



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου με χρήση λογισμικών

Διπλωματική Εργασία

Μπανιάς Ιωάννης

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Οκτώβριος 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου με χρήση λογισμικών

Διπλωματική Εργασία

Μπανιάς Ιωάννης

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Οκτώβριος 2023



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Building energy analysis using software

Diploma Thesis

Banias Ioannis

Supervisor: Bargiotas Dimitrios

October 2023

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων

Μπαργιώτας Δημήτριος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Δασκαλοπούλου Ασπασία

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Φεύγας Αθανάσιος

Μέλος ΕΔΙΠ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών

Μπανιάς Ιωάννης

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

Banias Ioannis

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στην σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μπαργιώτα Δημήτριο για την καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Δασκαλοπούλου Ασπασία και τον κύριο Φεύγα Αθανάσιο που δέχθηκαν να γίνουν μέλη της τριμελούς επιτροπής της παρούσας διπλωματικής.

Οφείλω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κύριο Ζημέρη Δημήτριο που μου πρόσφερε πολύτιμη βοήθεια για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση και υπομονή κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Ενεργειακή ανάλυση κτιρίου με χρήση λογισμικών

Μπανιάς Ιωάννης

Περίληψη

Μαζί με την τεχνολογική εξέλιξη αυξάνονται και οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει νόμους με σκοπό την καλύτερη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας στον κτιριακό τομέα που επιφέρει ταυτόχρονα εκτός από οικονομικά οφέλη και περιβαλλοντικά. Η Ελλάδα, ως χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει θεσπίσει των Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), βάση του οποίου ορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον σχεδιασμό ενός κτιρίου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η μελέτη ενός κτιρίου τριτογενούς τομέα που περιλαμβάνει γραφεία και χώρους ενοικίασης ετήσιας διαμονής. Η υλοποίηση της μελέτης αυτής έγινε με την χρήση των λογισμικών:

- Dialux v4.13: για την φωτοτεχνική μελέτη
- 4m FINE-HVAC: για την μελέτη κλιματισμού και αερισμού
- PV SOL 2023: για την μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος
- 4m GCAD: για τον υπολογισμό συντελεστών σκιασμού και θερμογεφυρών
- PV SOL 2023: για την μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος
- 4m FINE-ELEC: για την ηλεκτρολογική μελέτη

Τέλος, έγινε σύγκριση δύο διαφορετικών σεναρίων στο πρόγραμμα TEE-KENAK για την εύρεση του ενεργειακά αποδοτικότερου συστήματος κλιματισμού, αερισμού και κτιριακού κελύφους. Η επιλογή του ενεργειακά αποδοτικότερου κτιρίου θα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκτασιν στην προστασία του περιβάλλοντος.

Building energy analysis using software

Banias Ioannis

Abstract

Along with the technological development, the demands on electricity also increase. Thus, the European Union establishes laws which aim for better management of electricity in the building sector and brings at the same time apart from economic and environmental benefits. Greece, as a country of the European Union, has established the Regulation of Energy Performance of Buildings (K.EN.A.K.), based on which the minimum specifications for the design of a building are defined. This thesis analyzes the study of a tertiary sector building that includes offices and rental spaces for annual residence. The implementation of this study was done using the software:

- Dialux v4.13: for the photo technical study
- 4m FINE-HVAC: for the study of air conditioning and ventilation
- PV SOL 2023: for the study of the photovoltaic system
- 4m GCAD: to calculate shading factors and thermal bridges
- PV SOL 2023: for the study of the photovoltaic system
- 4m FINE-ELEC: for electrical design

Finally, two different scenarios were compared in the TEE-KENAK program to find out the most energy efficient air conditioning, ventilation and building envelope system. Choosing the most energy-efficient building will result in energy savings and, by extension, in environmental protection.

Πίνακας περιεχομένων

<i>Ευχαριστίες</i>	<i>xiii</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>xv</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>xvii</i>
<i>Πίνακας περιεχομένων</i>	<i>xix</i>
<i>Κατάλογος εικόνων</i>	<i>xxiii</i>
<i>Κατάλογος πινάκων</i>	<i>xxvii</i>
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής.....	1
1.2 Μεθοδολογία.....	2
1.3 Οργάνωση της διπλωματικής.....	3
Κεφάλαιο 2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)	4
2.1 Εισαγωγή	4
2.2 Κτίριο Αναφοράς	4
2.3 Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης	5
2.4 Κλιματιστικές Ζώνες της ελληνικής επικράτειας.....	6
2.5 Κατηγορίες Κτιρίων	8
2.6 Θερμικές Ζώνες Ζωνών Κτιρίου	10
2.7 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας του κτιρίου	10
2.8 Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων.....	11
2.8.1 Θερμοκρασία εσωτερικών χώρων	11
2.8.2 Σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων	12
Κεφάλαιο 3 ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	13
3.1 Εισαγωγή	13
3.2 Φωτοτεχνική μελέτη με τη χρήση λογισμικού Dialux	14

Κεφάλαιο 4 Κλιματιστικές Μονάδες Θέρμανσης, Ψύξης και Αερισμού	17
4.1 Εισαγωγή	17
4.2 Αντλία Θερμότητας	17
4.3 Σύστημα Άμεσης Εκτόνωσης (VRF-VRV).....	19
4.4 Αερισμός	20
4.4.1 Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα-ΚΚΜ	20
4.4.2 Μηχανικός αερισμός με εναλλάκτη	20
Κεφάλαιο 5 Συστήματα Αυτοματισμού.....	22
5.1 Εισαγωγή	22
5.2 Κατηγορίες διατάξεων ελέγχου & αυτοματισμών	22
5.2.1 Αυτοματισμός Μονάδας Παραγωγής	22
5.2.2 Αυτοματισμός Δικτύου Διανομής	23
5.2.3 Έλεγχος Αερισμού και Νυχτερινός Δροσισμός	23
5.3 Αυτοματισμοί Φωτισμού	24
5.4 Αυτοματισμοί κτιρίου μελέτης.....	25
Κεφάλαιο 6 Ανάλυση κτιριακού κελύφους και επίλυση σεναρίων Κλιματισμού.....	27
6.1 Εισαγωγή	27
6.2 Κέλυφος	27
6.2.1 Θερμογέφυρες.....	27
6.2.2 Σκιασμός.....	28
6.2.3 Δομικά Στοιχεία	31
6.2.4 Σενάριο Κελύφους 1	32
6.2.5 Σενάριο Κελύφους 2	32
6.3 Επίλυση Μελέτης Αερισμού-Κλιματισμού με διαφορετικούς τρόπους	33
6.3.1 Σενάριο Κλιματισμού 1	33
6.3.2 Σενάριο Κλιματισμού 2	36
6.3.3 Σύγκριση των Σεναρίων Κλιματισμού	42
Κεφάλαιο 7 Μελέτη Φωτοβολταϊκού Συστήματος Κτιρίου	44
7.1 Αρχή λειτουργίας Φωτοβολταϊκών Πάνελ.....	44
7.2 Τύποι Φωτοβολταϊκών Πάνελ	44

7.3 Μελέτη Φωτοβολταϊκού Συστήματος	45
Κεφάλαιο 8 Δημιουργία Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.....	49
8.1 Μελέτη Σκίασης και υπολογισμός Θερμογεφυρών	49
8.2 Ζεστό Νερό Χρήσης	51
8.3 Δημιουργία Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου	53
8.3.1 Σενάριο 1	53
8.3.2 Σενάριο 2	58
8.3.3 Σύγκριση Αποτελεσμάτων	61
8.3.4 Μελέτη Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης	65
Κεφάλαιο 9 Σύνοψη και Συμπέρασμα	68
Βιβλιογραφία	70
Παράρτημα	72
Αρχιτεκτονικά Σχέδια κτιρίου μελέτης.....	72

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης	6
Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών	8
Εικόνα 3: Κάτοψη γραφείου B8 όπως απεικονίζεται στο λογισμικό Dialux	16
Εικόνα 4: Συνοπτικό φύλλο αποτελεσμάτων	16
Εικόνα 5: Βασική αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας	18
Εικόνα 6: Τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού στο χώρο	24
Εικόνα 7: Τρόπος λειτουργίας αισθητήρα παρουσίας.....	25
Εικόνα 8: Ύπαρξη Θερμογεφυρών στο Κτίριο.	28
Εικόνα 9: Απεικόνιση της γωνίας α που σχηματίζει εμπόδιο σε διαφανή και αδιαφανή στοιχεία.	29
Εικόνα 10: Απεικόνιση της γωνίας β που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια διαφανούς και αδιαφανούς στοιχείου.	30
Εικόνα 11: Απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή με την κατακόρυφη επιφάνεια διαφανούς και αδιαφανούς στοιχείου.....	31
Εικόνα 12: Χαρακτηριστικά αερόψυκτης αντλίας Daikin.	34
Εικόνα 13: Χαρακτηρίστηκα τοπικών αντλιών νην	35
Εικόνα 14: Χαρακτηρίστηκα εναλλακτών Daikin	36
Εικόνα 15: Χαρακτηρίστηκα γεωθερμικής αντλίας Logatherm WPS	38
Εικόνα 16: Χαρακτηρίστηκα Υδρόψυκτης αντλίας Daikin	39
Εικόνα 17: Επίλυση Ψυχομετρίας για ψύξη	40
Εικόνα 18: Ψυχομετρικός χάρτης για Ψύξη	40
Εικόνα 19: Επίλυση Ψυχομετρίας για θέρμανση	40
Εικόνα 20: Ψυχομετρικός χάρτης για θέρμανση	41
Εικόνα 21: Υπολογισμός απόστασης φ/β πάνελ για την αποφυγή σκίασης.....	46
Εικόνα 22: Κάτοψη τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του κτιρίου μελέτης	47

Εικόνα 23: Μονογραμμικό διάγραμμα Φωτοβολταϊκών με τη χρήση αντιστροφέα Fronius Symo hybrid 4.0 (επάνω) και με τη χρήση αντιστροφέα Μονογραμμικό διάγραμμα Φωτοβολταϊκών με τη χρήση αντιστροφέα Fronius Symo hybrid 5.0 (κάτω).....	48
Εικόνα 24: Τοιχοποιία πλήρωσης στο πρόγραμμα 4m enka	49
Εικόνα 25: Ορισμός θερμογεφυρών ενός στοιχείου στο πρόγραμμα 4m GCAD NG	50
Εικόνα 26: Ζώνες κτιριακού κελύφους - ΜΘΧ	50
Εικόνα 27: Χαρακτηρίστηκα Δεξαμενής Αποθήκευσης ZNX	51
Εικόνα 28: Χαρακτηρίστηκα Ηλιακού Συλλέκτη	52
Εικόνα 29: Χαρακτηρίστηκα Αντλία θερμότητας παραγωγής ZNX.....	52
Εικόνα 30: Θερμογέφυρες Κτιριακού Κελύφους	53
Εικόνα 31: Συντελεστής Υπερδιαστασιολόγησης αντλιών θερμότητας.....	54
Εικόνα 32: Ζώνη 1 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK.....	55
Εικόνα 33: Ζώνη 1 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK	55
Εικόνα 34: Ζώνη 2 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK.....	56
Εικόνα 35: Ζώνη 2 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK	56
Εικόνα 36: Ζώνη 3 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK.....	57
Εικόνα 37: Ζώνη 3 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK	57
Εικόνα 38: Ζώνη 1 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK.....	58
Εικόνα 39: Ζώνη 1 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK	59
Εικόνα 40: Ζώνη 2 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK.....	59
Εικόνα 41: Ζώνη 2 σύστημα Ψύξης σε TEE-KENAK	60
Εικόνα 42: Ζώνη 3 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK.....	60
Εικόνα 43: Ζώνη 3 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK	61
Εικόνα 44: Αποτελέσματα κτιρίου σεναρίου 1 με χρήση γραφείων	62
Εικόνα 45: Αποτελέσματα κτιρίου σεναρίου 1 με χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας	62
Εικόνα 46: Αποτελέσματα κτιρίου σεναρίου 2 με χρήση γραφείων	63
Εικόνα 47: Αποτελέσματα σεναρίου 2 με χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας	64
Εικόνα 48: Πίνακας διανομής φορτίων ΧΑ1	65
Εικόνα 49: Γενικός Πίνακας Κτιρίου-GH.P	66
Εικόνα 50: Χαρακτηριστικά Υποσταθμού	67
Εικόνα 51: Κάτοψη 2 ^{ου} Υπογείου	72

Εικόνα 52:Κάτοψη 1 ^{ου} Υπογείου	73
Εικόνα 53:Κάτοψη Ισογείου/Πιλωτής	74
Εικόνα 54:Κάτοψη Α' Ορόφου	75
Εικόνα 55:Κάτοψη Β' Ορόφου	76
Εικόνα 56:Κάτοψη Γ' Ορόφου	77
Εικόνα 57:Κάτοψη Δ' Ορόφου	78
Εικόνα 58:Κάτοψη Ε' Ορόφου	79
Εικόνα 59:Κάτοψη ΣΤ' Ορόφου	80
Εικόνα 60:Κάτοψη Ζ' Ορόφου	81
Εικόνα 61:Κάτοψη Η' Ορόφου	82

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων	5
Πίνακας 2: Νομοί σε κάθε κλιματική ζώνη	7
Πίνακας 3: Κατηγορίες κτιρίων	8
Πίνακας 4: Στάθμη γενικού φωτισμού κτιρίου αναφοράς ανά χρήση σύμφωνα με το EN 12464-1 2011	14
Πίνακας 5: Συνολικά ψυκτικά και θερμικά Φορτία χώρων για σενάριο κελύφους 2	34
Πίνακας 6: Συνολικά ψυκτικά και θερμικά Φορτία χώρων για σενάριο κελύφους 1	36
Πίνακας 7: Εμπειρικός Πίνακας εύρεσης μανομετρικού ύψους	42
Πίνακας 8: Συνολική απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια Σεναρίων Κλιματισμού	43
Πίνακας 9: Απαιτούμενα καλώδια για την σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος	48
Πίνακας 10: Μέσα προστασίας ανάλογα με το είδος φορτίου	65
Πίνακας 11: Πίνακας ετεροχρονισμών	66

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Στην σύγχρονη εποχή υπάρχει ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας καθώς η εισχώρηση της τεχνολογίας στην καθημερινότητα του ανθρώπου αυξάνεται έτσι αυξάνεται και η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από ορυκτά καύσιμα και ένα μικρό ποσοστό (>10%) καλύπτει από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας- καθαρή ενέργεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ελληνική κυβέρνηση να θεσπίζει νόμους με στόχο της μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Μία αρκετά ενεργοβόρα κατηγορία αποτελεί ο κτιριακός τομέας, η ελληνική κυβέρνηση έχει θεσπίσει νόμους με σκοπό τα νέα κτίρια να είναι πολύ χαμηλής ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ωστόσο, εκτός από τα περιβαλλοντικά ζητήματα, υπάρχει και οικονομικό όφελος από την ενεργειακή απόδοση διότι με μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται το ίδιο αποτέλεσμα. Επιπλέον, για να επιτευχθεί μία τόσο χαμηλή κατανάλωση κρίνεται απαραίτητη η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα, σε κτίρια τριτογενούς τομέα.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ενεργειακή μελέτη ενός κτιρίου γραφείων και χώρων ενοικίασης ετήσιας λειτουργίας, όπου τα αρχιτεκτονικά του σχέδια παρουσιάζονται στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής. Η ενεργειακή μελέτη αποτελείται από την επιλογή συστημάτων κλιματισμού και αερισμού, από την φωτοτεχνική μελέτη, την μελέτη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και την επιλογή συστημάτων αυτοματισμού. Η επίλυση θα γίνει με την χρήση προγραμμάτων που αξιοποιούν τους αντίστοιχους αλγορίθμους για την εύρεση του βέλτιστου συστήματος για κάθε χρήση. Τέλος, ως στόχο έχουμε την δημιουργία ενός κτιρίου που κατατάσσεται τουλάχιστον στην κατηγορία Α όπως ορίζει η TOTEE 2017.

1.2 Μεθοδολογία

1. Μελετήθηκαν η τοποθέτηση λαμπτήρων στους χώρους του κτιρίου μελέτης, τα συστήματα κλιματισμού και αερισμού, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος για την μέγιστη απόδοση του.
2. Ο υπολογισμός των απαιτήσεων των συστημάτων κλιματισμού και αερισμού έγινε με την χρήση του προγράμματος 4m FINE-HVAC. Συγκρίθηκαν 2 σενάρια κλιματισμού για να βρεθεί ενεργειακά το πιο οικονομικό.
3. Η φωτοτεχνική μελέτη έγινε με τη χρήση του προγράμματος Dialux v4.13 και αυτό είχε ως αποτέλεσμα την μείωση κατανάλωσης ενέργειας καθώς ο φωτισμός αποτελεί ένα αρκετά ενεργοβόρο σύστημα.
4. Η μελέτη φωτοβολταϊκού συστήματος έγινε με τη χρήση του προγράμματος PV SOL 2023 και έχει ως σκοπό την βελτιστοποίηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάνελ.
5. Τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου συγκρίνονται με το πρότυπο που ορίζει η TOTEE 2017 με την χρήση του λογισμικού TEE-KENAK και κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία.

1.3 Οργάνωση της διπλωματικής

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια περιγραφή του Κανονισμού Ενεργειακή Απόδοσης Κτιρίων και παρουσιάζονται οι παράμετροι που συμβάλουν στην ενεργειακή κατάταξη ενός κτιρίου.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η φωτοτεχνική μελέτη των χώρων του κτιρίου με τη χρήση του προγράμματος Dialux v4.13.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται οι διαφορετικοί τύποι συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.

Στο Κεφάλαιο 5 περιγράφονται οι τύποι διατάξεων αυτοματισμού που χρησιμοποιούνται στα κτίρια τριτογενούς τομέα και αναλύονται τα συστήματα αυτοματισμού που θα χρησιμοποιηθούν στο κτίριο μελέτης.

Στο Κεφάλαιο 6 αναλύονται τα στοιχεία που αποτελούν το κτιριακό κέλυφος και τα 2 σενάρια που υλοποιήθηκαν. Επιπλέον, γίνεται επίλυση 2 συστημάτων κλιματισμού και αερισμού και στη συνέχεια γίνεται σύγκριση της ηλεκτρικής τους κατανάλωσης.

Στο Κεφάλαιο 7 περιγράφεται η αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πάνελ, οι τύποι τους και γίνεται η μελέτη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος με τη χρήση του λογισμικού PV SOL 2023.

Στο Κεφάλαιο 8 πραγματοποιήθηκε η μελέτη σκίασης και ο υπολογισμός θερμογεφυρών, η επιλογή συστημάτων για ζεστό νερό χρήσης και η ενεργειακή επίλυση 2 σεναρίων με τη χρήση του λογισμικού TEE-KENAK.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 9 αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν και γίνεται μία ανασκόπηση της διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

2.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την περιορισμένη ενέργεια έχει οδηγήσει την Ευρωπαϊκή Ένωση στη θεσμοθέτηση ενός πλαισίου ενεργειακής πολιτικής. Η Ελλάδα, ως όφειλε απέναντι στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εναρμόνισε την νομοθεσία με την κοινοτική οδηγία 2002/91/ΕΚ περί ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Συνεπώς, βάση νόμου υπήρξε και η έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων καθώς και τη δημιουργία νέων με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Από τον Οκτώβριο του 2010, όλα τα νέα κτίρια ή κτίρια που είναι υπό ανακαίνιση πρέπει να εκδώσουν Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης το οποίο εντάσσει το κτίριο τουλάχιστον σε κατηγορία Β. Από τον Ιανουάριο του 2011, ανάγκη έκδοσης Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης έχουν και τα κτίρια προς πώληση και τα κτίρια που ενοικιάζονται για πρώτη φορά. Αφού έχουν συλλεχθεί όλα τα απαραίτητα δεδομένα από τον μελετητή, εκτελούνται οι υπολογισμοί με τη χρήση του λογισμού TEE-KENAK και στη συνέχεια εκδίδεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης [1].

2.2 Κτίριο Αναφοράς

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. ως κτίριο αναφοράς ορίζεται ένα κτίριο με παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτό που μελετάμε. Δηλαδή, έχει ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το κτίριο υπό μελέτη. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και σε χαρακτηριστικά του κελύφους. Συνεπώς, ανάλογα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου υπό μελέτη, το κατατάσσουμε και στην αντίστοιχη κατηγορία.

2.3 Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Εικόνα 1) είναι η κατάταξη του κτιρίου σε σχέση με την ενεργειακή κατανάλωση και τις ενεργειακές απώλειες του. Το κτίριο μελέτης αποτελεί κτίριο μικτής χρήσης- γραφείων και ενοικιαζόμενων δωματίων-και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έκδοση ξεχωριστών πιστοποιητικών για κάθε χρήση. Οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

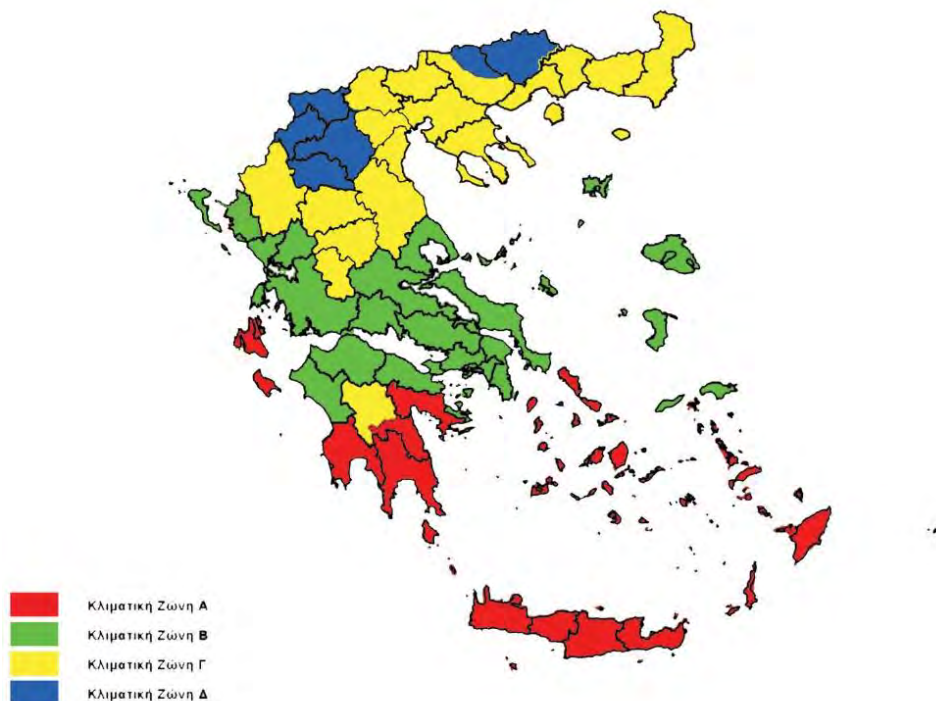
Ο δείκτης R_R είναι ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (R_R) και αποτελεί το κριτήριο για την κατάταξη του κτιρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης. Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω

ΔΤ: ΔΑ:		Α.Π. Α.Α.	
ΧΡΗΣΗ: Κτίριο ☐ Τμήμα κτίριου ☐ Αριθμός διαμερισμάτων: Κλιματική ζώνη: Διεύθυνση: Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Οργανωμένη επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:		(Φωτογραφία κτιρίου)	
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ			
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ EP ≤ 10 kWh/m ² A+ 10 kWh/m ² < EP ≤ 15 kWh/m ² A 15 kWh/m ² < EP ≤ 20 kWh/m ² B+ 20 kWh/m ² < EP ≤ 25 kWh/m ² B 25 kWh/m ² < EP ≤ 30 kWh/m ² B- 30 kWh/m ² < EP ≤ 35 kWh/m ² C+ 35 kWh/m ² < EP ≤ 40 kWh/m ² C 40 kWh/m ² < EP ≤ 45 kWh/m ² C- 45 kWh/m ² < EP ≤ 50 kWh/m ² D+ 50 kWh/m ² < EP ≤ 55 kWh/m ² D 55 kWh/m ² < EP ≤ 60 kWh/m ² D- 60 kWh/m ² < EP ≤ 65 kWh/m ² E+ 65 kWh/m ² < EP ≤ 70 kWh/m ² E 70 kWh/m ² < EP ≤ 75 kWh/m ² F+ 75 kWh/m ² < EP ≤ 80 kWh/m ² F 80 kWh/m ² < EP ≤ 85 kWh/m ² F- 85 kWh/m ² < EP ≤ 90 kWh/m ² G+ 90 kWh/m ² < EP ≤ 95 kWh/m ² G 95 kWh/m ² < EP ≤ 100 kWh/m ² G-		B	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ			
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΟΡΑΦΟΣ [kWh/m²]: Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m²]: Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m²]: Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO₂ [kgCO₂/m²]:			
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ			
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂ Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m ²]: Κόστος [€/kWh]: Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]: Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kg/m ²]: Θερμική άνεση ☐ Οπτική άνεση ☐ Ακουστική άνεση ☐ Ποιότητα αέρα ☐			

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ				
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Συντελεστής στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)		
Ηλεκτρική	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ΖΗΧ ☐	
	Φωτισμός ☐			
	Σύστημα ☐			
Θερμική ενέργεια	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ΖΗΧ ☐	
	Φωτισμός ☐			
	Σύστημα ☐			
Άλλες	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ΖΗΧ ☐	
	Φωτισμός ☐			
	Σύστημα ☐			
Άλλες	Θέρμανση ☐	Ψύξη ☐	ΖΗΧ ☐	
	Φωτισμός ☐			
	Σύστημα ☐			
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m²] Θέρμανση: Ψύξη: Σύνολο: Συνολικό Ετήσιο Χρήσιμα (ΣΕΧ) [kWh/m²]: Φωτισμός: ΑΠΕ & ΣΗΘ (-):				
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ				
1. 2. 3.				
Αριθμός συστήματος	Εκτιμώμενο αυξημένο κόστος επένδυσης (€)	Ετήσια μείωση ετήσιων πρωτογενών ενεργειών και των εκπομπών CO ₂ (kWh/m ²)	Ετήσια μείωση ετήσιων πρωτογενών ενεργειών και των εκπομπών CO ₂ (%)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών CO ₂ (kg/m ²)
1				
2				
3				
* Η εξοικονόμηση ενέργειας και των εκπομπών αφορά την καλή επίδοση σύστημα και το ποσοστό εξοικονόμησης εξαρτάται από το είδος μείωσης εκπομπών CO ₂ που γίνεται και την τεχνολογία συστήματος.				
Παραπομπή εκδόσεων ΠΕΑ: Ονοματεπώνυμο Επιστημονική: Α.Μ. Επιστημονική:				Σημειώσεις: Υπογραφή:

Πίνακας 2: Νομοί σε κάθε κλιματική ζώνη

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



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών

2.5 Κατηγορίες Κτιρίων

Στον κτιριοδομικό κανονισμό καθορίζονται οι βασικές κατηγορίες των κτηρίων και οι επιμέρους υποκατηγορίες (χρήσεις). Ο διαχωρισμός τους σε κατηγορίες είναι αναγκαίος καθώς κάθε κτίριο έχει διαφορές ενεργειακές απαιτήσεις ανάλογα με τη χρήση του Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Κατηγορίες κτιρίων

Βασικές Κατηγορίες κτιρίων	Χρήσεις κτιρίων 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

Ωστόσο, κάποιες κατηγορίες εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ. και αυτές είναι [2]:

- μνημεία,
- κτίρια προστατευόμενα ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής τους αξίας, όπως διατηρητέα και εντός παραδοσιακών οικισμών κτίρια, στο βαθμό που η συμμόρφωση προς ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης θα αλλοίωνε κατά τρόπο μη αποδεκτό το χαρακτήρα ή την εμφάνισή τους,
- κτήρια χρησιμοποιούμενα ως χώροι λατρείας,
- βιομηχανικές εγκαταστάσεις, βιοτεχνίες, εργαστήρια,
- προσωρινής χρήσης κτίρια που με βάση το σχεδιασμό τους η διάρκεια χρήσης τους δεν υπερβαίνει τα δύο (2) έτη, αποθήκες, χώροι στάθμευσης οχημάτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, κτήρια αγροτικών χρήσεων – πλην κατοικιών – με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και αγροτικά κτίρια – πλην κατοικιών – που χρησιμοποιούνται από τομέα καλυπτόμενο από εθνική συμφωνία που αφορά την ενεργειακή απόδοση κτιρίων,

- μεμονωμένα κτίρια, με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια μικρότερη από πενήντα τετραγωνικά μέτρα (50 τ.μ.), για τα οποία ισχύουν μόνο οι ελάχιστες απαιτήσεις που αφορούν σε δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους.

2.6 Θερμικές Ζώνες Ζωνών Κτιρίου

Το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες για την καλύτερη εκτίμηση της ενεργειακής του απόδοσης. Θερμικές ζώνες είναι οι χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Ο καθορισμός ανεξάρτητων και διαφορετικών θερμικών ζωνών γίνεται σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες [1],[4]:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία. Για παράδειγμα, στο κτίριο μελέτης υπάρχουν χώροι γραφείων και ενοικιαζόμενων δωματίων. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτήριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες. Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτήριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι, στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

2.7 Ωράριο και περίοδος λειτουργίας του κτιρίου

Ανάλογα με την χρήση του κτιρίου έχει καθοριστεί ένα συγκεκριμένο τυπικό ωράριο λειτουργίας ώστε να καθοριστεί η ενεργειακή του απόδοση. Σε περιπτώσεις κτιρίων με πολλές παράλληλες χρήσεις, όταν οι χρήσεις αυτές αντιμετωπίζονται ως ανεξάρτητες θερμικές ζώνες- όπως στο κτίριο υπό μελέτη- καθορίζονται για κάθε χρήση χωριστά και ανεξάρτητα από τη βασική κατηγορία και τη γενική χρήση του κτιρίου. Όμως, η γενική

χρήση του κτιρίου καθορίζει την μηνιαία περίοδο λειτουργίας για όλες τις επιμέρους παράλληλες χρήσεις. Για τους υπολογισμούς θερμικών και ψυκτικών φορτίων ενός κτιρίου, λαμβάνονται συγκεκριμένοι περίοδοι για τη θέρμανση και ψύξη ανάλογα με την κλιματιστική ζώνη [1]:

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

2.8 Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων

Στόχος των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης είναι η δημιουργία ενός θερμικά ισορροπημένου περιβάλλοντος για τους χρήστες του. Δηλαδή, κάθε σύστημα κλιματισμού πρέπει να επιτυγχάνει θερμική άνεση. Η θερμική άνεση επηρεάζεται από τη σχετική υγρασία και θερμοκρασία του αέρα, την ένδυση και δραστηριότητα των χρηστών, την ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα και την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού. Από τις παραπάνω συνθήκες παραμένουν σχετικά σταθερές οι παράμετροι ένδυσης και δραστηριότητας των χρηστών και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα. Συνεπώς, οι παράγοντες που διαμορφώνουν την ύπαρξη θερμικής άνεσης σε ένα χώρο είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα [2],[5].

2.8.1 Θερμοκρασία εσωτερικών χώρων

Καθώς η θερμική άνεση είναι υποκειμενική, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου μπορεί να διαφέρει. Όμως, για τις ανάγκες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου πρέπει να καθοριστούν σε εθνικό επίπεδο τα επιθυμητά όρια εσωτερικής θερμοκρασίας ανά χρήση. Αυτό πρέπει να γίνει στη βάση της επίτευξης της θερμικής άνεσης με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

2.8.2 Σχετική υγρασία εσωτερικών χώρων

Τα συστήματα κλιματισμού, εξαίρεση αποτελούν τα τοπικά και ημικεντρικά συστήματα που συνήθως χρησιμοποιούνται σε μικρής κλίμακας εφαρμογές, εκτός από τον έλεγχο της θερμοκρασίας του χώρου είναι υπεύθυνα και για την ρύθμιση της σχετικής υγρασίας. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις κτιρίων ,λόγω ειδικών απαιτήσεων, διαφοροποιείται η τιμή της σχετικής υγρασίας και θα πρέπει να αιτιολογείται η επιλογή της νέας τιμής με σαφήνεια στην αντίστοιχη μελέτη.

Κεφάλαιο 3 ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

3.1 Εισαγωγή

Μία από της πιο ενεργοβόρες εγκαταστάσεις σε ένα κτίριο αποτελεί ο φωτισμός. Έτσι, η μελέτη των συστημάτων φωτισμού αποσκοπεί στην δημιουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού αλλά και ταυτόχρονα ενός ποιοτικού εσωτερικού περιβάλλοντος. Ειδικότερα, ο άνθρωπος ανάλογα με τις ανάγκες του επιθυμεί διαφορετική ένταση φωτισμού σε κάθε χώρο, ανάλογα με τη δραστηριότητα του, ωστόσο πρέπει να ικανοποιούνται και οι βασικοί παράμετροι που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. Πριν την αναλυτικότερη περιγραφή της φωτοτεχνικής μελέτης πρέπει να γίνει μία περιγραφή των βασικών όρων της φωτομετρίας. Οι όροι αυτοί είναι [1]:

Φωτιστική Ισχύς

Φωτιστική ροή είναι η συνολική ισχύς της ορατής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μία πηγή και έχει ως μονάδα μέτρησης το lumen.

Ένταση

Ως ένταση φωτεινής πηγής είναι η ισχύς της ορατής ακτινοβολίας ανά μονάδα στερεάς γωνίας σε μία ορισμένη κατεύθυνση και μετριέται σε candela (cd).

Ισχύς Φωτισμού

Η ισχύς φωτισμού ενός αντικειμένου είναι η φωτεινή ροή που διέρχεται ανά μονάδα επιφάνειας και μετριέται σε lux = lm/m²

Οι παράμετροι που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. ότι πρέπει να βρίσκονται εντός ορίων είναι η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού σε W/m², μέση ένταση φωτισμού (lux) και η ομοιομορφία φωτισμού, είναι ο λόγος της ελάχιστης προς τη μέση ένταση φωτισμού. Όμως, εκτός από τις παραμέτρους που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η θερμοκρασία του χρώματος καθώς αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή του κατάλληλου φωτιστικού σώματος. Θερμοκρασία χρώματος είναι μια μέτρηση της “ζεστασιάς” ή της “ψυχρότητας” μιας πηγής φωτός. Μια μέτρηση της απόχρωσης του λευκού φωτός. Συνεπώς, χώροι όπως τα ενοικιαζόμενα δωμάτια απαιτούν θερμό φωτισμό (2700K- 3500K) ενώ χώροι γραφείων απαιτούν πιο ψυχρό φωτισμό (4000K-4500K). Ακόμα,

θα γίνει χρήση φωτιστικών σωμάτων LED καθώς τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν υπερτερούν του μεγαλύτερου κόστους έναντι των άλλων τύπων λαμπτήρων. Με την πάροδο των τελευταίων 15 ετών τα LED φωτιστικά έχουν εξελιχθεί από 25 lm/W σε πάνω από 160 lm/W απόδοση, ανάλογα με της συνθήκες περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του χρώματος και το κόστος τους έχει μειωθεί σημαντικά ώστε να μπορεί να συγκριθεί με το κόστος των υπόλοιπων τύπων λαμπτήρων. Συνεπώς, η φωτοτεχνική μελέτη έγινε μόνο με τη χρήση LED φωτιστικών σωμάτων [6].

3.2 Φωτοτεχνική μελέτη με τη χρήση λογισμικού Dialux

Το κτίριο μελέτης αποτελείται από χώρους γραφείων και χώρους ενοικιαζόμενων δωματίων. Για να επιτευχθεί το αποδεκτό αποτέλεσμα σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. η φωτοτεχνική μελέτη εκπονήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Dialux (v4.13). Το Dialux δίνει την δυνατότητα στον μελετητή να τοποθετήσει τα φωτιστικά στον χώρο και στην συνέχεια εξάγει αποτελέσματα σχετικά με την ομοιομορφία φωτισμού, την ένταση φωτισμού στο επίπεδο εργασίας καθώς και τη συνολική κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2).

Οι χώροι του κτιρίου αναφοράς σε αυτή την εργασία αποτελούν χώρους γραφείων και χώρους ενοικιαζόμενων δωματίων που οι απαιτήσεις φωτεινής ισχύος κυμαίνονται από 100 lux έως 500 lux και ομοιομορφίας από 0,4 έως 0,6 όπως παρουσιάζονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Στάθμη γενικού φωτισμού κτιρίου αναφοράς ανά χρήστη σύμφωνα με το EN 12464-1 2011

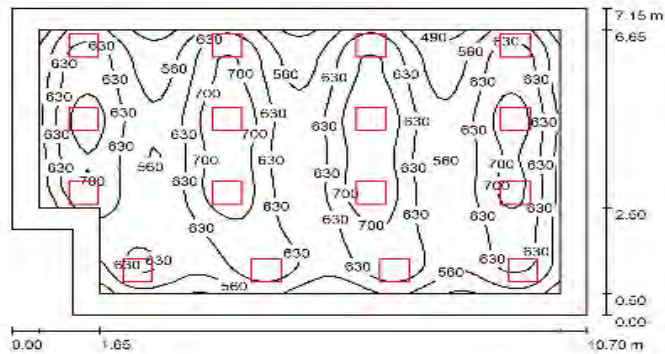
Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού U_0 (min/μέση τιμή)
----------------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	--

Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8	25	0,4
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0,4
Γραφείο	500	0,8	19	0,6

Ακόμα, το επίπεδο εργασίας ορίστηκε σε 0,8m από την επιφάνεια του δαπέδου για τους χώρους γραφείων και ενοικιαζόμενων δωματίων ενώ για τους διαδρόμους ορίστηκε σε 0m. Η ζώνη περιφέρειας ορίστηκε σε 0,5m για τους χώρους γραφείων και σε 0m για τους χώρους ενοικιαζόμενων δωματίων. Επιπλέον, σημαντικό είναι και το εσωτερικό ύψος κάθε ορόφου. Αυτό προκύπτει εάν αφαιρέσουμε το πάχος πλάκας και το ύψος της ψευδοροφής από το συνολικό ύψος ορόφου. Το κτίριο μελέτης έχει ύψος ορόφου 3.02m, πάχος πλάκας 0,22m και ύψος ψευδοροφής 0,3m αντίστοιχα.

Αφού έχει γίνει η εισαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων του χώρου, γίνεται η εισαγωγή των φωτιστικών σωμάτων από καταλόγους κατασκευαστών όπως η Phillips. Η διαδικασία που ακολουθείται σε κάθε χώρο είναι η ίδια, συνεπώς επιλέχθηκε ο χώρος γραφείου B8 για την ανάλυση του λογισμικού.

Για το χώρο γραφείου B8 επιλέχθηκαν τα χωνευτά φωτιστικά LED Phillips RC132V G5 36S/840 PSU W60L60 NOC και τοποθετήθηκαν όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Ένα ακόμα στοιχείο που εμφανίζεται στην Εικόνα 3 είναι η διάχυση του φωτός στον χώρο. Ο μελετητής μπορεί να το χρησιμοποιήσει ώστε να γίνει καλύτερη ανακατανομή των φωτιστικών σωμάτων χωρίς να απαιτείται αλλαγή στον αριθμό τους.



Εικόνα 3: Κάτοψη γραφείου B8 όπως απεικονίζεται στο λογισμικό Dialux

Στη συνέχεια γίνεται εκτέλεση των υπολογισμών όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 4 και γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ειδικότερα, ορίζει πως η στάθμη γενικού φωτισμού-το E_m στην Εικόνα 4- για χώρους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 500 lux. Έπειτα ελέγχεται η τιμή ομοιομορφίας που είναι 0,717. Μία ακόμη παράμετρος αποτελεί η εγκατεστημένη ισχύς (W/m^2) που ο Κ.Εν.Α.Κ. ορίζει σε 16 W/m^2 για χώρους με στάθμη ισχύς τα 500 lux και στον χώρο γραφείου B8 είναι 6,15 W/m^2 .

Υψος χώρου: 2.500 m, Υψος συναρμολόγησης: 2.500 m, Συντελεστής συντήρησης: 0.80				Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:92	
Επιφάνεια	ρ [%]	E_m [lx]	E_{mh} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Επίπεδο εργασίας	/	628	450	771	0.717
Δάπεδο	20	521	276	637	0.529
Οροφή	70	116	95	138	0.825
Τοίχοι (θ)	50	285	109	501	/
Επίπεδο εργασίας:					
Υψος:	0.850 m				
Κάνναβος:	64 x 64 Σημεία				
Περιφερική ζώνη:	0.500 m				
Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών					
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	16	PHILIPS RC132V PSU W60L80 NOC 36S/840 NO (1.000)	3590	3600	28.5
			Συνολικά: 57448	Συνολικά: 57600	456.0
Ειδικό φορτίο σύνδεσης: 6.15 W/m ² = 0.98 W/m ² /100 lx (Βασική επιφάνεια: 74.20 m ²)					

Εικόνα 4: Συνοπτικό φύλλο αποτελεσμάτων

Κεφάλαιο 4 Κλιματιστικές Μονάδες Θέρμανσης, Ψύξης και Αερισμού

4.1 Εισαγωγή

Στην μελέτη ενός κτιρίου ο μελετητής έχει ως στόχο την επίτευξη θερμικής άνεσης με την χρήση των κατάλληλων μονάδων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Τα συστήματα κλιματισμού και αερισμού πρέπει να συνδυάζουν απόδοση αλλά και να μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του κτιρίου σε δυσμενείς περιπτώσεις. Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση των μονάδων θέρμανση, ψύξης και αερισμού που χρησιμοποιήθηκαν στα σενάρια του κλιματισμού στην παρούσα εργασία.

4.2 Αντλία Θερμότητας

Η αντλία θερμότητας είναι μία συσκευή η οποία έχει την ικανότητα να απορροφά θερμότητα από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας και να τη μεταφέρει σε ένα αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας. Ειδικότερα, η αντλία θερμότητας αποτελείται από:

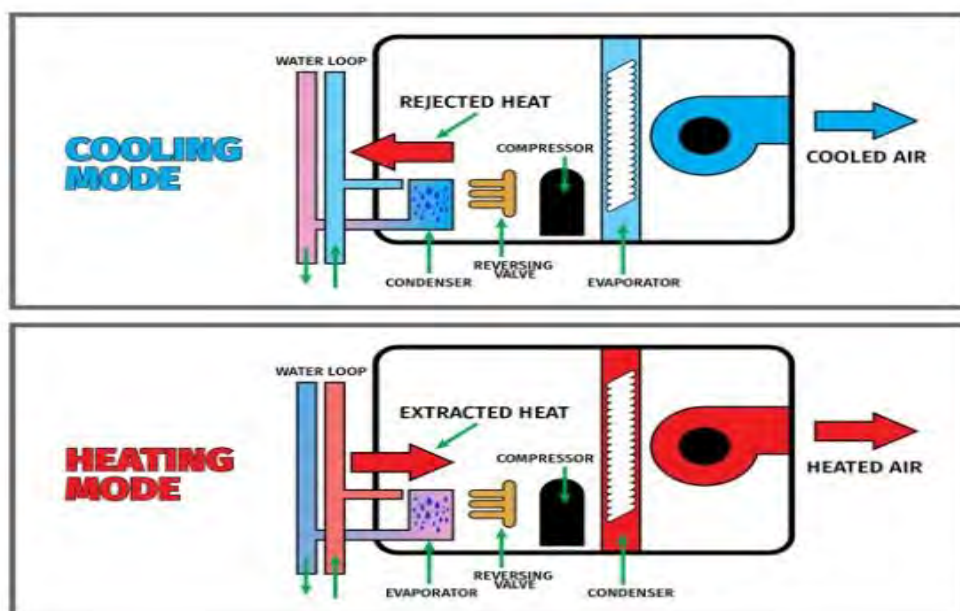
1. Εξατμιστή
2. Συμπιεστή
3. Συμπυκνωτή
4. Εκτονωτική Βαλβίδα

Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας είναι διαφορετική ανάλογα με την περίοδο του χρόνου όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 5.

Κατά τη χειμερινή περίοδο, ο εξατμιστής βρίσκεται σε επαφή με την ύπαιθρο από όπου και αντλεί τη θερμότητα και το ψυκτικό ρευστό μετατρέπεται σε αέρια φάση χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Στη συνέχεια το ρευστό περνά από το συμπιεστή και αυξάνει τη θερμοκρασία και πίεση του. Ο συμπυκνωτής βρίσκεται στον εσωτερικό χώρο που θέλουμε να θερμανθεί. Το ρευστό σε αέρια φάση συμπυκνώνεται αποβάλλοντας τη θερμότητα στο χώρο και μετατρέπεται σε υγρή μορφή υψηλής πίεσης. Τέλος η εκτονωτική βαλβίδα μειώνει την πίεση του ψυκτικού ρευστού ώστε να μπορεί να εισέλθει και πάλι στον εξατμιστή.

Κατά τη θερινή περίοδο, ο εξατμιστής βρίσκεται σε επαφή με τον εσωτερικό τον οποίο και θέλουμε να ψύξουμε. Το ψυκτικό υγρό βρίσκεται μέσα στον εξατμιστή σε χαμηλή πίεση

και θερμοκρασία και απορροφά θερμότητα, η οποία το μετατρέπει σε ατμό χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Έπειτα γίνεται η απορρόφηση των ατμών από τον συμπιεστή όπου και αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία τους. Όπως και τη χειμερινή περίοδο, ο συμπιεστής βρίσκεται στον χώρο που θέλουμε να απορρίψουμε τη θερμότητα δηλαδή με την ύπαιθρο. Μέσα στο συμπυκνωτή οι θερμοί ατμοί του ψυκτικού ρευστού ψύχονται μέχρι ορισμένη θερμοκρασία και το ψυκτικό ρευστό μετατρέπεται σε ρευστό υγρής φάσης με υψηλή θερμοκρασίας και πίεσης. Τέλος, η εκτονωτική βαλβίδα επιτελεί την ίδια λειτουργία με την χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 5: Βασική αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται με βάση την πηγή της θερμότητας και τον αποδέκτη της θερμότητας και έτσι υπάρχουν οι εξής αέρα-αέρα (πηγή= αέρας, αποδέκτης = αέρας), αέρα-νερού, νερού- αέρα, νερού-νερού, εδάφους-νερού, εδάφους-αέρα. Οι αντλίες αέρα-αέρα χρησιμοποιούνται σε τοπικές εφαρμογές όπως τα κοινά κλιματιστικά ενώ οι αντλίες νερού-αέρα, εδάφους- αέρα δεν είναι χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στην ελληνική επικράτεια. Έτσι, πιο συγκεκριμένα οι πιο διαδεδομένες στην ελληνική επικράτεια είναι [7]:

- Αντλίες Θερμότητας αέρα-νερού είναι μονάδες που επιδρούν με τον εξωτερικό αέρα για την απορρόφηση ή την αποβολή θερμότητας από και προς τον εξωτερικό χώρο χρησιμοποιώντας το νερό ως ψυκτικό μέσο. Επομένως, περιλαμβάνουν τόσο αερόψυκτο όσο και υδρόψυκτο εξατμιστή/συμπυκνωτή για την άντληση και απόρριψη από και προς τον εσωτερικό χώρο, αντίστοιχα. Στο πρωτεύον κύκλωμα η άντληση και η απόρριψη περιλαμβάνεται αερόψυκτος εξατμιστής και συμπυκνωτής για την άντληση και απόρριψη του εσωτερικού αέρα. Στο δευτερεύον κύκλωμα υπάρχει υδρόψυκτος εξατμιστής και συμπυκνωτής σε επαφή με τον εσωτερικό χώρο που τροφοδοτεί το δίκτυο σωληνώσεων με ψυχρό και θερμό νερό.
- Αντλίες Θερμότητας νερού-νερού είναι μονάδες που αλληλοεπιδρούν μεσώ του νερού, το οποίο μπορεί να είναι θαλασσινό, ποταμών κτλ, για τη μεταφορά θερμότητας από το πρωτεύον στο δευτερεύον κύκλωμα το οποίο ανάλογα την περίοδο, θερινή ή χειμερινή, επιτελεί και την αντίστοιχη μεταφορά ή αποβολή θερμότητας.
- Αντλίες Θερμότητας Εδάφους-Νερού είναι μονάδες που χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους για τον κλιματισμό των χώρων του κτιρίου. Αναλυτικότερα, το πρωτεύον κύκλωμα αποτελείται από υδρόψυκτο εξατμιστή/συμπυκνωτή ο οποίος αλληλοεπιδρά μέσω νερού με τη θερμοχωρητικότητα του εδάφους όπου και απορρίπτει τη θερμότητα. Το δευτερεύον κύκλωμα αποτελείται και αυτό από ένα υδρόψυκτο εξατμιστή/συμπυκνωτή ο οποίος μέσω σωληνώσεων αλληλοεπιδρά με τις τοπικές μονάδες Fan-Coil ή με τις αντίστοιχες κλιματιστικές μονάδες. Οι αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού ονομάζονται και γεωθερμικά συστήματα κλειστού τύπου και είναι τα πλέον αποδοτικά συστήματα νερού αφού αξιοποιούν τις καλύτερες συνθήκες του εδάφους σε σχέση με τον εξωτερικό αέρα για τον κλιματισμό του χώρου.

4.3 Σύστημα Άμεσης Εκτόνωσης (VRF-VRV)

Τα συστήματα Άμεσης Εκτόνωσης είναι παρόμοια με τις αντλίες θερμότητας όμως αντί για νερό η αλληλεπίδραση εσωτερικής και εξωτερικής μονάδας γίνεται με ένα ψυκτικό ρευστό, δηλαδή είναι ένα σύστημα κλιματισμού αέρα-ψυκτικού ρευστού. Μία από τις μεγαλύτερες διαφορές των συστημάτων VRF με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού είναι η ρύθμιση της ψύξης ή θέρμανσης μέσω του εναλλαγής της πίεσης του ψυκτικού υγρού με τη χρήση του συμπιεστή. Ειδικότερα, αποτελούνται από μία εξωτερική μονάδα που είναι συνδεδεμένη σε πολλές εσωτερικές μονάδες. Μία τυπική μονάδα VRF αποτελείται από την εσωτερική μονάδα που περιέχει έναν ή περισσότερους συμπιεστές, από τους οποίους ο ένας είναι τύπου inverter. Οι εσωτερικές μονάδες αποτελούνται από την βαλβίδα εκτόνωσης, τον ανεμιστήρα και το πηνίο άμεσης διαστολής. Η ένωση της

εξωτερικής με την εσωτερική μονάδα γίνεται μέσω δικτύου σωληνώσεων και υπάρχουν αισθητήρες ελέγχου που ανιχνεύουν τη θερμοκρασία του δωματίου και ρυθμίζουν το σύστημα κλιματισμού για να έχει τη μέγιστη απόδοση. Εκτός από VRF που προσφέρουν μόνο θέρμανση ή ψύξη κάθε στιγμή, υπάρχουν και VRF με ανάκτηση θερμότητας που μπορούν να προσφέρουν ταυτόχρονα και ψύξη και θέρμανση σε διάφορους χώρους ανάλογα με τις θερμικές τους απαιτήσεις. Η ονομασία VRV και VRF αποτελούν δύο διαφορετικές ονομασίες για την ίδια τεχνολογία. Ωστόσο, ο όρος VRV αποτελεί εμπορικό σήμα της Daikin καθώς είναι η εταιρεία που εφάρμοξε την τεχνολογία συστημάτων άμεσης εκτόνωσης [8].

4.4 Αερισμός

Σε όλους τους τύπους κτιρίων απαιτείται ανανέωση του αέρα του χώρου είτε με φυσικό τρόπο, συνήθως σε κτίρια που έχουν ως χρήση κατοικία, είτε με μηχανικό τρόπο, σε κτίρια τριτογενούς τομέα. Σκοπός του αερισμού είναι να απομακρυνθούν οι επιβλαβείς ουσίες και να προσφέρουν ένα υγιές περιβάλλον αλλά και να ελαττώσουν την απώλεια ενέργειας όταν απορρίπτεται ο αέρας στο περιβάλλον.

4.4.1 Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα-ΚΚΜ

Η ΚΚΜ είναι από τα βασικά μηχανήματα σε ένα σύστημα κλιματισμού και συνήθως αποτελείται από τον ανεμιστήρα προσαγωγής, το υδρόψυκτο στοιχείο ψύξης, τα φίλτρα, το κιβώτιο μίξης, τους μειωτές θορύβου, το σύστημα ελέγχου, το περίβλημα και πολλές φορές και με ανεμιστήρα επιστροφής, στοιχεία θέρμανσης ή προθέρμανσης, στοιχεία πρόψυξης και υγραντές. Στην ΚΚΜ αναμιγνύεται η απαιτούμενη ποσότητα νωπού αέρα με τον αέρα που επιστρέφει από τον χώρο και στην συνέχεια ανάλογα με τις απαιτήσεις θερμαίνεται ή ψύχεται. Στη συνέχεια ο κλιματισμένος αέρας με την βοήθεια του ανεμιστήρα προσαγωγής διανέμεται στους αντίστοιχους χώρους μέσω αεραγωγών. Συνεπώς, η ΚΚΜ χειρίζεται και κλιματίζει τον απαιτούμενο αέρα και τον κατανέμει στους χώρους του κτιρίου.

4.4.2 Μηχανικός αερισμός με εναλλάκτη

Όταν απορρίπτεται αέρας από ένα χώρο σε θερμοκρασία διαφορετική από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος τότε χάνεται ενέργεια. Όμως, με τη χρήση

εναλλακτών με ανάκτηση θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο ποσοστό της ενέργειας που χάνεται. Αναλυτικότερα το σύστημα ανάκτησης θερμότητας με εναλλάκτες αέρα αποτελείται από [7]:

1. το δίκτυο αεραγωγών προσαγωγή του νωπού αέρα και απαγωγής του επιβλαβούς εσωτερικού αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον
2. το δίκτυο αεραγωγών προσαγωγής του προ κλιματισμένου αέρα στο χώρο και απαγωγής του εξωτερικού αέρα προς τη μονάδα του εναλλάκτη
3. ένα ανεμιστήρα για την προσαγωγή του αέρα στο χώρο και ένα ανεμιστήρα για την απαγωγή του στο εξωτερικό περιβάλλον
4. τον εναλλάκτη όπου γίνεται η ανταλλαγή θερμότητας του νέου με τον παλιό αέρα
5. φίλτρα που καθαρίζουν τον αέρα
6. έναν αντιπαγετικό μηχανισμό ο οποίος προθερμαίνει τον αέρα όταν χρειάζεται
7. ένα σύστημα ελέγχου της λειτουργίας του εναλλάκτη για ρύθμιση στις απαιτήσεις του αερισμού

Κεφάλαιο 5 Συστήματα Αυτοματισμού

5.1 Εισαγωγή

Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου αποτελούν ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι στην δημιουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου. Κτίρια που διαθέτουν οποιοδήποτε σύστημα αυτομάτου ελέγχου ονομάζονται και <<έξυπνο κτίριο>>. Στόχος τους είναι να παρέχουν θερμική άνεση στον χρήστη και έλεγχος της στάθμης του φωτισμού ανάλογα με την χρήση του χώρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η συνολική ενέργεια που απαιτείται ανά τελική χρήση.

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007 ορίζονται τέσσερις κατηγορίες διατάξεων αυτόματου ελέγχου Α, Β, Γ και Δ. Μία διάταξη αυτομάτου ελέγχου για να χαρακτηριστεί ότι ανήκει σε κάποια κατηγορία θα πρέπει να διαθέτει τις επιμέρους μεμονωμένες διατάξεις αυτόματου ελέγχου ή καλύτερες από αυτές που αναφέρει. Εάν δεν πληρούνται όλες οι απαιτήσεις τότε θεωρείται ότι η διάταξη αυτομάτου ελέγχου ανήκει στην προηγούμενη. Στην κατηγορία Δ ανήκουν τα συστήματα που δεν έχουν κάποιο σύστημα αυτοματισμού και τα συστήματα που δεν επιλέγουν, σε περίπτωση αλληλουχίας μονάδων, την αποδοτικότερη-σύμφωνα με το θερμικό/ψυκτικό φορτίο και τον βαθμό απόδοσης-μονάδα κλιματισμού.

5.2 Κατηγορίες διατάξεων ελέγχου & αυτοματισμών

5.2.1 Αυτοματισμός Μονάδας Παραγωγής

Ο έλεγχος της λειτουργίας της μονάδας παραγωγής διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Στα σενάρια που εξετάστηκαν χρησιμοποιήθηκαν συστήματα γρήγορης απόκρισης όπως VRF συστήματα. Οι απαιτήσεις κάθε κατηγορίας αναλύονται παρακάτω [4]:

- Κατηγορία Α: Ολοκληρωμένη διάταξη αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά λειτουργικό χώρο με έλεγχο παρουσίας χρηστών. Ένας τρόπος που μπορεί να γίνει ο έλεγχος αυτός είναι με την χρήση αισθητήρων κίνησης.

- Κατηγορίας Β: Ανεξάρτητος αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά λειτουργικό χώρο με την ύπαρξη θερμοστάτη ανά χώρο.
- Κατηγορία Γ: Αυτόματος κεντρικός έλεγχος της λειτουργίας της εγκατάστασης μέσω θερμοστάτη ή χρονοδιακόπτη.

5.2.2 Αυτοματισμός Δικτύου Διανομής

Ο αυτοματισμός του δικτύου διανομής εστιάζει στον τρόπο λειτουργίας των ψυκτικών/θερμικών φορτίων ανάλογα με τις αντίστοιχες καιρικές συνθήκες. Ειδικότερα, οι απαιτήσεις που έχει κάθε κατηγορία είναι οι εξής [4]:

- Κατηγορία Α και Β : Αυτόματη προσαρμογή της θερμοκρασίας του δικτύου διανομής με βάση την εξωτερική θερμοκρασία και παράλληλα να ρυθμίζεται η υδραυλική προσαρμογή των κυκλοφορητών ανάλογα με τις απαιτήσεις του κλιματισμού
- Κατηγορία Γ: Ομοίως με την κατηγορίες Α και Β ο έλεγχος γίνεται με αυτόματη προσαρμογή της θερμοκρασίας του δικτύου διανομής με βάση την εξωτερική θερμοκρασία αλλά η λειτουργία των αντλιών μεταβάλλεται μέσω θερμοστάτη ή χρονοδιακόπτη

5.2.3 Έλεγχος Αερισμού και Νυχτερινός Δροσισμός

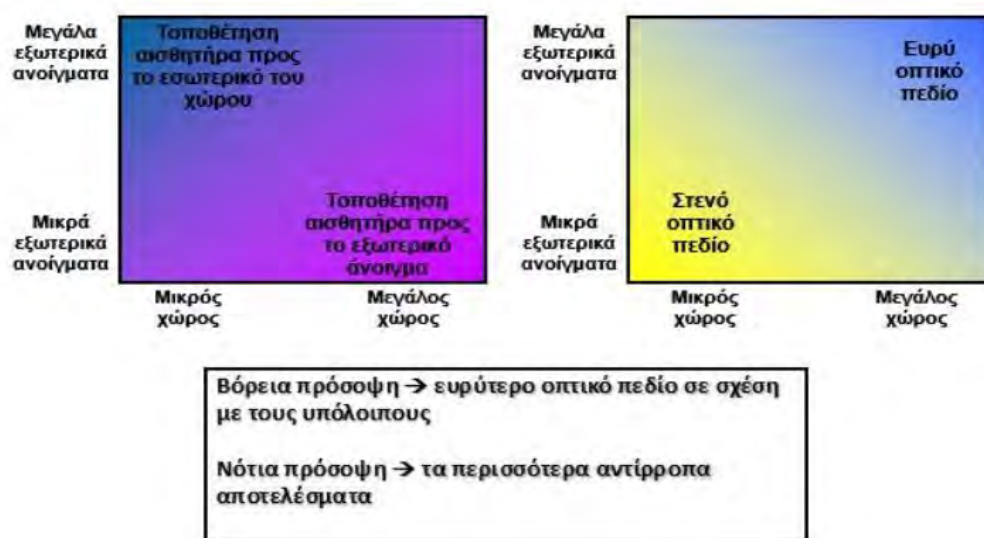
Στην περίπτωση κτιρίου τριτογενούς τομέα, όπως και αυτό που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική, είναι αναγκαία η ύπαρξη συστήματος μηχανικού αερισμού. Το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Α/Β όταν στην περίπτωση του αερισμού υπάρχει έλεγχος της ποιότητας του εσωτερικού αέρα-έλεγχος συγκέντρωσης CO₂ και έλεγχος της θερμοκρασίας του αέρα ανάλογα με την μεταβολή του απαιτούμενου φορτίου ανά χώρο. Ακόμη, εφαρμόζεται έλεγχος της υγρασίας του αέρα προσαγωγής ή/και απόρριψης και υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης ή νυχτερινού δροσισμού. Το κτίριο εντάσσεται στην κατηγορία Γ στην περίπτωση που εφαρμόζεται έλεγχος της προσαγωγής

αέρα μέσα στον χώρο με χρονοδιακόπτη και δεν υπάρχει έλεγχος της υγρασίας του αέρα προσαγωγής ή/και απόρριψης [4].

5.3 Αυτοματισμοί Φωτισμού

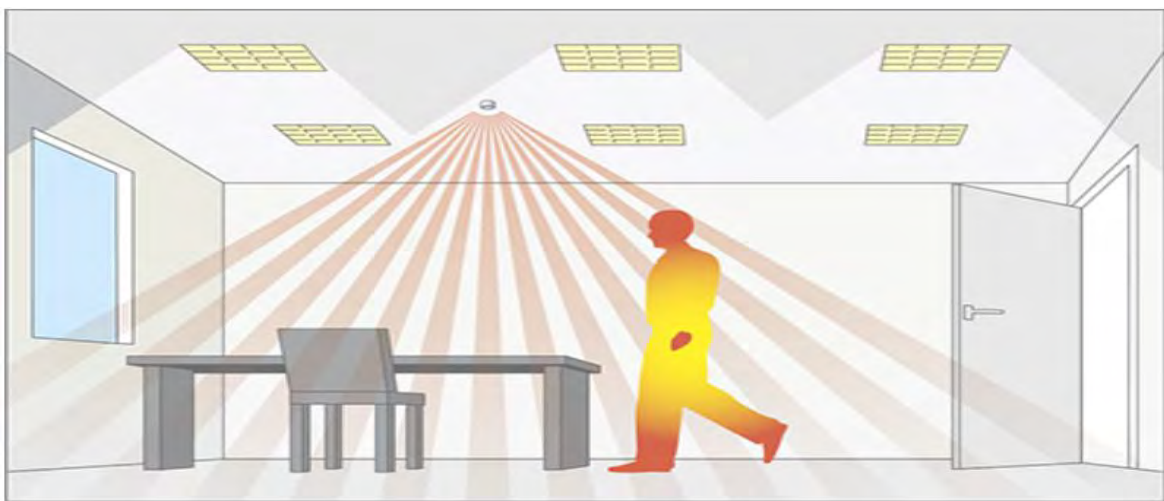
Ο φωτισμός αποτελεί μία από τις πιο ενεργειακά απαιτητικές εγκαταστάσεις σε ένα κτίριο τριτογενούς τομέα, όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε χρήση συστημάτων φωτισμού τύπου LED για την ελαχιστοποίηση κατανάλωσης του ρεύματος. Ωστόσο, απαιτείται ένα σύστημα που να περιέχει αυτόματη σβέση. Ο έλεγχος του συστήματος αυτού μπορεί να γίνει είτε με αισθητήρα φωτός ή με τη χρήση αισθητήρων παρουσίας ατόμων στο χώρο.

Τα φωτιστικά πρέπει να διαθέτουν την δυνατότητα ρύθμισης της έντασης του φωτισμού για να υπάρχει η δυνατότητα να συνεργαστούν με τον αντίστοιχο αισθητήρα φωτός. Οι αισθητήρες φωτός ανιχνεύουν το φως και μετατρέπουν την φωτεινή ενέργεια που εκπέμπει σε έξοδο ηλεκτρικού σήματος [9]. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου φωτισμού με αισθητήρες χρησιμοποιείται μόνο σε χώρους όπου μπορεί να υπάρξει φυσικός φωτισμός και τοποθετούνται όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6: Τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού στο χώρο

Επιπλέον, ένας ακόμη τρόπος αυτόματου ελέγχου του φωτισμού είναι με τη χρήση αισθητήρων παρουσίας ατόμων στο χώρο. Οι αισθητήρες ανιχνεύουν τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπουν οι χρήστες στο περιβάλλον (Εικόνα 7). Όταν ο χρήστης πλησιάζει τον αισθητήρα παρουσίας, ο αισθητήρας μετατρέπει την ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα και το φως ανάβει. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι αισθητήρες παρουσίας ανιχνεύουν ακόμη και τις μικρότερες κινήσεις όπως όταν ένας χρήστης πληκτρολογεί σε ένα πληκτρολόγιο [10].



Εικόνα 7: Τρόπος λειτουργίας αισθητήρα παρουσίας.

5.4 Αυτοματισμοί κτιρίου μελέτης

Για το κτίριο μελέτης ο έλεγχος τερματικών μονάδων θα γίνεται ανά χώρο με τη χρήση αισθητήριων παρουσίας, δηλαδή θα υπάρχει αντιστάθμιση θερμοκρασίας ανάλογα με την απαίτηση θερμικού/ψυκτικού φορτίου. Ο κυκλοφορητής, σε όποιο σενάριο απαιτείται, θα είναι τύπου inverter. Επιπλέον, ο έλεγχος μηχανικού αερισμού θα γίνεται με αισθητήρα ποιότητας αέρα, θα υπάρχει η δυνατότητα νυχτερινού δροσισμού και έλεγχος υγρασίας του προσαγόμενου αέρα για ύγρανση ή αφύγρανση του. Σε επίπεδο φωτισμού μόνο στις ζώνες των γραφείων θα τοποθετηθούν αισθητήρες παρουσίας και φυσικού φωτισμού ενώ στους χώρους ενοικιαζόμενων δωματίων θα τοποθετηθούν μόνο αισθητήρες παρουσίας.

Με βάση τα παραπάνω σε συγκρίσει τις τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ το κτίριο κατατάσσεται σε κατηγορία αυτοματισμών Α στην θέρμανση και ψύξη [4].

Κεφάλαιο 6 Ανάλυση κτιριακού κελύφους και επίλυση σεναρίων Κλιματισμού

6.1 Εισαγωγή

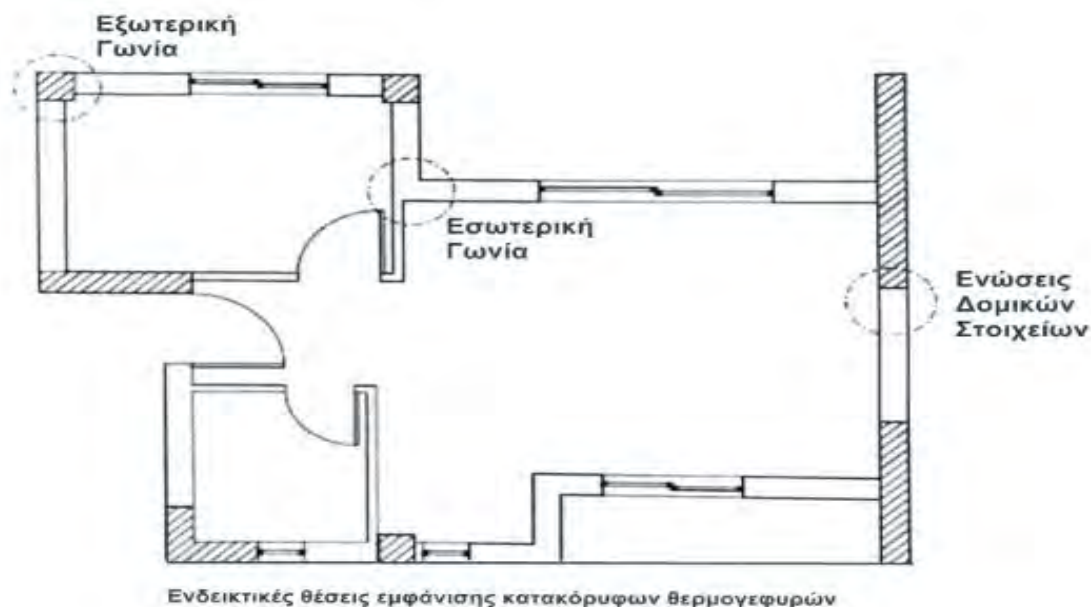
Η δημιουργία ενεργειακού πιστοποιητικού είναι υποχρεωτική για κάθε νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτίριο και η κατάταξη του κτιρίου σε μία ενεργειακή κατηγορία γίνεται με τη χρήση του λογισμικού TEE-KENAK. Ειδικότερα, το λογισμικό εκτελεί υπολογισμούς με βάση τα στοιχεία του κελύφους και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας θα εξεταστούν 2 διαφορετικά σενάρια για το κέλυφος και 2 σενάρια για το κέλυφος του κτιρίου.

6.2 Κέλυφος

Τα στοιχεία που επηρεάζουν το κέλυφος είναι οι θερμογέφυρες που σχηματίζονται μεταξύ των δομικών στοιχείων, η σκίαση στο κτίριο από εμπόδια που υπάρχουν στον ευρύτερο χώρο και η ίδια σύσταση των δομικών στοιχείων.

6.2.1 Θερμογέφυρες

Ως θερμογέφυρες ορίζονται οι επιφάνειες του κελύφους με σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων σε σχέση με τις λοιπές επιφάνειες, που αποτελούν σημαντική πηγή θερμικών απωλειών. Οι θερμογέφυρες χωρίζονται σε δύο τύπους, σε γραμμικές που έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και σε σημειακές που εμφανίζονται στις ενώσεις των δομικών υλικών (Εικόνα 8) [5].



Εικόνα 8: Ύπαρξη Θερμογεφυρών στο Κτίριο.

6.2.2 Σκιασμός

Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου μπορεί να σκιάζονται είτε λόγω ύπαρξης εμποδίων στον ευρύτερο χώρο ή λόγω στοιχείων του ίδιου του κτιρίου. Υπάρχουν τρία είδη συντελεστών σκίασης :

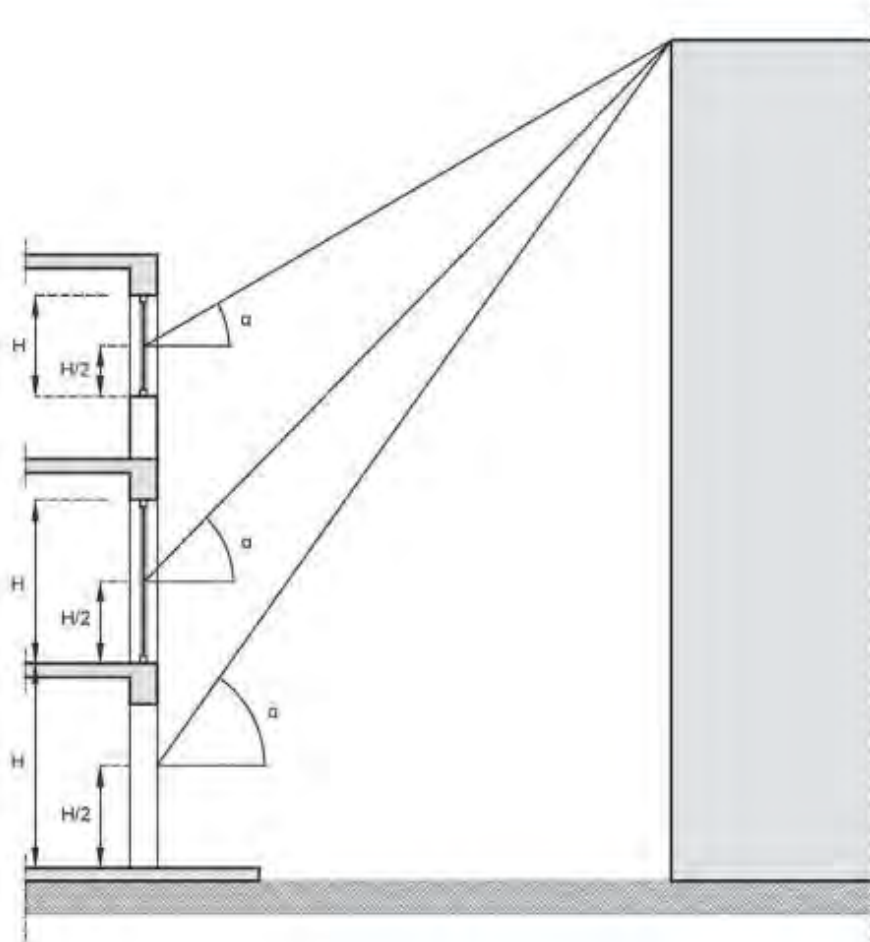
- Συντελεστής σκίασης ορίζοντα-σκίαση από μακρινά εμπόδια
- Συντελεστής σκίασης από προβόλους-σκίαση από προεξοχές του κτιρίου
- Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές

Συντελεστής σκίασης ορίζοντα-σκίαση από μακρινά εμπόδια

Η σκίαση δημιουργείται όταν ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο. Η εύρεση του συντελεστή σκίασης ορίζοντα α (Εικόνα 9) γίνεται με την χρήση του παρακάτω τύπου.

$$\tan \alpha = \frac{H - \frac{h}{2}}{L} = \tan^{-1} \frac{\left(H - \frac{h}{2}\right)}{L}$$

Το H είναι το ύψος του απέναντι εμποδίου, το $h/2$ το μέσο της επιφάνειας που γίνεται σκίαση και το L η απόσταση του εμποδίου από το δομικό στοιχείο που εξετάζεται η σκίαση. Εφόσον υπολογιστεί η γωνία α γίνεται εύρεση κάθε συντελεστή από τον Πίνακα που παρέχεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.



Εικόνα 9: Απεικόνιση της γωνίας α που σχηματίζει εμπόδιο σε διαφανή και αδιαφανή στοιχεία.

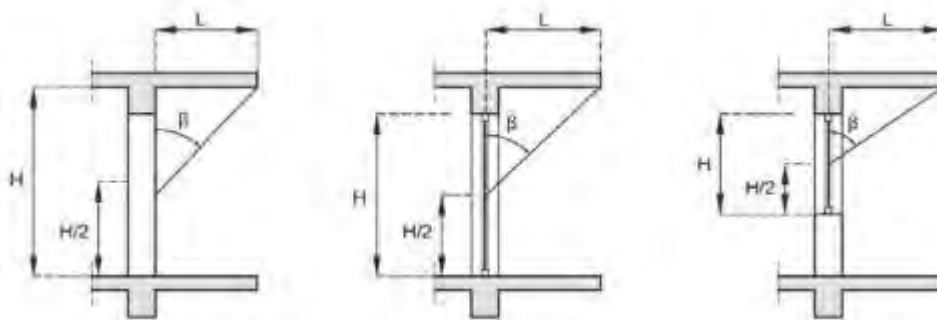
Συντελεστής σκίασης από προβόλους-σκίαση από προεξοχές του κτιρίου

Η ύπαρξη οριζόντιου προβόλου δημιουργεί σκίαση στην επιφάνεια όταν ο ήλιος κινείται σε μεγάλο ύψος. Συνεπώς, ο οριζόντιος πρόβολος δημιουργεί μεγαλύτερη σκίαση το καλοκαίρι και για αυτό το λόγο οι πρόβολοι θεωρούνται πολύ καλά παθητικά ηλιακά συστήματα. Για τον υπολογισμό των συντελεστών σκίασης λόγω οριζόντιου προβόλου είναι απαραίτητο να βρεθεί η γωνία β (Εικόνα 10) όπου ο υπολογισμός της γίνεται με τον παρακάτω τύπο.

$$\tan \beta = \frac{L}{h} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{L}{h}$$

Το h είναι η κατακόρυφη απόσταση του προβόλου από το μέσο της επιφάνειας ή του κουφώματος και το L είναι η οριζόντια απόσταση του προβόλου.

Ομοίως με την γωνία α, γίνεται εύρεση κάθε συντελεστή από τον αντίστοιχο πίνακα όπως παρέχεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.



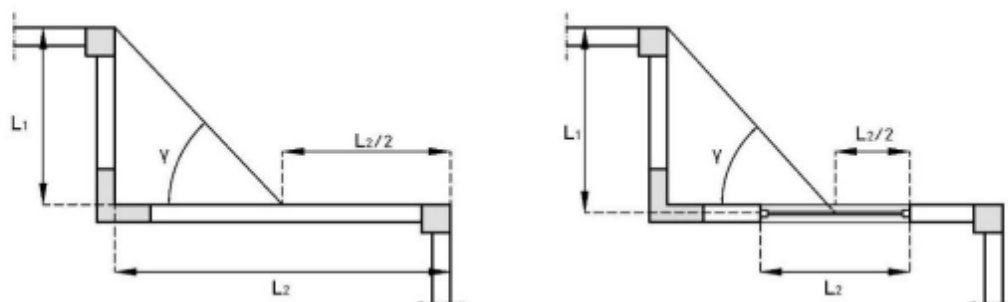
Εικόνα 10: Απεικόνιση της γωνίας β που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια διαφανούς και αδιαφανούς στοιχείου.

Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές

Η ύπαρξη πλευρικών προεξοχών δημιουργεί σκίαση στην επιφάνεια όταν η οριζόντια θέση του ηλίου είναι τέτοια που να σκιάζεται η επιφάνεια από την πλευρική προεξοχή. Για τον υπολογισμό του συντελεστή σκίασης λόγω πλευρικών προεξοχών είναι απαραίτητο να βρεθεί το μήκος του οριζόντιου προβόλου και η κατακόρυφη απόσταση του από το μέσο της επιφάνειας και να υπολογιστή η γωνία γ (Εικόνα 11) όπως περιγράφεται στον παρακάτω τύπο.

$$\tan \gamma = \frac{L}{w/2} \Rightarrow \gamma = \tan^{-1} \frac{L}{w/2}$$

Το $W/2$ είναι η οριζόντια απόσταση της προεξοχής με το μέσο της επιφάνειας ή του κουφώματος και το L είναι το μήκος της πλευρικής προεξοχής [5].



Εικόνα 11: Απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή με την κατακόρυφη επιφάνεια διαφανούς και αδιαφανούς στοιχείου.

6.2.3 Δομικά Στοιχεία

Για κάθε δομικό στοιχείο που διαχωρίζει μία θερμική ζώνη του κτιρίου με τον εξωτερικό αέρα θα πρέπει να προσδιοριστούν οι θερμοφυσικές του ιδιότητες και κατ' επέκταση ο συντελεστής θερμοπερατότητας του [5].

Για τον υπολογισμό θερμοπερατότητας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$\frac{1}{U} = R_i + \sum(R_j) + R_a$$

Όπου : U ο συντελεστής θερμοπερατότητας

N πλήθος στρώσεων δομικού στοιχείου

R_i η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

R_a η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στην μετάδοση θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

R_j η θερμική αντίσταση κάθε στρώματος που αποτελούν κάθε στοιχείο.

Για τον υπολογισμό θερμοπερατότητας ενός διαφανούς δομικού στοιχείου χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

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

Όπου:

U_w : ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

U_f : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος

U_g : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_f : η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος

A_g : η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος

l_g : το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος

6.2.4 Σενάριο Κελύφους 1

Για το κέλυφος 1 τα στοιχεία που επιλέχθηκαν όπως προβάλλονται από έξω προς τα μέσα είναι τα εξής:

- Η Τοιχοποιία πλήρωσης αποτελείται από επίχρισμα 2cm, τούβλο 9cm, εξηλασμένη πολυστερίνη 8cm με συντελεστή $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$, τούβλο 9cm και επίχρισμα 2cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.327$.
- Τα φέροντα στοιχεία σκυροδέματος όπως δοκοί, υποστυλώματα αποτελούνται από επίχρισμα 2cm, εξηλασμένη πολυστερίνη 7cm με συντελεστή $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$, σκυρόδεμα 25cm και επίχρισμα 2cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.410$.
- Η πλάκα οροφής αποτελείται από πλακάκι 2cm, τσιμεντοκονίαμα 5cm, ασφατόπανο 2mm, εξηλασμένη πολυστερίνη 7cm με συντελεστή $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$, σκυρόδεμα 15cm, επίχρισμα 2cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.351$.
- Δάπεδο σε έδαφος αποτελείται από πλακάκι 2cm, τσιμεντοκονίαμα 5cm, σκυρόδεμα 20cm, εξηλασμένη πολυστερίνη 5cm με συντελεστή $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.518$.
- Κουφώματα- ανοίγματα με υαλοπίνακα με πλάτος πλαισίου 10cm και συντελεστή $U_f = 2.3 \text{ w/m}^2 \text{ K}$, υαλοπίνακας με διπλή υάλωση 4-12-4 με αέρα στο διάκενο με επίστρωση Low-e <0.10 , συντελεστή θερμογεφυρών $\Psi_g = 0.11 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Για κάθε άνοιγμα με υαλοπίνακα έχει γίνει ο αντίστοιχος υπολογισμός για να βρεθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του.

6.2.5 Σενάριο Κελύφους 2

Για το κέλυφος 2 τα στοιχεία που επιλέχθηκαν όπως προβάλλονται από έξω προς τα μέσα είναι τα εξής:

- Η Τοιχοποιία πλήρωσης αποτελείται από επίχρισμα 2cm, τούβλο 9cm, εξηλασμένη πολυστερίνη 8cm με συντελεστή $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$, τουβλέτα 25cm θερμομονωτική

με συντελεστή $\lambda = 0,180 \text{ W/mK}$ και επίχρισμα 2cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.268$.

- Τα φέροντα στοιχεία σκυροδέματος όπως δοκοί, υποστυλώματα αποτελούνται από επίχρισμα 2cm, εξηλασμένη πολυστερίνη 7cm με συντελεστή $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$, σκυρόδεμα 25cm και επίχρισμα 2cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.388$.
- Η πλάκα οροφής αποτελείται από πλακάκι 2cm, τσιμεντοκονίαμα 5cm, ασφαλτόπανο 2mm, εξηλασμένη πολυστερίνη 7cm με συντελεστή $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$, σκυρόδεμα 15cm, επίχρισμα 2cm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.304$.
- Δάπεδο σε έδαφος αποτελείται από πλακάκι 2cm, τσιμεντοκονίαμα 5cm, σκυρόδεμα 20cm, εξηλασμένη πολυστερίνη 5cm με συντελεστή $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα είναι $U = 0.414$.
- Κουφώματα- ανοίγματα με υαλοπίνακα με πλάτος πλαισίου 10cm και συντελεστή $U_f = 2.3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, υαλοπίνακας με διπλή υάλωση 4-16-4 με αργό στο διάκενο με επίστρωση Low-e < 0.05, συντελεστή θερμογεφυρών $\Psi_g = 0.11 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Για κάθε άνοιγμα με υαλοπίνακα έχει γίνει ο αντίστοιχος υπολογισμός για να βρεθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του.

6.3 Επίλυση Μελέτης Αερισμού-Κλιματισμού με διαφορετικούς τρόπους

6.3.1 Σενάριο Κλιματισμού 1

Το σενάριο εξετάζει τις απαιτήσεις κλιματισμού με την χρήση των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων όπως περιγράφονται στην παράγραφο 6.3.5. Για το Σενάριο 1 επιλέχθηκαν 3 κεντρικά σύστημα κλιματισμού ένα για το ισόγειο, τον πρώτο και το δεύτερο όροφο, ένα για τον τρίτο, τέταρτο και πέμπτο όροφο και ένα για τον έκτο έβδομο και όγδοο όροφο τα οποία είναι σύστημα άμεσης εκτόνωσης VRF-VRV που θα καλύπτουν το συνολικό ψυκτικό και θερμικό φορτίο των αντίστοιχων χώρων και ο αερισμός αυτών των χώρων θα γίνεται με τοπικούς εναλλάκτες. Μέσω του προγράμματος της 4m Fine-HVAC υπολογίστηκαν το ψυκτικό φορτίο, το ψυκτικό φορτίο αερισμού, το θερμικό φορτίο και το θερμικό φορτίο αερισμού όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Συνολικά ψυκτικά και θερμικά Φορτία χώρων για σενάριο κελύφους 2

Χώρος	Ψυκτικό Φορτίο(kW)	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού(kW)	Θερμικό Φορτίο(kW)	Θερμικό Φορτίο Αερισμού(kW)
1 ^ο Σύστημα	46.409	18.652	18.379	12.011
2 ^ο Σύστημα	84.714	33.995	30.437	21.864
3 ^ο Σύστημα	47.135	15.398	15.235	9.904

Το σύστημα άμεσης εκτόνωσης VRF-VRV εκτός από το ψυκτικό φορτίο θα πρέπει να καλύπτει και το ποσοστό αερισμού που δεν θα μπορεί να καλυφθεί από τους εναλλάκτες αέρα, δηλαδή θα καλύπτει επιπλέον το 30% του αερισμού. Η κάλυψη των φορτίων θα γίνει με εξωτερικές αντλίες VRV που επιλέχθηκαν από τον κατάλογο της Daikin (Εικόνα 12). Για το 1^ο Σύστημα χρησιμοποιήθηκε μία αερόψυκτη αντλία τύπου VRV REYQ-18U, για το 2^ο Σύστημα χρησιμοποιήθηκαν δύο αερόψυκτες αντλίες τύπου VRV REYQ-16U και για το 3^ο Σύστημα χρησιμοποιήθηκε μία αερόψυκτη αντλία τύπου VRV REYQ-18U.

Outdoor unit		REYQ	8U	10U	12U	14U	16U	18U	20U	
Capacity range	HP		10	12	14	16	18	20		
Cooling capacity	Rated/c	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	52.0	
Heating capacity	Rated/h	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	56.0	
	Max.	6°CWB	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	63.0	
Recommended combination			4x FXFQ250AVEB	4x FXFQ33AVEB	6x FXFQ250AVEB	1x FXFQ250AVEB + 5x FXFQ63AVEB	4x FXFQ33AVEB + 2x FXFQ80AVEB	5x FXFQ33AVEB + 12x FXFQ55AVEB	6x FXFQ33AVEB	
ηs,c	%		286.1	264.8	257.0	255.8	243.1	250.6	246.7	
ηs,h	%		165.1	169.7	183.8	168.3	167.5	172.5	162.7	
SEER			7.2	6.7	6.5	6.2	6.2	6.3	6.2	
SCOP			4.2	4.3	4.7	4.3	4.4	4.4	4.3	
Maximum number of connectable indoor units						64 (1)				
Indoor index connection	Min.		100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0	
	Max.		260.0	325.0	390.0	455.0	520.0	585.0	650.0	
Dimensions	Unit	Height/Width/Depth	mm			mm			mm	
			1,685x950x765			1,685x1,240x765			1,685x1,240x765	
Weight	Unit		kg			kg			kg	
Sound power level	Cooling	Nom.	78.0			80.9			85.6	
	Heating	Rated/h	79.6			83.9			85.3	
Sound pressure level	Cooling	Nom.	57.0			61.0			63.0	
Operation range	Cooling	Min.-Max.	°CDB			-5.0 - 43.0				
	Heating	Min.-Max.	°CWB			-20.0 - 15.5				
Refrigerant	Type/GWP					R-410A/2,087.5				
Charge	kg		9.2/20.2			9.8/20.5			11.8/24.6	
Piping connections	Liquid	OD	mm			mm			mm	
	Gas	OD	mm			mm			mm	
	HP/LP	OD	mm			mm			mm	
	gas		15.9			19.1			28.6	
Total piping System	Actual length	m				1,000				
Power supply	Phase/Frequency/Voltage	Hz/V				3N-/50/380-415				
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)	A	20			25			50	

Outdoor unit system		REYQ	10U	13U	16U	18U	20U	22U	24U	26U	28U	30U	32U
System	Outdoor unit module 1		REYQSU		REYQSU		REYQSU		REYQSU		REYQSU		REYQSU
	Outdoor unit module 2			REYQSU		REYQSU		REYQSU		REYQSU		REYQSU	REYQSU
Capacity range	HP		10	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Cooling capacity	Rated/c	kW	28.0	36.4	44.8	50.4	55.9	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0
Heating capacity	Rated/h	kW	28.0	36.4	44.8	50.4	55.9	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0
	Max.	6°CWB	kW	32.0	41.0	50.0	56.5	62.5	69.0	75.0	82.5	87.5	94.0
Recommended combination			4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB	4x FXFQ250AVEB + 3x FXFQ63AVEB
ηs,c	%		275.1	301.3	289.6	272.9	266.0	260.4	257.7	257.5	251.9	266.8	243.1
ηs,h	%		158.8	160.6	168.2	167.9	175.7	178.5	167.6	175.5	174.8	179.4	169.1
SEER			7.0	7.6	7.3	6.9	6.7	6.6	6.5	6.5	6.4	6.7	6.2
SCOP			4.0	4.1	4.3	4.3	4.5	4.5	4.3	4.5	4.4	4.6	4.3
Maximum number of connectable indoor units													
Indoor index connection	Min.		125.0	163.0	200.0	225.0	250.0	275.0	300.0	325.0	350.0	375.0	400.0
	Max.		325.0	423.0	520.0	585.0	650.0	715.0	780.0	845.0	910.0	975.0	1,040.0
Piping connections	Liquid	OD	mm			mm			mm			mm	
	Gas	OD	mm			mm			mm			mm	
	HP/LP	OD	mm			mm			mm			mm	
	gas		19.1			22.2			28.6			34.9	
Total piping System	Actual length	m				500						1,000	
Power supply	Phase/Frequency/Voltage	Hz/V							3N-/50/380-415				
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)	A	40			50			63			80	

514

Εικόνα 12: Χαρακτηριστικά αερόψυκτης αντλίας Daikin.

Εκτός από τις εξωτερικές αντλίες, θα τοποθετηθούν εσωτερικές μονάδες VRV (Εικόνα 13) αντίστοιχες του απαιτούμενου φορτίου σε κάθε χώρο και τοπικοί εναλλάκτες αέρα για την κάλυψη του αερισμού. Αναλυτικότερα, επιλέχθηκαν 25 FXFQ 20B ,7 FXFQ 25B, 53 FXFQ 40B, 32 FXFQ 50B και η συνολική τους απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς είναι 2,325 kW.

Indoor Unit				FXFQ	20B	25B	32B	40B	50B	63B	80B	100B	125B
Cooling capacity	Total capacity	At high fan speed		kW	2.20	2.80	3.60	4.50	5.60	7.10	9.00	11.20	14.00
Heating capacity	Total capacity	At high fan speed		kW	2.50	3.20	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00	12.50	16.00
Power input - 50Hz	Cooling	At high fan speed		kW	0.017			0.018	0.023	0.028	0.045	0.071	0.103
	Heating	At high fan speed		kW	0.017			0.018	0.023	0.028	0.045	0.071	0.103
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth		mm	204x840x840							246x840x840	288x840x840
Weight	Unit			kg	18			19	21			24	26
Casing	Material				Galvanised steel plate								
Decoration panel	Model				Standard panels: BYCQ140E - white with grey louvers / BYCQ140EW - full white / BYCQ140EB - black Auto cleaning panels: BYCQ140EGF - white / BYCQ140EGFB - black Designer panels: BYCQ140EP - white / BYCQ140EPB - black								
					Standard panels: 65x950x950 / Auto cleaning panels: 148x950x950 / Designer panels: 106x950x950 Standard panels: 5.5 / Auto cleaning panels: 10.3 / Designer panels: 6.5								
Fan	Air flow rate - 50Hz	Cooling	At high / medium / low fan speed	m ³ /min	12.8/10.7/8.9			14.8/12.6/10.4	15.1/12.9/10.7	16.6/13.4/10.7	23.3/19.2/13.5	27.8/20.4/13.0	31.6/26.0/19.8
		Heating	At high / medium / low fan speed	m ³ /min	12.8/10.7/8.9			14.8/12.6/10.4	15.1/12.9/10.7	16.6/13.4/10.7	22.5/18.5/13.0	27.8/20.4/13.0	30.3/24.9/18.9
Air filter	Type				Resin net								
Sound power level	Cooling	At high fan speed		dBA	49.0			51.0	53.0	55.0	60.0	61.0	
Sound pressure level	Cooling	At high / medium / low fan speed		dBA	31.0/29.0/28.0			33.0/31.0/29.0	35.0/33.0/30.0	38.0/34.0/30.0	43.0/37.0/30.0	45.0/41.0/36.0	
	Heating	At high / medium / low fan speed		dBA	31.0/29.0/28.0			33.0/31.0/29.0	35.0/33.0/30.0	38.0/34.0/30.0	43.0/37.0/30.0	45.0/41.0/36.0	
Refrigerant	Type/GWP				R-410A/2,087.5								
Piping connections	Liquid	OD	mm		6.35			9.52					
	Gas	OD	mm		12.7			15.9					
	Drain				VP25 (O.D. 32 / I.D. 25)								
Power supply	Phase/Frequency/Voltage			Hz/V	1~/50/60/220-240/220								
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)			A	16								
Control systems	Infrared remote control				BRC7FA532F / BRC7FB532F / BRC7FA532FB / BRC7FB532FB								
	Wired remote control				BRC1H52W/S/K / BRC1E53A / BRC1E53B / BRC1E53C / BRC1D52								
Contains fluorinated greenhouse gases													

Contains fluorinated greenhouse gases

540

Εικόνα 13: Χαρακτηρίστηκα τοπικών αντλιών νrv

Επιπλέον, στο σύστημα αερισμού-κλιματισμού τοποθετήθηκαν και τοπική εναλλάκτες (Εικόνα 14) για το υπόλοιπο 70% του αερισμού τοποθετήθηκαν 18 VAM 500JB,51 VAM 650JB, 44 VAM800JB,2 VAM 1000JB και η συνολική απαιτούμενη ηλεκτρική τους ισχύς είναι 29,713 kW- η τιμή κατανάλωσης για κάθε εναλλάκτη πάρθηκε για την δυσμενέστερη περίπτωση (λειτουργία Ultra high).

Ventilation		VAM/VAM		150FC9	250FC9	350J8	500J8	650J8	800J8	1000J8	1500J8	2000J8
Power input - 50Hz	Heat exchange Norm. mode	Ultra high/High/Low	kW	0.132/0.11/0.058	0.161/0.14/0.064	0.097/0.070/0.039	0.164/0.113/0.054	0.247/0.173/0.081	0.303/0.212/0.103	0.416/0.307/0.137	0.548/0.384/0.191	0.833/0.614/0.273
	Bypass mode	Ultra high/High/Low	kW	0.132/0.11/0.058	0.161/0.14/0.064	0.085/0.061/0.031	0.148/0.100/0.045	0.195/0.131/0.059	0.289/0.194/0.086	0.417/0.300/0.119	0.525/0.350/0.156	0.835/0.600/0.239
Temperature exchange efficiency - 50Hz	Ultra high/High/Low		%	77.8/71/72.3/2/78.3/71/72.3/2/82.8/71/72.3/2/	74.9/70/69.5/2/76.0/71/70.0/2/80.1/71/70.0/2/	85.1/81.6/7/90.1	80.0/82.5/87.6	84.3/86.4/90.5	82.5/84.2/87.7	79.6/81.8/86.1	83.2/84.8/88.1	79.6/81.8/86.1
	Cooling	Ultra high/High/Low	%	60.3/61.9/61.9/72.4/71/67.3/71/	60.3/61.9/61.9/72.4/71/	65.2/67.9/72.4/71/	59.2/61.8/78.7	59.2/63.8/73.1	67.7/70.7/76.8	62.6/66.4/74.0	68.9/71.8/77.5	62.6/66.4/74.0
Enthalpy exchange efficiency - 50Hz	Heating	Ultra high/High/Low	%	66.6/67.9/72.4/71/72.4/71/	66.6/67.9/72.4/71/	75.5/77.6/82.0	69.0/72.2/78.7	73.1/76.3/82.7	72.8/75.3/80.2	68.6/71.7/77.9	73.8/76.1/80.8	68.6/71.7/77.9
	Heat exchange mode, bypass mode, fresh-up mode											
Air to air cross flow total heat (sensible + latent heat) exchange												
Specially processed non-flammable paper												
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm	285x776x525		301x713x886		368x1,354x920		368x1,354x1,172		731x1,354x1,172
Weight	Unit		kg	24.0		46.5		61.5		79.0		157
Casing	Material			Galvanised steel plate								
Fan	Air flow rate - 50Hz	Heat exchange mode	Ultra high/High/Low	m ³ /h	150 /140 /105 /250 /230 /155 /350 (1)/300 (1)/200 (1)	500 (1)/425 (1)/275 (1)	650 (1)/550 (1)/350 (1)	800 (1)/680 (1)/440 (1)	1,000 (1)/850 (1)/550 (1)	1,500 (1)/1,225 (1)/825 (1)	2,000 (1)/1,700 (1)/1,100 (1)	2,000 (1)/1,700 (1)/1,100 (1)
		Bypass mode	Ultra high/High/Low	m ³ /h	150 /140 /105 /250 /230 /155 /350 (1)/300 (1)/200 (1)	500 (1)/425 (1)/275 (1)	650 (1)/550 (1)/350 (1)	800 (1)/680 (1)/440 (1)	1,000 (1)/850 (1)/550 (1)	1,500 (1)/1,225 (1)/825 (1)	2,000 (1)/1,700 (1)/1,100 (1)	2,000 (1)/1,700 (1)/1,100 (1)
	External static pressure - 50Hz	Ultra high/High/Low	Pa	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25
		Ultra high/High/Low	Pa	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25	90 /87/40 /70 /63/25
Air filter	Type			Multidirectional Fibrous Reces				Multidirectional Fibrous Reces (G3)				
Sound pressure level - 50Hz	Heat exchange mode	Ultra high/High/Low	dBA	27.0/26.0/20.5	28.0/26.0/20.5	34.5 (1)/32.0 (1)/29.0 (1)	37.5 (1)/35.0 (1)/30.5 (1)	39.0 (1)/36.0 (1)/33.0 (1)	42.0 (1)/38.5 (1)/32.5 (1)	45.0 (1)/41.5 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.5 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.5 (1)/35.0 (1)
	Bypass mode	Ultra high/High/Low	dBA	27.0/26.0/20.5	28.0/27.0/21.0	34.5 (1)/32.0 (1)/28.0 (1)	38.0 (1)/34.5 (1)/30.5 (1)	40.0 (1)/36.5 (1)/30.5 (1)	42.5 (1)/39.0 (1)/32.5 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)
	Ultra high/High/Low	dBA	27.0/26.0/20.5	28.0/27.0/21.0	34.5 (1)/32.0 (1)/28.0 (1)	38.0 (1)/34.5 (1)/30.5 (1)	40.0 (1)/36.5 (1)/30.5 (1)	42.5 (1)/39.0 (1)/32.5 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)
	Ultra high/High/Low	dBA	27.0/26.0/20.5	28.0/27.0/21.0	34.5 (1)/32.0 (1)/28.0 (1)	38.0 (1)/34.5 (1)/30.5 (1)	40.0 (1)/36.5 (1)/30.5 (1)	42.5 (1)/39.0 (1)/32.5 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)	45.0 (1)/41.0 (1)/35.0 (1)
Operation range	Around unit	°CDB		100	150	200	250	250	250	250	250	250
Connection duct diameter		mm		100	150	200	250	250	250	250	250	250
Power supply	Phase/Frequency/Voltage	Hz/V		100	150	200	250	250	250	250	250	250
Current	Maximum fuse amps (MFA)	A		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Specific energy consumption (SEC)	Cold climate	kWh/(m ³ ·a)		-56.0 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)	-60.5 (5)
	Average climate	kWh/(m ³ ·a)		-22.1 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)	-27.0 (5)
	Warm climate	kWh/(m ³ ·a)		-0.100 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)	-5.30 (5)
SEC class				D / See note 5 B / See note 5								
Maximum flow rate at 100 Pa ESP	Flow rate	m ³ /h		130	207	207	207	207	207	207	207	207
	Electric power input	W		129	160	160	160	160	160	160	160	160
Sound power level (Lwa)		dB		40	43	51	54	58	61	62	65	65
Annual electricity consumption	Cold climate	kWh/a		18.9 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)	13.6 (5)
		kWh/a		41.0 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)	40.6 (5)
	Average climate	kWh/a		80.2 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)	79.4 (5)
		Warm climate	kWh/a		18.5 (5)	18.4 (5)	18.4 (5)	18.4 (5)	18.4 (5)	18.4 (5)	18.4 (5)	18.4 (5)

[1]Measured according to JIS S 4020 [2]Measured as reference flow rate according to EN13135-1 [3] See reference flow rate in accordance with Commission regulation (EU) No 1254/2010

(1) Measured according to EN 13828 (2) Measured at reference flow rate according to EN 13145-2 (3) At reference flow rate in accordance with Commission Regulation (EU) No 1284/2013

Εικόνα 14: Χαρακτηρίστηκε εναλλακτών Daikin

6.3.2 Σενάριο Κλιματισμού 2

Για το Σενάριο 2 επιλέχθηκε το κέλυφος όπως περιγράφεται στην παράγραφο 6.6.4. Ομοίως, και σε αυτή την περίπτωση θα υπάρχουν τρία όμοια συστήματα που θα καλύπτουν την θέρμανση-ψύξη ενώ ο αερισμός των χώρων αυτών θα καλύπτεται από μία ΚΚΜ. Κάθε σύστημα αποτελείται από ένα υβριδικό σύστημα που συνδυάζει μία γεωθερμική (Εικόνα 15) και μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας (Εικόνα 16) σε αναλογία 50-50 για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Το ψυκτικό φορτίο που θα πρέπει να καλυφθεί από κάθε σύστημα περιγράφεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Συνολικά ψυκτικά και θερμικά Φορτία χώρων για σενάριο κελύφους 1

Χώρος	Ψυκτικό Φορτίο(kW)	Ψυκτικό Φορτίο Αερισμού(kW)	Θερμικό Φορτίο(kW)	Θερμικό Φορτίο Αερισμού(kW)
1 ^ο Σύστημα	46.331	18.652	15.577	12.011
2 ^ο Σύστημα	84.666	33.995	24.618	21.864
3 ^ο Σύστημα	46.992	15.398	12.762	9.904

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους σωληνώσεων του εναλλάκτη της αντλία θερμότητας θα γίνει με βάση τον τύπο $L_{geo} = \frac{\psi \cdot \phi}{\theta \cdot A \cdot E \Delta}$, όπου $\psi \cdot \phi$ είναι το ψυκτικό φορτίο για κάθε σύστημα και $\theta \cdot A \cdot E \Delta$ είναι η θερμική απόδοση εδάφους και θα ληφθεί ίση με 30W/m. Επομένως, το μήκος των σωληνώσεων θα είναι ίσο με 1550m για το 1^ο Σύστημα, 2822 για το 2^ο Σύστημα και 1567 για το 3^ο Σύστημα.

Το 1^ο Σύστημα θα αποτελείται από μία γεωθερμική αντλία τύπου Logatherm WPS 20 R που θα καλύπτει το 50% του ψυκτικού φορτίου- 23,166kW και απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς 5,2kW. Για το υπόλοιπο 50% επιλέχθηκε μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας EWWQ-KC 033 με συνολικό ψυκτικό φορτίο 28,90kW και απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύς 7,3kW. Το 2^ο Σύστημα θα αποτελείται από μία γεωθερμική αντλία τύπου Logatherm WPS 33R που θα καλύπτει το 50% του ψυκτικού φορτίου- 42,333kW και απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς 8,8kW. Για το υπόλοιπο 50% επιλέχθηκε μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας EWWQ-KC 064 απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύς 14,6kW. Το 3^ο Σύστημα θα αποτελείται από μία γεωθερμική αντλία τύπου Logatherm WPS 20 R που θα καλύπτουν το 50% του ψυκτικού φορτίου- 23,496kW και απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς 5,2kW. Για το υπόλοιπο 50% επιλέχθηκε μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας EWWQ-KC 033 με συνολικό ψυκτικό φορτίο 24,18kW και απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύς 7,3kW.

Τεχνικά χαρακτηριστικά - Γεωθερμικές αντλίες

Logatherm WPS	9 Rm	12 Rm	16 R	20 R	23 R	33 R
Ονομαστική θερμική Ισχύς kW(1)	9,2	11,7	16	19,8	23	33,3
Συνολική απορροφούμενη Ισχύς (2)	2,35	2,8	3,5	4,4	4,9	7,3
COP (Eurovent)	3,92	4,18	4,57	4,5	4,69	4,56
Ονομαστική Ψυκτική Ισχύς kW (3)	12	15,1	21,3	26,9	30,7	44,8
Συνολική απορροφούμενη Ισχύς kW (2)	2,53	3,27	4,1	5,15	5,95	8,8
EER (Eurovent)	4,74	4,62	5,2	5,22	5,16	5,09
Ονομαστική θερμική Ισχύς kW (4)	9	11,3	15,2	18,8	21,8	31,9
Συνολική απορροφούμενη Ισχύς kW (2)	3	3,6	4,4	5,6	6,2	9
COP (Eurovent)	3	3,14	3,45	3,36	3,52	3,54
Ονομαστική Ψυκτική Ισχύς kW (5)	8,8	11,3	15,7	19,8	22,9	33,4
Συνολική απορροφούμενη Ισχύς (2)	2,6	3,2	4	5,1	5,8	8,4
EER (Eurovent)	3,38	3,53	3,93	3,88	3,95	3,98
ESEER (απόδοση συστήματος)	3,95	3,9	4,51	4,4	4,61	4,37
Τύπος Συμπιεστή	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL
Αριθμός Συμπιεστών	1	1	1	1	1	1
Ψυκτικό Υγρό	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Τύπος αντλίας από τη μεριά του εσωτερικού κυκλώματος (6)	K	K	K	Φ	Φ	Φ
Τύπος αντλίας από τη μεριά του εξωτερικού κυκλώματος (6)	K	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
Ρεύμα Εκκίνησης A	44	59	75	95	111	140
Ηχητική ισχύς (7) dB(A)	53	58	59	66	66	70
Ηχητική πίεση (8) dB(A)	39	44	45	51	51	55

(1) Νερό είσοδος - έξοδος 30/35°C (συστήματος). Νερό είσοδος-έξοδος 0°C / -3°C (πηγή)
(2) Η Συνολική απορροφούμενη ισχύς έχει υπολογιστεί σύμφωνα με το Eurovent
(3) Κρύο νερό είσοδος - έξοδος 23/18°C, Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 30°C / 35°C
(4) Ζεστό νερό είσοδος - έξοδος 40/45°C, Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 0°C / -3°C
(5) Κρύο νερό είσοδος - έξοδος 12/7°C, Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 30°C / 35°C
(6) K = Κυκλοφορητής, Φ = Φυγόκεντρική αντλία
(7) Σύμφωνα με το ISO 9614 & Eurovent 8.1.
(8) Μετρημένη σε απόσταση περίπου 1 μέτρου από τις εξωτερικές διαστάσεις της μονάδας

Εικόνα 15: Χαρακτηρίστηκα γεωθερμικής αντλίας Logatherm WPS

Cooling & Heating only				EWQ-KC	014	025	033	049	064
SEER					4.02	4.23	3.63	4.48	3.88
Space heating	Average climate water outlet 55°C	General	SCOP		3.64	3.63	3.71	3.58	3.87
	Average climate water outlet 35°C	General	SCOP		4.76	4.73	4.52	4.87	4.91
			Seasonal space heating eff. class		A+++		A++		A+++
Cooling capacity	Nom.		kW		12.09/13.25	19.87/23.89	28.90/30.47	39.35/47.15	57.84/61.00
Heating capacity	Nom.		kW		14.98	27.30	34.74	54.13	69.51
Power Input	Cooling	Nom.	kW		3.20/3.74	5.70/6.11	7.30/8.43	11.4/12.03	14.6/16.41
	Heating	Nom.	kW		3.90	7.10	8.70	14.4	17.5
Capacity control	Method	Minimum capacity	%			100	Fixed		50
EER					3.237/4.20	3.254/4.18	3.429/4.16	3.27/4.13	3.524/4.18
COP					4.68	4.85	3.98	3.77	3.98
IPLV							4.28	4.97	4.44
Dimensions	Unit	Height	mm				600		
		Width	mm				600		
		Depth	mm			600			
Weight	Unit	Operation weight	kg		68.0	132	141	257	265
			kg		70/74	129/136	135/145	247/266	258/282
Water heat exchanger - evaporator	Type						Brazed plate		
	Water volume		l		1.47	1.96	2.74	4.47	5.88
	Water Cooling	Nom.	l/s		0.63	1.14	1.45	2.25	2.91
	Flow rate	Heating	Nom.		0.88	1.6	2.07	3.2	4.13
	Waterpressure drop	Cooling	Nom.		9.71/11.7	16.4/28.7	21.3/21.6	20.5/27.6	34.8/44.8
		Heating	Nom.		23.70	60.20	59.60	56.70	94.60
Compressor	Type						Scroll compressor		
	Quantity					1		2	
Sound power level	Cooling	Nom.	dB(A)		69		76		79
Sound pressure level	Cooling	Nom.	dB(A)		55.2		62.1		64.6
Operation range	Evaporator	Cooling	Min.-Max.				-10 -20		
	Condenser	Heating	Min.-Max.				20 -55		
Refrigerant	Charge		kg		0.0/1.30	0.0/1.90	R-410A/2.088.0	0.0/4.60	0.0/6.80
	Circuits	Quantity				1		2	
Piping connections	Evaporator water inlet/outlet (OD)					GT		GT 1/2	
Space heating	Average climate water outlet 55°C	General	SCOP		3.64	3.63	3.71	3.58	3.87
Space heating	Average climate water outlet 35°C	General	SCOP				A++		
		A condition (7°CDB-8°CWB)	Cdh (Degradation heating)				0.9		
					A+++		A++		A+++
Unit	Starting current	Max	A		57.4	109.3	124.3	124.8	143.6
	Running current	Cooling	Nom.		6.0/6.57	9.0/10.5	13.0/14.1	19.0/20.9	26.0/28.1
		Max	A		9.16	15.5/15.53	19.3/19.33	31.0/31.05	38.65/38.7
Power supply	Phase/Frequency/Voltage		Hz/V				3N~/50/400		

Cooling: EW 12°C, LW 7°C, ambient conditions: 35°CDB | Cooling: EW 23°C, LW 18°C, ambient conditions: 35°CDB | Condition: Ta DB/WB 7°C/6°C - LWC 55°C (DT = 5°C) | Condition: Ta DB/WB 7°C/6°C - LWC 45°C (DT=5°C) | According to EN14825 | Depends on operation mode, refer to installation manual. | For more details, see operation range drawing.

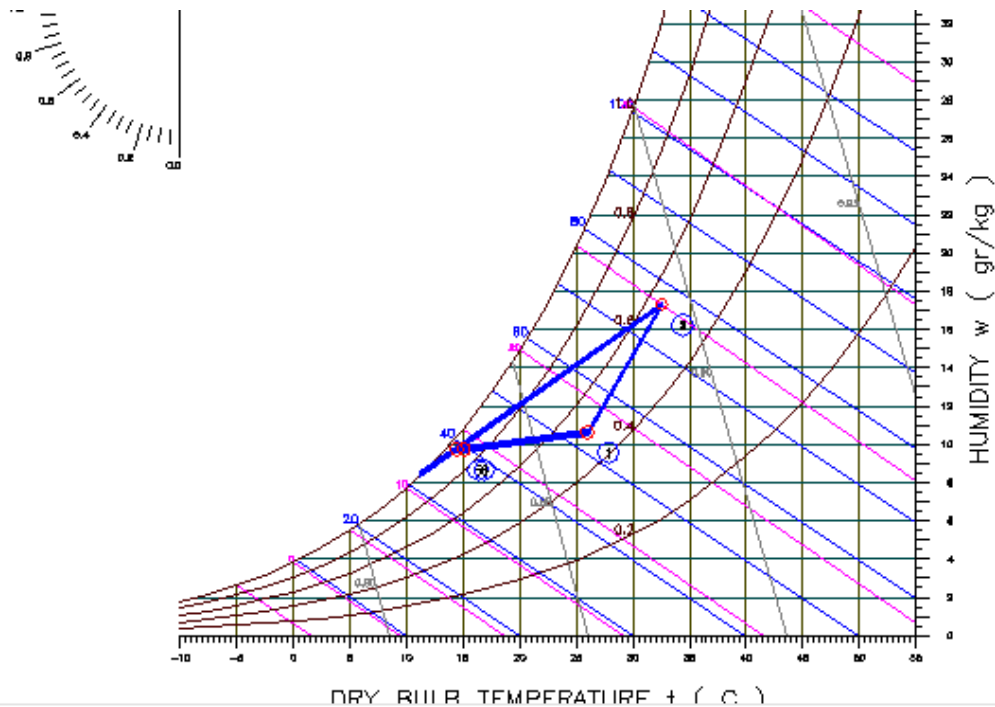
686

Εικόνα 16: Χαρακτηρίστηκα Υδροψυκτικής αντλίας Daikin

Για την κάλυψη των φορτίων χώρου και αερισμού θα γίνει χρήση ΚΚΜ με εισαγωγή 100% νωπού αέρα. Η εύρεση των χαρακτηριστικών της ΚΚΜ θα γίνει με την χρήση της ψυχομετρίας που διαθέτει το πρόγραμμα της 4m FINE-HVAC. Από την επίλυση της ψυχομετρίας (Εικόνα 17, Εικόνα 19) και τους ψυχομετρικούς χάρτες που δημιουργούνται (Εικόνα 18, Εικόνα 20) εξάγουμε τα απαραίτητα χαρακτηρίστηκα για την κατασκευή της ΚΚΜ και αυτά είναι η απαιτούμενη παροχή του αέρα είναι 37549,50m³/h και το συνολικό φορτίο ψύξης είναι 463,055 kW ενώ το συνολικό φορτίο θέρμανσης είναι 392,691 kW.

System Sensible Heat	RSH	:	138.454	KWatt
System Latent Heat	RLH	:	28.131	KWatt
Outside air	Va	:	37548.11	m3/h
By-pass Factor	Bf	:	0.150	
Coolant Temperature Difference	Dt	:	5.0	°C
Effective Specific Heat Coefficient	ESHF	:	0.7288	
Room Specific Heat Factor	RSHF	:	0.8311	
Device Specific Heat Factor	GSHF	:	0.4944	
Leaving Air Quantity	Vda	:	37548.11	m3/h
Air Return Quantity	Ve	:	0.00	m3/h
Entering Air Quantity	Vsa	:	37548.11	m3/h
Outdoor Air Sensible Heat	OASH	:	82.712	KWatt
Outdoor Air Latent Heat	OALH	:	206.006	KWatt
Outdoor Air Total Heat	OATH	:	288.718	KWatt
Total Sensible Load	TSH	:	228.918	KWatt
Total Latent Heat	TLH	:	234.137	KWatt
Total Load	GTH	:	463.055	KWatt
Coolant Flow Rate	P	:	79.63	m3/h
Reheating Heat	Qan	:	7.752	KWatt

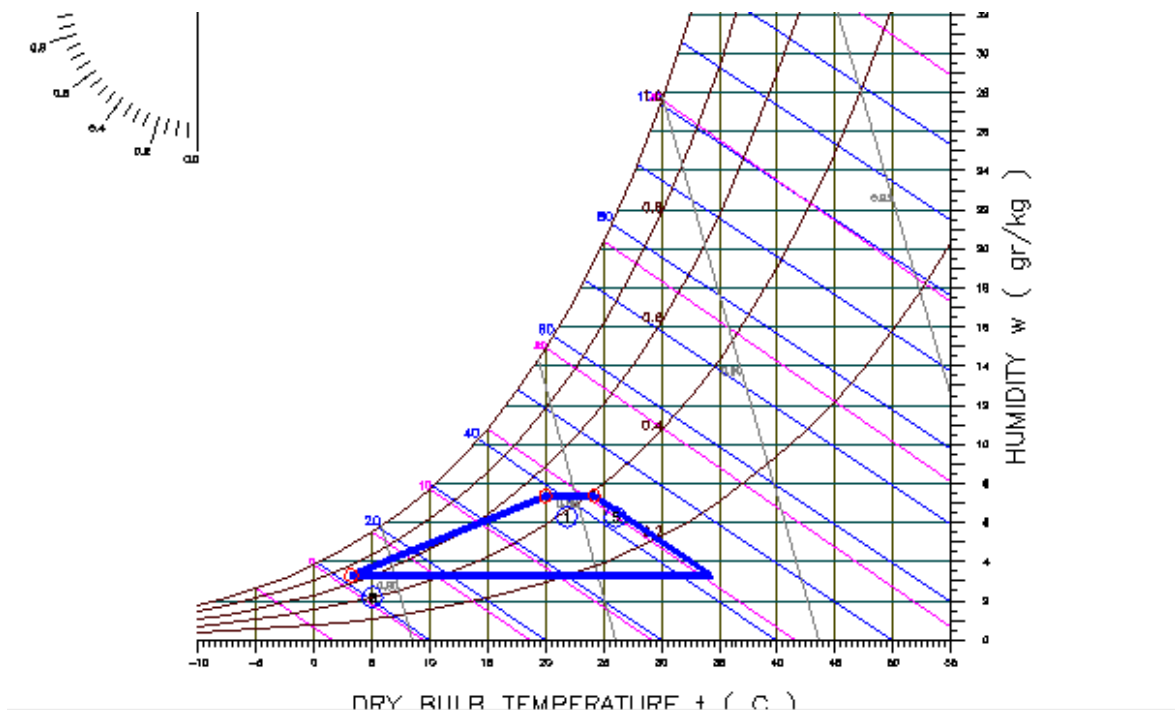
Εικόνα 17: Επίλυση Ψυχομετρίας για ψύξη



Εικόνα 18: Ψυχομετρικός χάρτης για Ψύξη

System Sensible Heat	WRSH	:	52.982	KWatt
Outside air	Va	:	37549.19	m3/h
By-pass Factor	Bf	:	0.150	
Heating Medium Temperature Difference	Dt	:	15.0	°C
Effective Specific Heat Coefficient	ESHF	:	0.4626	
Room Specific Heat Factor	RSHF	:	1.0000	
Device Specific Heat Factor	GSHF	:	1.0000	
Leaving Air Quantity	Vda	:	37549.19	m3/h
Air Return Quantity	Ve	:	0.00	m3/h
Entering Air Quantity	Vsa	:	37549.19	m3/h
Outdoor Air Sensible Heat	OASH	:	212.154	KWatt
Outdoor Air Latent Heat	OALH	:	126.636	KWatt
Outdoor Air Total Heat	OATH	:	338.790	KWatt
Total Sensible Load	TSH	:	392.691	KWatt
Total Latent Heat	TLH	:	0.000	KWatt
Total Load	GTH	:	392.691	KWatt
Coolant Flow Rate	P	:	22.46	m3/h
Humidifier Supply	M	:	188.52	Kg/h
Evaporating Cooling Load	Qec	:	127.554	KWatt

Εικόνα 19: Επίλυση Ψυχομετρίας για θέρμανση



Εικόνα 20: Ψυχομετρικός χάρτης για θέρμανση

Η επίλυση ψυχομετρίας έγινε αποδεκτή με εισαγωγή 100% νωπού αέρα όπως εμφανίζεται στην επίλυση της ψυχομετρίας της ψύξης και πιο συγκεκριμένα η τιμή Air Return Quantity είναι 0, δεν υπάρχει ανακυκλοφορία αέρα και η επίλυση της ψυχομετρίας της θέρμανσης έγινε με θέρμανση με ύγρανση. Για την κυκλοφορία του αέρα σε κάθε χώρο χρησιμοποιήθηκαν fancoils (FCU) που η ισχύς του κάθε FCU υπολογίζεται από τον τύπο $FCU_{kw} = Q * 0,000265 / 6$ όπου Q το ψυκτικό φορτίου κάθε χώρου. Η συνολική ισχύς FCU του 1^{ου} Συστήματος είναι 0,55kW, του 2^{ου} Συστήματος 0,97kW και του 3^{ου} Συστήματος 0,44kW.

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας των ανεμιστήρων της ΚΚΜ γίνεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$P_{elec, KKM} = \text{Παροχή Αέρα} \left(\frac{m^3}{s} \right) * 2.5 \left(\frac{kW}{m^3} \right) = \frac{37549,5}{3600} * 2.5 = 26,08 \text{ kW}$$

Επιπλέον, θα τοποθετηθεί ένας αυτόνομος κυκλοφορητής για την αερόψυκτη αντλία θερμότητας, ένας για την γεωθερμική και ένας για την ΚΚΜ. Για τον υπολογισμό της

κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των κυκλοφορητών είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της παροχής για το κάθε σύστημα. Ο υπολογισμός της έγινε από τον τύπο:

$$G = \frac{Q_{total}}{\Delta T_{in-out}}$$

Όπου Q_{total} είναι η ψυκτική/θερμική ισχύς του δικτύου διανομής σε kcal/h (W/1.163), ΔT η διαφορά μεταξύ νερού προσαγωγής και επιστροφής στο δίκτυο διανομής που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ίσο με 5oC και G η παροχή του δικτύου διανομής σε l/h.

Στη συνέχεια με την χρήση του τύπου $N = \frac{G \cdot H}{1020 \cdot n_k}$ όπου G η παροχή δικτύου διανομής, n_k ο βαθμός απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα-σε αυτό το σενάριο είναι ίσος με 0.7, H το μανομετρικό ύψος δικτύου διανομής σε KPa μέσω του εμπειρικού Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Εμπειρικός Πίνακας εύρεσης μανομετρικού ύψους

Ισχύς εγκατάσταση (ψυκτική/θερμική)	Μανομετρικό ύψος
Μέχρι 45000kcal/h(52.5KW)	0.6-3.0 ΜΥΣ
Από 45000 kcal/h(52.5KW) μέχρι 85000kcal/h(100KW)	3.0-5.0 ΜΥΣ
Πάνω από 85000 kcal/h(100KW)	5.0-10 ΜΥΣ

Αναλυτικότερα, ο κυκλοφορητής της αερόψυκτης αντλίας του 1^{ου} Συστήματος θα καταναλώνει 0,02kW και ο κυκλοφορητής της γεωθερμικής αντλίας θα καταναλώνει 0,02kW, ο κυκλοφορητής της αερόψυκτης αντλίας του 2^{ου} Συστήματος θα καταναλώνει 0,07kW και ο κυκλοφορητής της γεωθερμικής αντλίας θα καταναλώνει 0,07kW, ο κυκλοφορητής της αερόψυκτης αντλίας του 3^{ου} Συστήματος θα καταναλώνει 0,021kW και ο κυκλοφορητής της γεωθερμικής αντλίας θα καταναλώνει 0,021kW και ο κυκλοφορητής της ΚΚΜ θα καταναλώνει 0,5kW. Τέλος, ο κυκλοφορητής του 1^{ου} Συστήματος των FCU θα καταναλώνει 0,082kW, του 2^{ου} Συστήματος των FCU θα καταναλώνει 0,274kW, του 3^{ου} Συστήματος των FCU θα καταναλώνει 0,084kW.

6.3.3 Σύγκριση των Σεναρίων Κλιματισμού

Στον Πίνακα 8 παρατηρούμε ότι η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια στο σενάριο 1 είναι μικρότερα από το Σενάριο 2. Η διαφορά αυτή στην απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια έγκειται στην απαίτηση του σεναρίου 2 κάλυψης των φορτίων αερισμού από μία

κεντρικής κλιματιστικής μονάδας με 100% νωπό αέρα καθώς προσθέτει στο σύστημα 52.16kW επιπλέον απαιτούμενης ενέργειας. Αντίθετα, το σύστημα VRV καλύπτει το 30% της εναλλαγής του αέρα στον χώρο και το υπόλοιπο 70% το καλύπτουν τοπικοί εναλλάκτες σε κάθε χώρο που έχουν σχετικά μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 8: Συνολική απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια Σεναρίων Κλιματισμού

Σενάριο	Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια(kW)
Σενάριο 1	77,613
Σενάριο 2	96,42

Κεφάλαιο 7 Μελέτη Φωτοβολταϊκού Συστήματος Κτιρίου

7.1 Αρχή λειτουργίας Φωτοβολταϊκών Πάνελ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Ωστόσο, με την χρήση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών πάνελ η μετατροπή της γίνεται σε ηλεκτρική με την τεχνολογία των κρυσταλλικών στοιχείων πυριτίου και στη συνέχεια με την παρεμβολή μετατροπέων, παραδίδουν ενέργεια στο δίκτυο συμβατή με τα χαρακτηριστικά του [11].

7.2 Τύποι Φωτοβολταϊκών Πάνελ

Οι περισσότερες ηλιακές κυψέλες είναι κατασκευασμένες από πυρίτιο, το οποίο εξελίσσεται από άμορφο (μη κρυσταλλικό) σε πολυκρυσταλλικές ή σε κρυσταλλικές (μονοκρυσταλλο) μορφές πυριτίου με αυξανόμενη απόδοση και μειωμένο κόστος. Ένα τυπικό ηλιακό πάνελ περιέχει 60, 72 ή 90 μεμονωμένες ηλιακές κυψέλες. Με την πάροδο του χρόνου, έχουν αναπτυχθεί αρκετοί τύποι φωτοβολταϊκών κυψελών και πάνελ σε μια προσπάθεια να ενισχυθεί η απόδοση, να μειωθεί το κόστος και η χρήση υλικών και να διευρυνθεί το φάσμα των πιθανών εφαρμογών. Όμως, στην αγορά σήμερα υπάρχουν 4 κύριοι τύποι ηλιακών συλλεκτών: μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά και πάνελ λεπτής μεμβράνης [12].

- Μονοκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ

Δημιουργούνται από ένα μόνο υπόστρωμα καθαρού πυριτίου που έχει χωριστεί σε πολλά υποστρώματα. Αναγνωρίζονται εύκολα από τη σκούρα μαύρη απόχρωση του αφού είναι κατασκευασμένα από καθαρό πυρίτιο. Τα μονοκρυσταλλικά πάνελ είναι τα πιο αποδοτικά στο χώρο και τα πιο ανθεκτικά από τις τρεις ποικιλίες ηλιακών συλλεκτών λόγω της χρήσης καθαρού πυριτίου. Αυτό έχει επίσης ως αποτέλεσμα την υψηλή τιμή, καθώς πολύ πυρίτιο,

μερικές φορές πάνω από 50%, σπαταλάται για να δημιουργηθεί μόνο ένα μονοκρυσταλλικό στοιχείο.

- Πολυκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ

Αυτά προέρχονται από πολλούς κρυστάλλους πυριτίου, όπως υποδηλώνει το όνομά τους, και όχι μόνο από έναν. Ένα τετράγωνο καλούπι είναι γεμάτο με λιωμένο θραύσματα πυριτίου. Λόγω της μικρής σπατάλης, αυτό κάνει τις πολυκρυσταλλικές κυψέλες πολύ πιο οικονομικές και τους δίνει τη χαρακτηριστική τετράγωνη μορφή τους. Δεδομένου ότι είναι κατασκευασμένα με λιγότερο καθαρό πυρίτιο και έχουν διαφορετική αρχιτεκτονική από τα μονοκρυσταλλικά πάνελ, είναι επίσης λιγότερο αποτελεσματικά στη μετατροπή της ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι επίσης λιγότερο αποτελεσματικά σε ζεστές καταστάσεις λόγω της μειωμένης ανοχής τους στη θερμότητα.

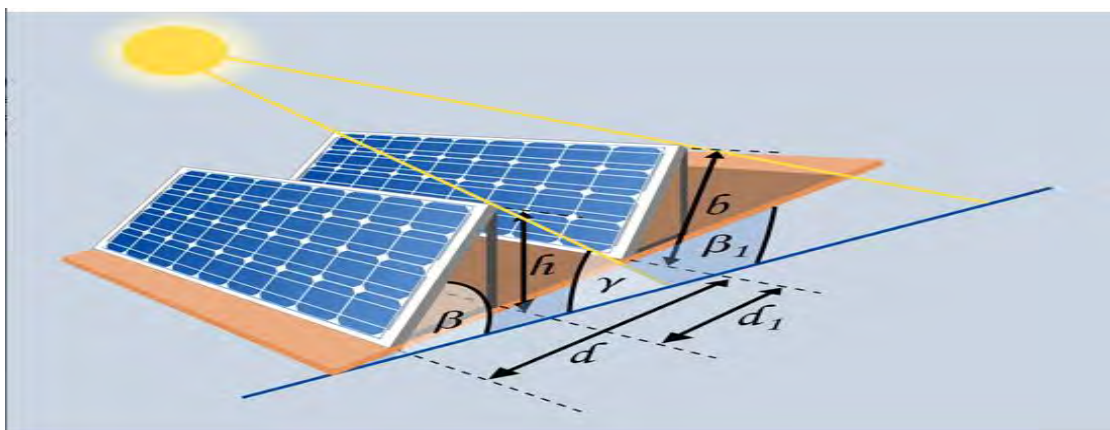
- Ηλιακά πάνελ λεπτής μεμβράνης

Πολύ μικροσκοπικά στρώματα που είναι αρκετά λεπτά ώστε να είναι εύκαμπτα ορίζουν τα πάνελ λεπτής μεμβράνης. Δεδομένου ότι δεν απαιτείται υποστήριξη πλαισίου για κάθε πάνελ, είναι ελαφρύτερα και απλούστερα στην εγκατάσταση. Σε αντίθεση με τα πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου, τα οποία είναι διαθέσιμα σε συμβατικά μεγέθη των 60, 72 και 96 κυψελών, τα πάνελ λεπτής μεμβράνης μπορούν να κατασκευαστούν σε διάφορα μεγέθη για να ανταποκρίνονται σε ποικίλες απαιτήσεις. Είναι, ωστόσο, λιγότερο αποτελεσματικά από τα συμβατικά ηλιακά πάνελ πυριτίου. Σε αντίθεση με τα ηλιακά πάνελ πυριτίου τα πάνελ λεπτής μεμβράνης μπορούν να κατασκευαστούν από τελλουρίδιο του καδμίου (CdTe), άμορφο πυρίτιο (a-Si) και χαλκό ινδίου σεληνιούχο γάλλιο (CIGS).

7.3 Μελέτη Φωτοβολταϊκού Συστήματος

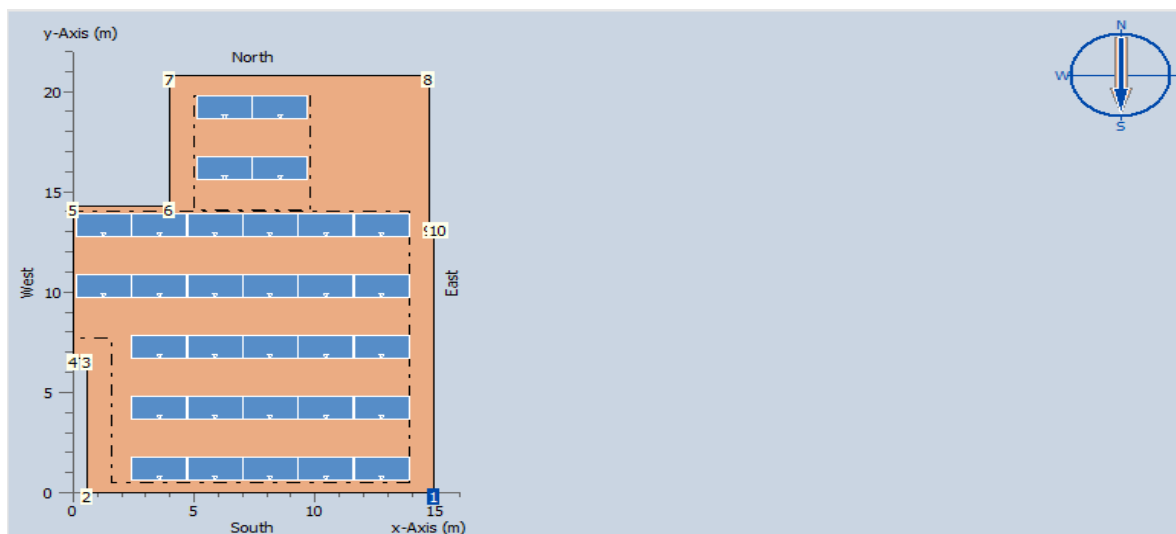
Η μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος του κτιρίου υπό μελέτη έγινε με την χρήση του προγράμματος PV Sol. Αναλυτικότερα, το πρώτο βήμα είναι η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για εξαγωγή κλιματολογικών δεδομένων καθώς δεν περιέχονται τα κλιματικά δεδομένα από την πόλη του Αγρινίου επιλέχθηκαν τα κλιματικά δεδομένα της πόλης της Πάτρας. Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή κατάλληλων φωτοβολταϊκών πάνελ. Ο χώρος τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πάνελ είναι $200m^2$ και αυτό προκύπτει αφαιρώντας από τα $270m^2$ της οροφής τον χώρο που καλύπτουν οι ηλιακοί συλλέκτες ($20,1m^2$) και $50m^2$ για

λόγους συντήρησης και ασφάλειας των πάνελ. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί για να μην υπάρχει σκίαση πρέπει να υπάρχει απόσταση d ανάλογη με το μήκος, την κλίση και το ύψος των φωτοβολταϊκών πάνελ όπως φαίνεται στην Εικόνα 21. Συνεπώς, με κριτήριο τα παραπάνω επιλέχθηκαν τα μονοκρυσταλικά πάνελ Aikosolar AIKO-A600-MAH72Mw που έχουν απόδοση 600W και με βάση τα χαρακτηριστικά του, η απόσταση κάθε σειράς πάνελ θα είναι 1,9m.



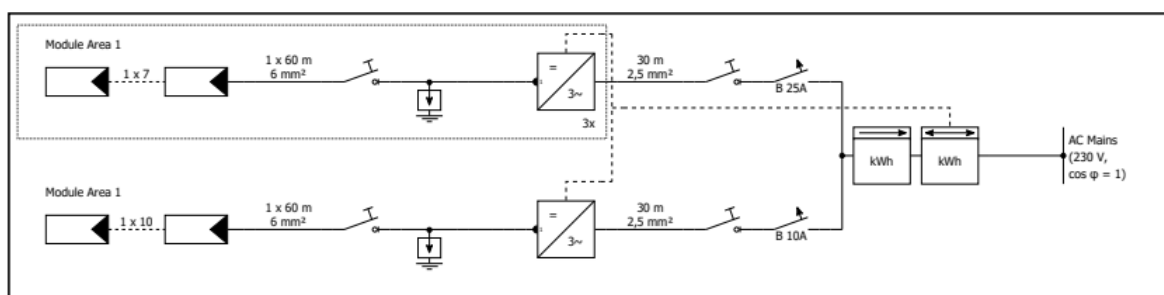
Εικόνα 21: Υπολογισμός απόστασης φ/β πάνελ για την αποφυγή σκίασης

Τα πάνελ θα εγκατασταθούν με σταθερό προσανατολισμό προς Νότο, με κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο $\beta=25^\circ$ που είναι διαπιστωμένο πως είναι η πλέον αποδοτική για τη μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για τα Ελληνικά γεωγραφικά δεδομένα και με αζιμούθιο αριθμό 0° και παράλληλα σε σειρές όπως εμφανίζεται στην κάτοψη της οροφής στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22: Κάτοψη τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του κτιρίου μελέτης

Για την μετατροπή των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε συμβατή με το δίκτυο, δηλαδή από συνεχής τάσης (DC) σε εναλλασσόμενη τάση (AC), τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνδέθηκαν με αντιστροφής-inverter (Εικόνα 23). Ειδικότερα, συνολικά στην οροφή τοποθετήθηκαν 31 πάνελ και για την κάλυψη των αναγκών τους χρησιμοποιήθηκαν 3 αντιστροφής τύπου Fronius Symo hybrid 4.0, όπου σε καθένα συνδέονται 7 πάνελ με ισχύ 4,2kWp, και 1 αντιστροφέας τύπου Fronius Symo hybrid 5.0 με 10 πάνελ συνδεδεμένα με συνολική ισχύ 6kWp. Αν και η συνολική αποδιδόμενη ισχύς των πάνελ είναι 18,6 kWp, οι αντιστροφής μπορούν να παράγουν συνολικά 17kW.



Εικόνα 23: Μονογραμμικό διάγραμμα Φωτοβολταϊκών με τη χρήση αντιστροφέα Fronius Symo hybrid 4.0 (επάνω) και με τη χρήση αντιστροφέα Μονογραμμικό διάγραμμα Φωτοβολταϊκών με τη χρήση αντιστροφέα Fronius Symo hybrid 5.0 (κάτω)

Ακόμη, βασικό στοιχείο μελέτης ενός συστήματος φωτοβολταϊκών αποτελούν οι καλωδιώσεις από τα πάνελ μέχρι τους αντιστροφείς (DC current) και από τους αντιστροφείς μέχρι το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ διότι δεν γίνεται αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά αποστέλλεται στο ηλεκτρικό δίκτυο και γίνεται συμψηφισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας με την παραγόμενη ενέργεια- net metering. Ειδικότερα, οι διατομές καλωδίων καθορίστηκαν από το μήκος των καλωδίων, το μέγιστο αναμενόμενο αντίστροφο ρεύμα, την πτώση τάσης και την ενέργεια απώλειας στα καλώδια. Για τα πάνελ προτείνεται από τον κατασκευαστή καλώδιο τύπου 12AWG (UL) διατομής $4mm^2$. Επιπλέον, με βάση το μήκος των καλωδίων το πρόγραμμα PV sol υπολογίζει και την αντίστοιχη διατομή του καλωδίου για πτώση τάσης μικρότερη από 1% (Πίνακας 9).

Πίνακας 9: Απαιτούμενα καλώδια για την σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Καλώδια DC	Διατομή	Τύπος Καλωδίου
Σύνδεση μεταξύ πάνελ	$4mm^2$	12AWG(UL)
Από πάνελ μέχρι αντιστροφέα	$6mm^2$	12AWG(UL)
Καλώδια AC		
Από αντιστροφέα μέχρι γενικό πίνακα	$2,5mm^2$	NYY
Από γενικό πίνακα έως δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ	$16mm^2$	NYY

Κεφάλαιο 8 Δημιουργία Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης

8.1 Μελέτη Σκίασης και υπολογισμός Θερμογεφυρών

Η μελέτη σκίασης και ο υπολογισμός των θερμογεφυρών έγινε με την χρήση του προγράμματος της 4m GCAD17 Kenak. Αρχικά, γίνεται η σχεδίαση του κτιρίου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα της 4m. Για την σχεδίαση του κτιρίου είναι απαραίτητη η εισαγωγή των χαρακτηριστικών κάθε δομικού στοιχείου στην βιβλιοθήκη του αντίστοιχου έργου. Ωστόσο, η ενημέρωση της βιβλιοθήκης γίνεται μέσω του προγράμματος 4m enka. Η συμπλήρωση των στρώσεων υλικών του αντίστοιχου δομικού στοιχείου γίνεται από μέσα προς τα έξω και στη συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας (Εικόνα 24).

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Φύλλο : Φ

Δομικό Στοιχείο: Τοίχο_Πλίσσις

Τύπος Κατασκευής:

Είδος Στοιχείου: Τοιχοποιία

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα

Εμβαδό θυρίδων Av (mm²)

Ra2

Εξωτερικό όριο
Πρώτη μόνωση
Μονωτικό υλικό
Εσωτερικό όριο

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kg/m³)	Πάχος1 (m)	Συντ. η (W/mK)	R (m²K/W)
1	Ασβεστοκονία	1900	0.02	0.870	0.023
2	Οπτοπλινθοειδ	1200	0.25	0.556	0.556
3	Μονωτικό υλικό		0.08	0.035	2.286
4	Ασβεστοκονία	1900	0.02	0.870	0.023
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.370		

Ri 0.13 Ra 0.04 Συντ. θερμ. U = 0.327

Εικόνα 24: Τοιχοποιία πλήρωσης στο πρόγραμμα 4m enka

Στη συνέχεια στο πρόγραμμα 4m GCAD NG εισάγονται όλα τα απαραίτητα τυπικά στοιχεία για το αντίστοιχο έργο. Αφού γίνει η σχεδίαση του κτιρίου ορίζονται οι θερμογέφυρες για κάθε σενάριο (Εικόνα 25). Αξίζει να σημειωθεί ότι και στα δύο σενάρια ο τύπος θερμογεφυρών είναι ο ίδιος όμως έχουν διαφορετικό είδος 2^{ης} Επιφάνειας και συνεπώς πρέπει να γίνει διαφορετικός υπολογισμός για τα δύο σενάρια.

Θερμικές γέφυρες προς εξωτερικές επιφάνειες

	Πλευρά	Υπάρχει	Είδος 2ης Επιφάνειας	Περιγραφή	Ψκ (W/mK)
1	Επάνω	☐			
2	Κάτω	☐			
3	Πλευρά 1	☐			
4	Πλευρά 2	☐			
5	Άλλη οριζόντια	☐			
6	Άλλη κατακόρυφη	☐			

Εικόνα 25: Ορισμός θερμογεφυρών ενός στοιχείου στο πρόγραμμα 4m GCAD NG

Ακόμη, γίνεται η οριοθέτηση του αντίστοιχου οικοπέδου αλλά και των γειτονικών ώστε να γίνει η εισαγωγή των εμποδίων που δημιουργούν σκίαση. Για τον υπολογισμό της σκίασης πρέπει να γίνει σύνδεση κάθε δομικού στοιχείου με το αντίστοιχο εμπόδιο για την οριζόντια σκίαση, σύνδεση με τους προβόλους για σκίαση από πλευρικές προεξοχές και ένωση των στοιχείων του κτιρίου που δημιουργούν σκίαση μεταξύ τους. Στη συνέχεια γίνεται ορισμός των μη θερμαινόμενων χώρων (Εικόνα 26) (ΜΘΧ) και του κτιριακού κελύφους ώστε να δημιουργηθούν τα αντίστοιχα συστήματα.

Ζώνες / Συστήματα

Αριθμός Θερμικών Ζωνών: 3

Α/α	Όνομα ζώνης	Θερμ/σία Θέρμανσης	Θερμ/σία Ψύξης	Χρήση
1	ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ_6ος_7ος_8ος	20.00	26.00	Ενοικιαζόμενο - Επαγγελματική λειτουργία
2	ΓΡΑΦΕΙΑ_0ος_1ος_2ος	20.00	26.00	Γραφείο
3	ΓΡΑΦΕΙΑ_3ος_4ος_5ος	20.00	26.00	Γραφείο

Όνομα Ζώνης: ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ_6ος_7ος_8ος Διαγραφή

Θερμοκρασία Θέρμανσης: 20.00 Επιλογή...

Θερμοκρασία Ψύξης: 26.00 Επιλογή...

Χρήση Ζώνης: Μονοκατοικία

Αποδοχή Ακύρωση

Μη Θερμαινόμενοι Χώροι

1 ΥΠΟΓΕΙΟ

2 Klimakostasio

Όνομασία: ΥΠΟΓΕΙΟ

Προσθήκη Αλλαγή Διαγραφή

Αποδοχή Ακύρωση

Εικόνα 26: Ζώνες κτιριακού κελύφους - ΜΘΧ

Στη συνέχεια γίνεται η εξαγωγή των δεδομένων στους υπολογισμούς – Ενεργειακά από όπου και δημιουργούνται τα αρχεία xmi που θα χρησιμοποιήσουμε με το πρόγραμμα TEE-KENAK.

8.2 Ζεστό Νερό Χρήσης

Η απαίτηση για ζεστό νερό χρήσης (ZNX) εξαρτάται από την χρήση του κτιρίου. Καθώς η Ελλάδα είναι μία χώρα όπου τους περισσότερους μήνες του χρόνου έχει ηλιοφάνεια η πιο οικονομική λύση είναι η χρήση ηλιακού θερμοσίφωνα. Αρχικά, από τον Πίνακα 2.5 όπως περιγράφεται στον TOTE_20701-1_2017_TEE η τυπική κατανάλωση ZNX για την χρήση ως ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας είναι 80 λίτρα ανά άτομο, καθώς ο μέγιστος αριθμός ατόμων που μπορεί να είναι στα διαμερίσματα είναι 60 άτομα – δύο για κάθε υπνοδωμάτιο και δύο για κάθε καθιστικό. Ο όγκος της δεξαμενής θα προκύπτει από τον τύπο $v_{store} = \frac{v_d}{5}$ όπου v_d τα απαραίτητα λίτρα νερού ανά ημέρα, δηλαδή 4800 λίτρα ζεστού νερού. Αν και το V_{store} προκύπτει 960 λίτρα θα γίνει μία υπερδιαστασιολόγηση για την μεγαλύτερη οικονομία λόγω της έντονης ηλιοφάνειας στην Ελλάδα και θα τοποθετηθούν 3 δεξαμενές με συνολικό όγκο 1431 λίτρα τύπου Daikin EKHWP-500B (Εικόνα 27) διότι υποστηρίζει και ηλιακούς συλλέκτες.

Accessory	EKHWP			300B	500B	300PB	500PB	54419B		
Casing	Colour	Traffic white (RAL9016) / Dark grey (RAL7011)								
	Material	Impact resistant polypropylene								
Dimensions	Unit	Width	mm	595	790	595	790			
		Depth	mm	615	790	615	790			
		Height	mm	1,646	1,658	1,646	1,658			
Weight	Unit	Empty	kg	53	76	56	82	71		
	Water volume	L	294	477	294	477				
	Material	Polypropylene								
	Maximum water temperature	°C	85							
	Insulation Heat loss	kWh/24h	1.50	1.70	1.50	1.70				
	Energy efficiency class		B							
	Standing heat loss	W	64	72	64	72				
	Storage volume	L	290	393	290	393				
Heat exchanger	Domestic hot water	Quantity	1							
		Tube material	Stainless steel (DIN 1.4404)							
		Face area	m²	5.60	5.80	5.60	5.90	5.80		
		Internal coil volume	L	27.80	28.90	27.80	29	28.90		
	Charging	Operating pressure	bar	10						
		Quantity	1							
		Tube material	Stainless steel (DIN 1.4404)							
		Face area	m²	2.66	3.70	2.66	3.70	1.95		
	Auxiliary solar heating	Internal coil volume	L	12.90	18.10	12.90	18.10	10		
		Operating pressure	bar	6						
		Tube material		Stainless steel (DIN 1.4404)	-	Stainless steel (DIN 1.4404)				
		Face area	m²	-	0.76	-	0.76			
		Internal coil volume	L	-	3.90	-	3.90			
		Operating pressure	bar	-	3	-	3			

234

Εικόνα 27: Χαρακτηρίστηκα Δεξαμενής Αποθήκευσης ZNX

Η θέρμανση του νερού θα γίνεται με συνδυαστική χρήση ηλιακών συλλεκτών και μίας αερόψυκτης αντλίας θερμότητας. Από τον τύπο $Q_d = v_d * \frac{C}{3600} * \rho * \Delta T$ προκύπτει ότι το απαιτούμενο θερμικό φορτίο ZNX θα είναι ίσο με 233,5kW, συμπεριλαμβανομένου αύξηση 20% για την γρήγορη εκκίνηση . Ωστόσο, για της περιόδους ηλιοφάνειας θα

τοποθετηθούν και 15 ηλιακοί συλλέκτες τύπου Daikin EKS21P (Εικόνα 28) με συνολική επιφάνεια $30,15m^2$.

Accessory				EKS21P	EKS26P	EKS26P
Mounting				Vertical		Horizontal
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm	2,000x1,006x85	2,000x1,300x85	1,300x2,000x85
Weight	Unit		kg	33	42	
Volume			L	1.30	1.70	2.10
Surface	Outer		m ²	2.01	2.60	
	Aperture		m ²	1.800	2.360	
	Absorber		m ²	1.80	2.36	
Coating	Micro-therm (absorption max. 96%, Emission ca. 5% +/-2%)					
Absorber	Harp-shaped copper pipe register with laser-welded highly selective coated aluminium plate					
Glazing	Single pane safety glass, transmission +/- 92%					
Allowed roof angle	Min. ~ Max.		°	15 ~ 80		
Operating pressure	Max.		bar	6		
Stand still temperature	Max.		°C	192		
Thermal performance	Collector efficiency (η _{col})		%	53		
	Zero loss collector efficiency η ₀		%	0.71		
	Heat loss coefficient a _l		W/m ² .K	4,300		
	Temperature dependence of the heat loss coefficient a ₂		W/m ² .K ²	0.006		
	Thermal capacity		kJ/K	4.90	6.50	

Εικόνα 28: Χαρακτηρίστηκα Ηλιακού Συλλέκτη

Τέλος, για την κάλυψη του θερμικού φορτίου θα τοποθετηθεί μία αερόψυκτη αντλία θερμότητας τύπου EWWH-J-SS 200 (Εικόνα 29) με συνολική θερμική ισχύς 245 kW και απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς 74,4 kW.

EWWH-J-SS				090	110	120	130	150	180	200
Space heating	Average climate water outlet 55°C	General	SCOP	3.91	3.92	3.78	3.77	3.80	3.90	3.84
Cooling capacity	Nom.		kW	88.77	107.1	115.1	133.5	150.1	181.6	200.6
Heating capacity	Nom.		kW	107.2	129.2	140.9	162.3	182.2	220.5	245
Power input	Cooling	Nom.	kW	30	36.3	41.7	47.8	54.2	65.7	74.4
Capacity control	Method			Stepless						
EER			%	3.85	3.75	3.72	3.78	3.82	3.67	3.66
COP				4.69	4.57	4.52	4.59	4.67	4.46	4.46
IPLV				4.1	4.11	4.09	4.11	4.12	4.64	4.59
Dimensions	Unit	Height	mm	1,020						
		Width	mm	913						
		Length	mm	2,684						
Weight	Unit		kg	1,177	1,233	1,334	1,366	1,416	1,600	1,607
	Operation weight		kg	1,211	1,276	1,378	1,415	1,473	1,663	1,675
Water heat exchanger - evaporator	Type			Plate heat exchanger						
	Water volume	Nom.	l	14	18	14	17	20	26	
	Water flow rate	Cooling	l/s	4.24	5.11	5.49	6.37	7.16	8.66	9.57
	Water flow rate	Heating	l/s	6.8	8.3	8.9	10.2	11.8	13.9	15.4
	Water pressure drop	Cooling	kPa	10.7	10.9	19.3	19.3	17.8	16.8	20.1
	Water pressure drop	Heating	kPa	24.9	25.9	45.6	44.9	43.7	39.2	47.4
	Type			Single pass shell and tube						
Water heat exchanger - condenser	Water volume	Nom.	l	20	20	23	25	29	32	
	Water flow rate	Cooling	l/s	5.18	6.31	6.79	7.84	9.1	10.7	11.9
	Water flow rate	Heating	l/s	6.77	8.27	8.86	10.2	11.8	13.9	15.4
	Water pressure drop	Cooling	kPa	9.1	9.7	8.7	9.1	9.3	12.3	12.1
	Water pressure drop	Heating	kPa	24.9	25.9	45.6	44.9	43.7	39.2	47.4
Compressor	Type			Single screw compressor						
Sound power level	Cooling	Nom.	dBA	89						
Sound pressure level	Cooling	Nom.	dBA	79						
Refrigerant	Type			R-1234(ze)						
	Charge	Quantity	kg	18	35	34	37		38	
Piping connections	Circuits			1						
	Condenser water inlet/outlet		mm	76.2						
Unit	Starting current	Max	A	2" 1/2	153		197		290	
	Running current	Cooling	A	39	44	55	60	65	76	84
	Running current	Max	A	75	90	100	114	143	158	178
Power supply	Phase/Frequency/Voltage		Hz/V	3~/50/400						

692

Εικόνα 29: Χαρακτηρίστηκα Αντλία Θερμότητας παραγωγής ZNX

Αρχικά, στην ζώνη 1 τοποθετήθηκε αντλία τύπου VRV REYQ-18U που θα καλύπτει το φορτίο θέρμανσης και ψύξης με συντελεστή απόδοσης SCOP = 4,4 και SEER = 6,3. Όμως, στο σύστημα μελέτης έχει γίνει υπερδιαστασιολόγηση σχετικά με τις απαιτήσεις του χώρου και έχει ως συνέπεια την μείωση του συντελεστή SCOP/EER αντίστοιχα. Αναλυτικότερα, διαιρώντας την ονομαστική θερμική ή ψυκτική ισχύ της αντλίας με τις πραγματικές απαιτήσεις της ζώνης σε θερμικό ή ψυκτικό φορτίο και κάνοντας γραμμική παρεμβολή με βάση την Εικόνα 31 προκύπτει ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης.

Σχέση πραγματικής προς υπολογιζόμενη ισχύ μονάδας θέρμανσης	100%	150%	200%	300%	500%
Αέρανερού On/Off Χωρίς buffer	1	0.92	0.86	0.80	0.70
Νερούνερού On/Off Χωρίς buffer	1	0.94	0.90	0.85	0.75
Αέρανερού On/Off Με buffer	1	0.96	0.93	0.88	0.80
Νερούνερού On/Off Με buffer	1	0.97	0.94	0.90	0.85
Αέρα νερού inverter	1	0.98	0.95	0.90	0.85
Νερού νερού inverter	1	0.99	0.97	0.95	0.90

Εικόνα 31: Συντελεστής Υπερδιαστασιολόγησης αντλιών θερμότητας

Στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με το SCOP/SEER για να βρεθεί ο νέος συντελεστής απόδοσης όπου και συμπληρώνεται στο φύλλο xml της μελέτης. Οι νέοι συντελεστές που προκύπτουν είναι SCOP = 3,96 και SEER = 6,17. Για το δίκτυο διανομής θα χρησιμοποιηθεί κοινή στήλη για θέρμανση και ψύξη οπότε η τιμή θα είναι ίδια με την τιμή ψύξης διότι έχει μεγαλύτερη απαίτηση φορτίου, δηλαδή 46,5kW. Η απόδοση του δικτύου διανομής θα είναι ίση με την απόδοση του δικτύου αναφοράς με τη διέλευση των σωληνώσεων σε εσωτερικούς χώρους ή/και 20% σε εξωτερικούς χώρους, δηλαδή θα είναι 0,945 για την θέρμανση και 0,98 για την ψύξη. Τα εσωτερικά VRV αποτελούν τις τερματικές μονάδες οι οποίες είναι άμεσης εκτόνωσης με διακοπτόμενη λειτουργία και στο σύστημα υπάρχει υδραυλική ισορροπία. Με βάση τον τύπο $N_{em,t} = \frac{n_{em}}{F_{rad} * f_{im} * f_{hydr}}$ προκύπτει ότι ο συντελεστής απόδοσης τερματικών μονάδων για την θέρμανση είναι 0,958 και με βάση τον τύπο $N_{em,t} = \frac{n_{em}}{f_{em} * f_{hydr}}$ προκύπτει ότι ο συντελεστής απόδοσης τερματικών μονάδων

για την ψύξη είναι 0,958. Ο βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων ψύξης και θέρμανσης παραμένει ο ίδιος και στις 3 ζώνες. Οι τοπικοί εναλλάκτες αποτελούν βοηθητικές μονάδες και μονάδες μηχανικού αερισμού, αφού καλύπτουν το 70% του φορτίου αερισμού, οπότε συμπληρώνεται η ηλεκτρική ισχύ τους και στον μηχανικό αερισμό η παροχή αέρα που προσφέρουν. Το φύλλο xml παρουσιάζεται στην Εικόνα 32 και Εικόνα 33 για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

Παραγωγή		Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An. (-)	COP (-)	Jan (-)	Feb (-)	Mar (-)	Apr (-)	Mai (-)	Jun (-)	Jul (-)	Aug (-)	Sep (-)	Oct (-)	Nov (-)	Dec (-)
▶ 1	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	▼	Ηλεκτρισμός	50.4	1.0	3.96	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
* 2		▼			1	1												

Δίκτυο διανομής		Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου		46.5	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.945	☐
2	Αεραγωγοί					☐

Τερματικές μονάδες		Τύπος	B. An. (-)
▶ 1	νιν		0.958

Βοηθητικές μονάδες		Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Ανεμιστήρες	▼	30	0.574
* 2		▼	1	0

Εικόνα 32: Ζώνη 1 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK

Παραγωγή		Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An. (-)	EER (-)	Jan (-)	Feb (-)	Mar (-)	Apr (-)	Mai (-)	Jun (-)	Jul (-)	Aug (-)	Sep (-)	Oct (-)	Nov (-)	Dec (-)
▶ 1	Αερόψυκτη Α.Θ.	▼	Ηλεκτρισμός	50.4	1.0	6.17	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
* 2		▼			1	1												

Δίκτυο διανομής		Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An. (-)	Μόνωση
1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου		46.5	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.98	☐
▶ 2	Αεραγωγοί					☐

Τερματικές μονάδες		Τύπος	B. An. (-)
▶ 1	νιν		0.958

Βοηθητικές μονάδες		Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Ανεμιστήρες	▼	30	0.574
* 2		▼	1	0

Εικόνα 33: Ζώνη 1 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK

Για τη ζώνη 2 ο βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων και δικτύου διανομής παραμένει ο ίδιος με την ζώνη 1. Το δίκτυο διανομής θα χρησιμοποιεί κοινή στήλη για θέρμανση και ψύξη που θα έχει ισχύ 85kW. Το σύστημα ψύξης και θέρμανσης θα αποτελείται από δύο κοινές αντλίες θερμότητας τύπου VRV REYQ-18U και μετά από την διόρθωση προκύπτει ότι το SCOP = 3,87 και το SEER = 6,2. Το φύλλο xml παρουσιάζεται στην Εικόνα 34 και Εικόνα 35 για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

Θέρμανση	Ψύξη	Μηχανικός αερισμός	Φωτισμός														
Παραγωγή																	
	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	COP (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
► 1	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	45	1.0	3.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
2	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	45	1	3.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
* 3				1	1												
Δίκτυο διανομής																	
	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση												
► 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	85	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.945	☐												
2	Αεραγωγοί				☐												
Τερματικές μονάδες																	
	Τύπος	B. Αν. (-)															
► 1	νιν	0.958															
Βοηθητικές μονάδες																	
	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)														
► 1	Ανεμιστήρες	48	0.984														
* 2		1	0														

Εικόνα 34: Ζώνη 2 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK

Θέρμανση

Ψύξη

Μηχανικός αερισμός

Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	EER (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
► 1	Αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	45	1.0	3.65	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
2	Αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	45	1	3.65	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
* 3				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	85	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.98	☐
► 2	Αεραγωγοί				☐

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
► 1	νιν	0.958

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
► 1	Ανεμιστήρες	48	0.984
* 2		1	0

Εικόνα 35: Ζώνη 2 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK

Ομοίως, για τη ζώνη 3 ο βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων και δικτύου διανομής παραμένει ο ίδιος με την ζώνη. Το δίκτυο διανομής θα χρησιμοποιηθεί κοινή στήλη για θέρμανση και ψύξη που θα έχει ισχύ 45kW. Το σύστημα ψύξης και θέρμανσης θα αποτελείται από δύο κοινές αντλίες θερμότητας τύπου VRV REYQ-16U και μετά από την διόρθωση προκύπτει ότι το SCOP = 3,98 και το SEER = 6,18. Το φύλλο xml παρουσιάζεται στην Εικόνα 36 και Εικόνα 37 για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

Θέρμανση	Ψύξη	Μηχανικός αερισμός	ZNX	Ηλεκτρικός συλλέκτης	Φωτισμός											
Παραγωγή																
Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An. (-)	COP (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
► 1	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	▼	Ηλεκτρισμός	▼	50.4	1.0	3.98	1	1	1	0	0	0	0	0	1
* 2		▼		▼		1	1									
Δίκτυο διανομής																
Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An. (-)	Μόνωση												
► 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	45	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	▼	0.945	☐										
2	Αεραγωγοί			▼		☐										
Τερματικές μονάδες																
Τύπος	B. An. (-)															
► 1	vnv	0.958														
Βοηθητικές μονάδες																
Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)														
► 1	Ανεμιστήρες	45	0.077													
* 2		1	0													

Εικόνα 36: Ζώνη 3 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK

Θέρμανση	Ψύξη	Μηχανικός αερισμός	ZNX	Ηλεκτρικός συλλέκτης	Φωτισμός												
Παραγωγή																	
Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An. (-)	EER (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)	
► 1	Αερόψυκτη Α.Θ.	▼	Ηλεκτρισμός	▼	50.4	1.0	6.18	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
* 2		▼		▼		1	1										
Δίκτυο διανομής																	
Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An. (-)	Μόνωση													
1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	45	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	▼	0.98	☐											
► 2	Αεραγωγοί			▼		☐											
Τερματικές μονάδες																	
Τύπος	B. An. (-)																
► 1	vnv	0.958															
Βοηθητικές μονάδες																	
Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)															
► 1	Ανεμιστήρες	45	0.077														
* 2		1	0														

Εικόνα 37: Ζώνη 3 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK

8.3.2 Σενάριο 2

Στο σενάριο 2 επιλέχθηκε το κέλυφος που περιγράφεται στην παράγραφο 6.3.4 και για θέρμανση/ψύξη και αερισμό επιλέχθηκαν το σενάριο 2 κλιματισμού όπου αναλύθηκε θέρμανση/ψύξη και αερισμός με την χρήση ενός υβριδικού συστήματος που συνδυάζει υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για θέρμανση και ψύξη και μία κεντρική κλιματιστική μονάδα 100% νωπού αέρα για αερισμό. Αρχικά, στην ζώνη 1 τοποθετήθηκε μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας τύπου EWWQ-KC 033 και μία γεωθερμική αντλία θερμότητας τύπου Logatherm WPS 20 R. Όμως, στο σύστημα μελέτης έχει γίνει υπερδιαστασιολόγηση και έχει ως συνέπεια την μείωση του συντελεστή COP/EER αντίστοιχα και οι νέοι συντελεστές για την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας που προκύπτουν είναι COP = 3,5 και EER = 3 και για την γεωθερμική αντλία θερμότητας οι νέοι συντελεστές που προκύπτουν είναι COP = 3 και EER = 4,4. Το φύλλο xml παρουσιάζεται στην Εικόνα 38 και Εικόνα 39 για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

Παραγωγή		Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An. (-)	COP (-)	Jan (-)	Feb (-)	Mar (-)	Apr (-)	Mai (-)	Jun (-)	Jul (-)	Aug (-)	Sep (-)	Oct (-)	Nov (-)	Dec (-)
1	Γεωθερμική Α.Θ. με κατακόρυφο εναλλάκτη	Ηλεκτρισμός	19.8	1.0	3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
2	Κεντρική υδρόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	34.74	1.0	3.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
* 3					1	1												

Δίκτυο διανομής		Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An. (-)	Μόνωση
1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου		47	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.945	☐
2	Αεραγωγοί					☐

Τερματικές μονάδες		Τύπος	B. An. (-)
1	ΚΚΜ		1.0

Βοηθητικές μονάδες		Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
1	Κυκλοφορητές		2	0.04
2	Κυκλοφορητές		1	0.082
3	Κυκλοφορητές		1	0.15
4	Ανεμιστήρες		18	0.55

Εικόνα 38: Ζώνη 1 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	EER (-)	Ιαν. (-)	Φεβ. (-)	Μαρ. (-)	Απρ. (-)	Μαι. (-)	Ιουν. (-)	Ιουλ. (-)	Αυγ. (-)	Σεπ. (-)	Οκτ. (-)	Νοε. (-)	Δεκ. (-)
▶ 1	Υδρόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	28.9	1.0	3.36	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
2	Γεωθερμική Α.Θ. με κατακόρυφο εναλλάκτη	Ηλεκτρισμός	26.9	1.0	4.4	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
* 3				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	47	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.98	☐
2	Αεραγωγοί				☐

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
▶ 1	ΚΚΜ	1.0

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
1	Κυκλοφορητές	2	0.04
2	Κυκλοφορητές	1	0.082
3	Κυκλοφορητές	1	0.15
4	Ανεμιστήρες	18	0.55

Εικόνα 39: Ζώνη 1 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK

Στην ζώνη 2 τοποθετήθηκε μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας τύπου EWWQ-KC 064 και μία γεωθερμική αντλία θερμότητας τύπου Logatherm WPS 33 R και έπειτα από την υπερδιαστασιολόγηση οι νέοι συντελεστές COP και EER που προκύπτουν για την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας είναι COP = 3,34 και EER = 3,45 και για την γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι COP = 3,67 και EER = 3,4. Το φύλλο xml παρουσιάζεται στην Εικόνα 40 και Εικόνα 41 για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	COP (-)	Ιαν. (-)	Φεβ. (-)	Μαρ. (-)	Απρ. (-)	Μαι. (-)	Ιουν. (-)	Ιουλ. (-)	Αυγ. (-)	Σεπ. (-)	Οκτ. (-)	Νοε. (-)	Δεκ. (-)
▶ 1	Κεντρική υδρόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	69.51	1.0	3.34	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
2	Γεωθερμική Α.Θ. με κατακόρυφο εναλλάκτη	Ηλεκτρισμός	33.3	1.0	3.67	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
* 3				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	85	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.945	☐
2	Αεραγωγοί				☐

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
▶ 1	ΚΚΜ	1.0

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
1	Κυκλοφορητές	2	0.14
2	Κυκλοφορητές	1	0.2
▶ 3	Κυκλοφορητές	1	0.274
4	Ανεμιστήρες	18	0.97

Εικόνα 40: Ζώνη 2 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	EER (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Υδρόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	57.84	1.0	3.45	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
2	Γεωθερμική Α.Θ. με κατακόρυφο εναλλάκτη	Ηλεκτρισμός	44.8	1.0	3.4	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
* 3				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	85	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.98	☐
2	Αεραγωγοί				☐

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
▶ 1	ΚΚΜ	1.0

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
1	Κυκλοφορητές	2	0.14
2	Κυκλοφορητές	1	0.2
▶ 3	Κυκλοφορητές	1	0.274
4	Ανεμιστήρες	18	0.97

Εικόνα 41: Ζώνη 2 σύστημα Ψύξης σε TEE-KENAK

Ομοίως για τη ζώνη 3 τοποθετήθηκε μία υδρόψυκτη αντλία θερμότητας τύπου EWWQ-KC 033 και μία γεωθερμική αντλία θερμότητας τύπου Logatherm WPS 20 R έπειτα από την υπερδιαστασιολόγηση οι νέοι συντελεστές COP και EER που προκύπτουν για την υδρόψυκτη αντλία θερμότητας είναι COP = 3,5 και EER = 3,36 και για την γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι COP = 3 και EER = 3,36. Το φύλλο xml παρουσιάζεται στην Εικόνα 42 και Εικόνα 43 για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | ΖHX | Ηλεκτρικός συλλέκτης | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	COP (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Κεντρική υδρόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	34.74	1.0	3.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5
2	Γεωθερμική Α.Θ. με κατακόρυφο εναλλάκτη	Ηλεκτρισμός	27.8	1.0	3	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	
* 3				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	47	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.945	☐
2	Αεραγωγοί				☐

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
▶ 1	ΚΚΜ	1.0

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	2	0.042
2	Κυκλοφορητές	1	0.15
3	Κυκλοφορητές	1	0.084
4	Ανεμιστήρες	30	0.45

Εικόνα 42: Ζώνη 3 σύστημα θέρμανσης σε TEE-KENAK

Θέρμανση

Ψύξη

Μηχανικός αερισμός

ZHX

Ηλεκτρικός συλλέκτης

Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Ap. (-)	EER (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Γεωθερμική Α.Θ. με κατακόρυφο εναλλάκτη	Ηλεκτρισμός	26.9	1.0	4.4	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
2	Υδρόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	28.9	1.0	3.36	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
* 3				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Ap. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	47	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.98	☐
2	Αεραγωγοί				☐

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Ap. (-)
▶ 1	ΚΚΜ	1.0

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	2	0.042
2	Κυκλοφορητές	1	0.15
3	Κυκλοφορητές	1	0.084
4	Ανεμιστήρες	30	0.45

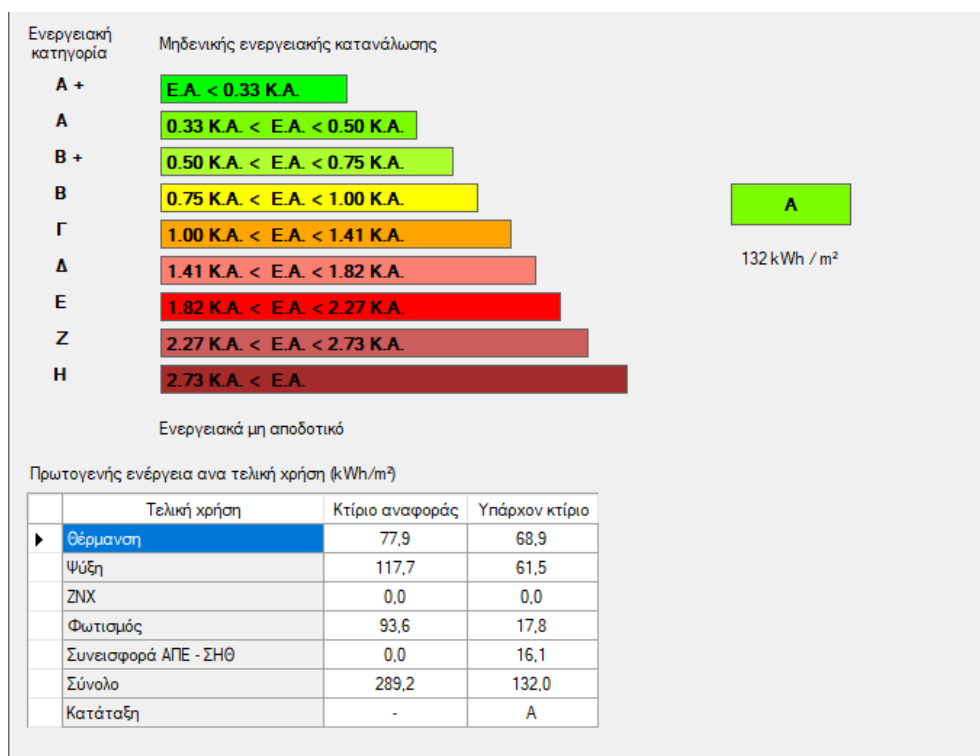
Εικόνα 43: Ζώνη 3 σύστημα ψύξης σε TEE-KENAK

Για το δίκτυο διανομής θα χρησιμοποιηθεί κοινή στήλη για θέρμανση και ψύξη σε κάθε ζώνη οπότε η τιμή για τη ζώνη 1 θα είναι 47kW, για τη ζώνη 2 θα είναι 85kW και για την ζώνη 3 θα είναι 47kW. Η απόδοση του δικτύου διανομής θα είναι ίση με την απόδοση του δικτύου αναφοράς με τη διέλευση των σωληνώσεων σε εσωτερικούς χώρους ή/και 20% σε εξωτερικούς χώρους, δηλαδή θα είναι 0,945 για την θέρμανση και 0,98 για την ψύξη. Η κεντρική κλιματιστική μονάδα αποτελεί την τερματική μονάδα η οποία με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 έχει βαθμό απόδοσης ίσο με 1. Ως βοηθητικές μονάδες σε κάθε ζώνη θα είναι τα fancoils που υπάρχουν σε κάθε χώρο.

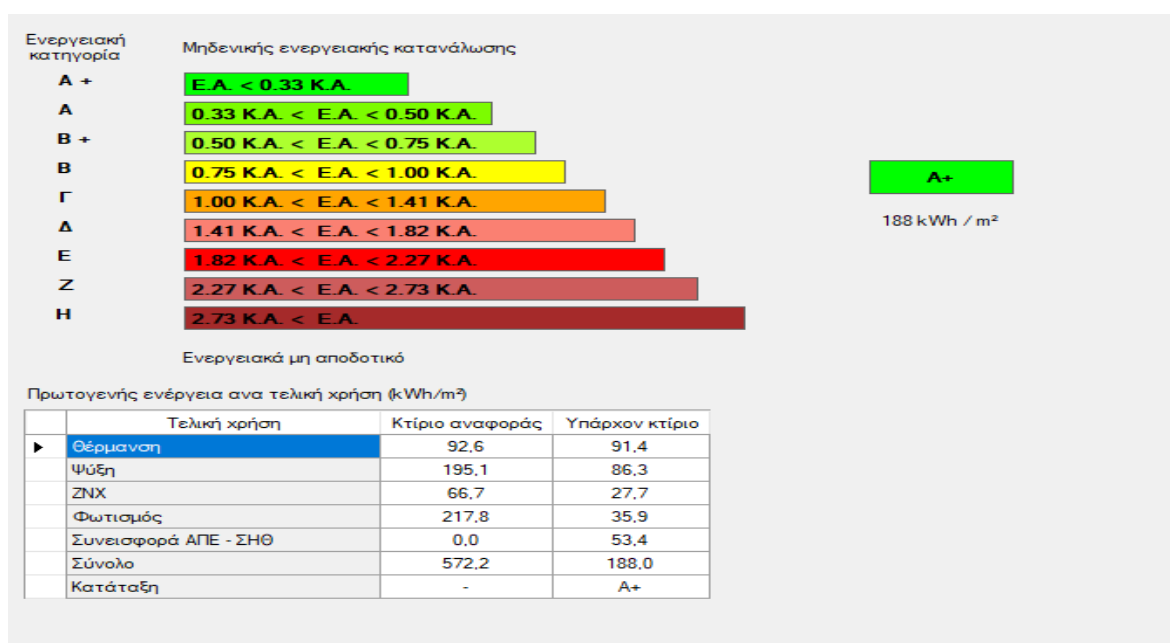
8.3.3 Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Κάθε νέο κτίριο τριτογενούς τομέα θα πρέπει να ανήκει τουλάχιστον στην κατηγορία Α. Ο έλεγχος της κατηγορίας κάθε σεναρίου μπορεί να γίνει με εκτέλεση των υπολογισμών αφού τοποθετηθούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα στο φύλλο xml του προγράμματος TEE-KENAK. Η δημιουργία 2 φύλλων xml είναι απαραίτητη καθώς εξετάζονται δύο διαφορετικές ζώνες- πρώτη και δεύτερη ζώνη ανήκουν στην κατηγορία γραφεία ενώ η τρίτη ζώνη ανήκει στην κατηγορία ξενοδοχεία ετήσια λειτουργίας.

Το υπάρχον κτίριο για το σενάριο 1 με χρήση γραφείων κατατάχθηκε στην κατηγορία Α με κατανάλωση $132\text{kWh}/\text{m}^2$ (Εικόνα 44) και για το σενάριο 1 με χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας κατατάχθηκε στην κατηγορία Α+ με κατανάλωση $188\text{kWh}/\text{m}^2$ (Εικόνα 45).



Εικόνα 44: Αποτελέσματα κτιρίου σεναρίου 1 με χρήση γραφείων

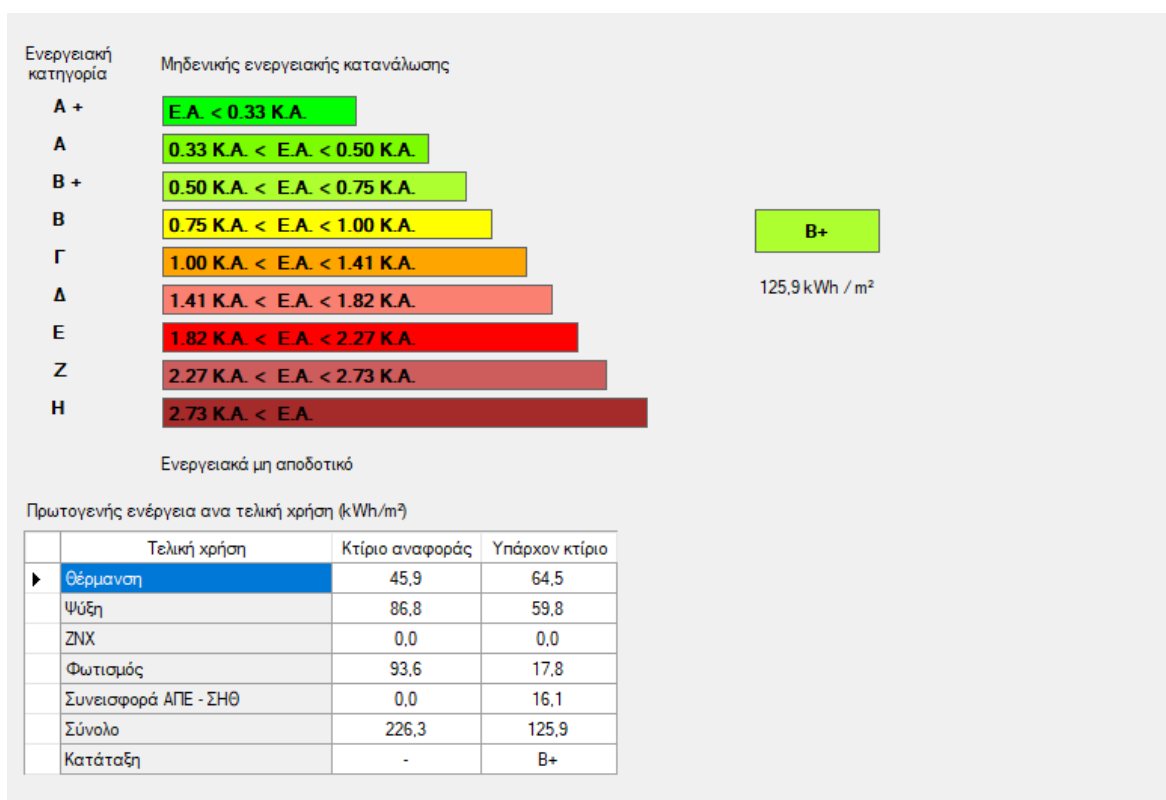


Εικόνα 45: Αποτελέσματα κτιρίου σεναρίου 1 με χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας

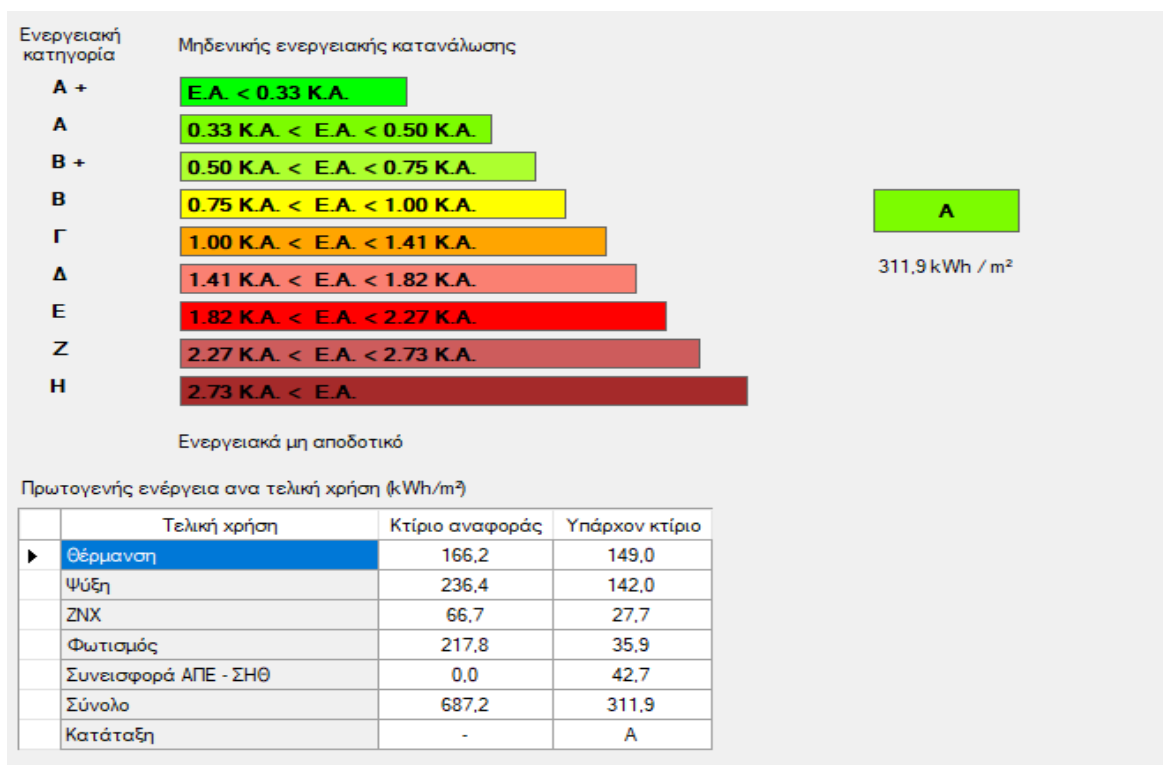
Παρατηρούμε ότι ο φωτισμός καταναλώνει αρκετά λιγότερη πρωτογενή ενέργεια σε σχέση με το κτίριο αναφοράς καθώς χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά τύπου LED και έχουν

τοποθετηθεί αισθητήρες παρουσίας και φυσικού φωτισμού. Επιπλέον, και στις δύο περιπτώσεις η ενέργεια που απαιτείται είναι σχεδόν ίση με αυτή του κτιρίου αναφοράς διότι χρησιμοποιείται η ίδια αντλία θερμότητας για ψύξη και θέρμανση σε κάθε χώρο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αρκετά μεγάλη υπερδιαστασιολόγηση σε επίπεδο θέρμανσης.

Το υπάρχον κτίριο για το σενάριο 2 με χρήση γραφείων κατατάχθηκε στην κατηγορία B+ με κατανάλωση $125,9 \text{ kWh/m}^2$ (Εικόνα 46) και για το σενάριο 2 με χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας κατατάχθηκε στην κατηγορία A με κατανάλωση $311,9 \text{ kWh/m}^2$ (Εικόνα 47).



Εικόνα 46: Αποτελέσματα κτιρίου σεναρίου 2 με χρήση γραφείων



Εικόνα 47: Αποτελέσματα σεναρίου 2 με χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας

Παρατηρούμε ότι το κτίριο σε κάθε χρήση έχει υποβαθμιστεί από κατηγορία A σε B+ για τη χρήση γραφείων και από A+ σε A για τη χρήση ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει λόγω της διαφορετικής σύστασης του κτιριακού κελύφους και του διαφορετικού τρόπου κλιματισμού και αερισμού. Ομοίως, και σε αυτό το σενάριο έχει χρησιμοποιηθεί η ίδια υδρόψυκτη και γεωθερμική αντλία θερμότητας σε κάθε ζώνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην χρήση γραφείων η ανάγκη πρωτογενούς ενέργειας στις ζώνες με χρήση γραφείων για το υπάρχον κτίριο να ξεπεράσει την ανάγκη πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς.

Η αποδεκτή λύση μεταξύ των δύο σεναρίων είναι το σενάριο 1 διότι το σενάριο 2 με χρήση γραφείων κατατάσσεται στην κατηγορία B+ κάτι το οποίο είναι μη αποδεκτό. Συνεπώς, στο κτίριο μελέτης θα χρησιμοποιηθούν αντλίας θερμότητας τύπου VRV για την θέρμανση και ψύξη και θα καλύπτουν το 30% του φορτίου αερισμού και το υπόλοιπο 70% του φορτίου αερισμού θα χρησιμοποιηθούν τοπικοί εναλλάκτες.

8.3.4 Μελέτη Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης

Η μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης έγινε με το πρόγραμμα της 4m FINE-ELEC. Αρχικά, πρέπει να οριστούν τα προστατευτικά μέσα ανάλογα το είδος φορτίου. Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται αναλυτικά τα μέσα προστασίας που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε είδος φορτίου.

Πίνακας 10: Μέσα προστασίας ανάλογα με το είδος φορτίου

Είδος φορτίου	Μέσο Προστασίας
Φωτισμός	Μικροαυτόματος διακόπτης ισχύος
Ρευματοδότες	Μικροαυτόματος διακόπτης-led
Αντλία θερμότητας VRV- εξωτερική και εσωτερική μονάδα, Μονάδες FCU	Αυτόματος διακόπτης και Ρελέ

Στη συνέχεια ορίστηκαν οι πίνακες διανομής για κάθε χώρο. Αναλυτικότερα, όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 48 ο πίνακας διανομής ΧΑ1 στην πρώτη γραμμή ορίζεται ο υποπίνακας και έπειτα η σύνδεση του με τον υποπίνακα κάθε ορόφου ως master-slave.

96	XA1.P		3.209	6	Electrical Panel	0.955		123	4.000		3		6	25
97	XA.XA1	20	3.209	6	Electrical Panel	0.955		123	4.000	0.485	3		6	25
98	XA1.2	13.5	2.4	151	kikloma reumatodoton	0.95		1	4.000	2.012	1		2.5	16
99	XA1.3	5.5	1.2	151	kikloma reumatodoton	0.95		2	4.000	0.410	1		2.5	16
100	XA1.1	7	1.2	151	kikloma reumatodoton	0.95		3	4.000	0.522	1		2.5	16
101	XA1.4	10	0.114	1	Lighting	1		2	4.000	0.118	1		1.5	10
102	XA1.5	8.5	0.114	1	Lighting	1		3	4.000	0.100	1		1.5	10
103	XA1.6	5	0.05	1	Lighting	1		2	4.000	0.026	1		1.5	10
104	XA1.7	5.5	0.542	154	ntlia theromotitas vrv+en	0.95		123	4.000	0.054	3		2.5	16

Εικόνα 48: Πίνακας διανομής φορτίων ΧΑ1

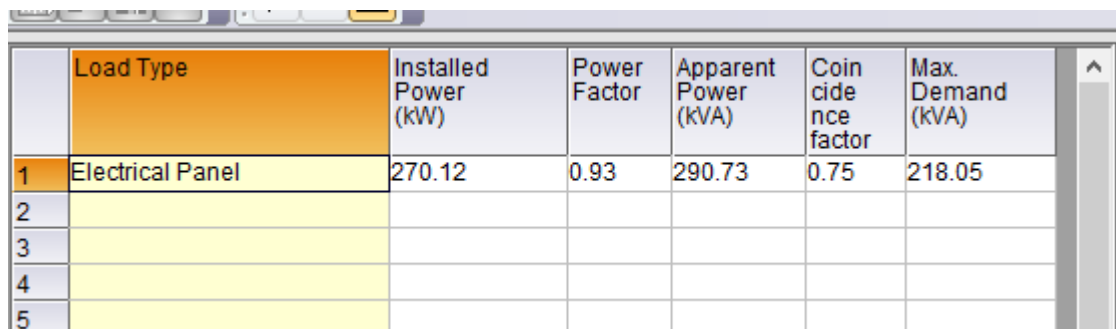
Για κάθε στοιχείο τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να δηλωθούν από τον μελετητή είναι ο τύπος του φορτίου, το μήκος της γραμμής και η ισχύς της αντίστοιχης γραμμής. Έτσι, υπολογίζει την μέγιστη πτώση τάσης, που δεν πρέπει να ξεπερνά το 4%, τα μέσα προστασίας και την ελάχιστη διατομή καλωδίου που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε. Επιπλέον, όλα τα συστήματα δεν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα στο μέγιστο. Συνεπώς,

πρέπει να δηλώσουμε τον αντίστοιχο ετεροχρονισμό ώστε να υπάρξει μια πιο ακριβής μελέτης ως προς την κατανάλωση. Ειδικότερα, στον Πίνακα 11 περιγράφονται οι ετεροχρονισμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Πίνακας 11: Πίνακας ετεροχρονισμών

Είδος φορτίου	Τιμή ετεροχρονισμού
Ρευματοδότες Γραφείων και χώρων ενοικίασης ετήσιας λειτουργίας	0.5
Ρευματοδότες χώρων ενοικίασης ετήσιας λειτουργίας	0.5
Εσωτερικές Μονάδες VRV	1
Μονάδες FCU	1
Εξωτερικές Μονάδες VRV	0.9
Φωτισμός Γραφείων	1
Φωτισμός χώρων ενοικίασης ετήσιας λειτουργίας	1
Ανελκυστήρας	0.7
Πίνακες Ορόφων με υποπίνακες	0.7
Γενικός Πίνακας κτιρίου με γενικούς υποπίνακες ορόφων	0.75

Τέλος, το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο του κτιρίου ξεπερνάει τα 250kVA, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 49, συνεπώς ο ΔΕΔΔΗΕ απαιτεί την δέσμευση χώρου και μελέτη εγκατάστασης υποσταθμού.



	Load Type	Installed Power (kW)	Power Factor	Apparent Power (kVA)	Coincidence factor	Max. Demand (kVA)
1	Electrical Panel	270.12	0.93	290.73	0.75	218.05
2						
3						
4						
5						

Εικόνα 49: Γενικός Πίνακας Κτιρίου-ΓΗ.Ρ

Ο μετασχηματιστής που επιλέχθηκε για τον υποσταθμό έχει ονομαστική ισχύς 315KVA και είναι τύπου ελαίου. Ακόμη, στην Εικόνα 50 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τα κυκλώματος του υποσταθμού, δηλαδή το απαιτούμενο φορτίο, το ονομαστικό ρεύμα, το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης στην χαμηλή τάση- LV και το ρεύμα βραχυκύκλωσης στην μέση τάση- MV.

Mains electricity Resistance	
Ohmic Resistance (mOhm)	0.07
Inductive Reactance (mOhm)	0.7
Transformer Selection	
Required Load (kVA)	218.08
Transformer Type	MEC ENEL 315KVA
Transformer's Nominal Power Rating (kVA)	315
Primary Voltage (V)	20000
Secondary Voltage (V)	380
Type	
Kind	OIL
Transformer Percentage Reactance Voltage (%)	4
No-load Losses (W)	780
Load Losses (W)	3850
Cost	
Calculation of Short Circuit Current	
Nominal Current (kA)	0.48
DC Short Circuit Current LV (kA)	11.98
Max. Short Circuit Power (MVA)	250
DC Short Circuit Current MV (kA)	7.23

Εικόνα 50: Χαρακτηριστικά Υποσταθμού

Κεφάλαιο 9 Σύνοψη και Συμπέρασμα

Η παρούσα διπλωματική είχε ως στόχο την ενεργειακή μελέτη ενός κτιρίου τριτογενούς τομέα και την δημιουργία πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε φωτοτεχνική μελέτη με βάση τα χαρακτηρίστηκα που ορίζει ως ελάχιστο η ΤΟΤΕΕ και μελέτη κλιματισμού και αερισμού. Ο κλιματισμός και αερισμός ενός χώρου μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους καθώς με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί διάφορα συστήματα. Αφού πρώτα έγινε η εισαγωγή των στοιχείων του κτιρίου στο πρόγραμμα της 4m FINE-HVAC παρατηρήθηκε ότι το συνολικό ψυκτικό και θερμικό ήταν παρόμοιο και στα δύο σενάρια κελύφους που εξετάστηκαν. Έτσι, η βέλτιστη λύση κλιματισμού και αερισμού που επιλέχθηκε με βάση την μικρότερη ηλεκτρική κατανάλωση για το παρών κτίριο είναι η χρήση κεντρικού κλιματισμού με αντλίες θερμότητας VRF-VRV αντίστοιχα για κάθε ζώνη και τοπικοί εναλλάκτες για τον 70% του φορτίου αερισμού αφού οι αντλίες καλύπτουν το υπόλοιπο 30%. Η φωτοτεχνική μελέτη έγινε μόνο με την χρήση λαμπτήρων τύπου led διότι το κόστος τους έχει μειωθεί αρκετά και σε συνδυασμό με την χαμηλή ηλεκτρική τους κατανάλωση, η χρήση λαμπτήρων φθορισμού αποτελεί ένα πλέον παρωχημένο μέσο φωτισμού καθώς δεν είναι ούτε ενεργειακά αποδοτικό αλλά ούτε ιδιαίτερα οικονομικότερο από τους λαμπτήρες τύπου led.

Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει αναδειχθεί πολύ σημαντική στη σύγχρονη εποχή, καθώς συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε μικρά όσο και σε μεγάλα κτίρια. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά στον κτιριακό τομέα, φαίνεται να είναι πρακτικά μονόδρομος τα τελευταία χρόνια λόγω της κατακόρυφης αύξησης των τιμών των πηγών ενέργειας και της αναγκαιότητας κατάταξης του κτιρίου κατ' ελάχιστον στην κατηγορία Α. Η χρήση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, με συμψηφισμό στο κτίριο- net-metering, προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία στο κτίριο σε ενεργειακό και σε χρηματοοικονομικό επίπεδο.

Τέλος, έγινε η δημιουργία δύο σεναρίων στο πρόγραμμα TEE-KENAK. Στο πρώτο σενάριο χρησιμοποιήθηκε το κέλυφος 2 και ως σύστημα κλιματισμού και αερισμού επιλέχθηκαν οι αντλίες θερμότητας VRF-VRV και τοπικοί εναλλάκτες. Το σενάριο αυτό κατατάχθηκε στην κατηγορία Α για τις ζώνες γραφείων και στην κατηγορία Α+ για την ζώνη

ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας. Στο δεύτερο σενάριο χρησιμοποιήθηκε το κέλυφος 1 και ως σύστημα κλιματισμού και αερισμού επιλέχθηκε ένα υβριδικό σύστημα γεωθερμικών αντλιών και υδροψυκτων αντλιών θερμότητας και μία κεντρική κλιματιστική μονάδα. Το σενάριο αυτό κατατάχθηκε στην κατηγορία B+ για τις ζώνες γραφείων και στην κατηγορία A για την ζώνη ξενοδοχείου ετήσιας λειτουργίας. Έτσι, από τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου συμπεραίνουμε ότι η χρήση αντλιών τύπου VRV-VRF και τοπικών εναλλακτών μπορεί να αλλάξει την ενεργειακή κατηγορία του κτιρίου, από B+ σε A και από A σε A+ αντίστοιχα για κάθε χρήση.

Βιβλιογραφία

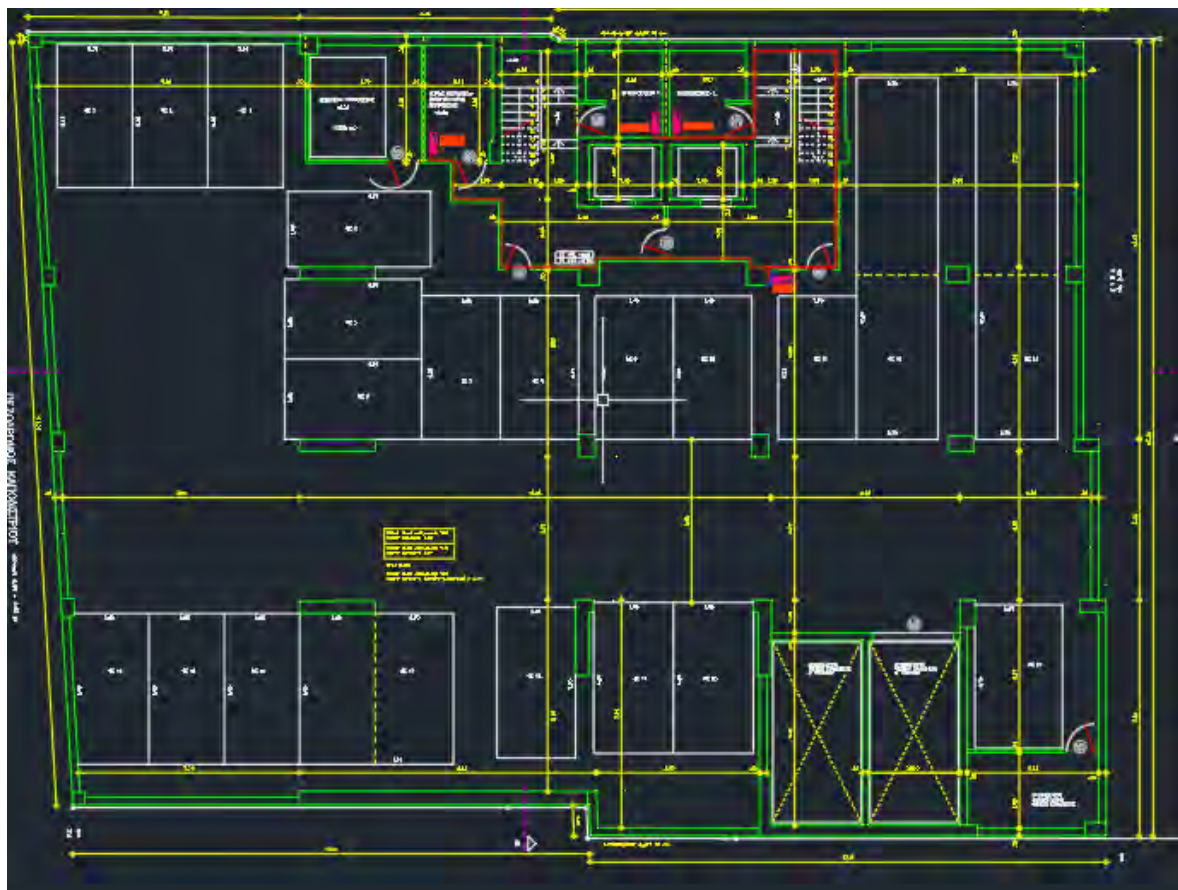
- [1] Dascalaki, E. G., Kontoyiannidis, S., Balaras, C. A., & Droutsas, K. G. (2013). Energy certification of Hellenic buildings: First findings. *Energy and Buildings*.
- [2] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2017). Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. *TOTEE 20701-2/2017*.
- [3] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2010). Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών. *TOTEE 20701-3/2010*.
- [4] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2017). Οδηγίες και έντυπα εκθέσεων ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, συστημάτων θέρμανσης και συστημάτων κλιματισμού. *TOTEE 20701-4/2017*.
- [5] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2017). Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. *TOTEE 207701-2/2017*.
- [6] Pattison, P., Hansen, M., & Jeffrey, T. Y. (2018). LED lighting efficacy: Status and directions. *Comptes Rendus Physique*, pp. 134-145.
- [7] Παντελίδης, Γ. (2018). Οδηγός Ενεργειακών Επιθεώρησης Κτιρίων.
- [8] Xiaobing, L., & Tianzhen, H. (2010). Comparison of energy efficiency between variable refrigerant flow systems and ground source heat pump systems.
- [9] Mathas, C. (2012, 09 11). Light Sensors: An Overview.
- [10] *TheBenchmark*. (n.d.). Retrieved from <http://www.thebenchmark.com/en/Presencedetector/Learn-more-about-presence-detectors/How-does-a-presence-detector-work.htm>
- [11] Darwish, A., Abdelmohsen, R., Ahmed, M., & Megeed, M. (2022). Solar cells: Types, Modules, and Applications—A Review. *Tanzania Journal of Science*, pp. 124-133.
- [12] *Aurorasolar*. (n.d.). Retrieved from <https://aurorasolar.com/blog/solar-panel-types-guide>
- [13] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2017). Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια. *TOTEE 20701-5/2017*.

- [14] *Daikin*. (n.d.). Retrieved from https://www.daikin.co.uk/en_gb/about/daikin-innovations/variable-refrigerant-volume.html
- [15] Ντοκόπουλος, Π. (n.d.). *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών*.

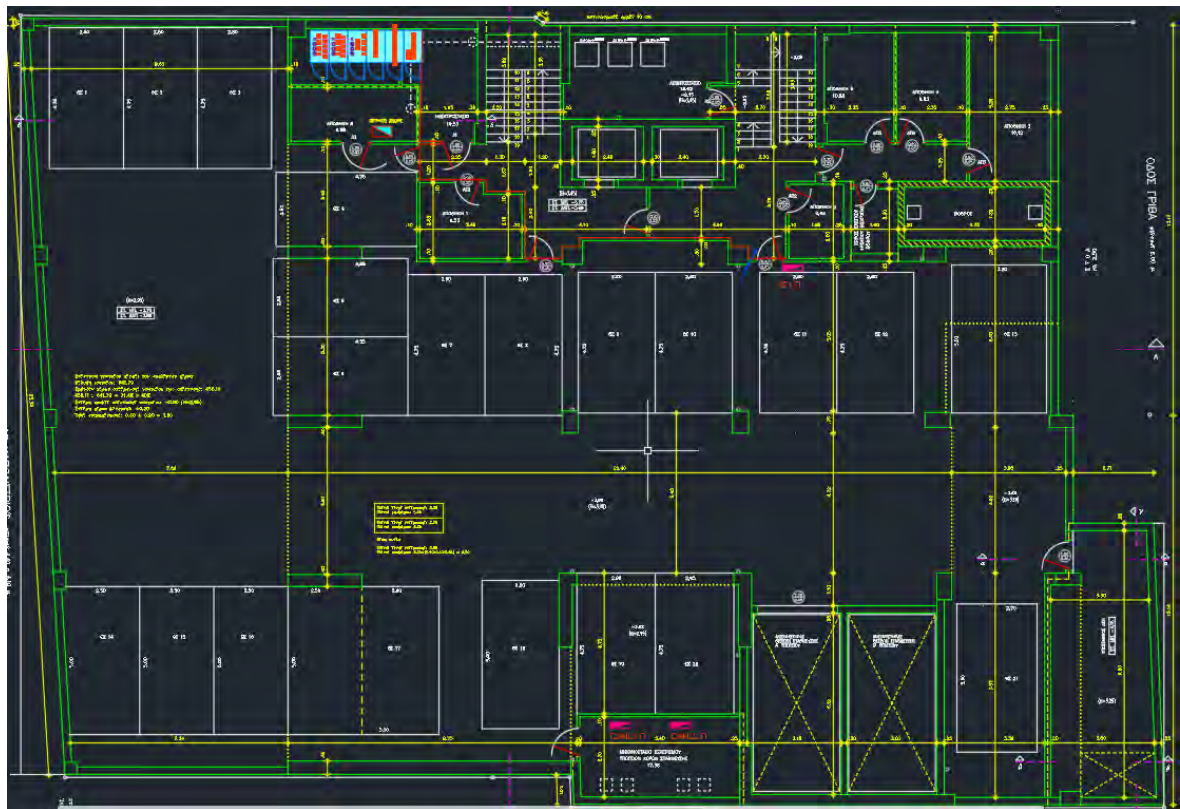
Παράρτημα

Αρχιτεκτονικά Σχέδια κτιρίου μελέτης

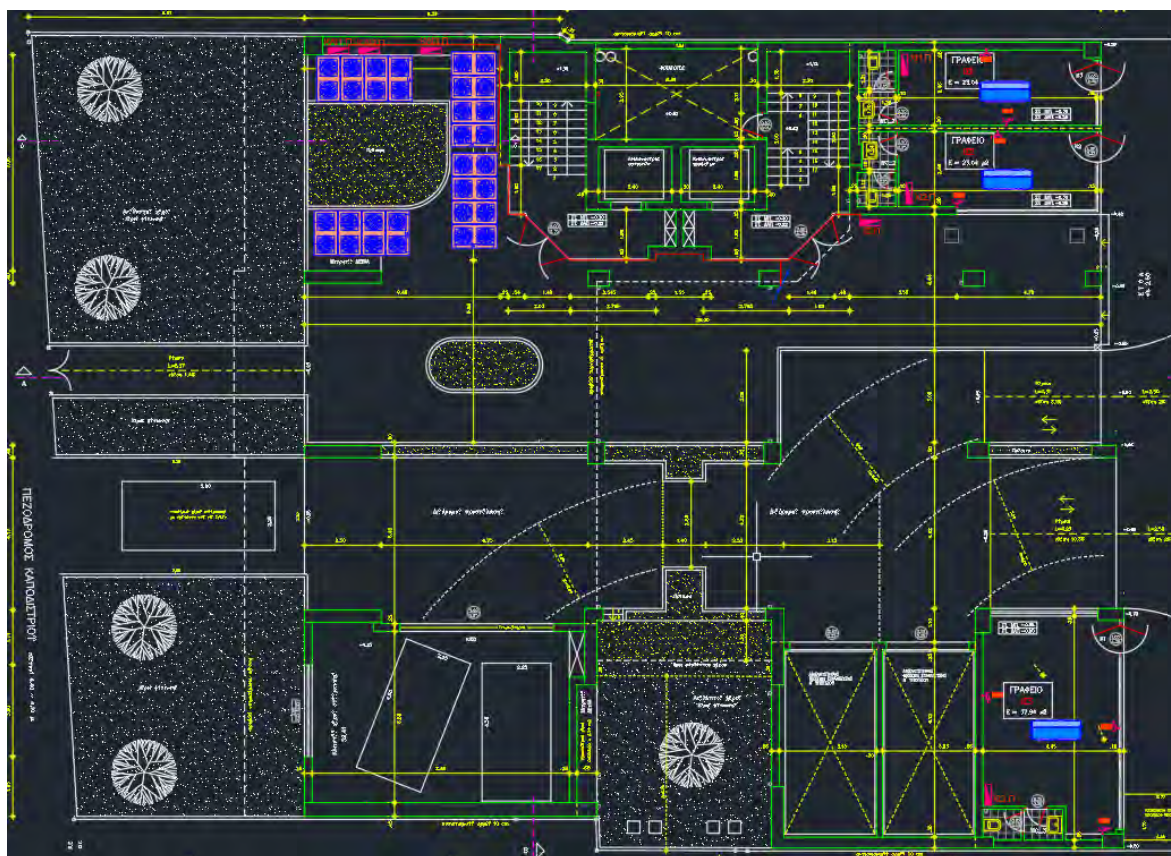
Εκτός από την διαστασιολόγηση των συστημάτων σε ένα κτίριο, ιδιαίτερα σημαντική είναι και τοποθέτηση τους στον χώρο. Έτσι, παρακάτω παρουσιάζονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου μελέτης με τοποθετημένα τα εσωτερικά VRV, τις μονάδες FCU, τις εξωτερικές μονάδες VRV και τους ρευματοδότες σε κάθε χώρο.



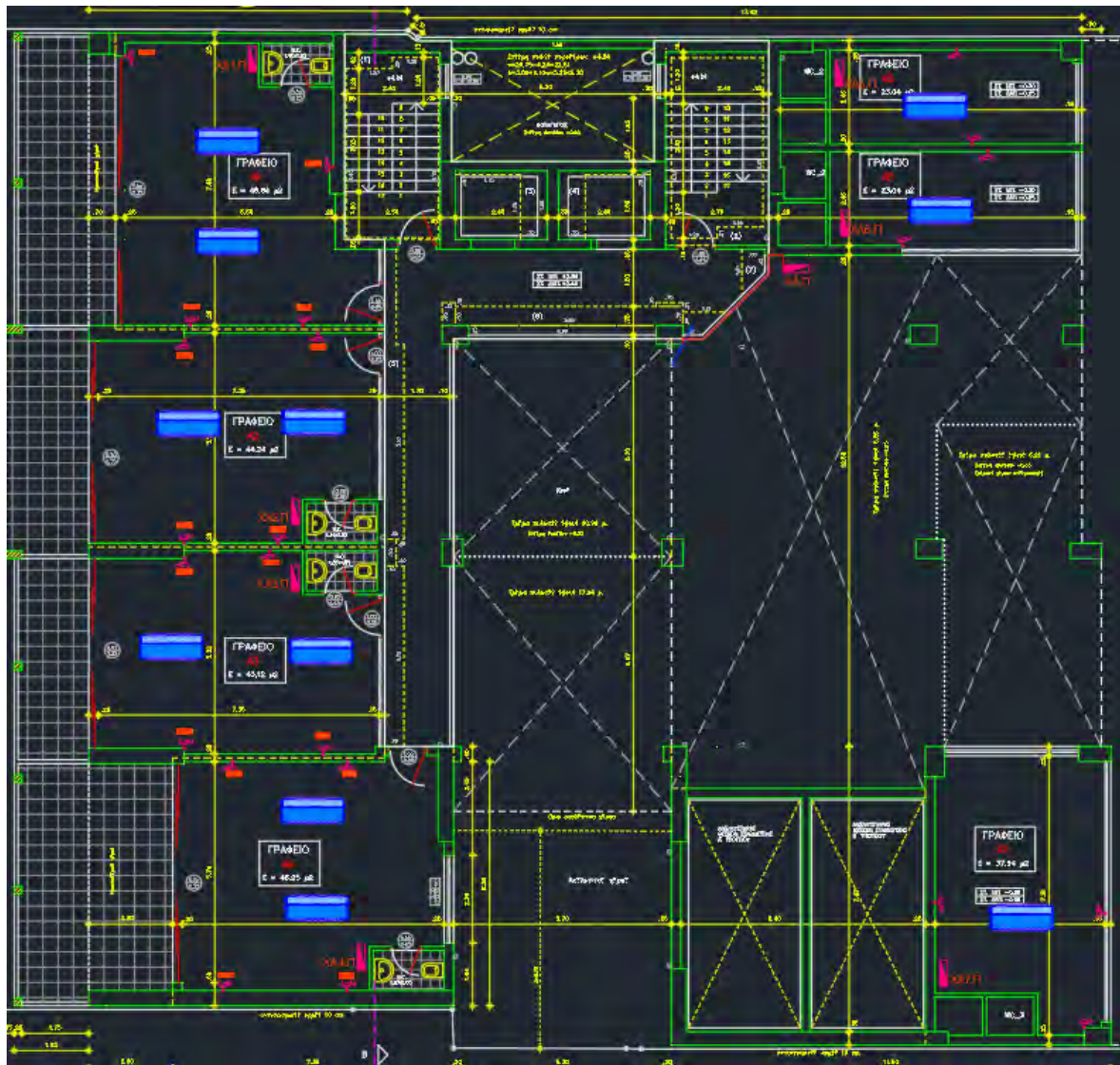
Εικόνα 51: Κάτοψη 2^{ου} Υπογείου



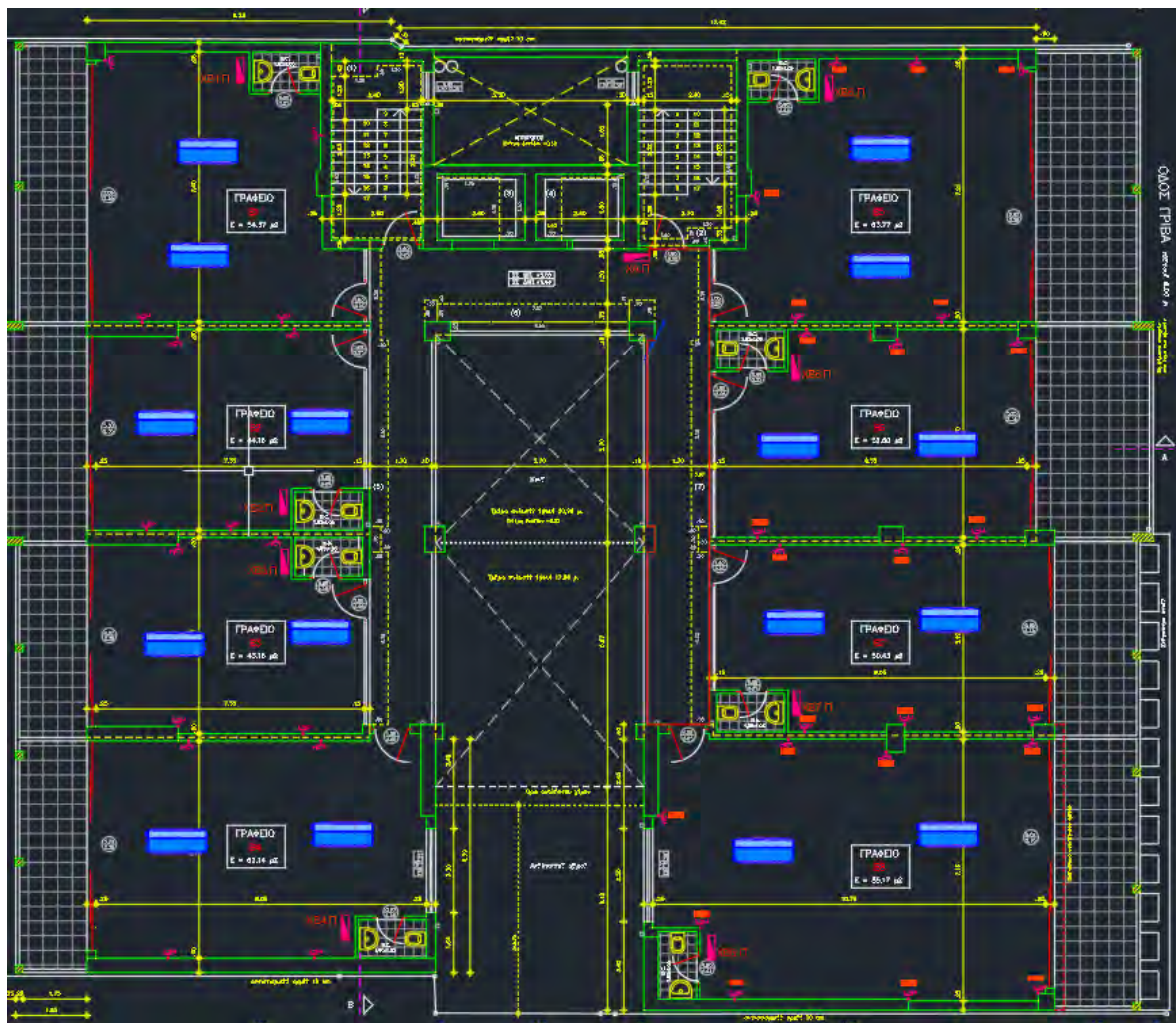
Εικόνα 52:Κάτοψη 1^{ου} Υπογείου



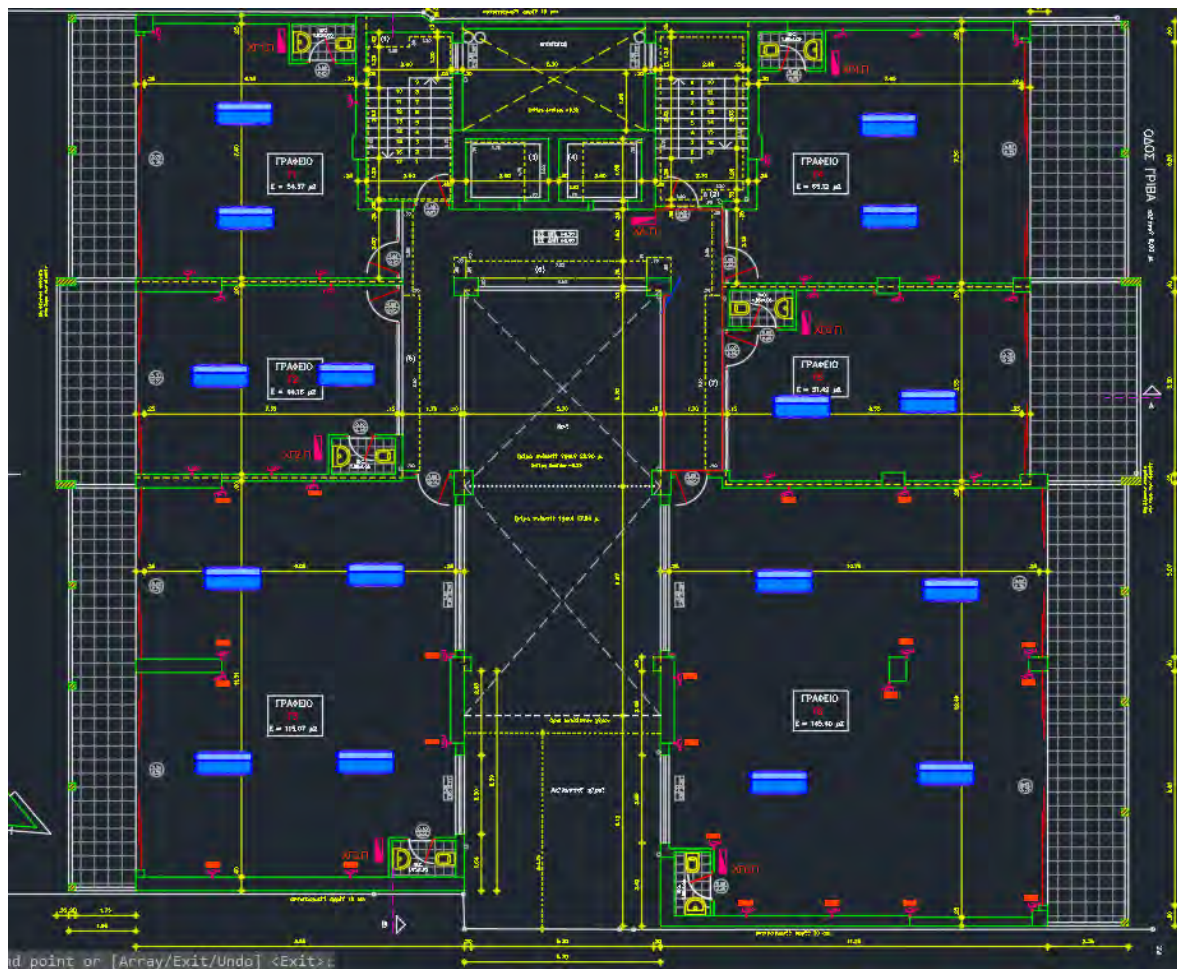
Εικόνα 53:Κάτοψη Ισογείου/Πιλωτής



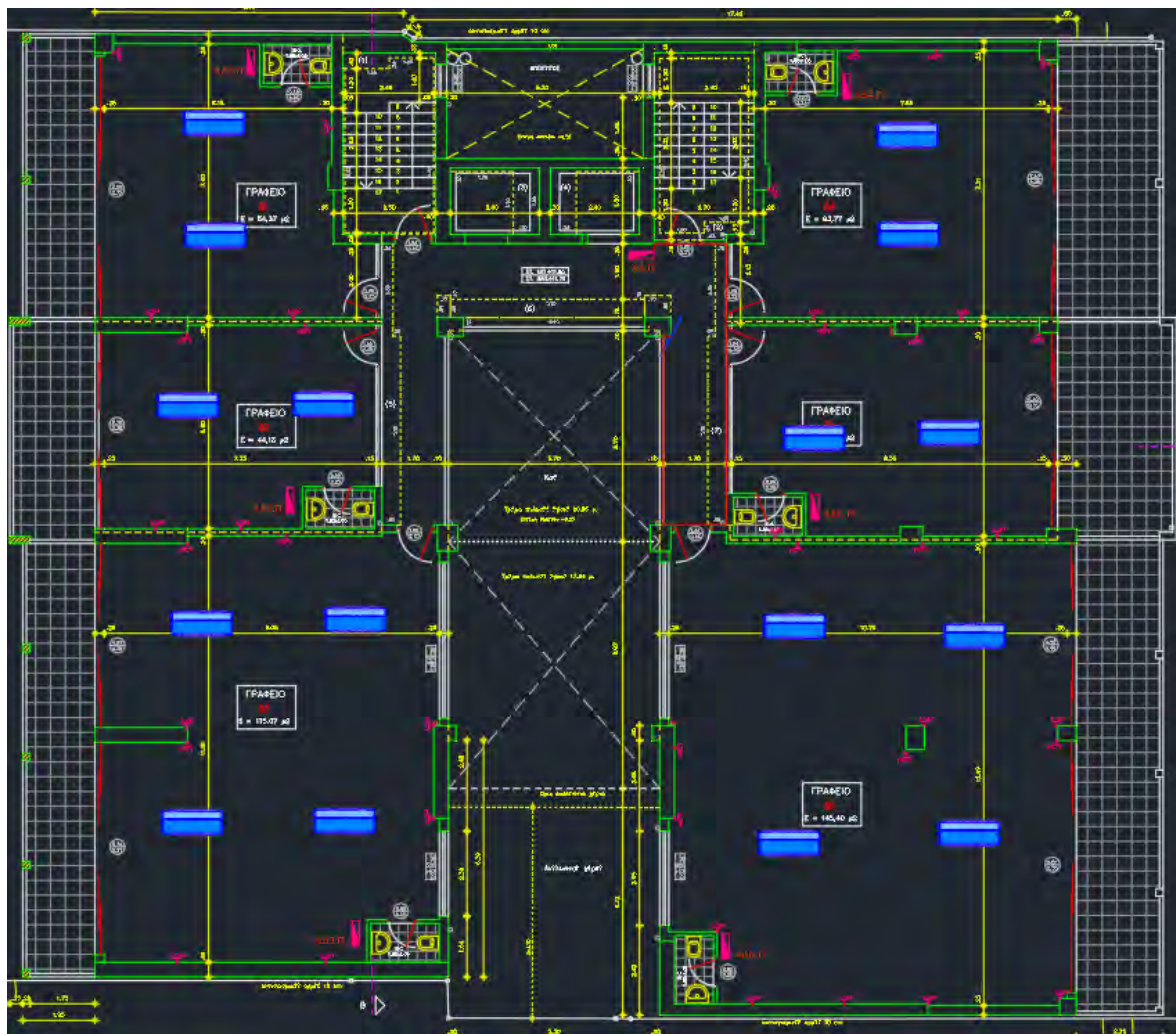
Εικόνα 54:Κάτοψη Α' Ορόφου



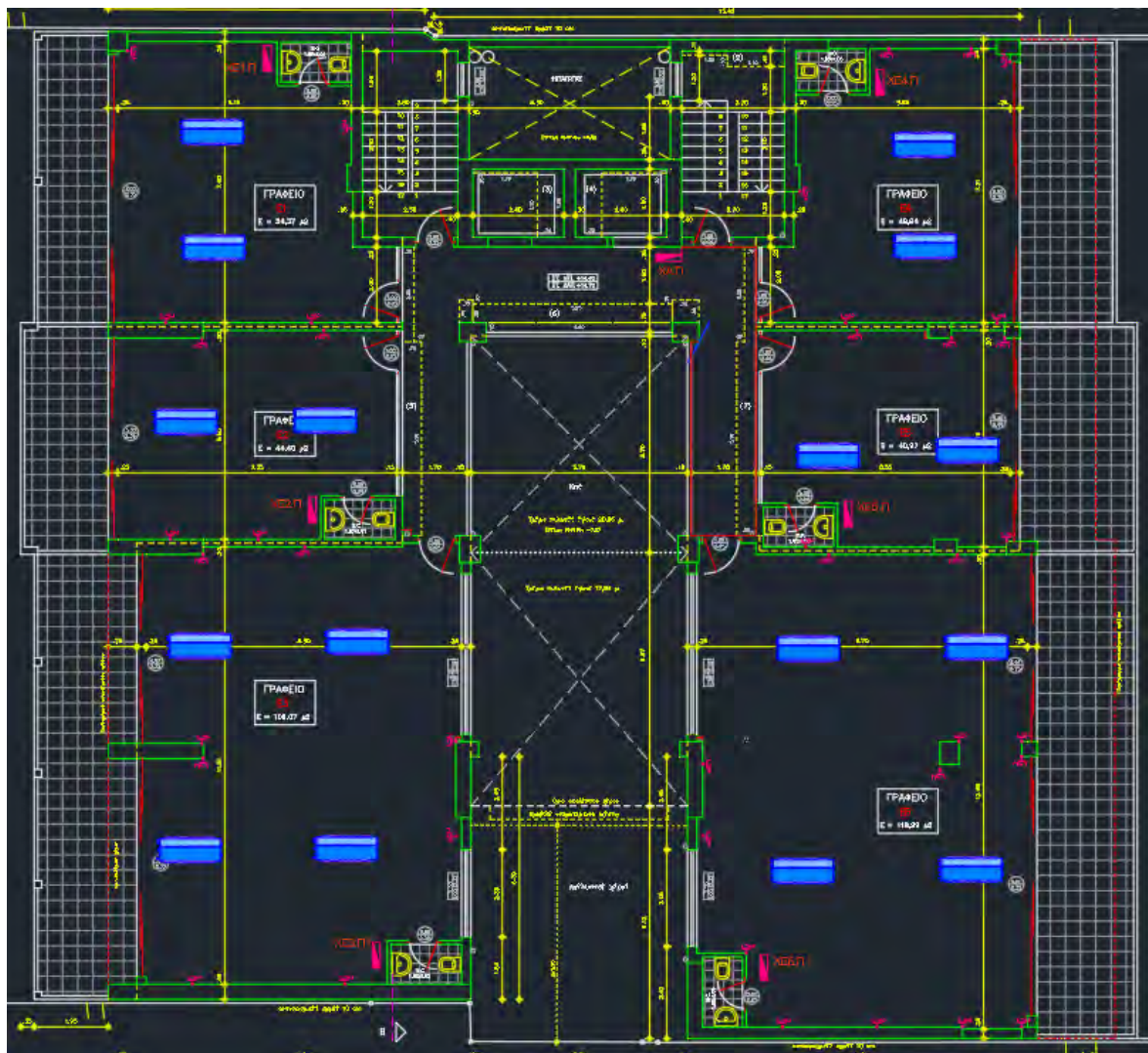
Εικόνα 55:Κάτοψη Β' Ορόφου



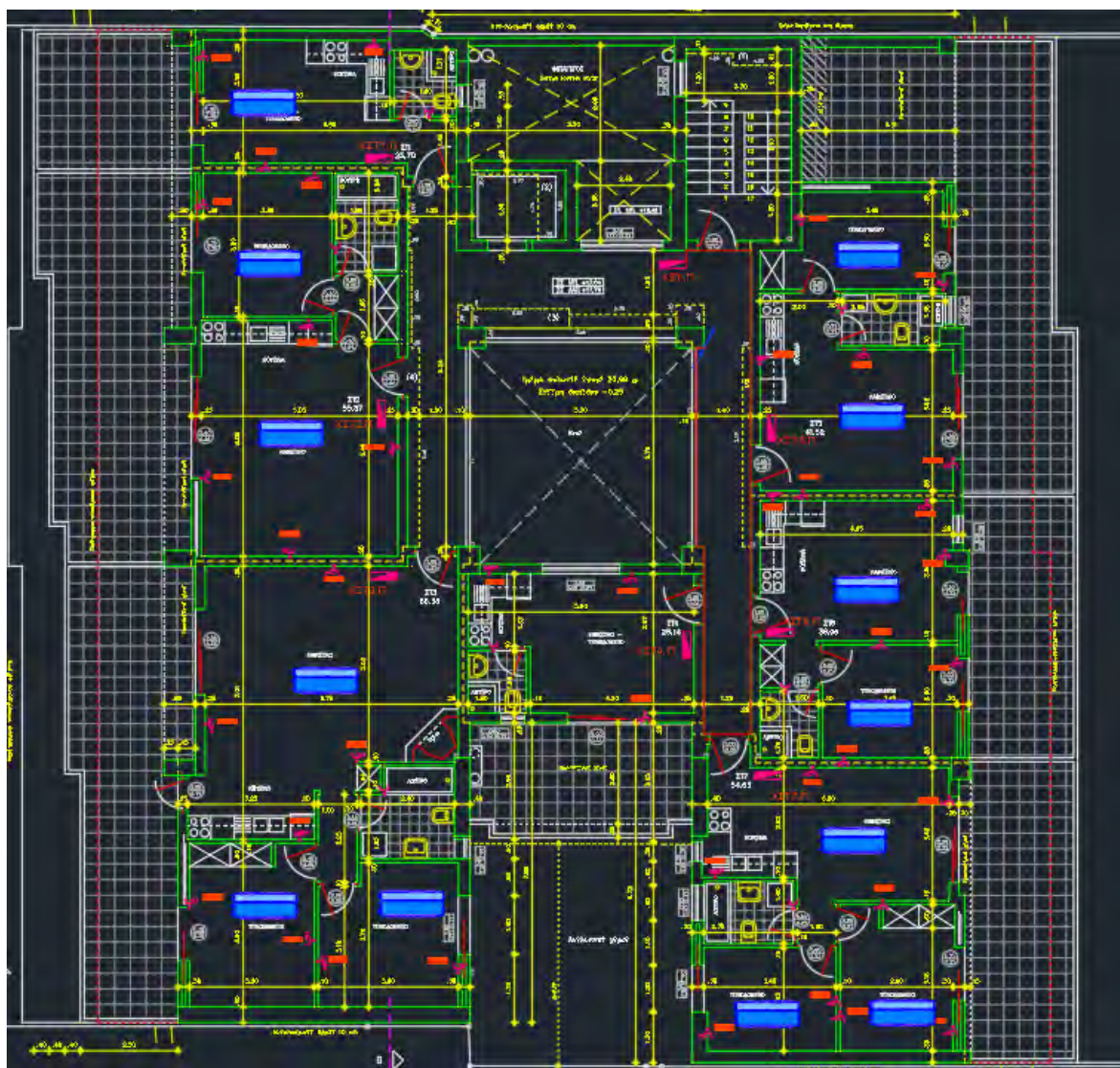
Εικόνα 56:Κάτοψη Γ' Ορόφου



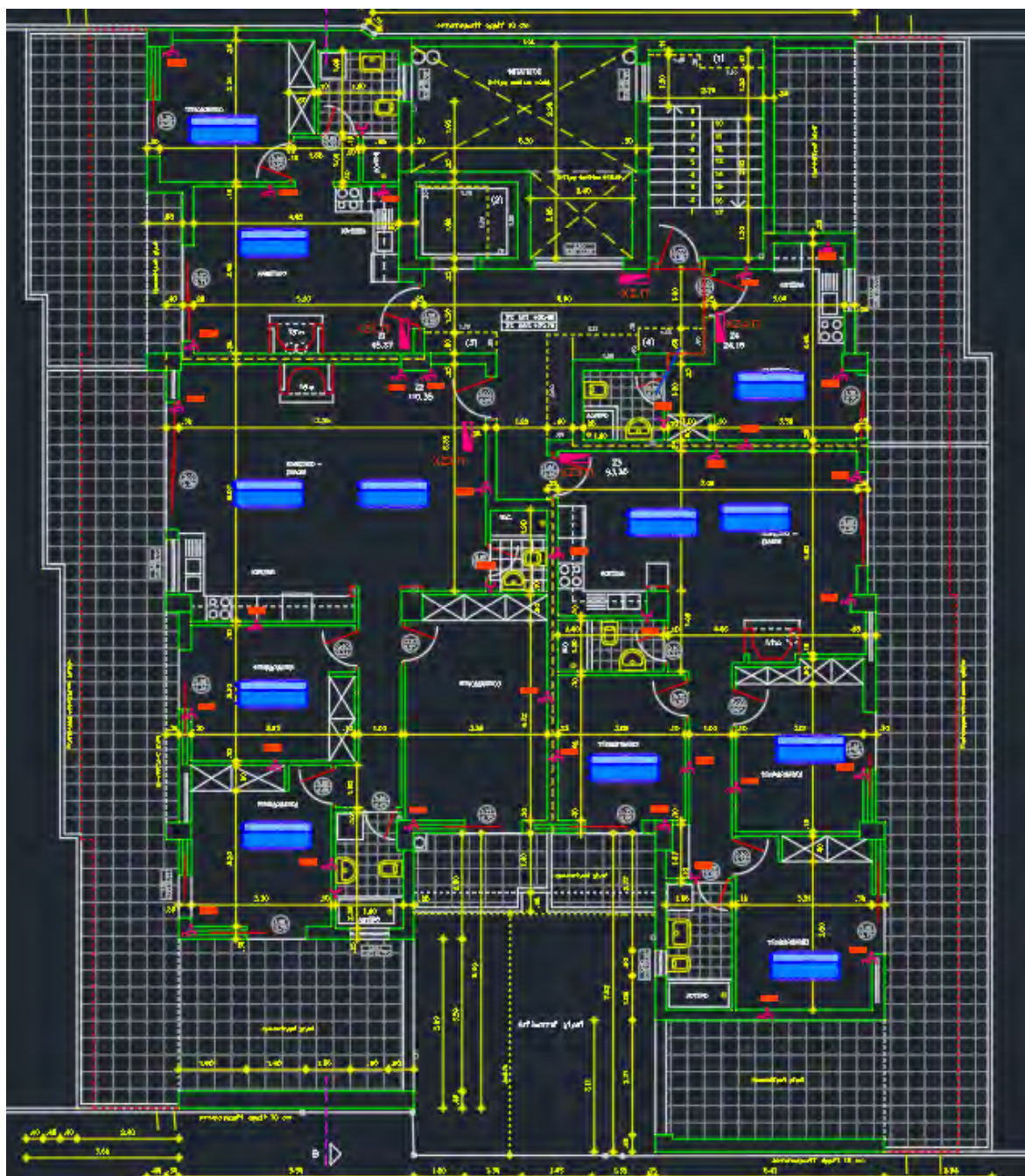
Εικόνα 57:Κάτοψη Δ' Ορόφου



Εικόνα 58:Κάτοψη Ε' Ορόφου



Εικόνα 59:Κάτοψη ΣΤ' Ορόφου



Εικόνα 60:Κάτοψη Ζ' Ορόφου

