δεδομένα αερισμού:	
Έλεγχος παροχής αερισμού	Scheduled control
Μέθοδος διαστασιολόγησης αερισμού	Sum of Space OA Airflows
Ποσοστό διαρροής Διαφράγματος	5 %
Επίπεδα CO2 εξωτερικού αέρα	400 ppm
Δεδομένα Εξαερισμού:	

Τύπος ανεμιστήρα εξαερισμού	Forward Curved with Variable Speed Drive
Σύνθεση	Draw-thru
Απόδοση Ανεμιστήρα	747 Pa
Συνολική Αποτελεσματικότητα	44 %

Πίνακας 4.34: 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

Πίνακας 4.35: Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού

Zone	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	7954,2	2834,5
2	7826,2	3026,5
3	1507,7	408,2
4	2885,3	2885,3

3. Θερμοκρασίες ψύξης και θέρμανσης για την διαστασιολόγηση του συστήματος	
Δεδομένα διαστασιολόγησης:	
Θερμοκρασία παροχής ψύξης	14,4 °C
Θερμοκρασία παροχής θέρμανσης	45,0 °C
Προδιαγραφές υδραυλικού μεγέθους:	
ΔT ψυχρού νερού	5,6 K
ΔT ζεστού νερού	11,1 K

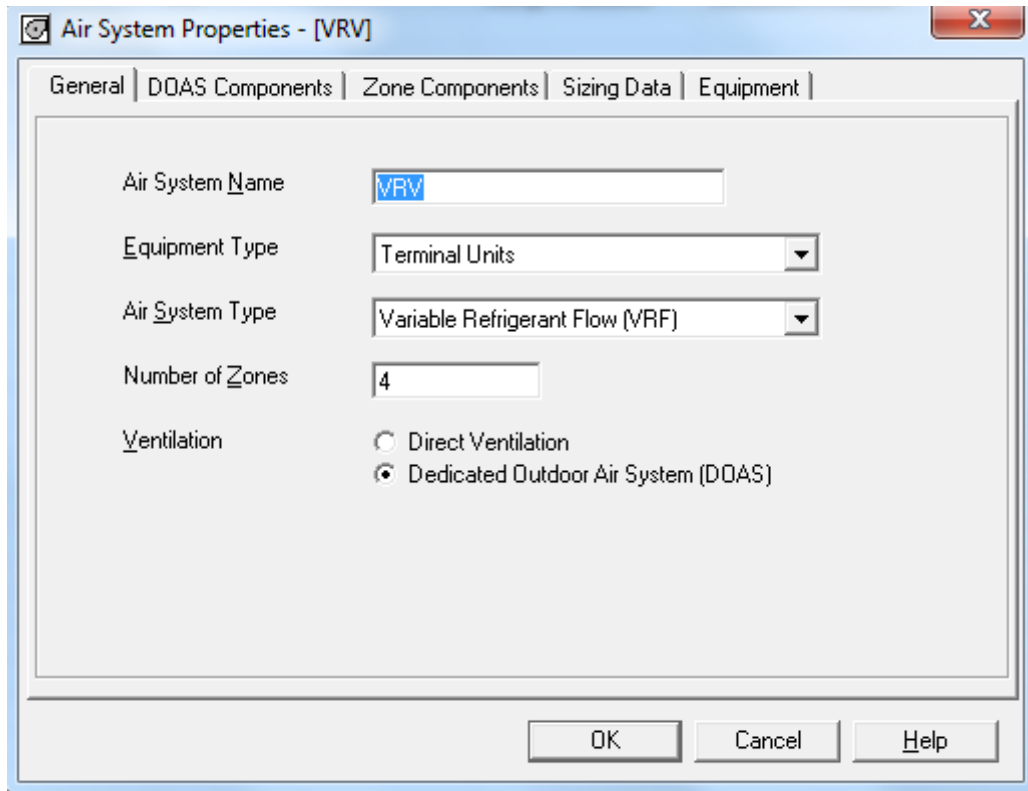
4. Απαιτήσεις φορτίου ανά ζώνη

Zone Name	Zone Cooling Sensible (kW)	Zone Heating Load (kW)	Zone Floor Area (m²)
ISOGEIO	68,5	22,0	605,8
A OROFOS	70,9	18,7	601,7
ΥΠΟΓΕΙΟ	15,8	7,7	230,9
AITHOUSA POLLAPLWN XRHS	12,3	7,7	222,1

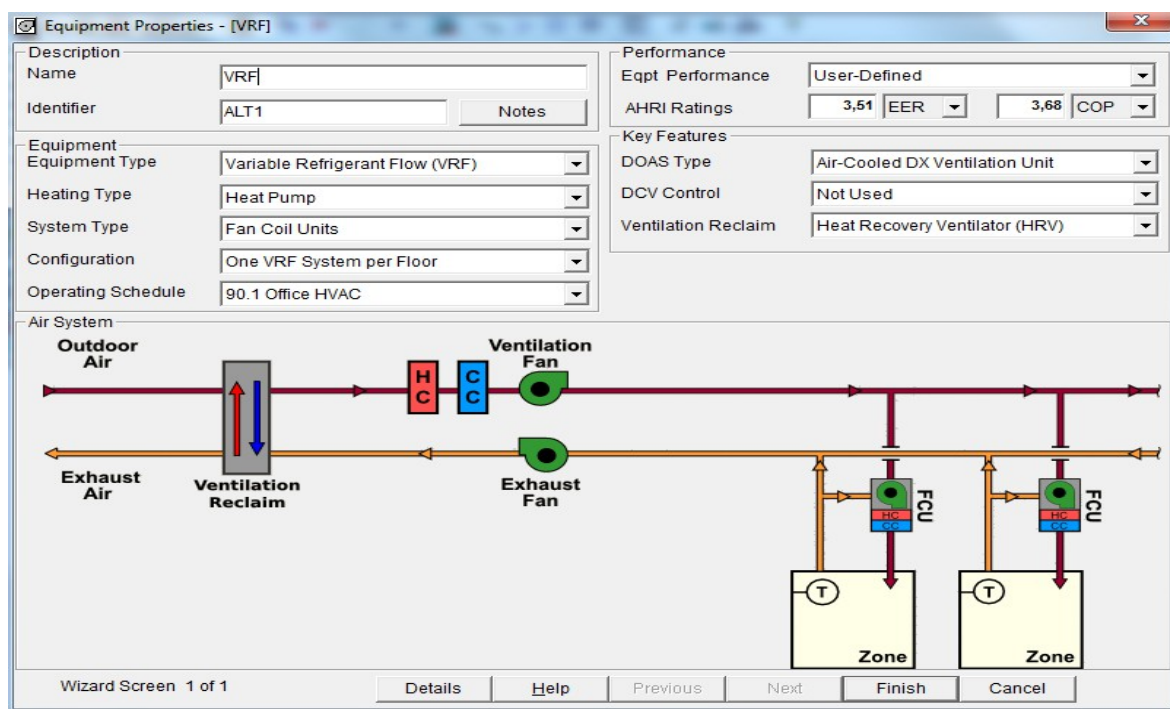
4.5.2 Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume- VRV)

Για την δημιουργία του συστήματος VRV βασικός εξοπλισμός είναι να διαθέτει τερματικά στοιχεία για την ψύξη και την θέρμανση (fan coils). Αρχικά δηλώσαμε ότι αποτελεί σύστημα variable refrigerant flow – VRF δηλαδή σύστημα μεταβλητού όγκου ψυκτικού υγρού, τις

διάφορες ζώνες κλιματισμού που θα υπάρχουν στο σύστημα που στην δική μας περίπτωση είναι 4 καθώς επίσης και 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 VRV.



Σχήμα 4.15: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος VRV.



Σχήμα 4.16: Προσομοίωση συστήματος VRV από το λογισμικό

1. Λεπτομέρειες Συστήματος:	
Όνομα Συστήματος	VRV
Τύπος Εξοπλισμού	Τερματικά Στοιχεία (Fan Coils)
Τύπος Συστήματος	Μεταβλητή ροή ψυκτικού μέσου (VRF)
Αριθμός Ζωνών	4
Εξαερισμός	Κεντρική Εξωτερική Μονάδα (D.O.A.S)

2. Κεντρική Εξωτερική Μονάδα (D.O.A.S):	
Δεδομένα αερισμού:	
Έλεγχος παροχής αερισμού	Scheduled control
Μέθοδος διαστασιολόγησης αερισμού	Sum of Space OA Airflows
Ποσοστό διαρροής Διαφράγματος	5 %
Επίπεδα CO ₂ εξωτερικού αέρα	400 ppm
Δεδομένα Εξαερισμού:	
Τύπος ανεμιστήρα	Forward Curved with Variable Speed Drive

Σύνθεση	Draw-thru
Απόδοση ανεμιστήρα	747 Pa
Συνολική αποτελεσματικότητα	44 %

Πίνακας 4.36 : 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

Πίνακας 4.37 : Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού

Zone	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	7919,5	2834,5
2	7789,5	3026,5
3	1501,5	408,2
4	2885,3	2885,3

3. Θερμοκρασίες ψύξης και θέρμανσης για την διαστασιολόγηση του συστήματος :

Δεδομένα διαστασιολόγησης:	
Θερμοκρασία παροχής ψύξης	14,4 °C
Θερμοκρασία παροχής θέρμανσης	45,0 °C
Προδιαγραφές υδραυλικού μεγέθους:	
ΔT ψυχρού νερού	5,6 K
ΔT ζεστού νερού	11,1 K

4. Απαιτήσεις φορτίου ανά ζώνη

Zone Name	Zone Cooling Sensible (kW)	Zone Heating Load (kW)	Zone Floor Area (m²)
Zone 1	68,5	22,0	605,8
Zone 2	70,9	18,7	601,7
Zone 3	15,8	7,7	230,9
Zone 4	12,3	7,7	222,1

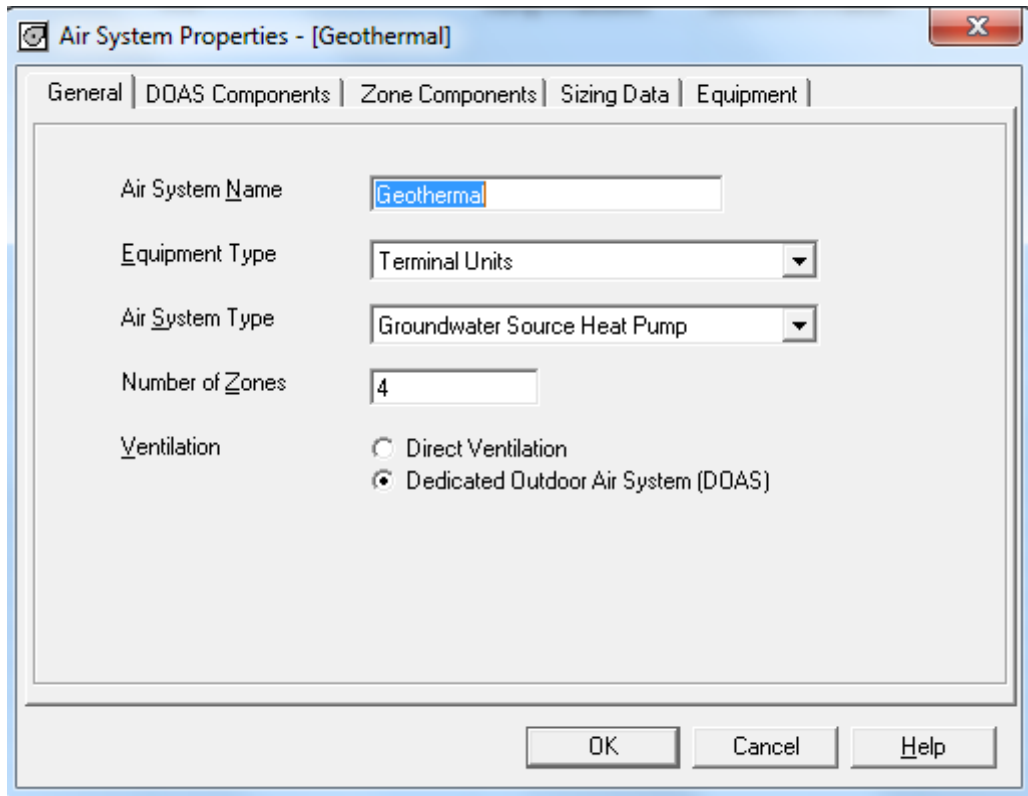
5. Δεδομένα εξοπλισμού

VRF Outdoor Unit - Heat Pump	
Δεδομένα απόδοσης μονάδας ψύξης	
Διαστασιολόγηση εξοπλισμού	(Auto-Sized)
Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο	298,4 kW
Σχεδίαση OADB	35,0 °C

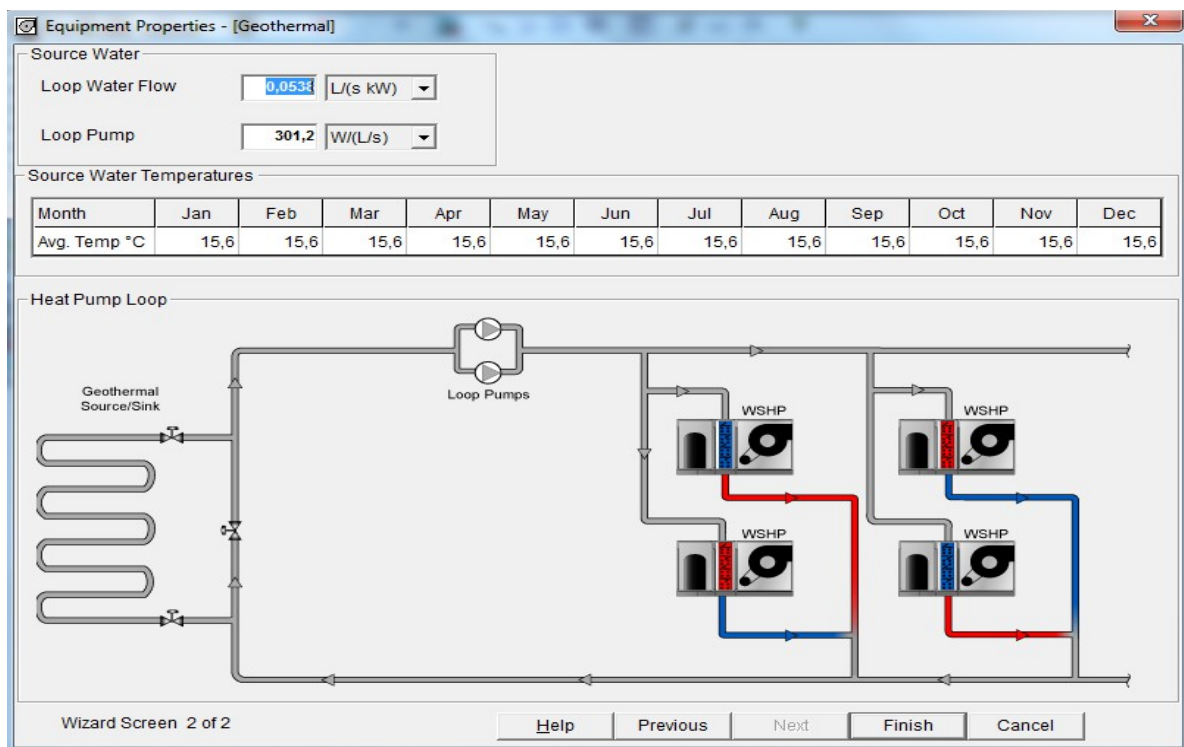
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης	5 %
AHRI Performance Rating	3,510 EER
<i>Δεδομένα απόδοσης μονάδας θέρμανσης</i>	
Διαστασιολόγηση εξοπλισμού	(Auto-Sized)
Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο	326,1kW
Σχεδίαση OADB	8,3 °C
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης	5 %
AHRI Performance Rating	3,68 COP
<i>Δεδομένα αντλίας θερμότητας:</i>	
Διακοπή αντλίας θερμότητας OADB	-20,0 °C
Χρήση ανάκτησης θερμότητας	NAI
Τύπος συμπληρωματικής θέρμανσης	Ηλεκτρικές Αντιστάσεις
Όριο αποκοπής συμπληρωματικής θέρμανσης	21,1 °C

4.5.3 Γεωθερμική αντλία θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος

Ο βασικός εξοπλισμός και αυτού του συστήματος είναι τα τερματικά στοιχεία για την ψύξη και την θέρμανση (fan coils) του εκάστοτε χώρου. Έπειτα 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. Τέλος δηλώσαμε ότι απαιτείται εξωτερική κεντρική μονάδα για να παρέχει τον απαιτούμενο νωπό αέρα. Παρακάτω, παρουσιάζονται σε μορφή πινακων δεδομένα σχετικά με το σύστημα της γεωθερμίας.



Σχήμα 4.17: Στιγμιότυπο από το λογισμικό HAP με τη δήλωση του συστήματος γεωθερμίας



Σχήμα 4.18: Προσομοίωση συστήματος γεωθερμίας από το λογισμικό

1. Λεπτομέρειες Συστήματος:	
Όνομα Συστήματος	Γεωθερμία
Τύπος Εξοπλισμού	Τερματικά Στοιχεία (Fan Coils)
Τύπος Συστήματος	Groundwater Source Heat Pump
Αριθμός ζωνών	4
Εξαερισμός	Κεντρική Εξωτερική Μονάδα (D.O.A.S)

2. Κεντρική Εξωτερική Μονάδα (D.O.A.S):	
Δεδομένα αερισμού:	
Έλεγχος παροχής αερισμού	Scheduled control
Μέθοδος διαστασιολόγησης αερισμού	Sum of Space OA Airflows
Ποσοστό διαρροής Διαφράγματος	5 %
Επίπεδα CO2 εξωτερικού αέρα	400 ppm
Δεδομένα Εξαερισμού:	
Τύπος ανεμιστήρα εξαερισμού	Forward Curved with Variable Speed Drive
Σύνθεση	Draw-thru
Απόδοση Ανεμιστήρα	747 Pa
Συνολική Αποτελεσματικότητα	44 %

Πίνακας 4.38: 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

Πίνακας 4.39: Απαιτήσεις σε νωπό αέρα για κάθε ζώνη κλιματισμού

Zone	Supply Airflow (L/s)	Ventilation (L/s)
1	8205,0	2834,5
2	8307,1	3026,5
3	1686,4	408,2
4	2885,3	2885,3

3. Θερμοκρασίες ψύξης και θέρμανσης για την διαστασιολόγηση του συστήματος	
Δεδομένα διαστασιολόγησης:	
Θερμοκρασία παροχής ψύξης	14,4 °C
Θερμοκρασία παροχής θέρμανσης	45,0 °C

Προδιαγραφές υδραυλικού μεγέθους:	
ΔΤ ψυχρού νερού	5,6 K
ΔΤ ζεστού νερού	11,1 K

4. Δεδομένα εξοπλισμού εξωτερικής μονάδας

Σχεδίαση OAT	35,0 °C
Διαστασιολόγηση εξοπλισμού	(Auto-Sized)
Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο	216,8 kW
Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης	0 %
AHRI Performance Rating	3,224 EER
Conventional Cutoff OAT	12,8 °C
Low Temperature Operation	Used
Low Temperature Cutoff OAT	-17,8 °C
Δεδομένα συστήματος κυκλοφορίας	
Πηγή νερού	Πόργος ψύξης
Συμπληρωματική θέρμανση	Ηλεκτρικές Αντιστάσεις
Δεδομένα αντλίας:	
Απόδοση κυκλοφορητών	301,2 W/(L/s)
Μηχανική απόδοση κυκλοφορητών	70,0 %
Απόδοση ηλεκτρικού κινητήρα κυκλοφορητή	94,0 %

5. Δεδομένα εξοπλισμού τερματικών στοιχείων

Δεδομένα απόδοσης τερματικών μονάδων ψύξης του συστήματος γεωθερμίας:

Zone	Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο (kW)	Design EWT (°C)	Διαστασιολόγηση συστημάτων εξοπλισμού	Gross Cooling Capacity (kW)	ISO / ARI Performance Rating	Units
1	65,1	20,0	Auto-Sized	74,5	4,748	EER
2	71,0	20,0	Auto-Sized	79,0	4,748	EER
3	18,4	20,0	Auto-Sized	20,5	4,748	EER
4	10,6	20,0	Auto-Sized	13,8	4,748	EER

Δεδομένα απόδοσης τερματικών μονάδων θέρμανσης του συστήματος γεωθερμίας:

Zone	Εκτιμώμενο μέγιστο φορτίο (kW)	Design EWT (°C)	Διαστασιολόγηση συστημάτων εξοπλισμού	Gross Heating Capacity (kW)	ISO / ARI Performance Rating	Units
1	39,1	15,0	Auto-Sized	22,3	3,930	COP
2	33,1	15,0	Auto-Sized	17,1	3,930	COP
3	13,7	15,0	Auto-Sized	7,6	3,930	COP
4	13,6	15,0	Auto-Sized	19,7	3,930	COP

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 Εισαγωγή

Αφού εισάγαμε τα δεδομένα που χρειάζονται στο λογισμικό και επιλέξαμε το εκάστοτε σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί, ήρθε η ώρα σ αυτό το κεφάλαιο να συγκρίνουμε τα συστήματα αυτά. Αρχικά θα γίνει υπολογισμός των φορτίων ψύξης, θέρμανσης και αερισμού πάντοτε υπό τις οδηγίες του ενεργειακού κανονισμού Κ.ΕΝ.Α.Κ. Αυτή η διαδικασία είναι εντελώς διαφορετική από τους υπολογισμούς φορτίου σχεδίασης που συνήθως διεξάγονται για τον προσδιορισμό του μεγέθους ή της ικανότητας για ένα συγκεκριμένο σύνολο συνθηκών σχεδίασης. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις και οι οποίοι μεταβάλλονται συνεχώς. Τέτοιοι 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.

Έπειτα παρουσιάζονται αναλυτικά 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 βάσει 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. Αρχικά υπολογίστηκε με βάσει τους συντελεστές θερμοπερατότητας του Κ.ΕΝ.Α.Κ, τον αριθμό ατόμων, τις διαστάσεις και τη χρήση κάθε χώρου καθώς και τις συνολικές απαιτήσεις σε νωπό αέρα (L/s) που έχει κάθε χώρος. 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 5.1 : 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)
Zone 1					

I01-ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ Ι(1)	8,3	725	1,8	47,0	15,43
I04- ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ Ι(2)	11,6	1012	3,3	45,1	22,44
I05-ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ Ι(3)	4,7	412	1,4	43,8	9,41
I06-ΙΑΤΡΕΙΟ-ΦΥΛΑΚΑΣ	2,3	203	0,7	19,4	10,48
I07-ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ Ι(4)	7,9	694	1,4	45,2	15,36
I08- ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ Ι(5)	7,9	693	1,4	44,5	15,58
I09- ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ Ι(6)	8,0	695	1,4	45,3	15,33
I13- W.C. ΑΓΟΡΙΩΝ	1,9	166	0,5	13,3	12,50
I14- W.C. ΑΜΚ	0,9	79	0,2	5,5	14,32
I02-ΓΡΑΦΕΙΟ ΣΥΛΓΟΝ ΕΩΝ & ΜΑΘΗΤ	0,9	76	0,4	14,6	5,17
I03-ΧΩΡΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ	4,0	551	1,0	40,1	13,74
I10-ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΑΘΗΤ-ΧΩΡΟΣ ΣΥΜΒ	3,7	323	0,9	35,9	9,00
I11-ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	21,3	1860	6,1	86,9	21,40
I12-ΧΩΡΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	4,9	431	1,5	119,2	3,61
Zone 2					
A01-ΓΡΑΦΕΙΟ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ	9,5	831	2,2	75,9	10,95
A02-ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ	1,4	123	0,4	22,3	5,52
A03-ΧΩΡΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤ-ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΟ	2,7	239	0,7	35,8	6,69
A04- ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ ΙΙ(1)	6,1	532	1,4	30,2	17,60
A05-ΕΡΓΑΣΤΗΡ ΣΧΕΔ-ΑΙΣΘΗΤ ΑΓΩΓΗΣ	6,5	570	1,5	56,7	10,05
A06-ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΥΠΟΥ ΙΙ(2)	4,7	410	1,3	43,8	9,37
A07-ΑΡΧΕΙΟ	2,2	190	0,7	19,4	9,81
A08-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ(1)	8,8	766	1,5	56,8	13,49
A09-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΙΘΟΥΣΑ(2)	8,8	767	1,5	57,1	13,43
A10-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ(1)	8,1	708	1,5	42,3	16,73
A11-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ(2)	6,3	547	1,1	35,9	15,23
A12-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ	8,7	761	1,5	56,6	13,45
A13-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ	13,3	1158	3,0	56,6	20,46
A14-ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΤΗΡΙΟ	2,1	187	0,4	12,3	15,19
Zone 3					
Y01-ΧΩΡΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΦΟΥΑΓΙΕ	8,4	732	4,8	133,1	5,50
Y04-ΚΥΛΙΚΕΙΟ	1,9	174	0,5	17,4	10,02
Y05-ΓΡΑΦΕΙΟ(1)	1,9	168	0,7	27,3	6,14
Y06-ΓΡΑΦΕΙΟ(2)	1,9	168	0,7	27,1	6,19
Y07- W.C. ΑΜΚ	0,9	83	0,3	6,0	13,83
Y08- W.C. ΑΓΟΡΙΩΝ	2,0	176	0,7	20,0	8,82
Zone 4					
Y02-ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣ	8,3	1822	5,4	145,5	12,52
Y03-ΣΚΗΝΗ	4,0	1063	2,3	76,6	13,88

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) και για τα τρία συστήματα.

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

5.2 Σχεδιαστική ανάλυση αντλίας θερμότητας αέρα-νερού

Όπως έχουμε αναφέρει στα προηγούμενα κεφάλαια ένα από τα τρία συστήματα τα οποία παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι η μονάδα ανεμιστήρα στοιχείου (Fan Coils Units) νερού με αντλία θερμότητας αέρα-νερού. Όσον αφορά την προσομοίωση του συστήματος επιλέχθηκαν να γίνει προσομοίωση για όλες τους μήνες του χρόνου αλλά και για 2 συγκεκριμένες μέρες, 23 Ιανουαρίου και 23 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 συγκεκριμένων ημερών. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες μέρες που έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη. Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κατά την διάρκεια του έτους, τα φορτία που αναλαμβάνει το σύστημα κατά την διάρκεια των δύο ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς επίσης και τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης του συστήματος με βάση τα αποτελέσματα του λογισμικού

Πίνακας 5.2 : Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.

Month	Precool Load (kWh)	Coil	Precool Load (kWh)	Eqpt	Precool Clg Input (kWh)	Unit	Preheat Load (kWh)	Coil	Preheat Input (kWh)	Coil	Terminal Cooling Load (kWh)	Coil	Terminal Cooling Load (kWh)	Eqpt
January	0		0		0		35256		35256		0		0	
February	0		0		0		32602		32602		0		0	
March	0		0		0		23578		23578		0		0	
April	0		0		0		8511		8511		0		0	
May	7897		7893		1018		2328		2328		40021		39853	
June	28600		23480		3119		6077		6077		54849		54436	
July	15976		15976		2301		3420		3420		62685		59346	
August	16315		16315		2294		4250		4250		59977		56784	
September	16435		14903		1865		5045		5045		39611		39435	
October	0		0		0		6584		6584		0		0	
November	0		0		0		22679		22679		0		0	
December	0		0		0		28163		28163		0		0	
Total	85225		78567		10598		178493		178493		257142		249854	

Πίνακας 5.3 : Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.

Month	Terminal Clg Input (kWh)	Unit	Terminal Heating Load (kWh)	Coil	Humidifier Load (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Lighting (kWh)
January	0		13126		3998	3584	0	2427	6012
February	0		9535		3927	4152	0	2175	6264

March	0	4640	2222	4738	0	2371	7065
April	0	1328	20	2564	0	2275	4993
May	9201	0	0	4573	0	2347	5132
June	13449	0	0	4542	0	2284	4752
July	15203	0	0	947	0	2384	3287
August	14312	0	0	947	0	2368	3287
September	9234	0	0	4378	0	2270	4680
October	0	1523	4	4573	0	2348	6914
November	0	4497	97	4542	0	2291	6798
December	0	11421	804	3419	0	2415	5861
Total	61399	46071	11071	42959	0	27957	65044

Πίνακας 5.4 : Προσομοίωση αποτελεσμάτων ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με αντλία θερμότητας αέρα-νερού.

Month	Electric Equipment (kWh)
January	3818
February	3430
March	3794
April	3713
May	3798
June	3673
July	3872
August	3872
September	3676
October	3798
November	3673
December	3821
Total	44937

Στην συνέχεια 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 23ης Ιουλίου και στην συνέχεια δεύτερος πίνακας κατά την διάρκεια της ίδιας μέρας όπου προσομοιώνονται οι καταναλώσεις κυρίως σε εξαερισμό, φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό.

Πίνακας 5.5 : Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-νερού κατά την διάρκεια της 23ης Ιουλίου.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Precool Coil Load	Precool Eqpt Load	Precool Unit Clg Input	Preheat Coil Load	Preheat Coil Input	Terminal Cooling Coil Load
------	--------------------	-------------------	-------------------	------------------------	-------------------	--------------------	----------------------------

		(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
0000	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3
0100	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9
0200	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4
0300	25,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7
0400	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8
0500	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
0600	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
0700	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7
0800	27,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,7
0900	29,1	61,9	61,9	8,3	26,5	26,5	151,2
1000	30,6	60,5	60,5	8,4	26,1	26,1	151,0
1100	31,9	68,4	68,4	9,7	26,3	26,3	157,9
1200	33,1	70,0	70,0	10,2	26,1	26,1	154,4
1300	34,1	71,4	71,4	10,6	26,0	26,0	151,2
1400	34,8	50,7	50,7	7,9	18,5	18,5	147,2
1500	35,2	51,4	51,4	8,1	18,5	18,5	155,8
1600	35,3	32,5	32,5	5,3	0,0	0,0	157,1
1700	35,1	44,9	44,9	7,1	0,0	0,0	151,9
1800	34,4	42,2	42,2	6,6	0,0	0,0	156,3
1900	33,3	38,0	38,0	5,8	0,0	0,0	138,5
2000	32,1	33,6	33,6	5,1	0,0	0,0	108,2
2100	30,9	4,8	4,8	0,7	0,0	0,0	106,5
2200	29,6	4,1	4,1	0,6	0,0	0,0	96,5
2300	28,4	3,4	3,4	0,5	0,0	0,0	91,9
Total		637,6	637,6	94,8	168,0	168,0	2288,1

Πίνακας 5.6: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της 23ης Ιουλίου.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Cooling Eqpt Load (kW)	Terminal Clg Input (kW)	Unit	Ventilation Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	27,9	27,3	6,8		0,0	0,3	0,1	0,3
0100	27,0	22,9	5,6		0,0	0,3	0,1	0,3
0200	26,1	13,4	3,2		0,0	0,2	0,1	0,3
0300	25,6	9,7	2,3		0,0	0,1	0,1	0,3
0400	25,0	3,8	0,9		0,0	0	0,1	0,3
0500	24,7	1,5	0,4		0,0	0	0,1	0,3
0600	24,7	1,4	0,4		0,0	0	0,1	0,3
0700	26,0	39,7	9,8		0,0		0,1	0,3
0800	27,6	92,7	22,8		0,0	0,5	6	7,9
0900	29,1	141,1	34,3		2,5	1,2	7,7	9,2
1000	30,6	139,3	35,2		2,5	5	7,7	9,2
1100	31,9	147,2	38,4		2,5	5	7,2	9,2
1200	33,1	142,2	38,3		2,5	5	7,2	9,2
1300	34,1	140,0	38,7		2,5	5	7,2	9,2
1400	34,8	139,6	39,6		1,7	5	7,2	9,2
1500	35,2	149,0	42,5		1,7	5	7,2	9,2

1600	35,3	150,1	43,0	1,7	5	7,2	9,2
1700	35,1	146,5	41,9	2,5	5	7,5	9,2
1800	34,4	146,8	40,9	2,5	5	8	9,2
1900	33,3	129,7	35,3	2,5	5	8	9,2
2000	32,1	100,3	27,1	2,5	5	8,5	9,2
2100	30,9	96,4	24,6	1,0	5	3,1	1,5
2200	29,6	86,3	21,3	1,0	5	3,1	1,5
2300	28,4	82,3	19,6	1,0	5	3,1	1,5
Total		2149,2	572,7	30,5	78,4	106	124,9

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένας πίνακας σχετικά με τις καταναλώσεις σε τερματικά στοιχεία κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου 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 5.7 :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-νερού κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Preheat Coil Load (kW)	Coil Preheat Coil In-put (kW)	Terminal Heating Coil Load (kW)	Humidifier Load (kW)	Ventilation Fan (kW)
0000	8,9	0,0	0,0	0,0	0	0
0100	8,1	0,0	0,0	2,7	0	0
0200	7,3	0,0	0,0	5,1	0	0
0300	6,9	0,0	0,0	6,8	0	0
0400	6,5	0,0	0,0	8,4	0	0
0500	6,2	0,0	0,0	9,7	0	0
0600	5,9	0,0	0,0	22,9	0	0
0700	5,9	47,3	47,3	5,2	0	2
0800	6,7	139,8	139,8	8,1	0	15,5
0900	7,9	127,2	127,2	13,9	0	15,5
1000	9,2	112,8	112,8	14,5	0	15,5
1100	10,3	101,4	101,4	15,3	0	15,5
1200	11,0	93,6	93,6	14,4	0	15,5
1300	11,3	90,6	90,6	14,3	0	15,5
1400	11,4	89,4	89,4	14,1	0	15,5
1500	11,2	44,6	44,6	2,9	0	3,4
1600	10,6	47,6	47,6	3,6	0	3,4
1700	9,8	106,8	106,8	15,8	0,4	15,5
1800	8,8	117,6	117,6	15,1	2,2	15,5
1900	7,8	128,4	128,4	14,6	6,7	15,5
2000	6,9	138,0	138,0	14,1	13,3	15,5
2100	5,9	148,8	148,8	13,8	22,8	15,5
2200	4,9	0,0	0,0	13,6	0	0
2300	4,0	0,0	0,0	16,3	0	0

Total		1534,3	1534,3	265,2	45,3	195,4
--------------	--	---------------	---------------	--------------	-------------	--------------

Πίνακας 5.8 : Προσομοίωση αποτελεσμάτων αερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-νερού κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Terminal Fan (kW)	Lighting (kW)	Electric Equipment (kW)
0000	8,9	0,0	0,3	0,3
0100	8,1	0,0	0,3	0,3
0200	7,3	0,0	0,3	0,3
0300	6,9	0,1	0,3	0,3
0400	6,5	0,1	0,3	0,3
0500	6,2	0,1	0,3	0,3
0600	5,9	0,2	0,3	0,3
0700	5,9	5,0	8,6	2,9
0800	6,7	5,0	21,3	8,3
0900	7,9	5,0	21,3	8,3
1000	9,2	5,0	21,3	8,3
1100	10,3	5,0	12,9	8,3
1200	11,0	5,0	12,9	8,3
1300	11,3	5,0	12,9	8,3
1400	11,4	5,0	12,9	8,3
1500	11,2	5,0	16,9	8,3
1600	10,6	5,0	16,9	8,3
1700	9,8	5,0	21,3	8,3
1800	8,8	5,0	21,3	8,3
1900	7,8	5,0	21,3	8,3
2000	6,9	5,0	21,3	8,3
2100	5,9	5,0	21,3	8,3
2200	4,9	0,1	0,3	0,3
2300	4,0	0,1	0,3	0,3
Total		76,3	266,7	121,5

Πίνακας 5.9: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για την αντλία θερμότητας αέρα-νερού.

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1300 COOLING OA DB / WB 31,2 °C / 20,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -2,7 °C / -5,1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	439 m ²	79689	-	439 m ²	-	-
Wall Transmission	848 m ²	1982	-	848 m ²	6958	-
Roof Transmission	1661 m ²	6218	-	1661 m ²	7973	-
Window Transmission	439 m ²	7137	-	439 m ²	29049	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	35 m ²	18595	-	35 m ²	8783	-
Floor Transmission	722 m ²	0	-	722 m ²	3340	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	8609 W	7918	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-

Electric Equipment	8283 W	7610	-	0	0	-
People	466	25849	26101	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	-	154996	26101	-	56102	0
Zone Conditioning	-	167498	26101	-	55889	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	9154 L/s	0	-	9154 L/s	0	-
Ventilation Load	9154 L/s	75215	-24965	9154 L/s	262219	84972
Ventilation Fan Load	9154 L/s	15542	-	9154 L/s	-15542	-
Space Fan Coil Fans	-	5043	-	-	-5043	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	263299	1136	-	297522	84972
Cooling Coil	-	96125	0	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	247443	-
Terminal Unit Cooling	-	172132	880	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	63550	-
Humidification Load	-	-	0	-	-	84972
>> Total Conditioning	-	268257	880	-	310993	84972
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 ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRF

Το δεύτερο σύστημα που παρουσιάστηκε είναι η μονάδα κλιματισμού με ψυκτικό υγρό μεταβλητού όγκου VRV. Το σύστημα χρησιμοποιήθηκε στο ίδιο κτίριο με το προηγούμενο σύστημα προκειμένου να γίνουν σωστά οι συγκρίσεις των 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.

Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κατά την διάρκεια του έτους, τα φορτία που αναλαμβάνει το σύστημα κατά την διάρκεια των δύο ημερών που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς επίσης και τα συνολικά φορτία θέρμανσης και ψύξης του συστήματος.

Πίνακας 5.10: Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με VRV.

Month	Terminal Cooling Load (kWh)	Coil	Terminal Cooling Load (kWh)	Eqpt	Terminal Clg Input (kWh)	Unit	Terminal Heating Load (kWh)	Coil	Terminal Heating Load (kWh)	Eqpt	Terminal Htg Input (kWh)	Unit	Terminal Aux. Htg. Load (kWh)	Unit
January	0		0		0		47757		47650		10646		107	
February	0		0		0		41184		41160		9228		24	
March	0		0		0		25670		25670		5577		0	
April	0		0		0		6432		6432		1496		0	

May	44680	44680	7499	0	0	0	0
June	75117	74302	13685	0	0	0	0
July	75160	75160	13549	0	0	0	0
August	71781	71781	12496	0	0	0	0
September	48471	48471	8036	0	0	0	0
October	0	0	0	6451	6451	1490	0
November	0	0	0	25861	25861	5463	0
December	0	0	0	38949	38949	8721	0
Total	315208	314394	55265	192304	192173	42621	131

Πίνακας 5.11: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια του έτους σε σύστημα VRV.

Month	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	107	3584	3584	2420	6012	3818
February	24	4152	4152	2168	6264	3430
March	0	4738	4738	2363	7065	3794
April	0	2564	2564	2267	4993	3713
May	0	4573	4573	2338	5132	3798
June	0	4542	4542	2276	4752	3673
July	0	947	947	2375	3287	3872
August	0	947	947	2359	3287	3872
September	0	4378	4378	2261	4680	3676
October	0	4573	4573	2339	6914	3798
November	0	4542	4542	2283	6798	3673
December	0	3419	3419	2407	5861	3821
Total	131	42959	42959	27856	65044	44937

Πίνακας 5.12 : Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατανάλωσης συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιουλίου.

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	27,9	26,8	26,8	6,1	0,0	0,0	0,0
0100	27,0	22,6	22,6	5,0	0,0	0,0	0,0
0200	26,1	13,1	13,1	2,8	0,0	0,0	0,0
0300	25,6	9,5	9,5	2,0	0,0	0,0	0,0
0400	25,0	3,8	3,8	0,8	0,0	0,0	0,0
0500	24,7	1,5	1,5	0,3	0,0	0,0	0,0
0600	24,7	1,4	1,4	0,3	0,0	0,0	0,0
0700	26,0	39,6	39,6	8,5	0,0	0,0	0,0
0800	27,6	92,6	92,6	15,6	0,0	0,0	0,0
0900	29,1	186,6	186,6	31,5	0,0	0,0	0,0
1000	30,6	188,4	188,4	33,6	0,0	0,0	0,0
1100	31,9	202,9	202,9	39,0	0,0	0,0	0,0
1200	33,1	199,0	199,0	39,0	0,0	0,0	0,0

1300	34,1	202,3	202,3	41,1	0,0	0,0	0,0
1400	34,8	180,4	180,4	36,0	0,0	0,0	0,0
1500	35,2	190,2	190,2	39,6	0,0	0,0	0,0
1600	35,3	190,0	190,0	39,8	0,0	0,0	0,0
1700	35,1	198,8	198,8	41,9	0,0	0,0	0,0
1800	34,4	201,3	201,3	41,4	0,0	0,0	0,0
1900	33,3	177,9	177,9	33,3	0,0	0,0	0,0
2000	32,1	142,8	142,8	25,0	0,0	0,0	0,0
2100	30,9	109,0	109,0	18,1	0,0	0,0	0,0
2200	29,6	101,3	101,3	16,4	0,0	0,0	0,0
2300	28,4	98,7	98,7	15,4	0,0	0,0	0,0
Total		2780,5	2780,5	532,4	0,0	0,0	0,0

Πίνακας 5.13: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιουλίου.

Hour	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kW)	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Electric Equip-ment (kW)	Lighting (kW)
0000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1
0100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1
0200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1
0300	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1
0400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
0500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
0600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
0700	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,1
0800	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	7,9	6,0
0900	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	7,7
1000	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	7,7
1100	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	7,2
1200	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	7,2
1300	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	7,2
1400	0,0	0,0	1,7	1,7	5,0	9,2	7,2
1500	0,0	0,0	1,7	1,7	5,0	9,2	7,2
1600	0,0	0,0	1,7	1,7	5,0	9,2	7,2
1700	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	7,5
1800	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	8,0
1900	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	8,0
2000	0,0	0,0	2,5	2,5	5,0	9,2	8,5
2100	0,0	0,0	1,0	1,0	5,0	1,5	3,1
2200	0,0	0,0	1,0	1,0	5,0	1,5	3,1
2300	0,0	0,0	1,0	1,0	5,0	1,5	3,1
Total	0,0	0,0	30,5	30,5	78,0	124,9	106,0

Πίνακας 5.14 :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.

Hour	Dry-Bulb Temp	Terminal Cool-	Terminal Cool-	Terminal Unit	Terminal Heat-	Terminal Heat-	Terminal Unit
------	---------------	----------------	----------------	---------------	----------------	----------------	---------------

	(°C)	ing Coil Load (kW)	ing Eqpt Load (kW)	Clg Input (kW)	ing Coil Load (kW)	ing Eqpt Load (kW)	Htg Input (kW)
0000	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0100	8,1	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,7
0200	7,3	0,0	0,0	0,0	5,2	5,2	1,3
0300	6,9	0,0	0,0	0,0	6,8	6,8	1,7
0400	6,5	0,0	0,0	0,0	8,4	8,4	2,1
0500	6,2	0,0	0,0	0,0	9,8	9,8	2,4
0600	5,9	0,0	0,0	0,0	24,8	24,8	6,2
0700	5,9	0,0	0,0	0,0	51,8	51,8	13,4
0800	6,7	0,0	0,0	0,0	148,5	148,5	25,0
0900	7,9	0,0	0,0	0,0	139,7	139,7	24,1
1000	9,2	0,0	0,0	0,0	127,0	127,0	22,4
1100	10,3	0,0	0,0	0,0	116,6	116,6	21,0
1200	11,0	0,0	0,0	0,0	108,3	108,3	19,9
1300	11,3	0,0	0,0	0,0	105,3	105,3	19,7
1400	11,4	0,0	0,0	0,0	103,9	103,9	19,6
1500	11,2	0,0	0,0	0,0	46,1	46,1	12,3
1600	10,6	0,0	0,0	0,0	50,7	50,7	13,5
1700	9,8	0,0	0,0	0,0	123,0	123,0	22,1
1800	8,8	0,0	0,0	0,0	133,1	133,1	23,5
1900	7,8	0,0	0,0	0,0	143,3	143,3	24,7
2000	6,9	0,0	0,0	0,0	152,5	152,5	26,5
2100	5,9	0,0	0,0	0,0	162,9	162,9	30,1
2200	4,9	0,0	0,0	0,0	13,7	13,7	3,7
2300	4,0	0,0	0,0	0,0	16,4	16,4	4,5
Total		0,0	0,0	0,0	1800,4	1800,4	340,2

Πίνακας 5.15: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού συστήματος VRV κατά την διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου.

Hour	Terminal Unit Aux. Htg. Load (kW)	Terminal Unit Aux. Htg. Input (kW)	Ventilation Fan (kW)	Exhaust Fan (kW)	Terminal Fan (kW)	Electric Equipment (kW)	Lighting (kW)
0000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
0100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
0200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
0300	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3
0400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3
0500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3
0600	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3
0700	0,0	0,0	2,0	2,0	5,0	2,9	8,6
0800	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
0900	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
1000	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
1100	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	12,9
1200	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	12,9

1300	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	12,9
1400	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	12,9
1500	0,0	0,0	3,4	3,4	5,0	8,3	16,9
1600	0,0	0,0	3,4	3,4	5,0	8,3	16,9
1700	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
1800	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
1900	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
2000	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
2100	0,0	0,0	15,5	15,5	5,0	8,3	21,3
2200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3
2300	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3
Total	0,0	0,0	195,4	195,4	76,1	121,5	266,7

Πίνακας 5.16 : Συνολικά φορτία ψύξης και θέρμανσης για το σύστημα κλιματισμού VRF

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1400 COOLING OA DB / WB 32,4 °C / 20,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -2,7 °C / -5,1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	439 m ²	75135	-	439 m ²	-	-
Wall Transmission	848 m ²	2022	-	848 m ²	6958	-
Roof Transmission	1661 m ²	7696	-	1661 m ²	7973	-
Window Transmission	439 m ²	8300	-	439 m ²	29049	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	35 m ²	16234	-	35 m ²	8783	-
Floor Transmission	722 m ²	0	-	722 m ²	3340	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	8609 W	7963	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	8283 W	7654	-	0	0	-
People	456	26099	25596	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	-	151102	25596	-	56102	0
Zone Conditioning	-	162612	25596	-	55651	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	9154 L/s	15542	-	9154 L/s	-15542	-
Ventilation Load	9154 L/s	73608	-23640	9154 L/s	277964	0
Ventilation Fan Load	9154 L/s	15542	-	9154 L/s	-15542	-
Space Fan Coil Fans	-	5024	-	-	-5024	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	272329	1957	-	297506	0
Terminal Unit Cooling	-	277634	1648	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	310573	-
>> Total Conditioning	-	277634	1648	-	310573	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

5.4 Σχεδιαστική ανάλυση συστήματος κλιματισμού με γεωθερμική αντλία θερμότητας

Το τελευταίο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτό της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ανοιχτού κυκλώματος. Το σύστημα χρησιμοποιήθηκε στο ίδιο ακριβώς κτίριο με τα προηγούμενα συστήματα ώστε να γίνει σωστή σύγκριση των 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.

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

Πίνακας 5.17 :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Month	Precool Load (kWh)	Coil	Precool Load (kWh)	Eqpt	Precool Cig Input (kWh)	Unit	Preheat Load (kWh)	Coil	Preheat Input (kWh)	Coil	WSHP Coil Load (kWh)	Cooling	WSHP Cooling Load (kWh)	Eqpt
January	0		0		0		35256		35256		0		0	
February	0		0		0		32602		32602		0		0	
March	0		0		0		23578		23578		0		0	
April	0		0		0		8511		8511		0		0	
May	7897		7874		958		2328		2328		39925		39705	
June	28600		23070		2892		6077		6077		54830		54353	
July	15976		15976		2168		3420		3420		62650		59144	
August	16315		16315		2161		4250		4250		59929		56525	
September	16435		14692		1734		5045		5045		39563		39319	
October	0		0		0		6584		6584		0		0	
November	0		0		0		22679		22679		0		0	
December	0		0		0		28163		28163		0		0	
Total	85225		77928		9912		178493		178493		256896		249045	

Πίνακας 5.18 :Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά την διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Month	WSHP Compressor (kWh)	Cig	WSHP Coil Load (kWh)	Heating	WSHP Heating Load (kWh)	Eqpt	WSHP Compressor (kWh)	Htg	WSHP Aux Htg Load (kWh)	WSHP Input (kWh)	Aux Htg	WSHP Aux Htg Input (kWh)	Humidifier Load (kWh)
January	0		13123		12026		2318		1097		1097		3998
February	0		9544		8992		1814		552		552		3927
March	0		4654		4517		1001		137		137		2222
April	0		1331		1331		317		0		0		20
May	8975		0		0		0		0		0		0
June	12048		0		0		0		0		0		0

July	13022	0	0	0	0	0	0
August	12453	0	0	0	0	0	0
September	8853	0	0	0	0	0	0
October	0	1532	1532	361	0	0	4
November	0	4518	4458	975	60	60	97
December	0	11433	10718	2092	715	715	804
Total	55352	46135	43574	8877	2561	2561	11071

Πίνακας 5.19 :Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια του έτους σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Month	Ventilation Fan (kWh)	Exhaust Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)	WSHP Water Pump Loop (kWh)	Lighting (kWh)	Electric Equipment (kWh)
January	3584	0	2425	2113	6012	3818
February	4152	0	2173	1958	6264	3430
March	4738	0	2369	1854	7065	3794
April	2564	0	2273	828	4993	3713
May	4573	0	2345	1443	5132	3798
June	4542	0	2282	1620	4752	3673
July	947	0	2382	1879	3287	3872
August	947	0	2365	1738	3287	3872
September	4378	0	2268	1382	4680	3676
October	4573	0	2345	974	6914	3798
November	4542	0	2289	1839	6798	3673
December	3419	0	2412	2128	5861	3821
Total	42959	0	27927	19757	65044	44937

Πίνακας 5.20:Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Preheat Load (kW)	Coil	Preheat Coil Input (kW)	WSHP Heating Coil Load (kW)	WSHP Heating Load (kW)	Eqpt Heating Load (kW)	WSHP Compressor Htg (kW)	WSHP Aux Htg Load (kW)
0000	8,9	0,0		0,0	0	0	0	0	0
0100	8,1	0,0		0,0	2,7	2,7	0,7	0	0
0200	7,3	0,0		0,0	5,1	5,1	1,2	0	0
0300	6,9	0,0		0,0	6,8	6,8	1,6	0	0
0400	6,5	0,0		0,0	8,4	8,4	2	0	0
0500	6,2	0,0		0,0	9,7	9,7	2,3	0	0
0600	5,9	0,0		0,0	22,8	22,8	4,7	0	0
0700	5,9	47,3		47,3	5,2	5,2	1,1	0	0
0800	6,7	139,8		139,8	8,1	8,1	1,6	0	0
0900	7,9	127,2		127,2	14	14	2,6	0	0
1000	9,2	112,8		112,8	14,6	14,6	2,8	0	0
1100	10,3	101,4		101,4	15,4	15,4	3	0	0
1200	11,0	93,6		93,6	14,6	14,6	2,9	0	0
1300	11,3	90,6		90,6	14,4	14,4	2,9	0	0
1400	11,4	89,4		89,4	14,2	14,2	2,9	0	0
1500	11,2	44,6		44,6	2,9	2,9	0,7	0	0
1600	10,6	47,6		47,6	3,7	3,7	0,8	0	0

1700	9,8	106,8	106,8	15,9	15,9	3,1	0
1800	8,8	117,6	117,6	15,2	15,2	3	0
1900	7,8	128,4	128,4	14,7	14,7	2,9	0
2000	6,9	138,0	138,0	14,3	14,3	2,8	0
2100	5,9	148,8	148,8	13,9	13,9	2,7	0
2200	4,9	0,0	0,0	13,6	13,6	3,1	0
2300	4,0	0,0	0,0	16,3	16,3	3,6	0
Total		1534,3	1534,3	266,5	266,5	54,9	0

Πίνακας 5.21: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της 23ης Ιανουαρίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

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	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
0100	8,1	0,0	0,0	0,0	3,0	0,3	0,3
0200	7,3	0,0	0,0	0,0	3,0	0,3	0,3
0300	6,9	0,0	0,0	0,1	3,0	0,3	0,3
0400	6,5	0,0	0,0	0,1	3,0	0,3	0,3
0500	6,2	0,0	0,0	0,1	3,0	0,3	0,3
0600	5,9	0,0	0,0	0,2	3,0	0,3	0,3
0700	5,9	2,0	0,0	5,0	3,0	8,6	2,9
0800	6,7	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
0900	7,9	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
1000	9,2	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
1100	10,3	15,5	0,0	5,0	3,0	12,9	8,3
1200	11,0	15,5	0,0	5,0	3,0	12,9	8,3
1300	11,3	15,5	0,0	5,0	3,0	12,9	8,3
1400	11,4	15,5	0,0	5,0	3,0	12,9	8,3
1500	11,2	3,4	0,0	5,0	3,0	16,9	8,3
1600	10,6	3,4	0,0	5,0	3,0	16,9	8,3
1700	9,8	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
1800	8,8	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
1900	7,8	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
2000	6,9	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
2100	5,9	15,5	0,0	5,0	3,0	21,3	8,3
2200	4,9	0,0	0,0	0,1	3,0	0,3	0,3
2300	4,0	0,0	0,0	0,1	3,0	0,3	0,3
Total		195,4	0,0	76,2	70,0	266,7	121,5

Πίνακας 5.22: Προσομοίωση αποτελεσμάτων κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της 23ης Ιουλίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Hour	Dry-Bulb Temp (°C)	Precool Coil Load (kW)	Precool Coil Eqpt Load (kW)	Precool Clg Input (kW)	Unit Cooling Coil Load (kW)	WSHP Cooling Coil Load (kW)	Eqpt Cooling Load (kW)	WSHP Compressor Clg (kW)
0000	27,9	0,0	0,0	0,0	27,5	27,5	6,3	
0100	27,0	0,0	0,0	0,0	23,1	23,1	5,3	
0200	26,1	0,0	0,0	0,0	13,5	13,5	3,1	
0300	25,6	0,0	0,0	0,0	9,8	9,8	2,3	

0400	25,0	0,0	0,0	0,0	3,8	3,8	0,9
0500	24,7	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	0,4
0600	24,7	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	0,4
0700	26,0	0,0	0,0	0,0	39,9	39,9	9,4
0800	27,6	0,0	0,0	0,0	92,8	92,8	21
0900	29,1	61,9	61,9	7,8	151,1	140	30,4
1000	30,6	60,5	60,5	7,9	151,3	139,2	30,3
1100	31,9	68,4	68,4	9,1	157,0	145,9	31,6
1200	33,1	70,0	70,0	9,6	153,5	141,5	30,7
1300	34,1	71,4	71,4	10,0	152,5	141,4	30,7
1400	34,8	50,7	50,7	7,4	146,8	139,4	30,3
1500	35,2	51,4	51,4	7,6	154,1	147,4	31,9
1600	35,3	32,5	32,5	5,0	154,6	147,8	32
1700	35,1	44,9	44,9	6,7	152,8	147,6	32
1800	34,4	42,2	42,2	6,2	155,7	146,3	31,7
1900	33,3	38,0	38,0	5,5	140,9	132	28,9
2000	32,1	33,6	33,6	4,8	109,7	101,7	22,7
2100	30,9	4,8	4,8	0,7	101,9	91,3	20,4
2200	29,6	4,1	4,1	0,6	97,5	86,7	19,4
2300	28,4	3,4	3,4	0,5	94,5	84,2	18,9
Total		637,6	637,6	89,3	2287,4	2145,8	471,1

Πίνακας 5.23: Προσομοίωση αποτελεσμάτων εξαερισμού, φωτισμού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της 23ης Ιουλίου σε σύστημα με γεωθερμική αντλία θερμότητας.

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	27,9	0,0	0,0	0,3	3,0	0,1	0,3
0100	27,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,1	0,3
0200	26,1	0,0	0,0	0,2	3,0	0,1	0,3
0300	25,6	0,0	0,0	0,1	3,0	0,1	0,3
0400	25,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,1	0,3
0500	24,7	0,0	0,0	0,0	3,0	0,1	0,3
0600	24,7	0,0	0,0	0,0	3,0	0,1	0,3
0700	26,0	0,0	0,0	0,5	3,0	0,1	0,3
0800	27,6	0,0	0,0	1,2	3,0	6	7,9
0900	29,1	2,5	0,0	5,0	3,0	7,7	9,2
1000	30,6	2,5	0,0	5,0	3,0	7,7	9,2
1100	31,9	2,5	0,0	5,0	3,0	7,2	9,2
1200	33,1	2,5	0,0	5,0	3,0	7,2	9,2
1300	34,1	2,5	0,0	5,0	3,0	7,2	9,2
1400	34,8	1,7	0,0	5,0	3,0	7,2	9,2
1500	35,2	1,7	0,0	5,0	3,0	7,2	9,2
1600	35,3	1,7	0,0	5,0	3,0	7,2	9,2
1700	35,1	2,5	0,0	5,0	3,0	7,5	9,2
1800	34,4	2,5	0,0	5,0	3,0	8	9,2
1900	33,3	2,5	0,0	5,0	3,0	8	9,2

2000	32,1	2,5	0,0	5,0	3,0	8,5	9,2
2100	30,9	1,0	0,0	5,0	3,0	3,1	1,5
2200	29,6	1,0	0,0	5,0	3,0	3,1	1,5
2300	28,4	1,0	0,0	5,0	3,0	3,1	1,5
Total		30,5	0,0	78,3	73,1	106	124,9

Πίνακας 5.24: Συνολικά φορτία σχεδίασης ψύξης και θέρμανσης για την Γ.Α.Θ.

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1200 COOLING OA DB / WB 29,5 °C / 19,7 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -2,7 °C / -5,1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	439 m ²	79409	-	439 m ²	-	-
Wall Transmission	848 m ²	1971	-	848 m ²	6954	-
Roof Transmission	1661 m ²	5770	-	1661 m ²	7969	-
Window Transmission	439 m ²	5650	-	439 m ²	29035	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	35 m ²	19647	-	35 m ²	8779	-
Floor Transmission	722 m ²	-1	-	722 m ²	3338	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	8609 W	7869	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	8283 W	7562	-	0	0	-
People	466	25248	26101	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	-	153124	26101	-	56075	0
Zone Conditioning	-	164357	26101	-	56100	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	9154 L/s	0	-	9154 L/s	0	-
Ventilation Load	9154 L/s	55456	-24262	9154 L/s	262430	84972
Ventilation Fan Load	9154 L/s	15542	-	9154 L/s	-15542	-
Space Fan Coil Fans	-	5038	-	-	-5038	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	240393	1839	-	297950	84972
Cooling Coil	-	77570	0	-	0	0
Heating Coil	-	0	-	-	247443	-
Terminal Unit Cooling	-	167597	1266	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	63546	-
Humidification Load	-	-	0	-	-	84972
>> Total Conditioning	-	245168	1266	-	310989	84972
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

5.5 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 τρία συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύθηκαν επαρκώς σε προηγούμενες ενότητες και κεφάλαια. Με την χρήση του λογισμικού λοιπόν θα δούμε

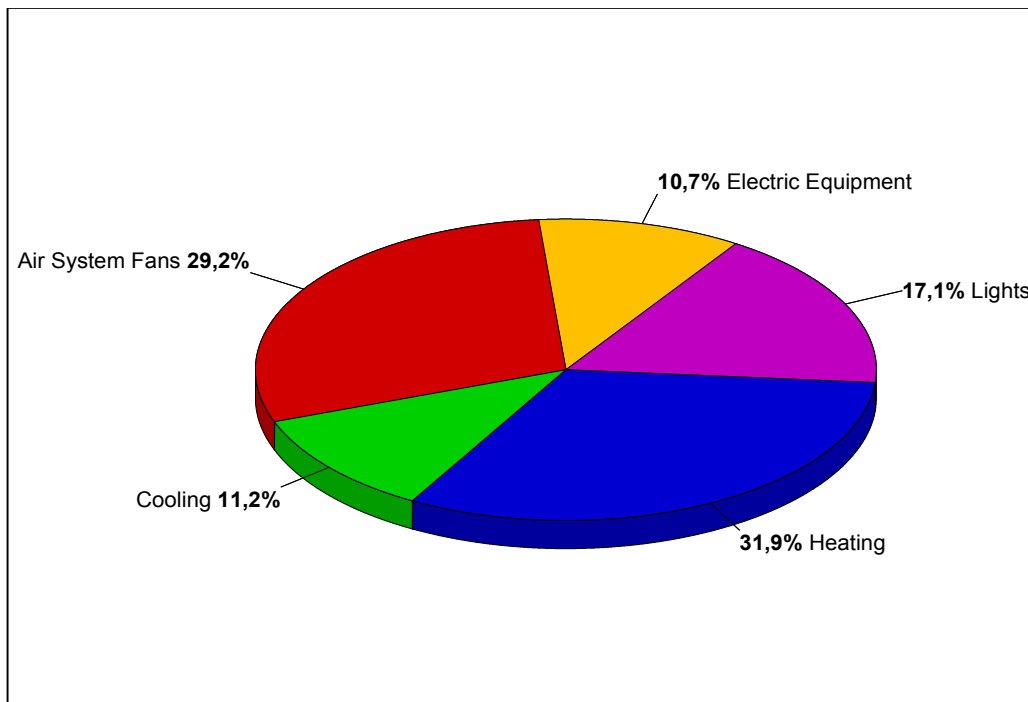
ακριβώς τα ποσά που θα πρέπει να δαπανηθούν για την ψύξη, την θέρμανση και τον αερισμό των χώρων του κτιρίου. Επίσης πέρα από κόστη που αφορούν τον κλιματισμό του κτιρίου προσομοιώνονται μέσα από το λογισμικό και τα κόστη για φωτισμό και για ηλεκτρικό εξοπλισμό που θα είναι ίδια για τα τρία συστήματα. 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 τριών συστημάτων και καταλήγουμε σε συμπεράσματα σχετικά με το πιο από τα τρία μας παρέχει τα απαιτούμενα ποσά ψύξης, θέρμανσης και αερισμού στο χαμηλότερο κόστος.

5.5.1 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για σύστημα κλιματισμού με αντλία θερμότητας αέρα -νερού.

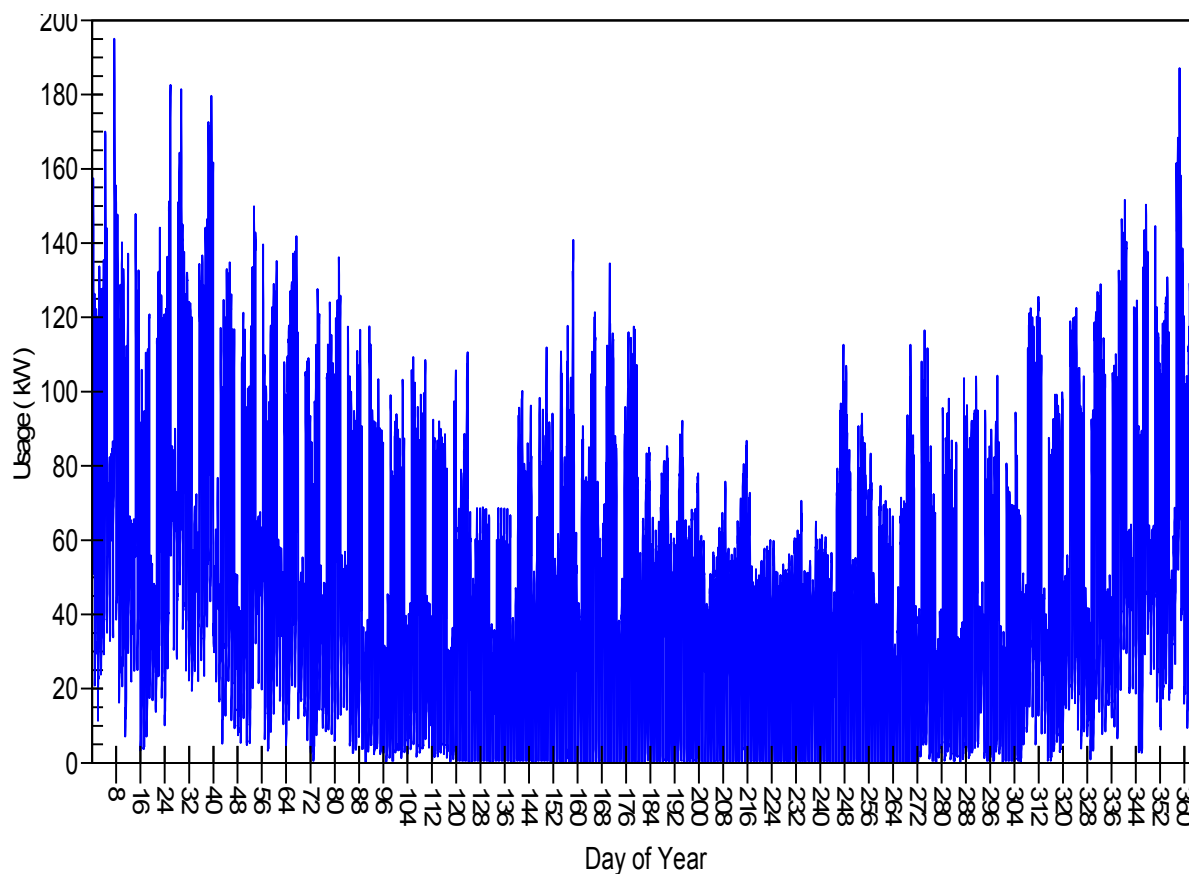
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη κατανάλωσης ενέργειας από όλα τα μέρη του συστήματος, καθώς επίσης και το ποσοστό που καταναλώνει κάθε ένα από αυτά τα μέρη ως προς την συνολική κατανάλωση. Στην συνέχεια αυτά τα ποσοστά παρουσιάζονται και σε μορφή γραφήματος για να έχουμε μία πιο οπτική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

Πίνακας 5.25: Ετήσια κόστη του συστήματος κλιματισμού με αντλία θερμότητας αέρα-νερού

Component	Air Water Heat Pump (€)	Air Water Heat Pump (€/m²)	Air Water Heat Pump (%)
Air System Fans	13.635	8,211	29,2
Cooling	5.208	3,136	11,2
Heating	14.862	8,951	31,9
Pumps	0	0,000	0,0
Heat Rejection Fans	0	0,000	0,0
HVAC Sub-Total	33.705	20,298	72,2
Lights	7.980	4,806	17,1
Electric Equipment	4.973	2,995	10,7
Misc. Electric	0	0,000	0,0
Misc. Fuel Use	0	0,000	0,0
Non-HVAC Sub-Total	12.953	7,801	27,8
Grand Total	46.657	28,098	100,0



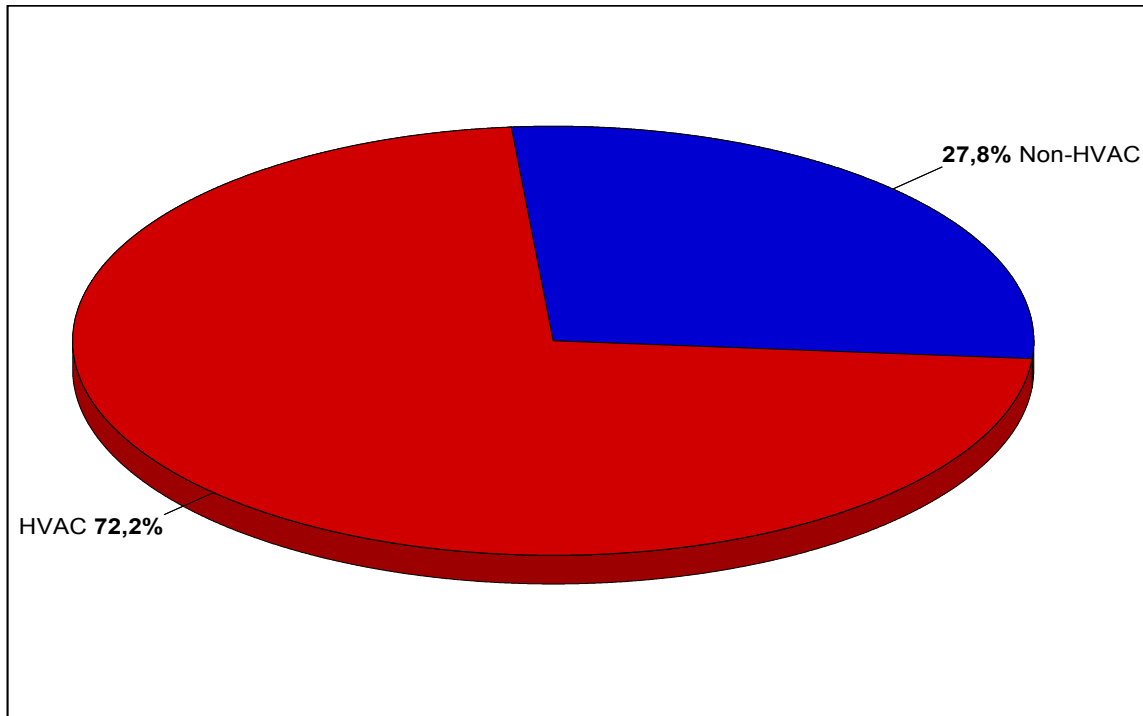
Σχήμα 5.1: Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος



Σχήμα 5.2: Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών)

Πίνακας 5.26: Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
HVAC	33.705	20,298	72,2
Non-HVAC	12.953	7,801	27,8
Grand Total	46.657	28,098	100,0



Σχήμα 5.3: Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία

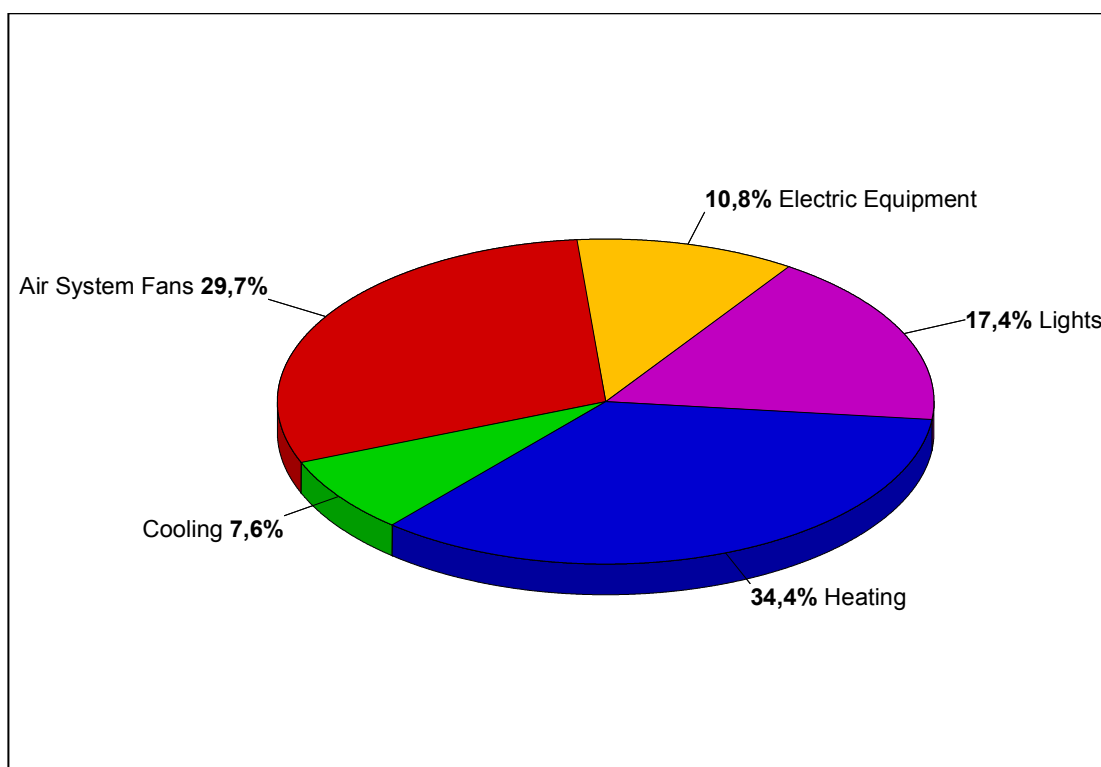
5.5.2 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για το σύστημα VRF

Όπως και στην περίπτωση του προηγούμενου συστήματος έτσι και στο σύστημα VRV 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.

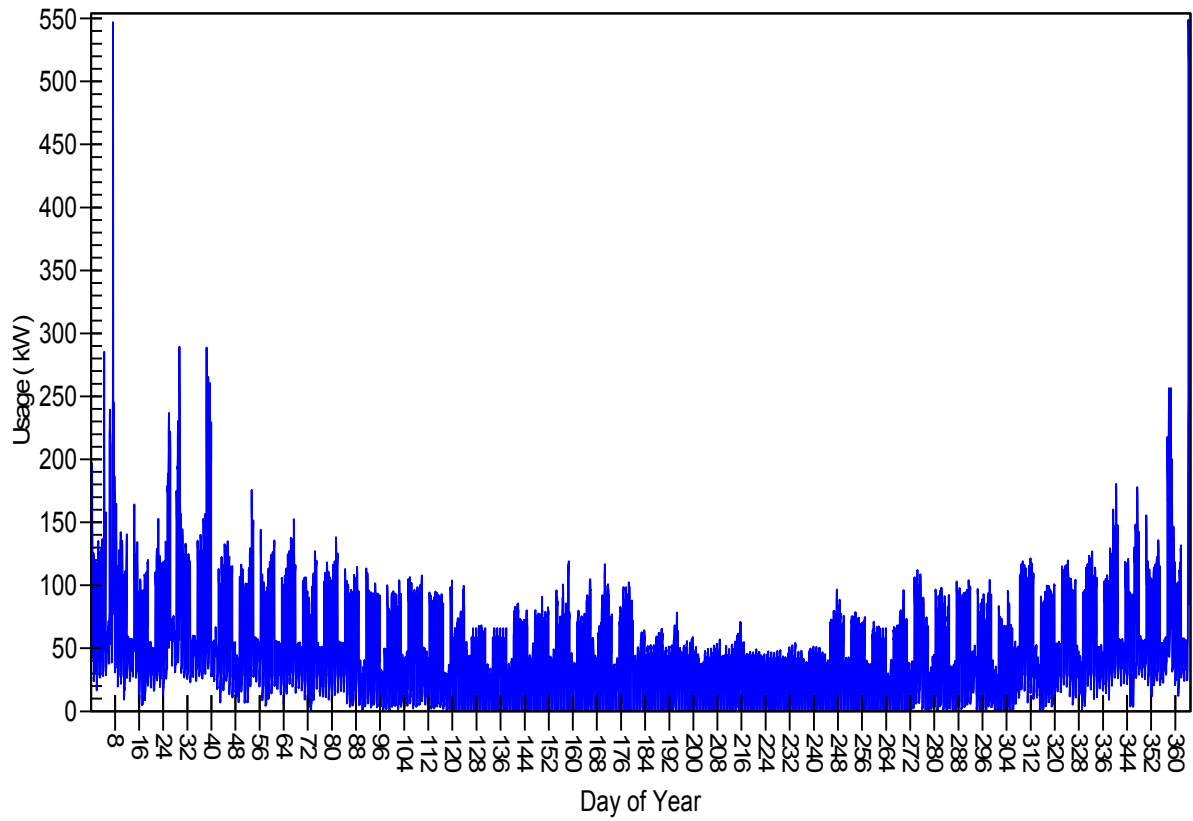
Πίνακας 5.27: Ετήσια κόστη του συστήματος με VRF

Component	Annual Cost (€)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
Air System Fans	13.653	8,222	29,7
Cooling	3.502	2,109	7,6
Heating	15.825	9,530	34,4

Pumps	0	0,000	0,0
Heat Rejection Fans	0	0,000	0,0
HVAC Sub-Total	32.979	14,219	71,8
Lights	7.984	4,808	17,4
Electric Equipment	4.977	2,997	10,8
Misc. Electric	0	0,000	0,0
Misc. Fuel Use	0	0,000	0,0
Non-HVAC Sub-Total	12.961	7,805	28,2
Grand Total	45.940	27,666	100,0



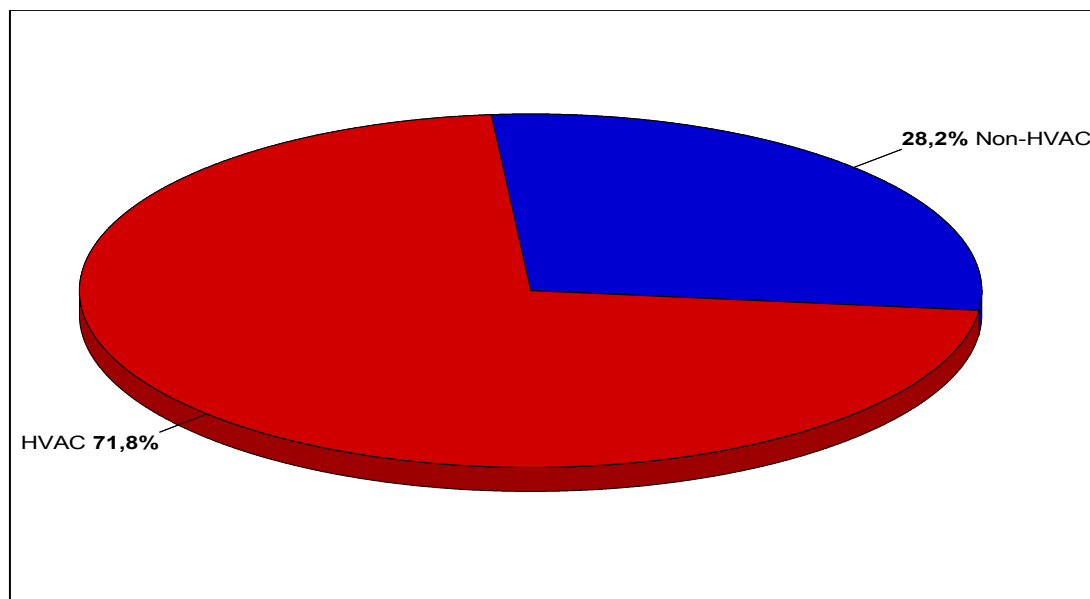
Σχήμα 5.4: Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος



Σχήμα 5.5 : Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών)

Πίνακας 5.28: Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
HVAC	32.979	19,861	71,8
Non-HVAC	12..961	7,805	28,2
Grand Total	45.940	27,666	100,0



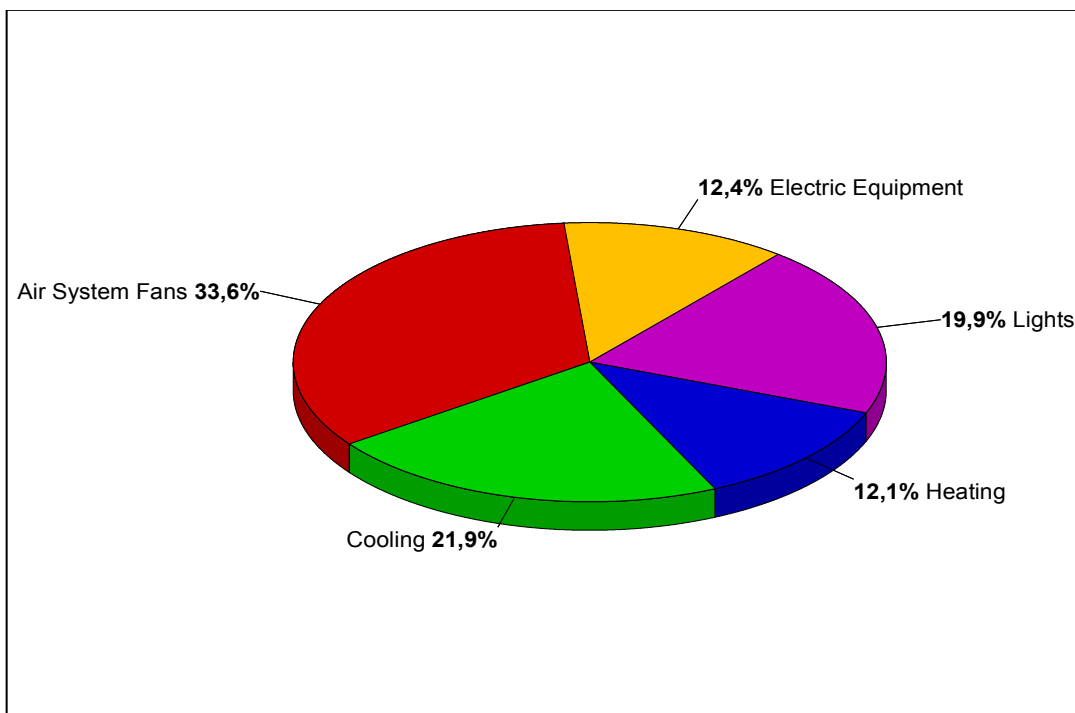
Σχήμα 5.6: Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία

5.5.3 Ετήσια κόστη και κατανάλωση ενέργειας για σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις έτσι και εδώ 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 5.29: Ετήσια κόστη του συστήματος με γεωθερμία

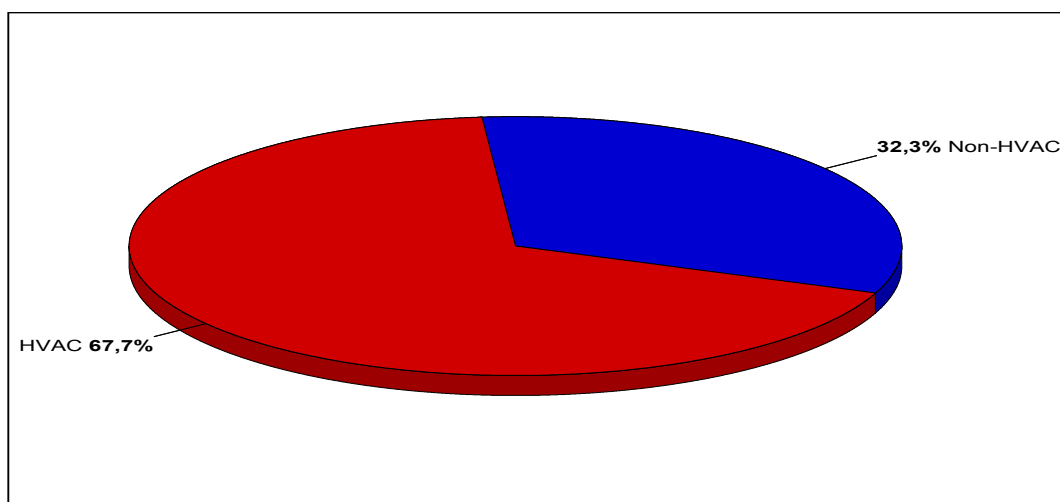
Component	Annual Cost (€)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
Air System Fans	13.460	8,106	33,6
Cooling	8.803	5,301	21,9
Heating	4.872	2,934	12,1
Pumps	0	0	0
Heat Rejection Fans	0	0	0
HVAC Sub-Total	27.135	16,342	67,7
Lights	7.993	4,813	19,9
Electric Equipment	4.978	2,998	12,4
Misc. Electric	0	0	0
Misc. Fuel Use	0	0	0
Non-HVAC Sub-Total	12.971	7,812	32,3
Grand Total	40.106	24,153	100,0



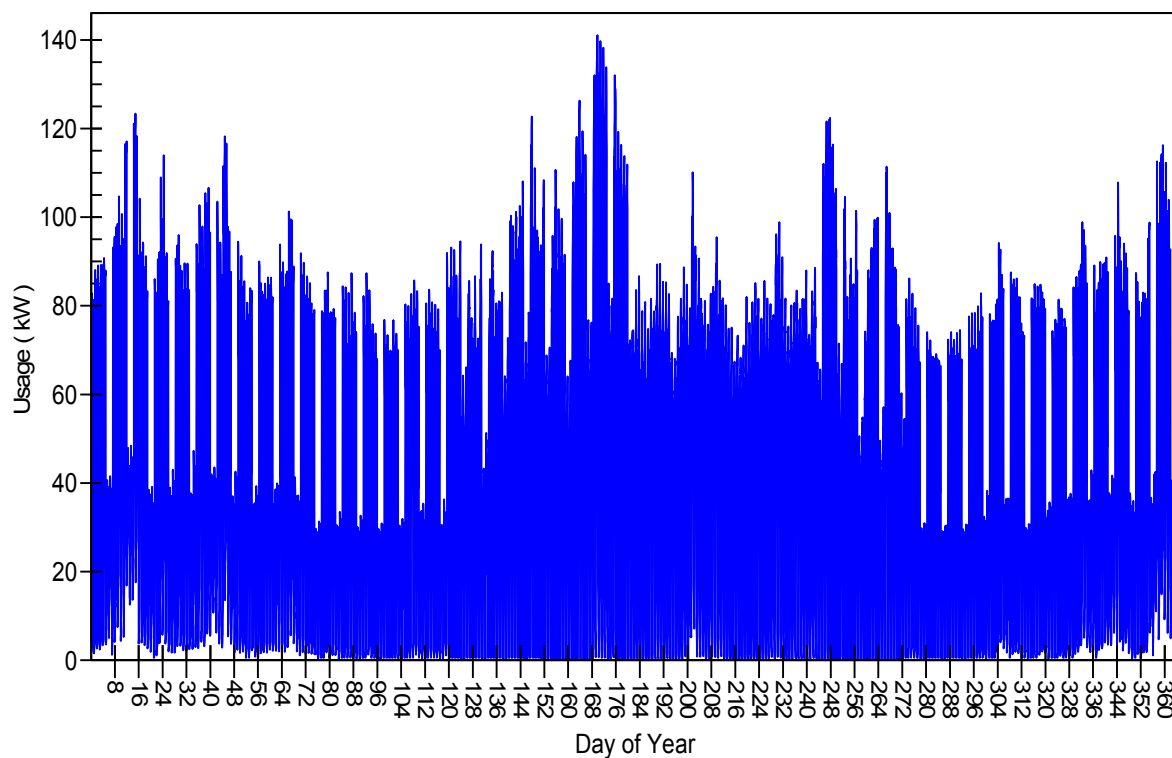
Σχήμα 5.7: Αναπαράσταση ποσοστών καταναλώσεων σε μορφή γραφήματος

Πίνακας 5.30: Ετήσια κατανάλωση για κλιματισμό και άλλα φορτία

Component	Annual Cost (€/yr)	(€/m ²)	Percent of Total (%)
HVAC	27.135	16,342	67,7
Non-HVAC	12.971	7,811	32,3
Grand Total	40.106	24,153	100,0



Σχήμα 5.8: Γράφημα ετήσιων καταναλώσεων για κλιματισμό και άλλα φορτία



Σχήμα 5.9 : Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια του έτους (365 ημερών)

5.6 Σύγκριση κόστους κλιματισμού των τριών συστημάτων

Όπως μπορούμε να δούμε από τους παραπάνω πίνακες καθώς και από τα γραφήματα το κόστος για τον κλιματισμό του κτιρίου είναι χαμηλότερο στην περίπτωση του συστήματος με γεωθερμική αντλία ανοιχτού κυκλώματος σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα που παρουσιάστηκαν. Το ετήσιο κόστος κατανάλωσης στην περίπτωση του συστήματος με VRV είναι 45.940 €, στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας αέρα-νερού είναι 46.657 € ενώ στην τρίτη περίπτωση της γεωθερμικής αντλίας το ετήσιο κόστος είναι 40.106€. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι για το συγκεκριμένο κτίριο το σύστημα κλιματισμού με γεωθερμία λειτουργεί πολύ πιο αποδοτικά και με αρκετά χαμηλότερο ετήσιο κόστος λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Συμπεράσματα

Μετά την ανάλυση των συστημάτων κλιματισμού, των προδιαγραφών του ΚΕ.Ν.Α.Κ καθώς και των χαρακτηριστικών του κτιρίου και του λογισμικού όπως επίσης και της τεχνοοικονομικής μελέτης που περιγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια προέκυψαν μερικά συμπεράσματα τα οποία θα αναλυθούν στο παρών κεφάλαιο.

Αρχικά, ένας κύριος λόγος διεξαγωγής της παρούσας μελέτης αποτελεί η οικονομική σύγκριση των τριών συστημάτων κλιματισμού ώστε να έχουμε την δυνατότητα κάλυψης των απαιτούμενων ενεργειακών αναγκών του κτιρίου, με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο κεφάλαιο 5, δηλαδή ότι το κόστος της ετήσιας λειτουργίας του κτιρίου με χρήση συστήματος κλιματισμού τύπου VRV είναι 45.940 €, ενώ αντίστοιχα το κόστος με τη χρήση συστήματος κλιματισμού με γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 40.106 € και το κόστος με τη χρήση της αντλίας θερμότητας αέρα-νερού είναι 46.657 € μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα.

Αρχικά μπορούμε να αντιληφθούμε ότι το σύστημα που αποδίδει καλύτερα στο συγκεκριμένο κτίριο είναι το σύστημα με τη χρήση γεωθερμίας καθώς το ετήσιο κόστος κατανάλωσης είναι αισθητά χαμηλότερο από τα άλλα δύο συστήματα κλιματισμού.

Όπως γνωρίζουμε η φυσική ροή της θερμότητας γίνεται από τις ψηλότερες στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι μία μηχανή η οποία προκαλεί τη ροή θερμότητας προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη φυσική της τάση. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την αποθηκευμένη στο έδαφος ηλιακή ενέργεια. Η συγκεκριμένη τεχνολογία βασίζεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία μετά από κάποιο βάθος παραμένει πρακτικά αμετάβλητη κατά τη διάρκεια του χρόνου, θερμότερη από τον εξωτερικό αέρα το χειμώνα και ψυχρότερη το καλοκαίρι. Η γεωθερμική αντλία εκμεταλλεύεται αυτό το γεγονός μεταφέροντας την αποθηκευμένη στο έδαφος ή στα υπόγεια νερά στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι λειτουργεί αντίθετα, μεταφέροντας τη θερμότητα έξω από το κτίριο πίσω στο έδαφος. Όλες αυτές οι μηχανές, αντί να παράγουν θερμότητα, μεταφέρουν την υφιστάμενη θερμότητα από ένα χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας σε ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Συνεπώς το γεωθερμικό

σύστημα λειτουργεί με υψηλότερες αποδόσεις καθώς η γεωθερμική αντλία εκμεταλλεύεται την σταθερή θερμοκρασία του εδάφους που είναι πιο ευνοϊκή σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος που εκμεταλλεύονται τα άλλα δύο συστήματα.

Επιπλέον εκτός από την χαμηλή τιμή κόστους λειτουργίας, το σύστημα με την γεωθερμία προσφέρει απόλυτο έλεγχο στη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Έχει υψηλό βαθμό απόδοσης και είναι αξιόπιστο σε ακραίες συνθήκες θέρμανσης και δροσισμού.

Τέλος άλλο ένα πλεονέκτημα που προσφέρει η γεωθερμία σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα είναι η μεγάλη εξοικονόμηση χώρου καθώς χρειάζεται μόνο μία μικρή και συμπαγής αντλία για θέρμανση και ψύξη και δεν απαιτεί συντήρηση εξοπλισμού.

6.2 Προτάσεις

Αρχικά στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου εξετάζοντας τρία 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 γεωθερμίας που αποδείχθηκε το πιο αποδοτικό στην συγκεκριμένη εργασία.

Επίσης στην συγκεκριμένη εργασία τα συστήματα λειτουργούσαν με ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς μπορεί να γίνει παρόμοια εργασία με συστήματα που λειτουργούν με άλλες μορφές ενέργειας όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο και να γίνει σύγκριση μεταξύ τους για το ποιο σύστημα είναι το πιο αποδοτικό. Θα ήταν σημαντική παράλειψη να μην αναφερθεί η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην επιφάνεια του δώματος, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Άλλη μία πρόταση είναι η εγκατάσταση αυτοματισμών τοπικής εμβέλειας όπως αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες φωτισμού, ρυθμιστές φωτισμού, χρονοδιακόπτες αλλά και συστήματος κεντρικής διαχείρισης (BMS). Έχει διαπιστωθεί ότι η εγκατάσταση συστήματος κεντρικής διαχείρισης επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό από 10% -35 % ανάλογα με το είδος της χρήσης του κτιρίου.

Μπορούν ακόμα να γίνουν και συνδυασμοί συστημάτων με σκοπό να πετύχουμε μια καλύ-

τερη ενεργειακά απόδοση.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν πόσο σημαντική είναι η ενεργειακή επιθεώρηση στο τριτογενή τομέα. Εάν αναλογιστούμε ότι το συγκεκριμένο κτίριο είναι του 2013 μπορούμε να φανταστούμε πόσο σημαντική θα είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σε παλαιότερα κτίρια και βέβαια ανοίγονται νέες προοπτικές για μελλοντικά κτίρια μη εξαρτώμενα από συμβατικές τεχνολογίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συγγράμματα

1. Α. Ασημακόπουλος, Κ. Διακουμάτος, Ν. Σεκεριάδης (2002), Εγκαταστάσεις Κλιματισμού ΙΙ, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
2. Μ. Βραχόπουλος (2000), Ψυκτικές διατάξεις, ΙΩΝ, Αθήνα.
3. Σ.Ν. Λέγγας, Ν.Ι. Παρίκος (1992), θέρμανση, αερισμός, κλιματισμός, ΙΩΝ, Αθήνα.
4. Α. Μαχιάς (2002), Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις, Ζαμπάρα.
5. Κ. Μπαλαράς, Π. Μπίμης, Κ. Θεοφύλακτος (2002), Εγκαταστάσεις Κλιματισμού Ι, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
6. Σ. Περδίδος (2006), Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών, Σέλκα-4Μ ΕΠΕ, Αθήνα.
7. Β. Η. Σελλούντος (2002), Θέρμανση-Κλιματισμός Μελέτη-Κατασκευή-Εγκαταστάσεις-Υλικά-Δίκτυα-Εξοπλισμός, τόμος Α, Γ΄ έκδοση ΤεΚΔΟΤΙΚΗ ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ, Αθήνα.
8. ASHRAE Handbook (2009), Fundamentals, American Society of Heating Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Inc., Atlanta, USA.
9. Banks, D. (2012), An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling, 2nd Edition, Wiley-Blackwell.
10. Lang, P. (1997), Αρχές Κλιματισμού, ΙΩΝ, Αθήνα.
11. McQuinston F.C., J.D. Parker, J.D. Splitter. (2004), Heating, Ventilation, and Air conditioning: Analysis and Design, 6th Edition, Wiley.
12. Ochsner K. (2008), Geothermal Heat Pumps: A guide for planning and installing, Earthscan.

Επιστημονικά άρθρα-Δημοσιεύσεις

1. Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Δ6/Β/οικ. 5825/09-04-2010 (ΦΕΚ Β΄ 407) «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)».
2. Α.Γ. Γαγλία (2009), Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων– Κτίριο Αναφοράς, Προσυνεδριακή Εκδήλωση «Εξοικονόμηση & Διαχείριση Ενέργειας στα Κτίρια», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας & Περιφερειακό Τμήμα Νομού Κέρκυρας του ΤΕΕ. Κέρκυρα, Ιούλιος.
3. Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Ανάπτυξης, 1η Έκθεση για το μακροχρόνιο ενεργ-

- γιακό σχεδιασμό της Ελλάδας, 2008-2020, Μέρος Ι- σελ 16/86 και 33/86.
4. Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο, Συνθήκη της Λειτουργίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Λισαβόνα: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2010.
 5. Π. Κάπρου, Ενεργειακή πολιτική για την Ελλάδα: σύγκλιση ή απόκλιση από την Ευρωπαϊκή προοπτική;, Καθηγητής ΕΜΠ.
 6. Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών. Εκπαιδευτικό υλικό, Α. Επιθεώρηση κτιρίων. Θεματική ενότητα: ΔΕ4. Τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Α' έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος 2011.
 7. Χ. Κουτρούλης, Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός.
 8. “Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης, Μέρος 1ο : Μεθοδολογία και τεχνικές”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2000.
 9. Μ. Παλαμίτζογλου, “Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων εφαρμογή στο κτίριο γενικών αποθηκών Ελλάδος στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης”, Διπλωματική εργασία τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2010.
 10. Α. Παμπουρίδης, “Συγκριτική μελέτη κόστους εγκατάστασης τριών συστημάτων κλιματισμού σε κτίριο γραφείων”, Διπλωματική εργασία τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2012.
 11. Κ.Τ. Παπακώστας, Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού. Κανόνες για την ορθολογική χρήση της ενέργειας στη θέρμανση και ψύξη., Κτίριο, τεύχος 2009-7 (Ειδικό τεύχος αφιερωμένο στην Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική), σελ. 124-132.
 12. Παπακώστας Κ.Τ., Μιχόπουλος Α.Κ., Συστήματα κλιματισμού – Σύγκριση και επιλογή, Κτίριο, τεύχος 2014-5, σελ. 69-76.
 13. Μ. Σανταμούρης, Εξοικονόμηση ενέργειας στο κτιριακό τομέα στην Ελλάδα, ΚΑΠΕ-ΕΚΠΑ, Αθήνα, http://www.iene.gr/energydevelopment2011/articlefiles/6session_partA/sadamouris.pdf
 14. TOTEE 20701-1. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Β' έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα, 2012.
 15. TOTEE 20701-2. Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτιρίων, Α' έκδοση, ΤΕΕ, Αθήνα, 2010.
 16. ΥΠΑΝ, Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης. Στα πλαίσια της Οδηγίας 2006/32/ΕΚ. Αθήνα, Ιούνιος 2008.
 17. A. Alahmer, S. Alsaqoor, Simulation and optimization of multi-split variable refrigerant flow systems.
 18. Mendrinou D., Karagiorgas M., Karytsas C., “Use of Geothermal Heat Pumps for Heating and Cooling of Buildings in Greece, presented in the OPET – Low Temperature Systems in Existing/ Historical Buildings Workshop, Maastricht, the Netherlands, March 2002.
 19. 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>
 20. <https://www.ahi-carrier.gr/el/hourly-analysis-program/>

21. <http://www.anadrasi.com/geothermia.php>
22. <http://www.eneroots.gr/el/geothermia/geothermikes-antlies-thermotitas>
23. <http://www.ypan.gr/ape>