



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ
ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ**

Διπλωματική Εργασία

Ιωάννης Κόρδης

Επιβλέπων: Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ
ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ**

Διπλωματική Εργασία

Ιωάννης Κόρδης

Επιβλέπων: Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2019



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**ENERGY ANALYSIS OF A CLASSICAL HOTEL USING
SOFTWARE**

Diploma Thesis

Ioannis Kordis

Supervisor: Dimitrios Bargiotas

Volos 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε σε συνεργασία με το τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2018-2019. Θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω όσους συνέβαλλαν στην διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή κύριο Δημήτριο Μπαργιώτα για την βοήθεια και την καθοδήγηση στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και στις ακαδημαϊκές μου σπουδές. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Δημήτριο Ζημέρη για την πολύτιμη βοήθεια του, τον χρόνο που αφιέρωσε, τις γνώσεις που έλαβα και για την εμπιστοσύνη του απέναντι μου δίνοντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με το αντικείμενο της ενεργειακής μελέτης κτιρίων. Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και όσους συνέβαλαν στην ακαδημαϊκή μου καριέρα. Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το χρωστάω απέναντι στην οικογένεια μου που όλα αυτά τα χρόνια ήταν δίπλα μου με την ηθική και υλική τους στήριξη.

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, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει 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. 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

(Υπογραφή)

Ιωάννης Κόρδης

Οκτώβριος 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή που βιώνουμε οι απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, καλύτερη ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος αυξάνονται διαρκώς. Ένας παράγοντας που μπορεί να κάνει καλύτερες όλες αυτές τις απαιτήσεις είναι η δημιουργία κτιρίων ενεργειακά πιο αποδοτικών. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει πρώτα να γίνει μια ενεργειακή μελέτη κτιρίου, η οποία και αποτελεί κύριο ζήτημα στον κατασκευαστικό, οικονομικό και οικολογικό τομέα για την οικοδόμηση ενός νέου κτιρίου ή την ανακαίνιση υπάρχοντος. Πρόκειται για μία νομικά κατοχυρωμένη πράξη που έχει ως σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ενός κτιρίου χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά η λειτουργία του. Έτσι, δημιουργήθηκαν κανονισμοί, πρότυπα και τεχνικές οδηγίες, για την εκπόνηση μιας ενεργειακής μελέτης, που διαφέρουν σε κάθε χώρα ανάλογα με το νομοθετικό πλαίσιο και τα κλιματικά δεδομένα. Ο κανονισμός που βρίσκεται σε ισχύ στον Ελλαδικό χώρο είναι ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) για την μελέτη ή την επιθεώρηση κτιρίου. Επίσης, άλλα πολύ διαδεδομένα πρότυπα τα οποία είναι τα θεμέλια των υπόλοιπων κανονισμών είναι τα πρότυπα της ASHRAE που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι μηχανικοί στις μελέτες τους. Με βάση τον κανονισμό Κ.Εν.Α.Κ. οι τελικές απαιτήσεις ενέργειας του κτιρίου το κατατάσσουν σε μία κατηγορία ενεργειακής απόδοσης. Με βάση τους κανονισμούς αυτούς στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μία ενεργειακή μελέτη του ενός από τα δύο κτίρια του ξενοδοχείου Valis που βρίσκεται στην Αγριά Βόλου του νομού Μαγνησίας. Αρχικά γίνεται μια λεπτομερής αναφορά των κανονισμών και των προτύπων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αλλά και των ηλεκτρομηχανικών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην μελέτη μας. Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά το λογισμικό FineGreen-4M με το οποίο υλοποιήθηκε η ενεργειακή μας μελέτη. Για το συγκεκριμένο κτίριο μελέτης αναλύθηκε και προσομοιώθηκε η λειτουργία του από το λογισμικό για τις ημέρες με τις δυσμενέστερες καταστάσεις μία για την χειμερινή περίοδο και μία για την εαρινή. Επίσης, έγιναν αλλαγές στα ηλεκτρομηχανικά συστήματα, τα προγράμματα λειτουργίας τους και τις απαιτήσεις του κτιρίου. Τέλος, τα αποτελέσματα που εξήγαγε το λογισμικό σχολιάστηκαν και συγκρίθηκαν μεταξύ τους, τόσο για την συμπεριφορά του κτιρίου, όσο και για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ή τον συνδυασμό συστημάτων για την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων και την αύξηση της ενεργειακής του απόδοσης.

ABSTRACT

In the modern age, the demands for energy saving, better quality of life and environmental protection are constantly increasing. One factor that can make all of these requirements better is the creation of more energy efficient buildings. To achieve this, a building energy study must first be carried out, which is a key issue in the construction, finance and ecology sectors for the construction of a new building or the renovation of an existing one. It is a legally regulated act designed to reduce the energy consumption of a building without adversely affecting its operation. Thus, regulations, standards and technical guidelines have been developed for the preparation of an energy study, which differ in each country according to the legislative framework and climate data. The regulation in force in Greece is the Building Energy Efficiency Regulation (KENAK) for building design or inspection. Also, other widely used standards that are the cornerstones of other regulations are the ASHRAE standards that most engineers use in their studies. According to the KENAK regulation, the final energy requirements of a building classify it into an energy efficiency category. Based on these regulations, in the present thesis, an energy study was carried out on one of the two Valis hotel buildings located in Agria Volos, Magnesia. Initially there is a detailed reference to the regulations and standards mentioned above, as well as to the electromechanical systems used in our study. Following is a detailed presentation of our FineGreen-4M software that implemented our energy study. For this particular study building its operation was analyzed and simulated by the software for the days with the worst conditions, one for the winter season and one for the summer. Changes have also been made to electromechanical systems, their operating plans and building requirements. Finally, the software outputs were commented on and compared to both the behavior of the building and the choice of the appropriate system or combination of systems to reduce energy requirements and increase its energy efficiency.

Περιεχόμενα

1	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (Κ.ΕΝ.Α.Κ)	16
1.1	Κτίριο Αναφοράς	16
1.2	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίου	16
1.3	Κλιματικές Ζώνες Στην Ελλάδα	18
1.4	Κατηγορίες Κτιρίων	19
1.5	Θερμικές Ζώνες Κτιρίου	20
1.6	Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων	21
1.7	Θερμοκρασία και σχετική υγρασία χώρων	21
1.8	Απαιτούμενος Νωπός Αέρας Εσωτερικών Χώρων	23
1.9	Απαιτήσεις και στάθμες φωτισμού	25
1.10	Προδιαγραφές κτιριακού κελύφους.....	27
2	ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	28
2.1	Αερισμός από χαραμάδες.....	28
2.2	Φυσικός αερισμός	29
2.3	Μηχανικός αερισμός	30
3	ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ	31
3.1	Αντλίες θερμότητας	31
3.2	Κυκλοφορητές	32
3.3	Σύστημα μεταβλητής παροχής ψυκτικού (VRF)	34
3.4	Ανάκτηση θερμότητας.....	35
3.5	Γεωθερμική αντλία θερμότητας	36
4	ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	38
4.1	Θερμοδυναμική και Κύκλοι Ψύξης	38
4.2	Θερμοδυναμική Ανάλυση των Κύκλων Ψύξης	39
4.3	Κύκλοι Carnot	40
5	AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS	42
5.1	ASRHAE Standard 55	43
5.2	ASHRAE Standard 62.1	43
5.3	ASRHAE Standard 90.1	44
5.4	ASRHAE Standard 189.1	45
6	ENERGY PLUS ΚΑΙ FINE GREEN	46
6.1	Energy plus	46
6.2	FineGreen.....	47

7	ΔΟΜΗΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	48
7.1	Δόμηση Κελύφους Κτιρίου	48
7.2	Ορισμός Θερμικών Ζωνών	52
7.3	Ορισμός Τοποθεσίας και Κλιματικών Δεδομένων, Στοιχείων Εξαγωγής και Προσανατολισμού Κτιρίου	53
8	ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	56
8.1	Πρώτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF	57
8.1.1	Θερμική Ζώνη reception	57
8.1.2	Θερμικές Ζώνες roomsA και roomsB	63
8.1.3	Αποτελέσματα από το Heating Design	68
8.1.4	Αποτελέσματα από το Cooling Design	69
8.1.5	Αποτελέσματα Προσομοίωσης Χειμερινής και Θερινής Ημέρας	72
8.1.5.1	Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας	72
8.1.5.2	Προσομοίωση Θερινής Ημέρας	78
8.2	Δεύτερο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Heat Recovery	83
8.2.1	Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας	84
8.2.2	Προσομοίωση Θερινής Ημέρας	89
8.3	Τρίτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Φωτοβολταϊκά	94
8.3.1	Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας	95
8.3.2	Προσομοίωση Θερινής Ημέρας	97
8.4	Τέταρτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας	99
8.4.1	Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας	100
8.4.2	Προσομοίωση Θερινής Ημέρας	105
8.5	Πέμπτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Μειωμένες Απαιτήσεις	110
8.5.1	Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας	111
8.5.2	Προσομοίωση Θερινής Ημέρας	116
8.6	Έκτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα GSHP	122
8.6.1	Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας	124
8.6.2	Προσομοίωση Θερινής Ημέρας	128
9	ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	133
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	135

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης.....	17
Εικόνα 2: Απεικόνιση των κλιματικών ζωνών στον χάρτη της Ελλάδος.....	18
Εικόνα 3: Αντλία θερμότητας	31
Εικόνα 4: Κυκλοφορητής οικιακής χρήσης	33
Εικόνα 5: Παράδειγμα λειτουργίας κυκλοφορητή.....	33
Εικόνα 6: Σύστημα VRF	35
Εικόνα 7: Εναλλάκτης θερμότητας.....	36
Εικόνα 8: Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	37
Εικόνα 9: Κύκλος Carnot.....	40
Εικόνα 10: Κύκλος συμπίεσης ατμών Carnot.....	41
Εικόνα 11: Σύστημα αερισμού και εξαερισμού	44
Εικόνα 12: καρτέλα Layers Management.....	49
Εικόνα 13: Επιλογή του εξωτερικής τοιχοποιίας για την σχεδίαση του κελύφους	49
Εικόνα 14: Καρτέλα δομικών στοιχείων τοιχοποιίας	50
Εικόνα 15: Πρότυπα τοιχοποιίας και ορισμός τους σε επίπεδα στρώσεων.....	50
Εικόνα 16: Πρότυπα δαπέδου και ορισμός των υλικών τους	51
Εικόνα 17: Πρότυπα κουφωμάτων και ορισμός τους στην βιβλιοθήκη	51
Εικόνα 18: Πρότυπα οροφών και ορισμός τους στην βιβλιοθήκη.....	52
Εικόνα 19: Ορισμός θερμικών ζωνών	53
Εικόνα 20: Παράθυρο επιλογών για επιπλέον πληροφορίες.....	54
Εικόνα 21: Πίνακας εισαγωγής τοποθεσίας και καιρικών δεδομένων.....	54
Εικόνα 22: Παράθυρα επιλογών εξαγωγής αποτελεσμάτων	55
Εικόνα 23: Κατόψεις ισογείου, οροφής, πρώτου και δεύτερου ορόφου.....	56
Εικόνα 24: Τρισδιάστατη μορφή του Valis Resort.....	57
Εικόνα 25: Activity template θερμικής ζώνης “reception”.....	59
Εικόνα 26: Καρτέλα Lighting για την θερμική ζώνη “reception”	60
Εικόνα 27: Καρτέλα HVAC Template για την θερμική ζώνη “reception”	61
Εικόνα 28: Καρτέλα DHW (Domestic Hot Water) για την θερμική ζώνη “reception”.....	62
Εικόνα 29: Καρτέλα Zone data και σταθερές της εξίσωσης διήθησης	63
Εικόνα 30: Activity template θερμικών ζωνών “roomsA” και “roomsB”.....	65
Εικόνα 31: Καρτέλα Lighting θερμικών ζωνών “roomsA” και “roomsB”.....	66
Εικόνα 32: HVAC Template θερμικών ζωνών “roomsA” και “roomsB”.....	67
Εικόνα 33: Καρτέλα Ζεστού Νερού Χρήσης για τις θερμικές ζώνες “roomsA” και “roomsB”.....	67
Εικόνα 34: Διάγραμμα Θερμοκρασιών του Heating Design	68
Εικόνα 35: Διάγραμμα Απωλειών Θερμότητας του Heating Design.....	68
Εικόνα 36: Διάγραμμα Θερμοκρασιών του Cooling Design για μία ημέρα.....	70
Εικόνα 37: Διάγραμμα Φορτίων για την Ψύξη του Κτιρίου	70
Εικόνα 38: Διάγραμμα Θερμικών Απωλειών και Κερδών για την Ψύξη.....	71
Εικόνα 39: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας	71
Εικόνα 40: Διάγραμμα Θερμοκρασιών Simulation 25/12	72
Εικόνα 41: Διάγραμμα Απώλειας-Κέρδους Θερμότητας 25/12.....	73
Εικόνα 42: Διάγραμμα Ψυκτικών και Θερμικών Φορτίων 25/12.....	73
Εικόνα 43: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας 25/12	74
Εικόνα 44: Διάγραμμα Θερμοκρασιών 4/8.....	78

Εικόνα 45: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης 4/8	78
Εικόνα 46: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας 4/8	79
Εικόνα 47: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας 4/8	79
Εικόνα 48: Heat Recovery πίνακας HVAC	84
Εικόνα 49: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12.....	84
Εικόνα 50: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12.....	84
Εικόνα 51: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12	85
Εικόνα 52: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12	85
Εικόνα 53: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8.....	90
Εικόνα 54: Διάγραμμα Θέρμανσης-Ψύξης σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8.....	90
Εικόνα 55: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8	90
Εικόνα 56: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8.....	91
Εικόνα 57: Καρτέλα Στοιχείων Ηλιακού Πάνελ.....	95
Εικόνα 58: Καρτέλα Ορισμού Μονάδων Ηλεκτρικού Φορτίου	95
Εικόνα 59: Διάγραμμα Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας 25/12	95
Εικόνα 60: Διάγραμμα Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας 4/8	97
Εικόνα 61: Επιλογή Schedules στο Activity.....	99
Εικόνα 62: Heating-Cooling Schedule Όπως Ορίστηκε στην Βιβλιοθήκη.....	100
Εικόνα 63: Πρόγραμμα Λειτουργίας Ζεστού Νερού Χρήσης	100
Εικόνα 64: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12	101
Εικόνα 65: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12	101
Εικόνα 66: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών θερμότητας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12	101
Εικόνα 67: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12	102
Εικόνα 68: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8	106
Εικόνα 69: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8	106
Εικόνα 70: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών θερμότητας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8	106
Εικόνα 71: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8	107
Εικόνα 72: Καρτέλα HVAC Αλλαγή του Μηχανικού Αερισμού.....	111
Εικόνα 73: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12	111
Εικόνα 74: Διάγραμμα Θέρμανσης-Ψύξης σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12	112
Εικόνα 75: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12	112
Εικόνα 76: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12	112
Εικόνα 77: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8	117

<i>Εικόνα 78: Διάγραμμα Θέρμανσης-Ψύξης σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8</i>	117
<i>Εικόνα 79: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8</i>	118
<i>Εικόνα 80: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8</i>	118
<i>Εικόνα 81: Καρτέλες HVAC των Θερμικών Ζωνών reception (αριστερά) και roomsA (δεξιά) με Σύστημα GSHP</i>	123
<i>Εικόνα 82: Καρτέλες DHW των Θερμικών Ζωνών reception (επάνω) και roomsA (κάτω) με Σύστημα GSHP</i>	124

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.....	17
Πίνακας 2: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.....	18
Πίνακας 3: Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας	19
Πίνακας 4: Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.....	22
Πίνακας 5: Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	23
Πίνακας 6: Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου.....	25
Πίνακας 7: Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.....	26
Πίνακας 8: Τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα από θυρίδα αερισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.....	28
Πίνακας 9: Συντελεστής CoP και EER.....	39
Πίνακας 10: Συνθήκες περιβάλλοντος και Απώλειες Ενέργειας	69
Πίνακας 11: Απώλειες θερμότητας των επιμέρους ζωνών και το συνολικό του κτηρίου.....	69
Πίνακας 12: Συνοπτικά Αποτελέσματα Cooling Design I.....	71
Πίνακας 13: Συνοπτικά Αποτελέσματα Cooling Design II.....	72
Πίνακας 14: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF I.....	74
Πίνακας 15: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF II.....	75
Πίνακας 16: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF III.....	76
Πίνακας 17: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF IV.....	77
Πίνακας 18: Report συνολικών φορτίων για το σενάριο VRF.....	77
Πίνακας 19: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF I 4/8.....	80
Πίνακας 20: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF II 4/8.....	81
Πίνακας 21: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF III 4/8.....	82
Πίνακας 22: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF IV 4/8.....	83
Πίνακας 23: Report συνολικών φορτίων για το σενάριο VRF 4/8.....	83
Πίνακας 24: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery I 25/12.....	86
Πίνακας 25: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery II 25/12.....	87
Πίνακας 26: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery III 25/12.....	88
Πίνακας 27: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery IV 25/12.....	89
Πίνακας 28: Report σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12.....	89
Πίνακας 29: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery I 4/8.....	91
Πίνακας 30: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery II 4/8.....	92
Πίνακας 31: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery III 4/8.....	93
Πίνακας 32: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery IV 4/8.....	93
Πίνακας 33: Report σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8.....	94
Πίνακας 34: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με PV 25/12.....	96
Πίνακας 35: Report σεναρίου VRF με PV 25/12.....	97
Πίνακας 36: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με PV 4/8.....	98
Πίνακας 37: Report σεναρίου VRF με PV 4/8.....	99
Πίνακας 38: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας I 25/12.....	102

Πίνακας 39: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας II 25/12	103
Πίνακας 40: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας III 25/12	104
Πίνακας 41: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας IV 25/12	105
Πίνακας 42: Report σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12	105
Πίνακας 43: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας I 4/8	107
Πίνακας 44: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας II 4/8	108
Πίνακας 45: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας III 4/8	109
Πίνακας 46: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας IV 4/8	110
Πίνακας 47: Report σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8	110
Πίνακας 48: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας I 25/12	113
Πίνακας 49: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας II 25/12	114
Πίνακας 50: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας III 25/12	115
Πίνακας 51: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας IV 25/12	116
Πίνακας 52: Report σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12	116
Πίνακας 53: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας I 4/8	119
Πίνακας 54: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας II 4/8	120
Πίνακας 55: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας III 4/8	121
Πίνακας 56: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας IV 4/8	122
Πίνακας 57: Report σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8	122
Πίνακας 58: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP I 25/12	125
Πίνακας 59: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP II 25/12	126
Πίνακας 60: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP III 25/12	127
Πίνακας 61: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP IV 25/12	128
Πίνακας 62: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP I 4/8	129
Πίνακας 63: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP II 4/8	130
Πίνακας 64: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP III 4/8	131
Πίνακας 65: Αποτελέσματα <i>Simulation</i> για το σενάριο GSHP IV 4/8	132

1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (Κ.ΕΝ.Α.Κ)

Με την κλιματική αλλαγή, την αναγκαιότητα ενεργειακής αυτονομίας κάθε χώρας και την απαραίτητη αναβάθμιση των υπαρχόντων κτιρίων αποθέματος οδήγησαν στην έκδοση οδηγιών περί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων για όλα τα κράτη της Ευρώπης. Έτσι, στην προσπάθεια έκδοσης ενός οδηγού, δοκιμάστηκε πλήθος διαφορετικών μοντέλων επιστημονικής μεθοδολογίας και χρειάστηκαν αρκετές τροποποιήσεις στις επιμέρους διατάξεις. Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.) συνέβαλε ουσιαστικά για την σύνταξη του Κ.Εν.Α.Κ και των τεχνικών οδηγιών του Τ.Ε.Ε. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε), καλώντας περισσότερους από εκατό επιστήμονες διαφορετικών ειδικοτήτων για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση των οδηγιών αυτών, που εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για τα κλιματικά και κτιριακά δεδομένα της χώρας μας. Αποτέλεσμα της σύνταξης των παραπάνω οδηγιών και προτύπων, εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, είναι μια πιο ουσιώδης ενεργειακή επιθεώρηση αναβάθμισης του κτιρίου αποθέματος, η αλλαγή της ενεργειακής μελέτης από ξεχωριστές μελέτες αρχιτεκτόνων, στατικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σε μια από κοινού μελέτη που θα συνυπολογίζονται οι σύγχρονες αρχιτεκτονικές με την τεχνολογία και η εισαγωγή των βιοκλιματικών αρχιτεκτονικών κτιρίου [1].

Η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας, του εγχώριου ενεργειακού κοιτάσματος, μπορεί να μας οδηγήσει στην αρχή μιας αναβάθμισης φυσικών και τεχνητών συνθηκών της ποιότητας ζωής μας, για μια καινούρια παραγωγική δομή με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της χώρας μας.

1.1 Κτίριο Αναφοράς

Το κτίριο αναφοράς είναι ίδιο με το κτίριο μελέτης, δηλαδή έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, χωροταξία, χρήση, προσανατολισμό και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το κτίριο υπό μελέτη. Το κτίριο αναφοράς θα πρέπει να τηρεί τις ελάχιστες προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ. και να έχει συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, στα Η/Μ τεχνικά συστήματα που αφορούν την θέρμανση, την ψύξη και τον κλιματισμό των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και στον φωτισμό [2].

1.2 Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίου

Η έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, *Εικόνα 1*, (Π.Ε.Α) βασίζεται στην τελική ανοιγμένη σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωση του κτιρίου στηριζόμενη στις κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης των κτιρίων του *Πίνακα 1*. Ο δείκτης R_R είναι ίσος με την υπολογιζόμενη πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του συγκεκριμένου κτιρίου

(EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (R_R) και αποτελεί το κριτήριο κατάταξης του κτιρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης [2].

Πίνακας 1: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων

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	$2.73R_R < EP$	$2.73 < T$

Σε ένα κτίριο που διαθέτει περισσότερα από ένα τμήματα που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες κύριας χρήσης, γίνεται ξεχωριστή εξέταση για το κάθε τμήμα και εκδίδονται αντίστοιχα ξεχωριστά πιστοποιητικά για κάθε κατηγορία κύριας χρήσης του κτιρίου.

ΧΡΗΣΗ:				
Κτίριο <input type="checkbox"/>	Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/>			
Αριθμός ιδιοκτησίας:				
Κλιματική Ζώνη:				
Διεύθυνση:				
Τ.Κ.:				
Πόλη:				
Έτος κατασκευής:				
Συνολική επιφάνεια [m ²]:				
Θερμολόγηση επιφανείων [m ²]:				
Όνομα ιδιοκτήτη:				
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ				
ΜΗΔΕΛΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ			
$EP \leq 0.33 \cdot R_R$	A+			
$0.33 \cdot R_R < EP \leq 0.50 \cdot R_R$	A			
$0.50 \cdot R_R < EP \leq 0.75 \cdot R_R$	B+			
$0.75 \cdot R_R < EP \leq 1.00 \cdot R_R$	B			
$1.00 \cdot R_R < EP \leq 1.41 \cdot R_R$	Γ			
$1.41 \cdot R_R < EP \leq 1.82 \cdot R_R$	Δ			
$1.82 \cdot R_R < EP \leq 2.27 \cdot R_R$	E			
$2.27 \cdot R_R < EP \leq 2.73 \cdot R_R$	Z			
$2.73 \cdot R_R < EP$	H			
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:				
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ : [kgCO ₂ /m ²]:				
Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO ₂ :	Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>			
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m ²]:	Κοινόβιο [kWh/m ²]:	Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>		
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	Λοιπική άνεση <input type="checkbox"/>			
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO ₂ : [kg/m ²]:	Παθητική αέρα <input type="checkbox"/>			
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ				
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)		
Ηλεκτρική	Θέρμανση Φυτεπλάτης	Ψύξη ΖHX		
Θερμικά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση Ψύξη ΖHX		
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση Ψύξη ΖHX		
Άλλο:	Θέρμανση Ψύξη ΖHX			
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση Φυτεπλάτης Ψύξη ΖHX		
	Βιοαέριο	Θέρμανση Ψύξη ΖHX		
	Γεωθερμία	Θέρμανση Ψύξη ΖHX		
	Άλλο:	Θέρμανση Φυτεπλάτης Ψύξη ΖHX		
Σύνολο				
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m ²]				
Θέρμανση:	Ψύξη:			
Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖHX):	Φυτεπλάτης:			
ΑΠΕ & ΖHX: [-]				
ΣΥΓΓΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ				
1.				
2.				
3.				
Αριθμός συστάσης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τμήτ μονάδας* [kWh/m ²] [%]	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ * [kg/m ²] [%]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [έτη]
1				
2				
3				
* Η εξοικονόμηση ενέργειας και τμήτ μονάδας είναι την κάθε επί γράσει σύσταση και τα ποσά δεν εθροίζονται. Ομοίως για τα τμήτ μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.				
Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ:		Στοιχεία:		
Όνομα υπεύθυνου Επιθεωρητή:		Υπογραφή:		
Α.Μ. Επιθεωρητή:				

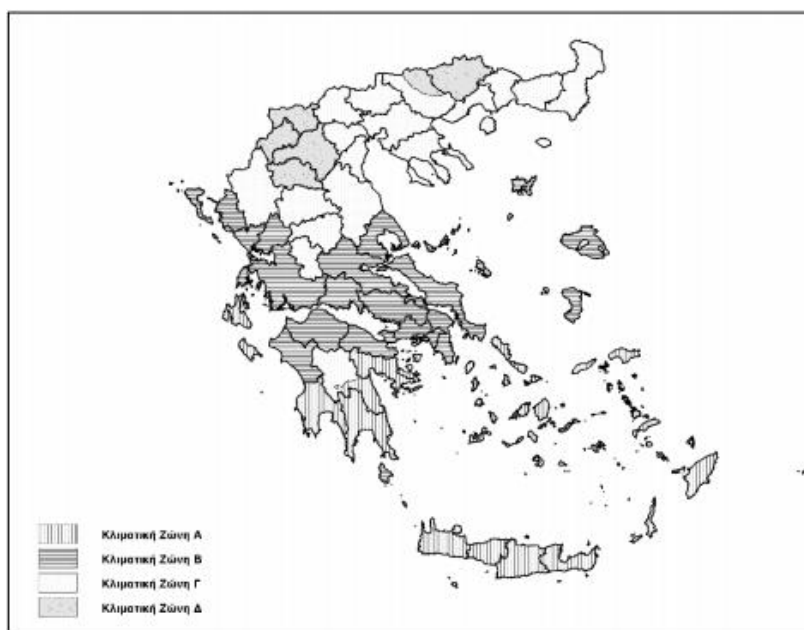
Εικόνα 1: Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης

1.3 Κλιματικές Ζώνες Στην Ελλάδα

Βασικό στοιχείο για την μελέτη ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει. Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης, όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 2 και την Εικόνα 2. Για κάθε νομό, τα κτίρια σε περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων εξετάζονται βάσει των προδιαγραφών της επόμενης ψυχρότερης κλιματικής ζώνης από εκείνη στην οποία ανήκουν [2].

Πίνακας 2: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς

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



Εικόνα 2: Απεικόνιση των κλιματικών ζωνών στον χάρτη της Ελλάδος

1.4 Κατηγορίες Κτιρίων

Στον κτιριοδομικό κανονισμό καθορίζονται οι βασικές κατηγορίες των κτηρίων και οι επί μέρους χρήσεις τους, ώστε να οριστούν οι συνθήκες λειτουργίας τους ανάλογα με τη χρήση. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες και χρήσεις κτηρίων, στις οποίες εντάσσεται το υπό μελέτη ή επιθεώρηση κτήριο, προκειμένου να πιστοποιηθεί η ενεργειακή του απόδοση [2].

Πίνακας 3: Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της παρούσας τεχνικής οδηγίας

Βασικές κατηγορίες κτιρίων	Χρήσεις κτιρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα)
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικότροφείο 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

1.5 Θερμικές Ζώνες Κτιρίου

Για την ορθή εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες. Οι θερμικές ζώνες είναι ο χώρος των ομαδοποιημένων δωματίων που έχουν ίδια ή παρόμοια χρήση λειτουργίας με κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για τον διαχωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες θα πρέπει να γίνεται η όσο το δυνατόν μικρότερη επιλογή πλήθους ζωνών, προκειμένου να έχουμε λιγότερα δεδομένα εισόδου και μικρότερο υπολογιστικό χρόνο [2]. Επίσης, κατά την μελέτη ή επιθεώρηση οι θερμικές ζώνες να αναπαριστούν την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτιρίου και τα τμήματα του κτιρίου με μικρότερο από το 10% του συνολικού του όγκου να εντάσσονται σε άλλες θερμικές ζώνες οι οποίες να έχουν όσο το δυνατόν παρόμοιες χρήσεις. Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτήριο θα πρέπει να μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή να διαχωρίζεται κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον γίνει ο διαχωρισμός σε ένα κτήριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να κατασκευαστεί η μελέτη ενεργειακής απόδοσης με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Η επιλογή διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ και τον ΕΛΟΤ είναι απαραίτητη όταν:

- Η θερμοκρασία μεταξύ δύο χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 °C κατά την χειμερινή ή την θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης ή κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι με πολύ μεγάλες συναλλαγές ενέργειας, όπως οι χώροι με νότιο προσανατολισμό που έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι με το σύστημα μηχανικού αερισμού να καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψής του χώρου.

Επομένως, ο διαχωρισμός των θερμικών ζωνών αυτών επιλέγεται από τον μελετητή ή τον επιθεωρητή για δική του ευχέρεια βασιζόμενος επάνω στους εθνικούς κανονισμούς και τις σχετικές τεχνικές οδηγίες. Ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός δεν επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια της ενεργειακής μελέτης και της ενεργειακής επιθεώρησης. Επίσης, αν στο κτίριό μας δεν εμφανίζονται ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του, η βέλτιστη προσέγγιση είναι η επιλογή μίας θερμικής ζώνης.

Στην μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου καθορίζονται οι θερμαινόμενοι (θερμικές ζώνες) και μη θερμαινόμενοι (Μ.Θ.Χ) χώροι αλλά και οι ηλιακοί χώροι που γειτονεύουν με τους θερμαινόμενους χώρους. Οι μη θερμαινόμενοι και οι ηλιακοί χώροι του κτηρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι και δεν έχουν απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό. Κατά τους υπολογισμούς, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και ο φωτισμός των μη θερμαινόμενων και των ηλιακών και των χώρων θεωρούνται μηδενικά. Ωστόσο, συνεισφέρουν αρκετά στον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη των θερμαινόμενων χώρων (θερμικές ζώνες) και για το λόγο αυτό περιγράφονται και καθορίζονται με την ίδια ακρίβεια όπως και οι θερμικές ζώνες.

1.6 Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτηρίου. Η θερμική άνεση είναι μια σχετικά υποκειμενική κατάσταση, που επηρεάζεται από πληθώρα παραμέτρων και συνθηκών, όπως η θερμοκρασία (ξηρού βολβού) του αέρα, η μέση θερμοκρασία «ακτινοβολίας» των περιβαλλουσών επιφανειών ενός χώρου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών και τα υλικά τους, την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό, τη σχετική υγρασία του αέρα, τον ρουχισμό των χρηστών, τη δραστηριότητα των χρηστών και τη ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα. Προκειμένου να καθορίσουμε τις τυπικές συνθήκες σχεδιασμού συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, διατηρούνται, ανάλογα με τη χρήση κάθε κτηρίου, σχεδόν σταθερές οι παράμετροι ρουχισμού και δραστηριότητας των χρηστών, καθώς και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα. Έτσι, οι υπόλοιποι παράμετροι, που θα διαμορφώσουν τη θερμική άνεση σε ένα χώρο, είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα και η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών. Ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και υπό την προϋπόθεση ότι το κτίσμα τηρεί τα σύγχρονα ενεργά πρότυπα, η θερμοκρασία επιφανειών έχει τιμές συνήθως παραπλήσιες της θερμοκρασίας του αέρα. Μένει να ελεγχθούν οι παράμετροι της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα και να προσαρμοσθούν αντίστοιχα από το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού, για να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμική άνεση. Συνεπώς, για κάθε κατηγορία κτηρίου και για κάθε διαφορετική χρήση μέσα σε αυτό, ορίζονται οι συνθήκες σχεδιασμού, προκειμένου να υπάρχει θερμική άνεση χωρίς σπατάλη ενέργειας [2].

Οπότε, ο μελετητής ενός συστήματος, θα πρέπει, αξιολογώντας τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης, να προβεί σε προσαρμογές των απαιτούμενων συνθηκών σχεδιασμού, όταν οι υπόλοιπες παράμετροι επιρροής της θερμικής άνεσης αποκλίνουν σημαντικά από τις τιμές αναφοράς τους.

1.7 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία χώρων

Η εσωτερική θερμοκρασία είναι η σημαντικότερη παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι κατανοητό ότι, δεδομένης της υποκειμενικότητας του επιπέδου θερμικής άνεσης και των επιλογών του εκάστοτε χρήστη, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων μπορεί να ποικίλλει. Ωστόσο, για τις ανάγκες της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου 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. Με βάση τις απαιτούμενες τιμές στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007 ορίζονται και δίνονται στον Πίνακα 4 για όλες τις κατηγορίες των κτιρίων οι τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων για τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, που θα λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Επίσης, για το καλύτερο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτίρια, τοποθετείτε συστήματα κλιματισμού, στα οποία εκτός της θερμοκρασίας του αέρα, ελέγχεται και ρυθμίζεται και η σχετική υγρασία του [2]. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο έλεγχος των τιμών της σχετικής υγρασίας

είναι δυνατός μόνο σε λειτουργία ψύξης. Για κάθε κατηγορία και υποκατηγορία κλιματιζόμενων κτηρίων ή τμημάτων κτηρίων, οι τιμές σχετικής υγρασίας για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων καθορίζονται από τον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία (°C)		Σχετική υγρασία (%)	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26	40	45
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας, Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
Οικοτροφείο και κοιτώνας	20	26	40	45
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	20	26	40	45
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	20	26	35	50
Εστιατόριο	20	26	35	50
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	20	26	35	50
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	20	26	35	50
Θέατρο, κινηματογράφος, χώρος συναυλιών, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, τράπεζα	20	26	35	50
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	20	23	35	50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	18	25	35	45
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	18	26	35	50
Λουτρό (κοινόχρηστο)	22	26	40	50
Νηπιαγωγείο	20	26	35	45
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευσης, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο, ωδείο	20	20	35	45
Νοσοκομείο, κλινική	22	26	35	50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	35	50
Χειρουργείο (τακτικό)	18	20	35	55
Εξωτερικά ιατρεία, Αίθουσες αναμονής	20	26	35	50
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	22	26	35	50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	22	26	40	45
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός, κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	26	40	45
Αστυνομική διεύθυνση	20	26	35	45
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	19	25	35	45

Κατάστημα, φαρμακείο, ινστιτούτο γυμναστικής, κουρείο, κομμωτήριο	20	26	35	45
Γραφείο	20	26	35	45
Βιβλιοθήκη	20	26	35	50

1.8 Απαιτούμενος Νωπός Αέρας Εσωτερικών Χώρων

Για την ύπαρξη των απαραίτητων συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτιρίου των επιμέρους δωματίων του απαιτείται η ανανέωση του εσωτερικού αέρα με εισαγωγή νωπού αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι απαιτήσεις του νωπού αέρα προσδιορίζονται ανάλογα με την χρήση του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης, το πλήθος των χρηστών και την ρύπανση του λόγω χρήσης.

Οι τρόποι υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα ποικίλουν σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 15251:2007. Για τον υπολογισμό του αερισμού σε μελέτες ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ο πιο εύχρηστος τρόπος είναι βάσει των ελάχιστων ποσοτήτων που απαιτούνται σύμφωνα με την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής για τους χρήστες και την ελάχιστη ανανέωση βάσει του όγκου και της χρήσης του κτιρίου.

Γενικά, οι απαιτήσεις νωπού αέρα ανά κατηγορία κτηρίου θα πρέπει να προσδιορίζονται έτσι, ώστε να καλύπτουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό ($m^3/h/άτομο$), ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού ($άτομα/m^2$) ανά χρήση κτηρίου, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Για τους υπολογισμούς του απαιτούμενου αέρα για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, οι βοηθητικοί χώροι κάθε θερμικής ζώνης, θα συνυπολογίζονται με την τιμή που αντιστοιχεί στους βοηθητικούς χώρους. Τονίζουμε ότι, στους υπολογισμούς για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου δεν λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις και η παροχή νωπού αέρα σε περιπτώσεις ειδικών εφαρμογών, όπως του τοπικού αερισμού μαγειρείων, αποθήκευσης ή συντήρησης τροφίμων, ειδικών ιατρικών εργαστηρίων κ.ά., οι οποίες δεν εξυπηρετούν την κάλυψη των αναγκών αερισμού των χρηστών των χώρων. Συνοψίζοντας, για τον αερισμό των χώρων ενός κτηρίου, σε όλες τις περιπτώσεις, ακόμη είναι απαραίτητη η χρήση των τυπικών τιμών αερισμού του Πίνακα 5 για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης, η αγνόηση των ιδιαίτερων απαιτήσεων αερισμού ειδικών εφαρμογών, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και η τεχνική περιγραφή των τεχνικών συστημάτων αερισμού, να τεκμηριώνεται με σαφήνεια και πληρότητα, για τις τιμές σχεδιασμού που έχει επιλεχθεί. Τέλος, οι τιμές αερισμού που επιλέχθηκαν θα πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων των κανονισμών, των σχετικών τεχνικών οδηγιών και των προτύπων που ισχύουν [2].

Πίνακας 5: Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m^2 επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας ($m^3 /h/άτομο$)	Νωπός αέρας ($m^3 /h/m^2$)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75

Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας, Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	15	20	3,00
Οικοτροφείο και κοιτώνας	10	15	1,50
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	8	15	1,20
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	25	25	6,25
Εσπιατόριο	70	25	17,5
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	80	25	20,00
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	45	45,00
Θέατρο, κινηματογράφος	100	25	25,00
Χώρος συναυλιών	100	30	30,00
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	50	20	10,00
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	25	27,50
Τράπεζα	20	30	6,00
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	75	45	33,75
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	--	--	2,60
Λουτρό (κοινόχρηστο)	--	--	6,00
Νηπιαγωγείο	50	22	11,00
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	50	22	11,00
Φροντιστήριο, ωδείο	55	22	12,10
Νοσοκομείο, κλινική	30	35	10,50
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	22	25	5,50
Χειρουργείο (τακτικό)	20	150	30,00
Εξωτερικά ιατρεία	10	50	5,00
Αίθουσες αναμονής	55	45	24,75
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	15	50	7,50
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	15	25	3,75
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	25	45	11,25

Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	20	22	4,40
Αστυνομική διεύθυνση	10	30	3,00
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	30	22	6,60
Κατάστημα, φαρμακείο,	14	22	3,08
Ινστιτούτο γυμναστικής,	15	45	6,75
Κουρείο, κομμωτήριο	15	30	4,50
Γραφείο	10	30	3,00
Βιβλιοθήκη	22	30	6,60

1.9 Απαιτήσεις και στάθμες φωτισμού

Σε κάθε δωμάτιο του κτιρίου θα πρέπει να παρέχεται ο απαιτούμενος φωτισμός για την εξασφάλιση της οπτικής άνεσης του χρήστη, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, ώστε να επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την άσκηση προβλεπόμενης δραστηριότητά τους, χωρίς φαινόμενα που να οδηγούν στην οπτική δυσφορία και κόπωση. Για τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια του τριτογενούς τομέα, ως ελάχιστη φωτεινή απόδοση ($\ell m/W$) των συστημάτων γενικού φωτισμού τα 60 ($\ell m/W$) ενώ για τα αντίστοιχα κτήρια αναφοράς τα 55 ($\ell m/W$).

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1 - 2011 αναφέρονται λεπτομερώς τα επίπεδα φωτισμού ανά χρήση χώρου, καθώς και πληροφορίες που σχετίζονται με τον σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού και τη χρήση επιφανειών εκτέλεσης εργασίας. Οι προτεινόμενες τιμές στάθμης φωτισμού κα του επιπέδου αναφοράς του προτύπου αυτού, για την χρήση και λειτουργία κάθε χώρου, δίνονται στον Πίνακα 6. Οι τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού (W/m^2) κτιρίου αναφοράς τριτογενούς τομέα και των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, για τις οποίες η φωτεινή απόδοση καθορίστηκε στα 55 ($\ell m/W$) δίνονται στον Πίνακα 7. Οι τιμές αυτές της εγκατεστημένης ισχύς φωτιστικών του πίνακα είναι οι μέγιστες επιτρεπόμενες για την κάλυψη της μέσης ελάχιστης στάθμης (ℓx) γενικού φωτισμού [2].

Πίνακας 6: Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου
Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού (ℓx)	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης (m)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	0,8
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας, Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας, Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	0,8
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	250	0,8
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου	100	0,5
Εστιατόριο	200	0,8
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	0,8
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή, Θέατρο,		

κινηματογράφος, Χώρος συναυλιών	100	0,8
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	0,8
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων, Τράπεζα	500	0,8
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	0,5
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8
Νηπιαγωγείο, Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση	300	0,8
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, Φροντιστήριο, ωδείο	500	0,8
Νοσοκομείο, κλινική	300	0,8
Αίθουσα ασθενών (δωμάτιο)	100	0,8
Χειρουργείο (τακτικό)	1000	0,8
Εξωτερικών ιατρείων	500	0,8
Αίθουσες αναμονής	200	0,8
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	0,8
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	300	0,8
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός, Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	0,8
Αστυνομική διεύθυνση	500	0,8
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	300	0,8
Κατάστημα, φαρμακείο,	500	0,8
Ινστιτούτο γυμναστικής, Κουρείο, κομμωτήριο	400	0,8
Γραφείο, Βιβλιοθήκη	500	0,8

Πίνακας 7: Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης

Ζώνες τεχνητού φωτισμού / Στάθμη φωτισμού (ℓx)	Ισχύς για κτήριο αναφοράς (W/m^2)	Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (W/m^2)
1000	32	28,0
500	16	14,0
400	12,8	11,2
300	9,6	8,4
250	8,0	7,0
200	6,4	5,6
100	3,2	2,8

1.10 Προδιαγραφές κτιριακού κελύφους

Το πρώτο βήμα για την μείωση των απαιτούμενων φορτίων ψύξης και θέρμανσης είναι ο σωστός σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους. Ο μηχανικός έχει το χρέος να σχεδιάζει το κτίριο με σκοπό την βέλτιστη ενεργειακή λειτουργία του, αξιοποιώντας στο έπακρο τεχνικές θωράκισης του κελύφους για τον περιορισμό των ροών θερμότητας. Σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ., στο στάδιο του σχεδιασμού του κτιρίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως η σωστή χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου, η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου για την βελτίωση του μικροκλίματος, ο κατάλληλος σχεδιασμός και τοποθέτηση των ανοιγμάτων, η χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης και προστασία από τον ήλιο του κτιρίου. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ενσωμάτωση φυσικού αερισμού, η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, η χρήση του κτιρίου, το λειτουργικό του προφίλ, η διαμόρφωση των θερμικών ζωνών και η δυνατότητα εφαρμογής τεχνολογιών παθητικών συστημάτων δροσισμού και φυσικού σκιασμού.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. ορίζει επίσης και τις προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς, που με βάση αυτού αξιολογείται και συγκρίνεται η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Ο μηχανικός μπορεί πάντα να εφαρμόσει στο κτήριο τεχνολογίες και πρακτικές δόμησης με καλύτερες προδιαγραφές από τις ελάχιστες απαιτούμενες και από αυτές του κτηρίου αναφοράς, ώστε η τελική ενεργειακή κατάσταση του κτηρίου να καλύπτει τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Στα περισσότερα κτήρια, υπάρχει πάντα η δυνατότητα ενσωμάτωσης τεχνολογιών αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτηριακό κέλυφος και της διαμόρφωσης του μικροκλίματος με φύτευση του περιβάλλοντος χώρου.

Επιπλέον, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου και συγκεκριμένα για τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του, απαιτείται ο προσδιορισμός των παραμέτρων των δομικών στοιχείων του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό περιβάλλον, τους μη θερμαινόμενους χώρους και το έδαφος. Ο μηχανικός λαμβάνει υπόψη αρχικά τις παραμέτρους των δομικών στοιχείων και υλικών που έχουν καταγραφεί κατά την επιθεώρηση του κτηρίου ή είναι καθορισμένα στις τελικές αρχιτεκτονικές μελέτες του κτηρίου. Σε περίπτωση έλλειψης των απαιτούμενων δεδομένων γίνεται χρήση των πινάκων του Κ.Εν.Α.Κ που περιέχουν ενδεικτικές τιμές για κάθε παράμετρο [2].

2 ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Σε μία μελέτη για τον υπολογισμό του αερισμού του κτιρίου πρέπει να ληφθούν υπόψη ξεχωριστά ο αερισμός εισροών αέρα από χαραμάδες-κενά, ο φυσικός αερισμός και ο μηχανικός αερισμός, σε περίπτωση που υπάρχει, ώστε να διατηρηθούν οι συνθήκες διαβίωσης και άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου. Για τον υπολογισμό του αερισμού λόγω χαραμάδων και αεροστεγανότητας των κουφωμάτων γίνεται χρήση των τιμών αεροστεγανότητας, που απευθύνονται στον συνολικό χώρο, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη προσέγγιση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Οι άλλες δύο κατηγορίες αερισμού φυσικός και μηχανικός πραγματοποιούνται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, ώστε να επιτευχθούν οι αποδεκτές συνθήκες υγιεινής και άνεσης. Στην μεθοδολογία ορίζονται η ποσότητα νωπού αέρα που είναι απαραίτητη για την κάθε κατηγορία και τη χρήση του κτηρίου. Οι τιμές για τα δύο είδη αερισμού λαμβάνονται ξεχωριστά, δεδομένου ότι ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας έχει συνεχή λειτουργία, ενώ ο φυσικός και μηχανικός αερισμός για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών ποιότητας αέρα πραγματοποιείται μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου [2].

2.1 Αερισμός από χαραμάδες

Ένα κτίριο όσο αεροστεγανό να είναι το κέλυφος του πάντα θα υπάρχουν κάποια ποσά αέρα που εισέρχονται από χαραμάδες, κουφώματα, καμινάδες ή θυρίδες αερισμού και αρμούς ανάμεσα στα δομικά του στοιχεία. Για τον υπολογισμό αυτών των εισροών αέρα η διείσδυση αέρα από ατμούς των δομικών στοιχείων θεωρείται αμελητέα με τιμή ίση με το μηδέν.

Ο αερισμός μέσα από καμινάδες καύσης ή θυρίδες λαμβάνονται ανάλογα με πλήθος τους στο υπό μελέτη ή επιθεώρηση κτίριο. Στον Πίνακα 8 δίνονται οι τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα ανά θυρίδα αερισμού, που θα λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, τόσο στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο, όσο και στο κτήριο αναφοράς.

Πίνακας 8: Τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα από θυρίδα αερισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου

Είδος θυρίδας	Διείσδυση αέρα (m^3/h)
Καμινάδα τζακιού, καπνοδόχος θερμάστρας ξύλου ή πετρελαίου ή άλλης εστίας καύσης	20
Θυρίδες αερισμού, π.χ. για χρήση συσκευών αερίου	10
Εξώθυρα με περιθώριο στο κάτω μέρος > 1,0 cm και σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον	10

Επίσης, οι εξώπορτες με περιθώριο στο κάτω μέρος >1,0 cm που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον επηρεάζουν την διείσδυση αέρα στη ζώνη οπότε κατά παραδοχή πρέπει να δηλώνονται και σαν θυρίδες αερισμού. Ο αερισμός από τις χαραμάδες στα

κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμάδων, την ποιότητα των κουφωμάτων και το πλήθος των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου. Η διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων καθορίζεται από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των όψεων ενός κτηρίου που επηρεάζεται γενικά από άλλους παράγοντες όπως η αναλογία εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα στο χώρο, η θέση του κτηρίου και των όψεων του και η ταχύτητα του αέρα που προσπίπτει στα τοιχώματα του [2].

Έτσι, για την πραγματοποίηση της ενεργειακής μελέτης ή επιθεώρησης ενός κτηρίου και για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του καταγράφονται όλοι οι τύποι των κουφωμάτων και η συνολική επιφάνεια που καλύπτει το κάθε ένα από αυτά. Επιλέγεται η κατάλληλη τιμή του συντελεστή διείσδυσης του αέρα με βάση τα ενεργειακά ελληνικά και ευρωπαϊκά πρότυπα, για κάθε κούφωμα και πολλαπλασιάζεται με τη αντίστοιχη επιφάνειά του για να προκύψει η συνολική διείσδυση αέρα από κάθε κούφωμα. Η συνολική διείσδυση αέρα για το κτήριο είναι το άθροισμα της διείσδυσης αέρα όλων των κουφωμάτων που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

2.2 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται κυρίως στις κατοικίες, ενώ στα κτίρια τριτογενούς τομέα λόγω των μεγάλων απαιτήσεων τους για νωπό αέρα χρησιμοποιούνται συστήματα μηχανικού αερισμού. Ο φυσικός αερισμός των χώρων εφαρμόζεται μέσω της χρήσης των εγκατεστημένων κουφωμάτων και καταγράφεται σε m^3/s . Όταν ένα κτίριο δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό, τότε για τον φυσικό αερισμό λαμβάνονται υπόψη τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο βάση των κανονισμών. Όταν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού σε ένα χώρο κατοικίας, τότε στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης, ο φυσικός αερισμός μειώνεται κατά το ποσό του νωπού αέρα που προσάγεται από το σύστημα μηχανικού αερισμού στο χώρο.

Με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ για τον αερισμό των κτιρίων θα πρέπει στο κτίριο αναφοράς των κατοικιών να χρησιμοποιείται φυσικός αερισμός σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις που καθορίζουν οι τεχνικές οδηγίες και στα κτίρια αναφοράς τριτογενούς τομέα να χρησιμοποιούνται συστήματα μηχανικού αερισμού [2].

Για τον υπολογισμό του συντελεστή χρήσης φυσικού αερισμού, ο οποίος υποδηλώνει το μέσο ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός, χρησιμοποιείτε η ποσότητα του απαιτούμενου νωπού αέρα που δίνεται από τους κανονισμούς και η διάρκεια λειτουργίας του κτηρίου. Για τα κτήρια κατοικίας η διάρκεια λειτουργίας είναι κατά σύμβαση ίση με 18 ώρες και στο χρόνο αυτό γίνεται ισοκατανομή του απαιτούμενου νωπού αέρα, προκειμένου να εκτιμηθεί ο ρυθμός παροχής φυσικού αερισμού σε m^3/s .

2.3 Μηχανικός αερισμός

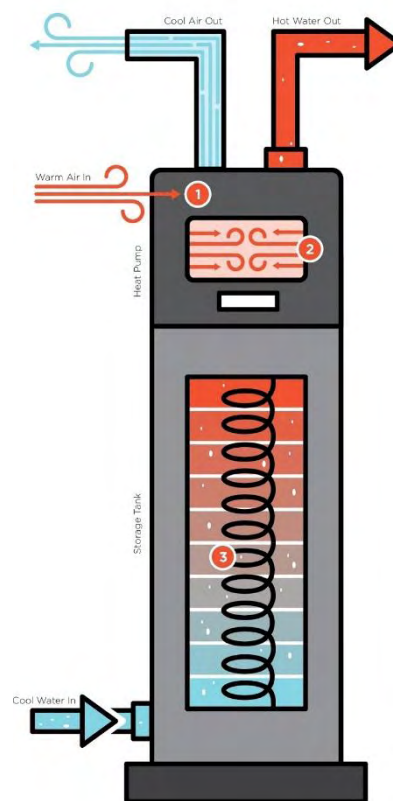
Ο μηχανικός αερισμός είναι ένα σύστημα αερισμού που εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια τριτογενούς τομέα και κτίρια με αυξημένο πλήθος χρηστών. Ένα τέτοιο σύστημα αερισμού θα πρέπει να συμφωνεί με τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς και τις κοινές ευρωπαϊκές απαιτήσεις σχεδιασμού. Πιο συγκεκριμένα, από το 2018 είναι υποχρεωτική η ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 68% ή 73% ανάλογα με τον τύπο του εναλλάκτη. Επιπλέον είναι απαραίτητο να διαθέτει συστήματα παράκαμψης της παροχής του αέρα, συστήματα μετάδοσης κίνησης πολλαπλών ταχυτήτων ή μεταβλητής ταχύτητας και σύστημα ελέγχου και προειδοποίησης για την αλλαγή φίλτρων.

Στους υπολογισμούς για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου πρέπει να καθορίζονται από το σύστημα μηχανικού αερισμού η παροχή του νωπού αέρα (m^3/h), η απαγωγή αέρα από κάθε θερμική ζώνη (m^3/h), η ειδική ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα προσαγωγής και απαγωγής ($W/m^3/s$) και ο βαθμός απόδοσης του συστήματος ανάκτησης θερμότητας (%). Για την θερμοκρασία προσαγωγής του αέρα θεωρούμε ότι είναι ίση με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος και η θερμοκρασία του αέρα που εξέρχεται στο περιβάλλον ότι είναι ίση με την θερμοκρασία της θερμικής ζώνης. Τέλος, για το κτίριο αναφοράς λαμβάνεται υπόψη ότι η προσαγωγή είναι ίση με τις ελάχιστες απαιτήσεις αερισμού ανά χρήση κτηρίου ή θερμικής ζώνης [2].

3 ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ

3.1 Αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν τη θερμότητα από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας σε μία πηγή υψηλότερης. Αυτό είναι το αντίθετο από τη φυσική ροή της θερμότητας. Ένα ψυκτικό υγρό τρέχει μέσω της πηγής χαμηλότερης θερμοκρασίας. Το ρευστό «απορροφά» τη θερμότητα και βράζει, σε θερμοκρασίες ακόμα και κάτω από 0°C (αν και ο συντελεστής της απόδοσης (CoP) μειώνεται σε μικρότερες θερμοκρασίες). Το προκύπτον αέριο έπειτα συμπιέζεται, κάτι το οποίο αυξάνει ακόμα τη θερμοκρασία του. Το αέριο περνά από εναλλάκτες θερμότητας, όπου συμπυκνώνεται, απελευθερώνοντας θερμότητα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Αυτό είναι η ίδια διαδικασία που χρησιμοποιείται για να εξαγάγει τη θερμότητα ένα ψυγείο. Στην *Εικόνα 3* παρουσιάζεται ένα παράδειγμα λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας η οποία εισέρχεται θερμός αέρας από το περιβάλλον (1), γίνεται η συμπύεση του θερμού αέρα για αύξηση της θερμοκρασίας του (2) και τέλος μεταφέρεται η θερμότητα στο νερό (3).



Εικόνα 3: Αντλία θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε οικιακά είτε εμπορικά για να παρέχουν ζεστό νερό, θέρμανση (είτε με την παροχή ζεστού νερού για θέρμανση κάτω από το πάτωμα είτε για θερμαντικά σώματα, είτε την παροχή του ζεστού αέρα) ή για άλλες εφαρμογές όπως τη θέρμανση πισίνας.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι αντλίες θερμότητας είναι συνηθέστερα αντλίες θερμότητας πηγής αέρα ή πηγής εδάφους. Εντούτοις, η θερμοκρασία από τις πηγές εδάφους στο ΗΒ τείνουν να είναι αρκετά σταθερές για το μεγαλύτερο μέρος του έτους, μεταξύ 8 και 12°C, έτσι οι αντλίες πηγής νερού είναι αποδοτικότερες.

- Οι αντλίες πηγής αέρα απορροφούν τη θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα. Τα συστήματα που παρέχουν ζεστό νερό για άμεση χρήση ή για τροφοδότηση θερμαντικών σωμάτων ή συστήματος θέρμανσης κάτω από το πάτωμα. Τα αέρος-αέρος συστήματα παρέχουν το ζεστό αέρα, είτε άμεσα σε ένα εσωτερικό χώρο, είτε για να διανεμηθούν από τους ανεμιστήρες σε όλο το κτίριο.
- Τα γεωθερμικά συστήματα χρησιμοποιούν πλαστικές σωλήνες χωμένες στο έδαφος είτε σε μια γεώτρηση είτε σε μια οριζόντια τάφρο.
- Αντλίες πηγής νερού απορροφούν θερμότητα από μία τοπική υδάτινη πηγή, όπως μια λίμνη, ποταμός, πηγάδι, γεώτρηση και ούτω καθεξής. Μπορούν να είναι «ανοιχτών βρόγχων» ή «κλειστών βρόγχων» συστήματα.

Οι μονάδες ψύξης χρησιμοποιούν επίσης τις αντλίες θερμότητας, παραδείγματος χάριν εσωτερικού αέρα διαχειριζόμενες μονάδες, μονάδες fan coil, chilled beams και άλλα. Σε αυτήν την περίπτωση, το σύστημα είναι αντίστροφο, απορροφώντας θερμότητα από το εσωτερικό και απελευθέρωση του στο εξωτερικό.

Οι αντιστρέψιμες αντλίες θερμότητας μπορούν να λειτουργήσουν τόσο για θέρμανση όσο και ψύξη, χρησιμοποιώντας μια βαλβίδα αντιστροφής για να αλλάξουν την κατεύθυνση της ροής. Οι αντλίες θερμότητας συνήθως χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό για να λειτουργήσει ο συμπιεστής. Εντούτοις, στις αντλίες απορρόφησης θερμότητας, το ψυκτικό υγρό (συνήθως αμμωνία) απορροφάτε από το νερό, κατόπιν απελευθερώνονται πάλι με τη θέρμανση. Η πηγή θερμότητας λειτουργεί γενικά με αέριο (Gas Absorption Heat Pumps GAHP), αλλά άλλες πηγές θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όπως το ηλιακό πάνελ.

3.2 Κυκλοφορητές

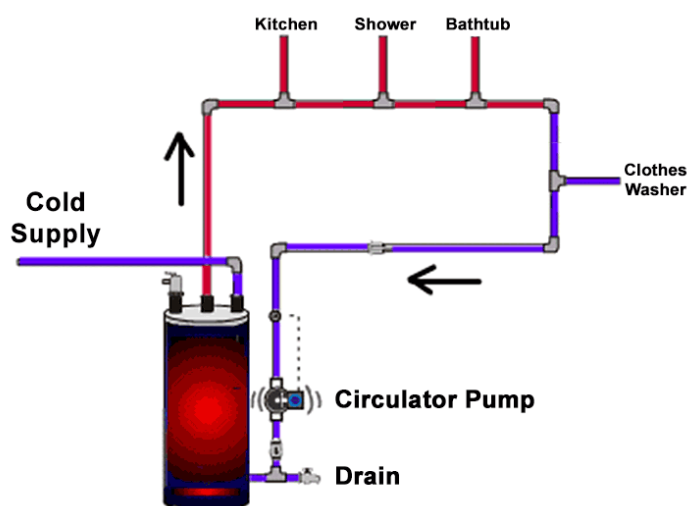
Οι κυκλοφορητές είναι ένας τύπος αντλίας και ο ρόλος τους αναλύεται κατωτέρω. Τα είδη των κυκλοφορητών είναι τα εξής:

- Μικρός κυκλοφορητής, όπως παρουσιάζεται στην *Εικόνα 4*, που χρησιμοποιείται κυρίως σε οικιακές εφαρμογές. Αυτό το προϊόν χωρίζεται περαιτέρω σε δύο τύπους:
 - Αυτόνομοι κυκλοφορητές που είναι χωριστοί από το λέβητα και εγκαθίστανται από τον υδραυλικό.
 - Κυκλοφορητές ενσωματωμένοι στους λέβητες που σχεδιάζονται για συγκεκριμένους λέβητες και εγκαθίστανται στο εργοστάσιο.



Εικόνα 4: Κυκλοφορητής οικιακής χρήσης

- Μεγάλος αυτόνομος κυκλοφορητής, που χρησιμοποιείται κυρίως στα εμπορικά και κατοικήσιμα κτίρια.



Εικόνα 5: Παράδειγμα λειτουργίας κυκλοφορητή

Οι κυκλοφορητές είναι ευθύγραμμες αντλίες που χρησιμοποιούνται κυρίως για να διανείμουν εκ νέου τη θέρμανση ή τα μέσα ψύξης μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα, όπως φαίνεται η λειτουργία του στην *Εικόνα 5*. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν:

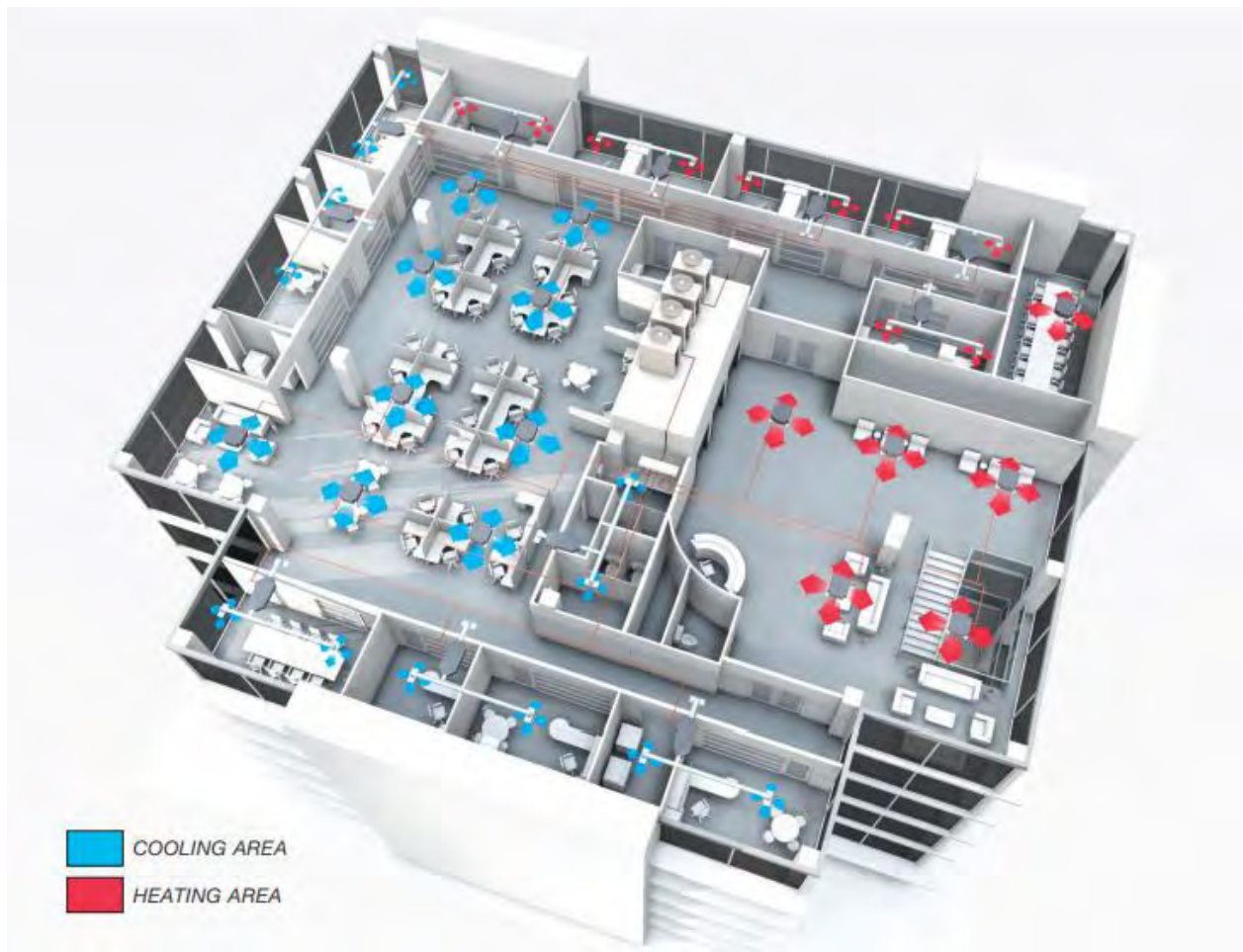
- Κυκλοφορητές θέρμανσης για οικογενειακά και μικρά εμπορικά κέντρα με σύστημα κεντρικής θέρμανσης συμπεριλαμβανομένου:
 - κεντρικά συστήματα θέρμανσης, οικιακά συστήματα ζεστού νερού, σύστημα θέρμανσης πατώματος ή τοίχου, ηλιακά συστήματα θέρμανσης, συστήματα αντλιών θερμότητας
- Θέρμανση με κυκλοφορητές σε μεγάλα εμπορικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης ή κοινοτικά συστήματα θέρμανσης.
 - Οι κυκλοφορητές στις εφαρμογές κλιματισμού και ψύξης. Οι τύποι κυκλοφορητών που χρησιμοποιούνται στις ανωτέρω εφαρμογές κυμαίνονται από τους μικρούς ηλεκτρονικά ελεγχόμενους χωρίς αδένες κυκλοφορητές που

ελέγχονται με μια ηλεκτρική εισαγωγή περίπου 5 W, στους μεγάλους κυκλοφορητές με αδένες και με εξωτερικές τριφασικές μηχανές επαγωγής φάσης μέχρι 37kW.

3.3 Σύστημα μεταβλητής παροχής ψυκτικού (VRF)

Το σύστημα μεταβλητής παροχής ψυκτικού (Variable Refrigerant Flow) [3] είναι μία κλιματιστικές μονάδας που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες εσωτερικές μονάδες που τοποθετούνται στις θερμικές ζώνες και την εξωτερική μονάδα. Είναι ιδανικά συστήματα για εγκαταστάσεις με μεγάλες απαιτήσεις και εξυπηρετούν τόσο την θέρμανση όσο και την ψύξη του εσωτερικού χώρου.

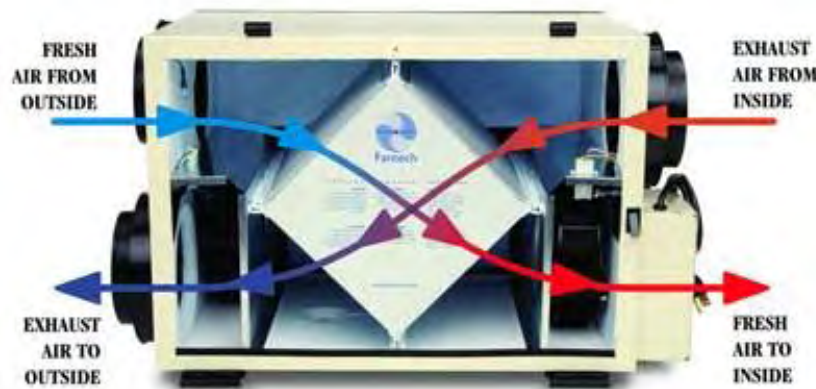
Το σύστημα αυτό προσαρμόζει συνέχεια την ποσότητα του ψυκτικού μέσα στο σύστημα του, για να ανταποκρίνεται με ακρίβεια στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης του χώρου, ώστε να υπάρχει η καλύτερη θερμική άνεση και ενεργειακή απόδοση. Οι αρχές λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος είναι η χρήση μόνο ψυκτικού που διαρρέει όλο το σύστημα, χρήση συμπιεστών full inverter που επιτρέπουν τη μείωση της κατανάλωσης ακόμα και σε περιπτώσεις χαμηλής ζήτησης φορτίου, χρήση εσωτερικών μονάδων στον ίδιο ψυκτικό βρόγχο και δυνατότητα επέκτασης του συστήματος. Επίσης, ένα VRF σύστημα εξασφαλίζει την πλήρη αυτονομία κάθε χώρου και δωματίου όπως φαίνεται και στην *Εικόνα 6*.



Εικόνα 6: Σύστημα VRF

3.4 Ανάκτηση θερμότητας

Η ανάκτηση θερμότητας είναι η διαδικασία με την οποία αξιοποιείται η θερμότητα που απορρίπτεται στο περιβάλλον από κάποια μονάδα παραγωγής θερμότητας, ώστε να εισερχόμενος αέρας να έχει συνθήκες που να είναι πιο κοντά στην εσωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται εισάγοντας εναλλάκτες θερμότητας στο ήδη υπάρχων σύστημα. Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι η συσκευή η οποία φαίνεται στην *Εικόνα 7*, που χρησιμοποιείται για την μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών διαφορετικής θερμοκρασίας [4].

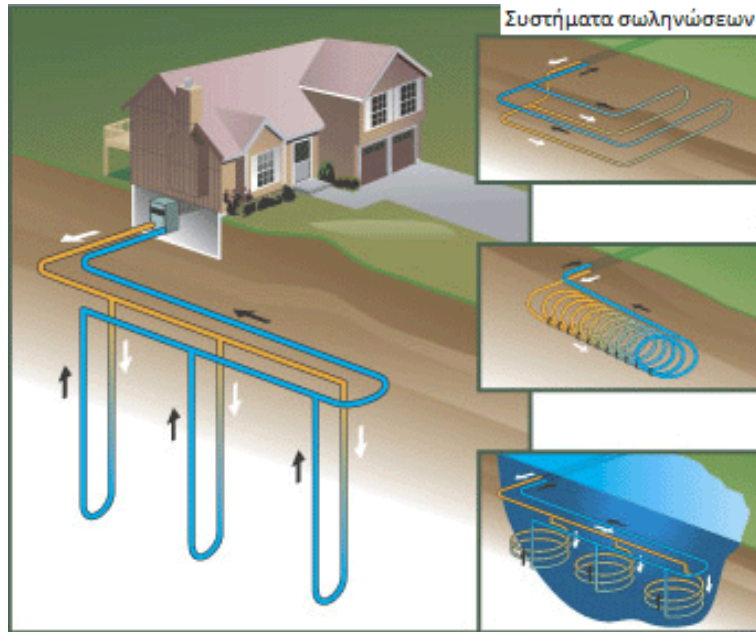


Εικόνα 7: Εναλλάκτης θερμότητας

Πιο συγκεκριμένα, σκοπός του συστήματος αυτού είναι η αξιοποίηση της θερμότητας που απορρίπτεται στο εξωτερικό περιβάλλον από το συμπυκνωτή κατά την περίοδο λειτουργίας του συστήματος της ψύξης ή θέρμανσης. Η αποβαλλόμενη αυτή θερμότητα με την χρήση της ανάκτησης θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, για τον έλεγχο της υγρασίας, στο σύστημα κλιματισμού των θερμικών ζωνών και στις μονάδες προκλιματισμού. Τέλος, σχεδόν το 70% των απωλειών θερμότητας από τον κλιματισμό του χώρου μπορεί να ανακτηθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους ανάκτησης θερμότητας για την εκάστοτε περίπτωση [5,6].

3.5 Γεωθερμική αντλία θερμότητας

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας [7] όπως αναφέραμε και προηγούμενος πρόκειται για μία αντλία θερμότητας που αξιοποιεί την θερμοκρασία του υπεδάφους, σε βάθος 5 έως 100 μέτρα. Αυτό γίνεται γιατί η θερμοκρασία του υπεδάφους είναι σχεδόν σταθερή για όλο το έτος και εξαρτάται από το υπέδαφος κάθε περιοχής. Η χρήση της γεωθερμικής αντλίας γίνεται για την θέρμανση, την ψύξη και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου στο οποίο είναι εγκατεστημένη. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τον γεωεναλλάκτη με πηγή θερμότητας είτε κλειστού βρόγχου με κατακόρυφους ή οριζόντιους βρόγχους στο υπέδαφος είτε ανοικτού βρόγχου με νερό στο υπέδαφος, την αντλία θερμότητας και το σύστημα διανομής του νερού όπως παρατηρούμε και στην *Εικόνα 8*. Ο γεωεναλλάκτης κλειστού τύπου αποτελείται από σωλήνες πολυαιθυλενίου και επιτρέπει στην γεωθερμική ενέργεια του εδάφους να μεταφερθεί προς και από την αντλία θερμότητας μέσω ενός διαλύματος νερού-γλυκόλης που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες [8,9].



Εικόνα 8: Σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

4 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

4.1 Θερμοδυναμική και Κύκλοι Ψύξης

Η Θερμοδυναμική μελετά την μετατροπή της ενέργειας από μηχανική ενέργεια -έργο- σε θερμότητα και αντίστροφα, μέσα από τη μελέτη των θερμικών διεργασιών, που είναι η μετάβαση από μια κατάσταση ενός συστήματος σε μια άλλη. Ένα θερμοδυναμικό σύστημα είναι οποιοδήποτε σύνολο μακροσκοπικών αντικειμένων, συγκεκριμένου χώρου, το οποίο ανταλλάσσει ενέργεια ή ύλη αμοιβαία με το περιβάλλον ή με όποιο εξωτερικό μέσον περιβάλλει αυτό σύμφωνα με τους νόμους της θερμοδυναμικής. Οι πιο γνωστοί νόμοι είναι:

- **Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής** είναι μια διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας και δηλώνει ότι η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί ούτε να καταστραφεί, παρά μόνο να μετατραπεί από μια μορφή σε μία άλλη. Δηλαδή για ένα σύστημα έχουμε:
[Ενέργεια εισαγωγής] - [Ενέργεια εξαγωγής] = [Αύξηση της αποθηκευμένης ενέργειας στο σύστημα]
- **Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής** ο οποίος διατυπώνει την αδυναμία κατασκευής συσκευής που να λειτουργεί σε κύκλο με σκοπό την αφαίρεση θερμότητας από ένα σώμα σε μια θερμοκρασία και την απορρόφηση ίσης ποσότητας θερμότητας από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας. Σε ένα ανοικτό σύστημα ο νόμος περιγράφεται από την εξίσωση:

$$dS_{system} = \frac{\delta Q}{T} + \delta m_i s_i - \delta m_e s_e + dI$$

dS_{system} : ολική μεταβολή του συστήματος σε χρόνο dt κατά την διάρκεια της διαδικασίας

$\delta m_i s_i$: αύξηση της εντροπίας που προκαλείται από την είσοδο μάζας (εισερχόμενη)

$\delta m_e s_e$: μείωση της εντροπίας που προκαλείται από την αποχώρηση μάζας (εξερχόμενη)

$\frac{\delta Q}{T}$: μεταβολή της εντροπίας που προκαλείται από αναστρέψιμη μεταφορά θερμότητας μεταξύ το σύστημα και τα περιβάλλοντα σε θερμοκρασία T

dI : η εντροπία που προκαλείται από μη αντιστρεψιμότητα (πάντα θετική)

4.2 Θερμοδυναμική Ανάλυση των Κύκλων Ψύξης

Οι κύκλοι ψύξης μεταφέρουν τη θερμική ενέργεια από μια περιοχή χαμηλής θερμοκρασίας T_R σε μια από τις υψηλότερες θερμοκρασίες. Συνήθως η υψηλότερη θερμοκρασία ψύξης είναι ο αέρας περιβάλλοντος ή το νερό, σε θερμοκρασία T_0 του περιβάλλοντα χώρου. Ο πρώτος και ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής μπορούν να εφαρμοστούν σε μεμονωμένα εξαρτήματα για να προσδιοριστούν οι ισορροπίες μάζας και ενέργειας και η μη αναστρεψιμότητα των συνιστωσών. Η απόδοση ενός κύκλου ψύξης περιγράφεται συνήθως με έναν συντελεστή απόδοσης (COP), ο οποίος ορίζεται ως το όφελος του κύκλου (ποσότητα θερμότητας που αφαιρείται) διαιρούμενο με την απαιτούμενη ενέργεια εισόδου για την λειτουργία του κύκλου:

$$COP = \frac{\text{Χρήσιμο Ψυκτικό Αποτέλεσμα}}{\text{Καθαρή Ενέργεια που Παρέχεται από Εξωτερικές Πηγές}}$$

Για ένα μηχανικό σύστημα συμπίεσης ατμών, η καθαρή ενέργεια που παρέχεται είναι συνήθως υπό μορφή έργου μηχανικό ή ηλεκτρικό και μπορεί να περιλαμβάνει και έργο στον συμπιεστή και στους ανεμιστήρες ή στις αντλίες. Ορίζεται με τον τύπο:

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W_{net}} \quad (1)$$

Σε έναν κύκλο ψύξης απορρόφησης, η καθαρή ενέργεια που παρέχεται συνήθως έχει την μορφή θερμότητας στη γεννήτρια και λειτουργεί στις αντλίες και τους ανεμιστήρες εκφράζεται και με τον τύπο:

$$COP = \frac{Q_{evap}}{Q_{gen} + W_{net}}$$

Σε πολλές περιπτώσεις, το έργο που παρέχεται σε ένα σύστημα απορρόφησης είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με την ποσότητα θερμότητας που παρέχεται από την γεννήτρια, οπότε ο όρος του έργου παραμελείται συχνά από τον τύπο. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή του Δεύτερου Νόμου της Θερμοδυναμικής σε έναν ολόκληρο κύκλο ψύξης δείχνει ότι ένας πλήρως αναστρέψιμος κύκλος που λειτουργεί κάτω από τις ίδιες συνθήκες έχει τον μέγιστο συντελεστή COP. Η αναχώρηση του πραγματικού κύκλου από έναν ιδανικό αναστρέψιμο κύκλο δίνεται από την απόδοση της ψύξης:

$$n_R = \frac{COP}{(COP)_{rev}}$$

Στον Πίνακα 9 εμφανίζονται οι συντελεστές απόδοσης βάση των ελληνικών και ευρωπαϊκών ενεργειακών προτύπων.

Πίνακας 9: Συντελεστής CoP και EER

Τύπος Ψύκτη-Αντλίας Θερμότητας	Συντελεστής απόδοσης ψύξης- EER	Συντελεστής απόδοσης θέρμανσης-CoP
Αερόψυκτη ηλεκτρική αντλία αέρα-νερού	2.8 - 3.2	2.8 - 3.2
Αερόψυκτη αντλία άμεσου εκτονώσεως-split type	3.00 - 3.80	3.30 – 4.00

Αερόψυκτη αντλία αμέσου εκτονώσεως τύπου VRF-VRV	3.10 – 4.30	3.7 – 4.55
Γεωθερμική αντλία	4.00 – 5.00	4.30 – 5.50
Γεωθερμική αντλία τύπου VRV	4.10 – 4.90	5.10 – 5.80

4.3 Κύκλοι Carnot

Ο κύκλος Carnot, ο οποίος είναι εντελώς αναστρέψιμος, είναι ένα τέλειο μοντέλο για έναν κύκλο ψύξης που λειτουργεί μεταξύ δύο σταθερών θερμοκρασιών ή μεταξύ δύο σταθερών θερμοκρασιών ή μεταξύ δύο υγρών σε διαφορετικές θερμοκρασίες με το καθένα να έχει άπειρη θερμοχωρητικότητα. Οι αναστρέψιμοι κύκλοι έχουν δύο σημαντικές ιδιότητες:

1. Κανένας κύκλος ψύξης δεν μπορεί να έχει συντελεστή απόδοσης υψηλότερο από αυτόν των δύο ορίων ανάμεσα τα οποία γίνεται ένας αναστρέψιμος κύκλος
2. Όλοι οι αντιστρέψιμοι κύκλοι, όταν λειτουργούν μεταξύ των ίδιων ορίων θερμοκρασιών, έχουν τον ίδιο συντελεστή απόδοσης.

Η απόδειξη και των δύο παραπάνω ιδιοτήτων μπορεί να βρεθεί σχεδόν σε όλα τα εγχειρίδια για την εισαγωγή στην θερμοδυναμική της μηχανικής. Στην *Εικόνα 9*, παρουσιάζεται ένας κύκλος Carnot σε σχέση με την εντροπία και την θερμοκρασία. Η θερμότητα αποβάλλεται με σταθερή θερμοκρασία T_R από την περιοχή που πρόκειται να ψυχθεί. Η θερμότητα απορρίπτεται με σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος T_0 . ο κύκλος ολοκληρώνεται ιστροπική επέκταση και μια ιστροπική συμπίεση. Οι μεταφορές ενέργειας δίνονται από:

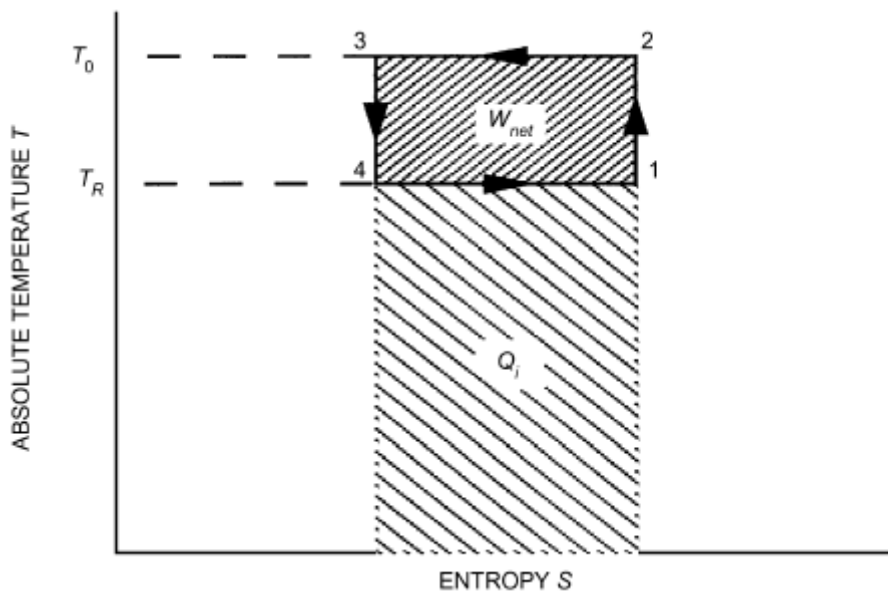
$$Q_0 = T_0(S_2 - S_3)$$

$$Q_i = T_R(S_1 - S_4) = T_R(S_2 - S_3)$$

$$W_{net} = Q_0 - Q_i$$

Άρα, από την (1),

$$COP = \frac{T_R}{T_0 - T_R}$$



Εικόνα 9: Κύκλος Carnot

Ο κύκλος Carnot στην *Εικόνα 10* δείχνει μια διαδικασία στην οποία προστίθεται θερμότητα και απορρίπτεται σε σταθερή πίεση στην περιοχή δύο φάσεων ενός ψυκτικού μέσου. Το κορεσμένο υγρό στην περιοχή 3 επεκτείνεται ισοτοπικά στη χαμηλή θερμοκρασία και την πίεση του κύκλου στην κατάσταση d. Η θερμότητα προστίθεται ισόθερμα και ισοβατικά με εξάτμιση του ψυκτικού υγρού-φάσης από την κατάσταση d στην κατάσταση 1. Ο κρύος κορεσμένος ατμός στην κατάσταση 1 είναι συμπιεσμένος ισοτροπικά στην υψηλή θερμοκρασία στον κύκλο στην κατάσταση b. ωστόσο, η πίεση στην κατάσταση b είναι κάτω από την πίεση κορεσμού που αντιστοιχεί στην υψηλή θερμοκρασία στον κύκλο. Η διαδικασία συμπίεσης ολοκληρώνεται με ισοθερμική διαδικασία συμπίεσης από την κατάσταση b στην κατάσταση c. ο κύκλος ολοκληρώνεται με ισοθερμική και ισοβαρική απόρριψη θερμότητας ή με συμπύκνωση από την κατάσταση c στην κατάσταση 3. Εφαρμόζοντας την εξίσωση ενέργειας για μια μάζα ψυκτικού m απόδοσης (όλο το έργο και η μεταφορά θερμότητας έχουν θετικές τιμές)

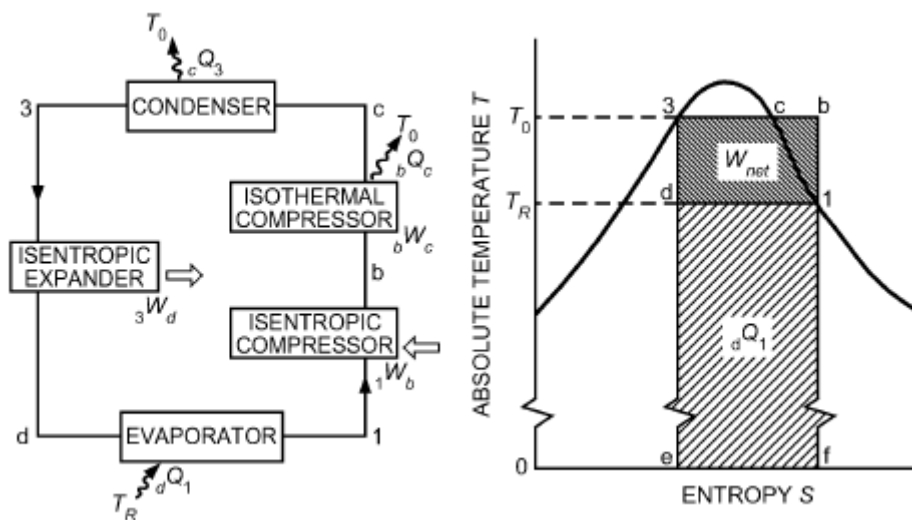
$$\begin{aligned} {}_3W_d &= m(h_3 - h_d) \\ {}_1W_b &= m(h_b - h_1) \\ {}_bW_c &= T_0(S_b - S_c) - m(h_b - h_c) \\ {}_dQ_1 &= m(h_1 - h_d) = \text{Area } def1d \end{aligned}$$

Το καθαρό έργο για τον κύκλο είναι:

$$W_{net} = {}_1W_b + {}_bW_c - {}_3W_d = \text{Area } d1bc3d$$

Και

$$COP = \frac{{}_dQ_1}{W_{net}} = \frac{T_R}{T_0 - T_R}$$



Εικόνα 10: Κύκλος συμπίεσης ατμών Carnot

5 AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS

Η American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ιδρύθηκε το 1894 σε μια συνάντηση μηχανικών στην Νέα Υόρκη. Μέχρι το 1954 ήταν γνωστή ως American Society of Heating and Ventilating Engineers (ASHVE). Την ίδια χρονιά άλλαξε το όνομα της σε American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (ASHAE). Η σημερινή της επωνυμία και οργάνωση προήλθε από την συγχώνευση της ASHAE και της American Society of Refrigerating Engineers (ASRE). Παρά το γεγονός ότι έχει το 'American' στην επωνυμία της, η ASHRAE είναι παγκόσμιος οργανισμός που διεξάγει διεθνείς εκδηλώσεις. Η ASHRAE είναι ένας οργανισμός που ασχολείται με την πρόοδο της τεχνολογίας ελέγχου εσωτερικών χώρων στον τομέα της θέρμανσης, του εξαερισμού και του κλιματισμού. Σήμερα ο οργανισμός έχει πάνω από 57.000 μέλη σε περισσότερες από 132 χώρες παγκοσμίως. Τα μέλη της απαρτίζονται από μηχανικούς υπηρεσιών κτιρίων, αρχιτέκτονες, ιδιοκτήτες κτιρίων, ηλεκτρολόγους μηχανικούς και άλλους που ασχολούνται με το σχεδιασμό και την κατασκευή συστημάτων HVAC&R σε κτίρια. Ο οργανισμός χρηματοδοτεί ερευνητικά προγράμματα, προσφέρει προγράμματα συνεχούς εκπαίδευσης και αναπτύσσει και δημοσιεύει τεχνικά πρότυπα για την βελτίωση των υπηρεσιών του κτιρίου, της ενεργειακής απόδοσης, της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και της βιώσιμης ανάπτυξης. Τα δύο πιο σημαντικά δημοσιεύματα της ASHRAE είναι το εγχειρίδιο και τα πρότυπα της. Το εγχειρίδιο της είναι μία πηγή τεσσάρων τόμων για την τεχνολογία HVAC&R. Οι τόμοι περιέχουν Θεμελιώδεις Αρχές, Εφαρμογές HVAC, Συστήματα και Εξοπλισμούς HVAC και Ψύξης. Τα πρότυπα και οι οδηγίες απευθύνονται στα συστήματα HVAC, τα οποία αναφέρονται σε οικοδομικούς κώδικες. Κάποια από τα σημαντικότερα πρότυπα είναι:

- **Standard 15:** Πρότυπο Ασφαλείας για Ψυκτικά Συστήματα
- **Standard 34:** Ονομασία και Ταξινόμηση της Ασφάλειας των Ψυκτικών Μέσων
- **Standard 55:** Θερμικές Περιβαλλοντικές Συνθήκες για Ανθρώπινη Κατοχή
- **Standard 62.1:** Εξαερισμός για Αποδεκτή Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα
- **Standard 62.2:** Εξαερισμός για Αποδεκτή Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα για Χαμηλού Ύψους Κατοικήσιμα Κτίρια
- **Standard 90.1:** Ενεργειακό Πρότυπο για Κτίρια εκτός από Χαμηλού Ύψους Κατοικήσιμα Κτίρια
- **Standard 90.2 :** Ενεργειακά Αποδοτικός Σχεδιασμός Χαμηλού Ύψους Κατοικήσιμων Κτιρίων
- **Standard 100 :** Ενεργειακή Απόδοση σε Υπάρχοντα Κτίρια
- **Standard 170 :** Εξαερισμός Εγκαταστάσεων Υγειονομικής Περίθαλψης
- **Standard 188 :** Διαχείριση Κινδύνων για Συστήματα Δομικών Υδάτων
- **Standard 189.1 :** Πρότυπο για το Σχεδιασμό Πράσινων Κτιρίων Υψηλής Απόδοσης

5.1 ASRHAE Standard 55

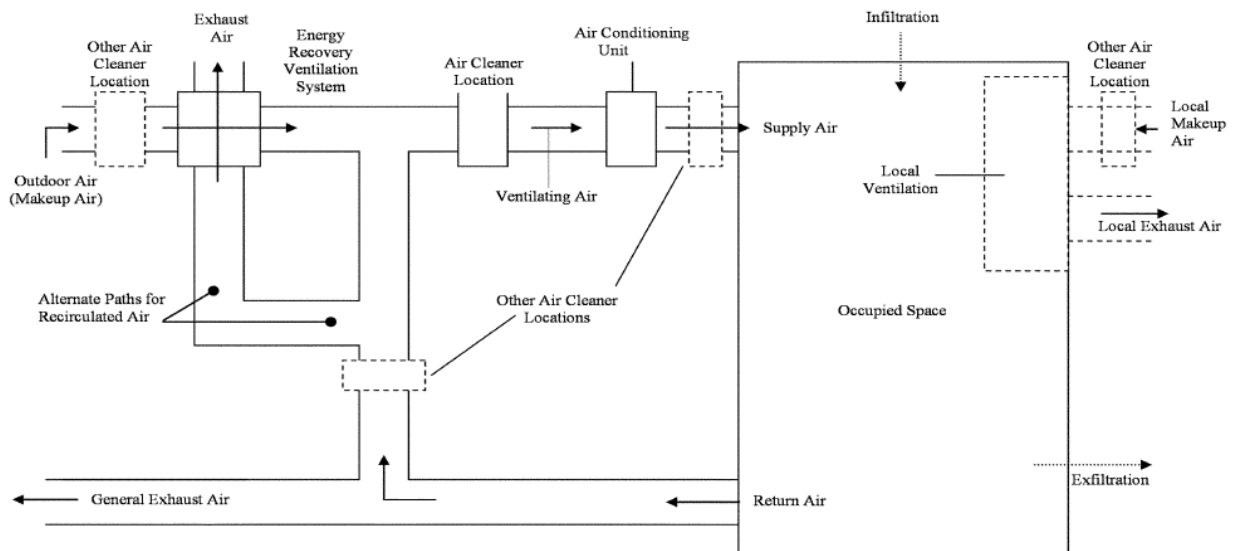
Το πρότυπο 55 εκδόθηκε για πρώτη φορά το 1966. Ο σκοπός του προτύπου αυτού είναι να προσδιορίσει τους συνδυασμούς των εσωτερικών θερμικών παραγόντων περιβάλλοντος και του ανθρώπινο παράγοντα που θα δημιουργούν θερμικές περιβαλλοντικές συνθήκες αποδεκτές από την πλειοψηφία των ανθρώπων που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο. Ασχολείται με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η θερμική ακτινοβολία, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα καθώς και ο ανθρώπινος παράγοντας που προσδιορίζεται από την δραστηριότητα και τον ρουχισμό του ατόμου. Καθορίζει τις θερμικές περιβαλλοντικές συνθήκες που είναι αποδεκτές για τους υγιείς ενήλικες σε ατμοσφαιρική πίεση ισοδύναμη με υψόμετρο μέχρι 3000 μέτρα. Σχεδιασμό εσωτερικών χώρων για ανθρώπινη αναμονή για περίοδο μεγαλύτερη των 15 λεπτών. Το πρότυπο αυτό δεν καλύπτει θερμικούς παράγοντες όπως η ποιότητα του αέρα, η ακουστική και ο φωτισμός ή άλλες σωματικές, χημικές και βιολογικές μολυσματικές ουσίες που μπορεί να επηρεάσουν την άνεση ή την υγεία. Προφανώς για την τήρηση των απαιτούμενων προδιαγραφών του προτύπου δεν πρέπει να παραβιαστούν οι απαιτήσεις ασφάλειας, υγιεινής και περιβάλλοντος [10].

5.2 ASHRAE Standard 62.1

Η πρώτη δημοσίευση έγινε το 1973 ως πρότυπο 62, έπειτα μετονομάστηκε σε πρότυπο 62.1 [11]. Το πρότυπο αυτό ενημερώνεται σε τακτική βάση από τις διαδικασίες συνεχούς συντήρησης της ASHRAE. Οι προσθήκες αναθεωρούνται δημοσίως, εγκρίνονται από την ASHRAE και την ANSI και δημοσιεύονται περίπου κάθε 18 μήνες ως συμπληρώματα του προτύπου. Η πλήρης συλλογή των προσθηκών του προτύπου ενσωματώνονται στην τρέχουσα έκδοση και δημοσιεύονται ως νέα έκδοση κάθε τρία χρόνια. Το πρότυπο 62.1 έχει υποστεί κάποιες βασικές αλλαγές με το πέρασμα του χρόνου, αντανακλώντας την συνεχή αυξανόμενη γνώση, εμπειρία και έρευνα σχετικά με τον αερισμό και την ποιότητα του αέρα. Περιλαμβάνει τρεις διαδικασίες για τον σχεδιασμό του κλιματισμού, την Διαδικασία για την Ποιότητα του Εσωτερικού Αέρα (Indoor Air Quality Procedure), την Διαδικασία Εξαερισμού (Ventilation Rate Procedure) και την Διαδικασία Φυσικού Εξαερισμού (Natural Ventilation Procedure) ο οποίος εμφανίζεται στην *Εικόνα 11*. Στόχος του προτύπου 62.1 είναι να προσδιορίσει τα ελάχιστα επίπεδα αερισμού και άλλων μέτρων που αποσκοπούν στην παροχή καλύτερης ποιότητας αέρα, ώστε να μειωθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων στο εσωτερικό του κτιρίου. Προορίζεται για νέα κτίρια, προσθήκες και αλλαγές σε υπάρχοντα κτίρια. Το πρότυπο αυτό ισχύει για όλους τους χώρους που προορίζονται για ανθρώπινη χρήση εκτός από μονοκατοικίες, κτίρια τριών πατωμάτων και κάτω, οχημάτων και αεροσκαφών. Καθορίζει τον σχεδιασμό του συστήματος καθαρισμού του αέρα, την εγκατάσταση, την λειτουργία και την συντήρηση του. Περιέχει πρόσθετες απαιτήσεις για εργαστήρια, βιομηχανίες, κέντρα υγείας και άλλους χώρους εργασίας, καθώς και για τις εργασίες που γίνονται στο εσωτερικό κάθε κτιρίου. Στο πρότυπο δεν προβλέπεται συγκεκριμένος ρυθμός αερισμού για χώρους καπνιζόντων ή χώρους που δεν τηρούν τον κανονισμό διαχωρισμού σε χώρο μη-καπνιζόντων και καπνιζόντων. Οι απαιτήσεις εξαερισμού βασίζονται σε χημικούς, φυσικούς και βιολογικούς μολυντές που επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα. Περιέχει επίσης, απαιτήσεις που σχετίζονται με τον εξωτερικό αέρα, την κατασκευή

της διαδικασίας για την ύγρανση του αέρα και την βιολογική ανάπτυξη. Η αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα μπορεί να μην επιτευχθεί σε όλα τα κτίρια που πληρούν τις απαιτήσεις του παρόντος προτύπου για ένα ή περισσότερους από του ακόλουθους λόγους:

1. Λόγω της ποικιλομορφίας των πηγών και των προσμίξεων στο εσωτερικό αέρα.
2. Εξαιτίας πολλών άλλων παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν το άτομο όπως η θερμοκρασία του αέρα, ο θόρυβος, ο φωτισμός και το ψυχολογικό στρες.
3. Εξαιτίας της ευαισθησίας του πληθυσμού.
4. Επειδή ο εξωτερικός αέρας που εισέρχεται στο κτίριο να μην μπορεί να καθαριστεί επαρκώς.



Εικόνα 11: Σύστημα αερισμού και εξαερισμού

5.3 ASRHAE Standard 90.1

Το πρότυπο 90 δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1975. Το 2001 μετά από μια σειρά αναθεωρημένων εκδόσεων του προτύπου 90, λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας, ονομάστηκε σε 90.1 το οποίο αναθεωρείται κάθε τρία χρόνια. Ο σκοπός αυτού είναι να καθιερώσει την ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής αποδοτικότητας στα κτίρια:

1. Στον σχεδιαστικό, κατασκευαστικό, λειτουργικό τομέα καθώς και για την συντήρηση του κτιρίου,
2. Όπως και η επιτόπια χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το πρότυπο παρέχει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας στο σχεδιαστικό και στον κατασκευαστικό τομέα του κτιρίου καθώς και ένα πλάνο για την λειτουργικότητα και συντήρηση για:

1. Καινούργια κτίρια με τα εγκατεστημένα συστήματα,
2. Καινούργιες επεκτάσεις κτιρίων και εξοπλισμού,
3. Καινούργια συστήματα και εξοπλισμό σε ήδη υπάρχον κτίρια και

4. Νέο εξοπλισμό ή κτιριακά συστήματα ειδικά για βιομηχανική ή εργοταξιακή χρήση.

Οι διατάξεις του προτύπου δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε μονοκατοικίες, σε οικίσματα με τρία πατώματα ή μικρότερα αυτών, σε τροχόσπιτα και ξύλινα οικίσματα καθώς και σε κτίρια που δεν έχουν ούτε ηλεκτρική παροχή ούτε ορυκτά καύσιμα. Στο παρόν πρότυπο αναφέρεται συγκεκριμένα, η εξαίρεση ορισμένων κτιρίων ή στοιχείων αυτών. Προφανώς για την τήρηση των απαιτούμενων προδιαγραφών του προτύπου δεν πρέπει να παραβιαστούν οι απαιτήσεις ασφάλειας, υγιεινής και περιβάλλοντος [12].

5.4 ASRHAЕ Standard 189.1

Το πρότυπο 189.1 δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 2009, από την συνεργασία της ASHRAE, της Illuminating Engineering Society (IES) και της U.S. Green Building Council (USGBC). Το 2015, η International Code Council (ICC) προστέθηκε ως χορηγός του προτύπου μαζί με τους παραπάνω οργανισμούς. Το παραπάνω πρότυπου παρέχει τις ελάχιστες προδιαγραφές για την τοποθέτηση, σχεδίαση, κατασκευή και σχεδίαση λειτουργιών στα πράσινα κτίρια υψηλών επιδόσεων με σκοπό:

1. Την μείωση ρύπων από τα κτίρια και τον εξοπλισμό τους, την βελτίωση της υγιεινής και της άνεσης των ατόμων, εξοικονόμηση των υδάτινων πόρων, προστασία της τοπικής βιοποικιλότητας και του οικοσυστήματος, προώθηση βιώσιμων και ανανεώσιμων υλικών, βελτίωση της ποιότητας του κτιρίου και της ανθεκτικότητας σε φυσικούς, τεχνολογικούς και ανθρωπογενείς κινδύνους.
2. Την υποστήριξη του αναπτυξιακού στόχου που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του σήμερα χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ανταποκρίνονται στις δικές τους ανάγκες.

Το πρότυπο αυτό παρέχει την τεχνική βάση των υποχρεωτικών οικοδομικών κωδικών και των κανονισμών για τα πράσινα κτίρια υψηλών επιδόσεων που είναι ευρέως αποδεκτά διεθνώς και τοπικά. Περιέχει προδιαγραφές που ισχύουν στα παρακάτω οικοδομικά έργα:

1. Καινούργια κτίρια και τα συστήματά τους,
2. Καινούργια τμήματα κτιρίων και τα συστήματά τους,
3. Καινούργια συστήματα και εξοπλισμό σε ήδη υπάρχοντα κτίρια,
4. Μετεγκατάσταση υφιστάμενου κτιρίου και προσωρινών δομών.

Επιπλέον απευθύνεται στην βιωσιμότητα του κτιρίου, την αποδοτικότερη χρήση του νερού, την ενεργειακή απόδοση, την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (Indoor Environmental Quality), τα υλικά και τους πόρους καθώς και την κατασκευή και τα σχέδια λειτουργίας. Οι διατάξεις του προτύπου αυτού δεν ισχύουν για μονοκατοικίες, οικίσματα με τρία πατώματα ή μικρότερα αυτών, τροχόσπιτα και ξύλινα οικίσματα καθώς και κτίρια που δεν έχουν ούτε ηλεκτρική παροχή ούτε ορυκτά καύσιμα. Προφανώς για την τήρηση των απαιτούμενων προδιαγραφών του προτύπου δεν πρέπει να παραβιαστούν οι απαιτήσεις ασφάλειας, υγιεινής και περιβάλλοντος [13].

6 ENERGY PLUS ΚΑΙ FINE GREEN

6.1 Energy plus

Το Energy+ βασίστηκε στα προγράμματα BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) και DOE-2. Τα δύο προγράμματα αυτά δημιουργήθηκαν και κυκλοφόρησαν στα τέλη του 1970 ως εργαλεία προσομοίωσης φορτίων και κατανάλωσης ενέργειας. Το 1996 δημιουργήθηκε το Energy+ ως ένα πρόγραμμα προσομοίωσης ενεργειακής ανάλυσης και θερμικών φορτίων. Με βάση της περιγραφής ενός κτιρίου, από την πλευρά της φυσικής κατασκευής του τα συσχετιζόμενα μηχανικά συστήματα του Energy+, υπολογίζουν τα απαραίτητα θερμικά και ψυκτικά φορτία για την διατήρηση του θερμικού σημείου ελέγχου, των συνθηκών στο δευτερεύον σύστημα HVAC καθώς και άλλες λεπτομέρειες που είναι απαραίτητες για την ακριβέστερη προσέγγιση των πραγματικών συνθηκών του κτιρίου. Κάποια από τα χαρακτηριστικά της πρώτης έκδοσης του Energy+ αναφέρονται παρακάτω:

- Ολοκληρωμένη και ταυτόχρονη λύση της απόκριση του κτιρίου με στενά συνδεδεμένα τα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα συστήματα.
- Υπολογισμό αποτελεσμάτων, με χρονικό βήμα που καθορίζει ο χρήστης, για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC.
- Υποστήριξη αρχείων εισόδου και εξόδου που περιλαμβάνουν τις ωριαίες μεταβολές των καιρικών και περιβαλλοντικών συνθηκών με την δυνατότητα τυποποίησης και προσδιορισμού από τον χρήστη.
- Τεχνικές λύσεις με βάση τη θερμική ισορροπία, για την κατασκευή θερμικών φορτίων που επιτρέπουν τον υπολογισμό των ακτινοβολιών και των μεταφερόμενων επιδράσεων, στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου ανά χρονικό βήμα.
- Μεταβατική αγωγιμότητα θερμότητας μέσω στοιχείων του κελύφους όπως τοίχοι, στέγες, δάπεδα και άλλα χρησιμοποιώντας συναρτήσεις μεταφοράς θερμότητας.
- Μοντέλα θερμικής άνεσης βασισμένα στην δραστηριότητα των ατόμων, του εσωτερικού ξηρού βολβού, την υγρασία και άλλα.
- HVAC συστήματα βρόχου που επιτρέπουν στον χρήστη την μοντελοποίηση των τυπικών συστημάτων.
- Υπολογισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προβλέπει τα επίπεδα CO_2 , SO_x , NO_x , CO .

6.2 FineGreen

Το FINEGREEN είναι ένα λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων, δηλαδή ένα GUI που βασίζεται στο Energy+. Το πρόγραμμα αυτό είναι συμβατό με αρχεία DWG και IFC. Επιπλέον, έχει βιβλιοθήκες με δεδομένα υλικών και δομικών στοιχείων που συμφωνούν με τα πρότυπα ASHRAE 90.1. Έτσι μπορεί κανείς να δημιουργήσει το προφίλ του κτιρίου του μέσα από τις καρτέλες activity data, schedules, lighting και HVAC systems. Εξαγωγή αποτελεσμάτων σύμφωνα με το πρότυπο ενεργειακής αξιολόγησης LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) το οποίο είναι το πιο διαδεδομένο πιστοποιητικό για πράσινα κτίρια. Εκτελεί φωτοτεχνικούς υπολογισμούς και εξάγει γραφήματα, τα οποία προσδιορίζουν την χρήση των φωτιστικών καθόλη την διάρκεια της ημέρας και του έτους. Επίσης σου παρέχεται η δυνατότητα εύκολης και γρήγορης τροποποίησης του μοντέλου για την διαμόρφωση σεναρίων, με στόχο τον βέλτιστο ενεργειακό σχεδιασμό. Τα κύρια χαρακτηριστικά της ενεργειακής προσομοίωσης του FINEGREEN είναι τα εξής:

- Λεπτομερή μοντελοποίηση του κτιρίου με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τις εσωτερικές συνθήκες, τα συστήματα HVAC και τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τους.
- Υπολογισμός θερμικών απωλειών και ψυκτικών φορτίων.
- Δυνατότητα ενσωμάτωσης σύγχρονων στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας με την χρήση HVAC, συστημάτων σκιάσεων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Ακριβής ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου, με βάση τις ωριαίες διακυμάνσεις των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών.
- Οργάνωση και εξαγωγή αποτελεσμάτων σε πίνακες και γραφήματα με στόχο την γρηγορότερη κατανόηση και επεξεργασία τους.

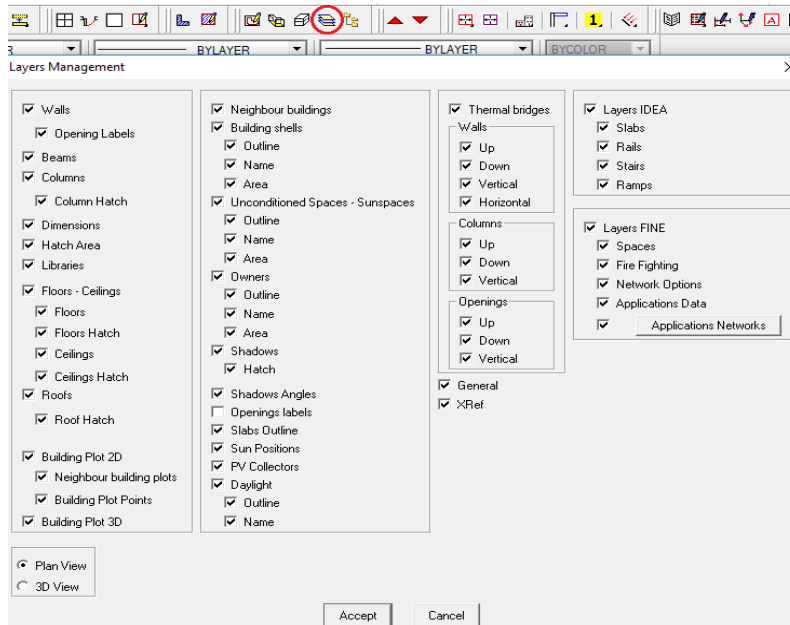
7 ΔΟΜΗΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

7.1 Δόμηση Κελύφους Κτιρίου

Αρχικά, ανοίγοντας το λογισμικό δημιουργούμε μια νέα μελέτη (**Create project**) και την αρχικοποιούμε. Μετέπειτα, ορίζουμε το όνομα της μελέτης μας και το πρόγραμμα δημιουργεί αυτόματα ένα αρχείο τύπου BLD (**όνομα_μελέτης.bld**) στο οποίο μέσα θα υπάρχει ο σχεδιασμός της εκάστοτε κτιριακής μελέτης που γίνεται σε αρχείο τύπου DWG (**όνομα_μελέτης.dwg**), το οποίο δημιουργείται από το ίδιο το λογισμικό κατά την έναρξη καινούργιας μελέτης. Μετά από αυτό το στάδιο, εισάγουμε τις αρχιτεκτονικές κατόψεις κάθε ορόφου του κτιρίου μας τις οποίες επεξεργαζόμαστε, ώστε να μείνουν μόνο τα δομικά στοιχεία του κτιρίου μας και τις αποθηκεύουμε σε διαφορετικό αρχείο DWG την κάθε μία μέσα στο BLD αρχείο.

Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία για όλους τους ορόφους επιλέγουμε από την γραμμή εργαλείων την καρτέλα **AutoBLD⇒Building Definition** εκεί μας ανοίγει μία καρτέλα στην οποία ορίζουμε τους ορόφους (**Level**) στην μελέτη μας καθώς και το ύψος του (**Elevation**). Έπειτα, δίνουμε όνομα στον κάθε όροφο και επιλέγουμε το αντίστοιχο αρχείο μορφής dwg ή ifc, που τροποποιήσαμε προηγουμένως. Κατά την ολοκλήρωση της εισαγωγής των κατόψεων θα πρέπει να οριστεί ένα κοινό σημείο, που να υπάρχει σε όλους τους ορόφους και μέσω της επιλογής αντιγραφής ενός block στο επόμενο επίπεδο να ελεγχθεί και να διορθωθεί η όποια αστοχία στο να είναι η κάθε κάτοψη ακριβώς πάνω από αυτήν του κατώτερου επιπέδου της.

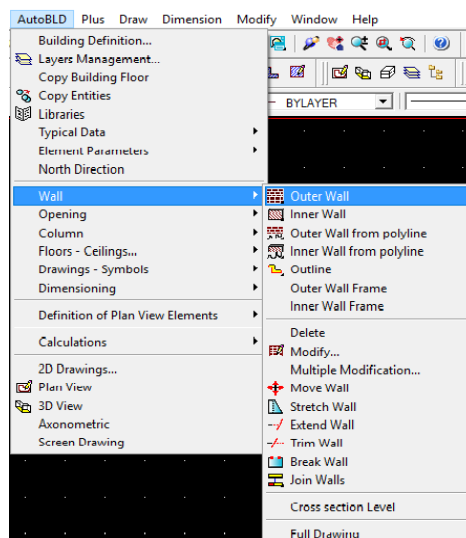
Μία σημαντική επιλογή του λογισμικού είναι η **Layers Management**, η οποία φαίνεται στην *Εικόνα 12* μέσα σε κύκλο κόκκινου χρώματος, που μας επιτρέπει να επιλέξουμε την εμφάνιση και απόκρυψη κάποιων στοιχείων στο σχέδιο μας καθώς και την προβολή κάτοψης (**Plan View**) και της 3D σχεδίασης (**3D View**).



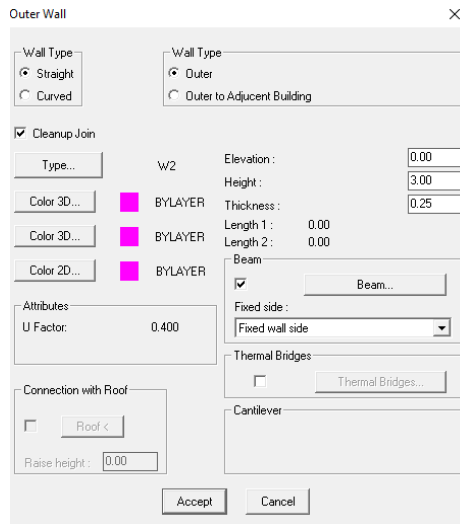
Εικόνα 12: καρτέλα Layers Management

Έπειτα από όλη αυτή την διαδικασία που ακολουθήσαμε, τα σχέδια μας είναι έτοιμη για να δομήσουμε επάνω τους το κέλυφος του κτιρίου. Ο σχεδιασμός του κελύφους είναι ένα από τα πιο βασικά μέρη της μελέτης μας, καθώς χωρίς την σωστή θωράκιση του δεν γίνεται να προχωρήσει η μελέτη μας στο επόμενο στάδιο.

Αρχικά, στην κάτοψη του κάθε ορόφου μας σχεδιάζουμε τους εξωτερικούς τοίχους επιλέγοντας **AutoBLD**⇒**Wall**⇒**Outer Wall**, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 13*. Έτσι, μας εμφανίζεται η καρτέλα με τα στοιχεία του τοίχου τον οποίο πρόκειται να σχεδιάσουμε η οποία περιλαμβάνει το πάχος, το ύψος, το συντελεστή θερμοπερατότητας U και τα δομικά του στοιχεία (**Type...**), όπως παρατηρούμε και στην *Εικόνα 14*. Πατώντας την επιλογή **Accept** είμαστε έτοιμοι να ορίσουμε την εξωτερική τοιχοποιία του κτιρίου μας.



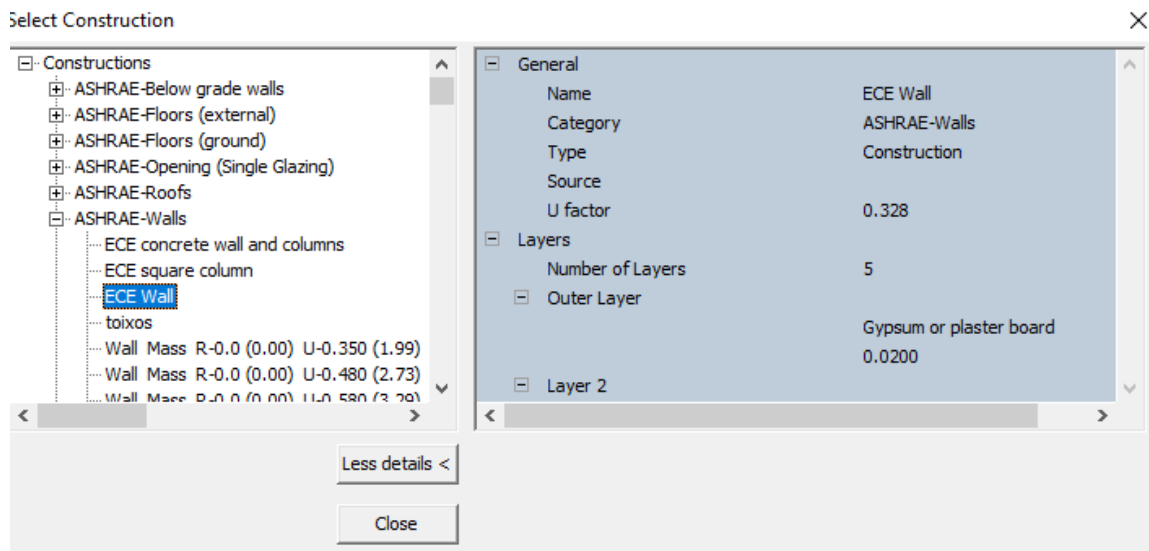
Εικόνα 13: Επιλογή του εξωτερικής τοιχοποιίας για την σχεδίαση του κελύφους



Εικόνα 14: Καρτέλα δομικών στοιχείων τοιχοποιίας

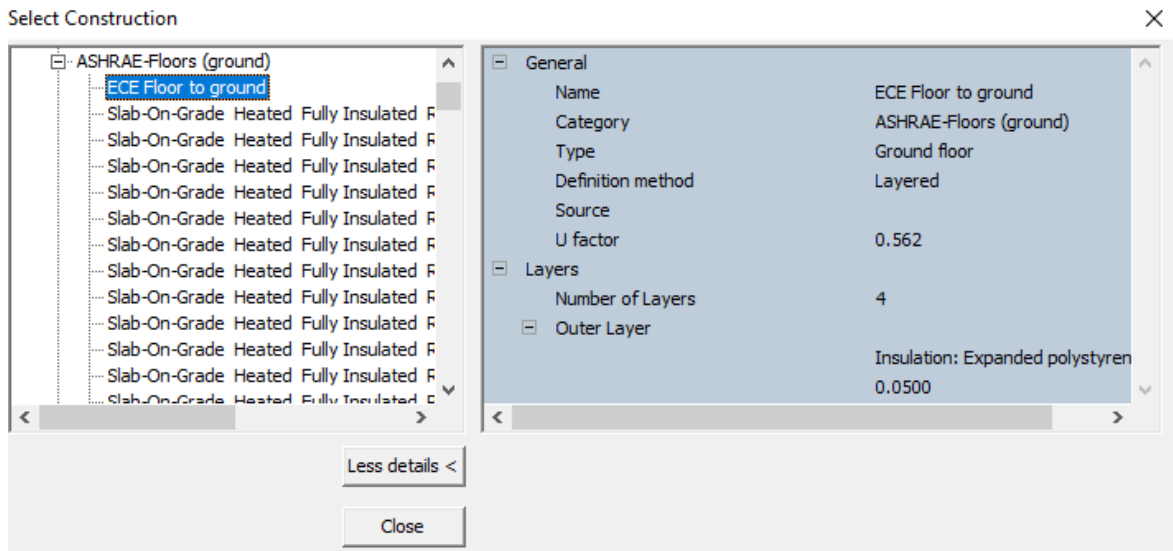
Το επόμενο βήμα, αφού κλείσουμε με την τοιχοποιία το κέλυφός μας, είναι να εισάγουμε τις κολώνες, τις πόρτες και τα παράθυρα, το δάπεδο και τις οροφές, ακολουθώντας παρόμοιο τρόπο ορισμού με αυτό της τοιχοποιίας. Αφού ολοκληρώσουμε τα παραπάνω επιλέγουμε:

- **AutoBLD⇒Typical Data⇒Wall⇒Library:** για την επιλογή της τοιχοποιίας και των στρωμάτων δόμησης του τοίχου, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 15*, έχοντας μία μεγάλη ποικιλία από τοιχοποιίες, αλλά και την επιλογή να οριστεί από τον χρήστη η τοιχοποιία με τα υλικά που θέλει για να πετύχει τον κατάλληλο δείκτη θερμοπερατότητας U.



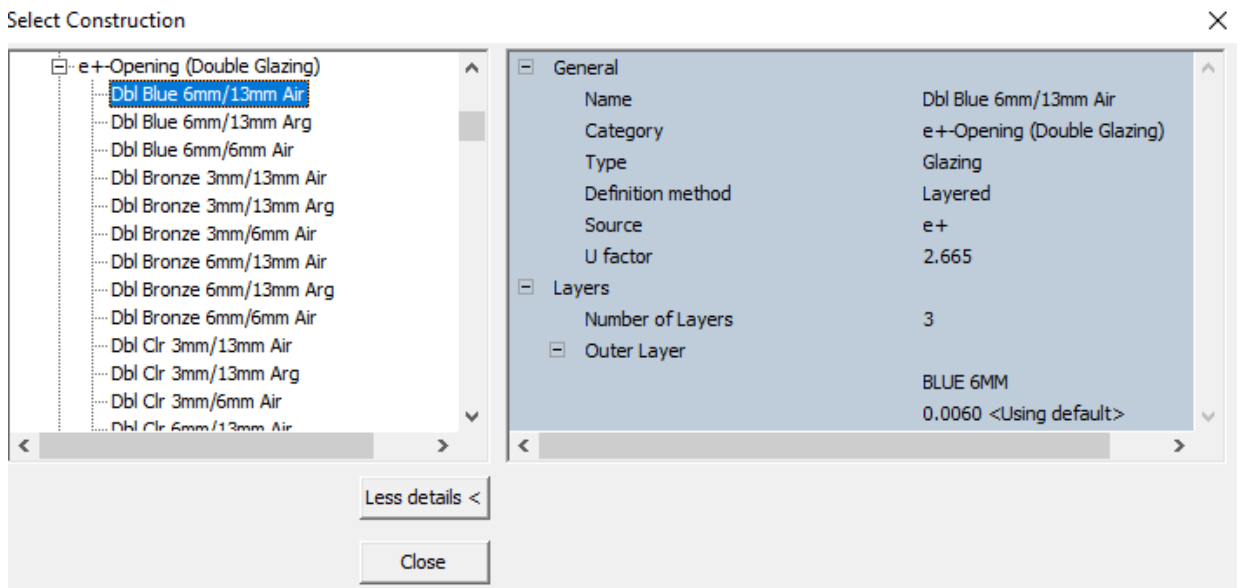
Εικόνα 15: Πρότυπα τοιχοποιίας και ορισμούς τους σε επίπεδα στρώσεων

- **AutoBLD⇒Typical Data⇒Floor⇒Library:** για τον ορισμό του δαπέδου και των υλικών του, που είναι σε επαφή με το έδαφος, παρατηρώντας την *Εικόνα 16* βλέπουμε την πληθώρα των υπαρχόντων δαπέδων καθώς και πως μπορούμε να ορίσουμε το δάπεδο με τα υλικά που θέλουμε.



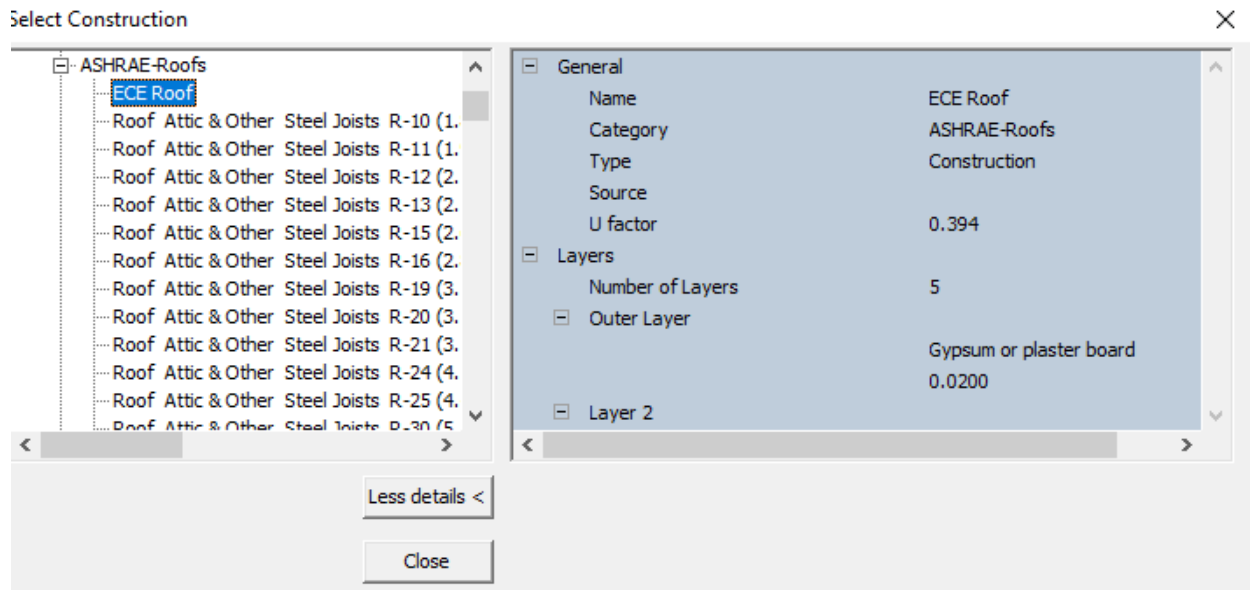
Εικόνα 16: Πρότυπα δαπέδου και ορισμός των υλικών τους

- **AutoBLD⇒Typical Data⇒Opening⇒Library:** για να επιλέξουμε την δομή των παραθύρων και των πορτών. Στην *Εικόνα 17*, βλέπουμε ένα μικρό μέρος των επιλογών που μας δίνονται για τα ανοίγματα του κτιρίου μας (αριστερά) και τον ορισμό των δομικών υλικών από τα οποία αποτελούνται καθώς και ο δείκτης θερμοπερατότητας U(δεξιά).



Εικόνα 17: Πρότυπα κουφωμάτων και ορισμούς τους στην βιβλιοθήκη

- **AutoBLD⇒Typical Data⇒Roof⇒Library:** για την επιλογή της κατάλληλης οροφής του κτιρίου μας. Οι επιλογές αυτές εμφανίζονται στην *Εικόνα 18*, όπου αριστερά έχουμε τα πρότυπα οροφών και δεξιά τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται.



Εικόνα 18: Πρότυπα οροφών και ορισμός τους στην βιβλιοθήκη



7.2 Ορισμός Θερμικών Ζωνών

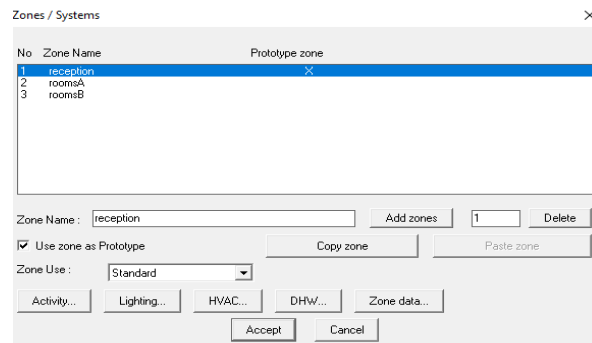
Αφού επιλέξουμε τα υλικά και ορίσουμε τα δομικά μέρη, με στοιχεία που ανταποκρίνονται στα πραγματικά δεδομένα του κτιρίου μας, όπως προαναφέραμε. Το επόμενο βήμα μας είναι να ορίσουμε τις θερμικές ζώνες οι οποίες είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό και την μελέτη των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου. Βασιζόμενοι σε αυτές τις ζώνες και την ρύθμιση της χρήσης τους καθορίζονται τα βιοκλιματικά σχέδια, τα μηχανολογικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης και αερισμού καθώς και τα συστήματα φωτισμού. Με την έννοια θερμική ζώνη νοείται το σύνολο όλων των χώρων που έχουν κοινή χρήση (π.χ. υπνοδωμάτια).

Για τον ορισμό των θερμικών ζωνών ακολουθούμε το μονοπάτι **AutoBLD⇒Element Parameters⇒Zones/Systems** και μας εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 19, στο οποίο γράφοντας το όνομα της νέας ζώνης μας στο πλαίσιο **Zone Name** και επιλέγοντας το “**Add zones**” δημιουργείται η θερμική μας ζώνη στον πίνακα με τις θερμικές ζώνες πάνω από τις παραπάνω επιλογές που κάναμε. Επίσης, στο ίδιο παράθυρο υπάρχουν οι επιλογές:

- “**Activity...**” στην οποία ορίζεται κυρίως τα προγράμματα λειτουργίας και κάποια βασικά στοιχεία που θα παρουσιάσουν αναλυτικότερα στα σενάρια λειτουργίας.
- “**Lighting...**” στην οποία ορίζονται τα στοιχεία για τον φωτισμό της ζώνης, ώστε να υπολογιστούν στα φορτία και στα θερμικά κέρδη.
- “**HVAC...**” στην οποία ορίζονται οι παράμετροι για τον κλιματισμό και τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης.
- “**DHW...**” στην οποία ορίζεται το σύστημα ζεστού νερού χρήσης.
- “**Zone data...**” στην οποία ορίζονται γενικότερα εξωτερικά δεδομένα που αφορούν την ζώνη μας, όπως διείσδυση αέρα από χαραμάδες, η εναλλαγές του και στοιχεία των επιπτώσεων του ανεπιθύμητου αέρα ροής από το εξωτερικό περιβάλλον.

Αφού ορισμού τις ζώνες μας πατώντας την επιλογή “**Accept**”, επιστρέφουμε πίσω το παράθυρο που έχουμε σχεδιάσει το κέλυφος του κτιρίου μας, επιλέγοντας ένα από τα δύο

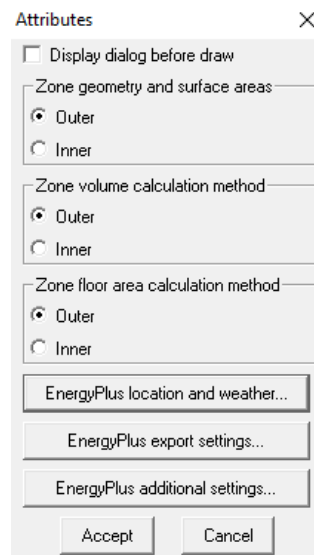
εικονίδια   στην γραμμή εργαλείων ορίζουμε τους χώρους που θα είναι στις θερμικές μας ζώνες. Με το αριστερό εικονίδιο επιλέγεις όλους τους τοίχους που περικλείουν την θερμική σου ζώνη, ώστε να την ορίσεις, ενώ με το δεξιό εικονίδιο επιλέγεις το εσωτερικό της ζώνης και έναν τοίχο της ζώνης.



Εικόνα 19: Ορισμός θερμικών ζωνών

7.3 Ορισμός Τοποθεσίας και Κλιματικών Δεδομένων, Στοιχείων Εξαγωγής και Προσανατολισμού Κτιρίου

Από τα σημαντικά στοιχεία της μελέτης μας είναι και ο προσανατολισμός του κτίσματος μας, καθώς επηρεάζει τα θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω των τοιχωμάτων, κουφωμάτων και οροφών του κτιρίου. Ο προσανατολισμός μπορεί να οριστεί, και νωρίτερα στην μελέτη μας, ακολουθώντας το μονοπάτι **AutoBLD⇒North Direction** βάζοντας ένα βέλος στην κάτωψη το οποίο να δείχνει προς τον βορρά. Επίσης, ο ορισμός των κλιματικών δεδομένων και της τοποθεσίας του κτιρίου είναι πολύ σημαντικός, καθώς η τοποθεσία να ορίσει την κλιματική ζώνη του κτιρίου μας και τα κλιματικά δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση. Ακολουθώντας το μονοπάτι **AutoBLD⇒Element Parameters⇒Other Functions...** το παράθυρο της *Εικόνας 20* στο οποίο μπορούμε να επιλέξουμε να ορίσουμε την τοποθεσία και τα καιρικά δεδομένα και τις ρυθμίσεις που θέλουμε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της μελέτης βασισμένα στα μοντέλα του EnergyPlus. Στην *Εικόνα 21* παρουσιάζεται το παράθυρο των καιρικών δεδομένων καθώς και τις τοποθεσίες που επιλέξαμε για την μελέτη μας. Επιλέξαμε τα καιρικά δεδομένα της πόλης της Αθήνας, επειδή η βάση δεδομένων του EnergyPlus δεν περιέχει την πόλη του Βόλου, αλλά οι δύο πόλεις βρίσκονται στην ίδια κλιματική ζώνη βάση του KENAK.



Εικόνα 20: Παράθυρο επιλογών για επιπλέον πληροφορίες

Location Template	
Template	Athens
Design day file (*.ddy)	C:\FineGREEN\GCAD\DataSets\weather d...
Weather data file (*.epw)	C:\FineGREEN\GCAD\DataSets\weather d...
Site location	
Latitude (°)	37.9
Longitude (°)	23.7
Elevation above sea level (m)	15.0
Time	
Time zone (hrs)	UTC+2
<input checked="" type="checkbox"/> Daylight Saving Time	
Winter design data	
<input checked="" type="checkbox"/> Heating 99.6% coverage	
Outside design temperature (°C)	1.6
Wind speed (m/2)	3.5
Wind direction (°)	0.0
<input type="checkbox"/> Heating 99% coverage	
Summer design data	
<input checked="" type="checkbox"/> 99.6% coverage based on dry-bulb te...	
Max dry-bulb design temperature (°C)	35.1
Wet-bulb temperature (°C)	21.1
Min dry-bulb temperature (°C)	26.0
<input type="checkbox"/> 99% coverage based on dry-bulb temp.	
<input type="checkbox"/> 98% coverage based on dry-bulb temp.	
<input type="checkbox"/> 99.6% coverage based on wet-bulb te...	
<input type="checkbox"/> 99% coverage based on wet-bulb temp.	
<input type="checkbox"/> 98% coverage based on wet-bulb temp.	

Εικόνα 21: Πίνακας εισαγωγής τοποθεσίας και καιρικών δεδομένων

Επιπλέον, υπάρχει και η επιλογή **EnergyPlus export settings** με την οποία ορίζουμε στην καρτέλα “**General**” τα πρότυπα εξαγωγής των αποτελεσμάτων, στην καρτέλα “**Heating**” επιλογές για το heating design, στην καρτέλα “**Cooling**” τις επιλογές που έχουμε για το cooling design και στην καρτέλα “**Simulation**” εισάγουμε τις ημερομηνίες που θέλουμε να εξάγουμε τα δεδομένα προσομοίωσης και το ωριαίο βήμα κάθε μέρας όπως παρατηρούμε στην *Εικόνα 22*.

Export Options

General Heating Cooling Simulation

Temperature control 1-Air temperature

Heating control radiant fraction 0.50

Cooling control radiant fraction 0.50

Simulation control radiant fraction 0.50

Heating/cooling sizing Autosize

Mechanical ventilation method Ideal loads

Thermal bridge calculation

Inside convection algorithm TARP

Outside convection algorithm DOE-2

Daylight calculations

Grid divisions in X and Y directions 10

Daylight at reference points

Export Options

General Heating Cooling Simulation

Exclude all zone natural ventilation

Exclude all zone mechanical ventilation

Heating design margin 1.25

Export Options

General Heating Cooling Simulation

Summer design day

Day 4

Month August

DayOfWeek SummerDesignDay

Exclude all zone natural ventilation

Exclude all zone mechanical ventilation

Cooling design margin 1.15

Solar distribution Full Exterior

Shadow polygon clipping method SutherlandHodgman

Max figures in shadow overlap calculations 15000

General Heating Cooling Simulation

Simulation start date 04/08

Simulation end date 04/08

Simulation interval for reporting Hourly

Time steps per hour 2

Solar distribution Full Exterior

Shadow calculation frequency 20

Shadow polygon clipping method SutherlandHodgman

Max figures in shadow overlap calculations 15000

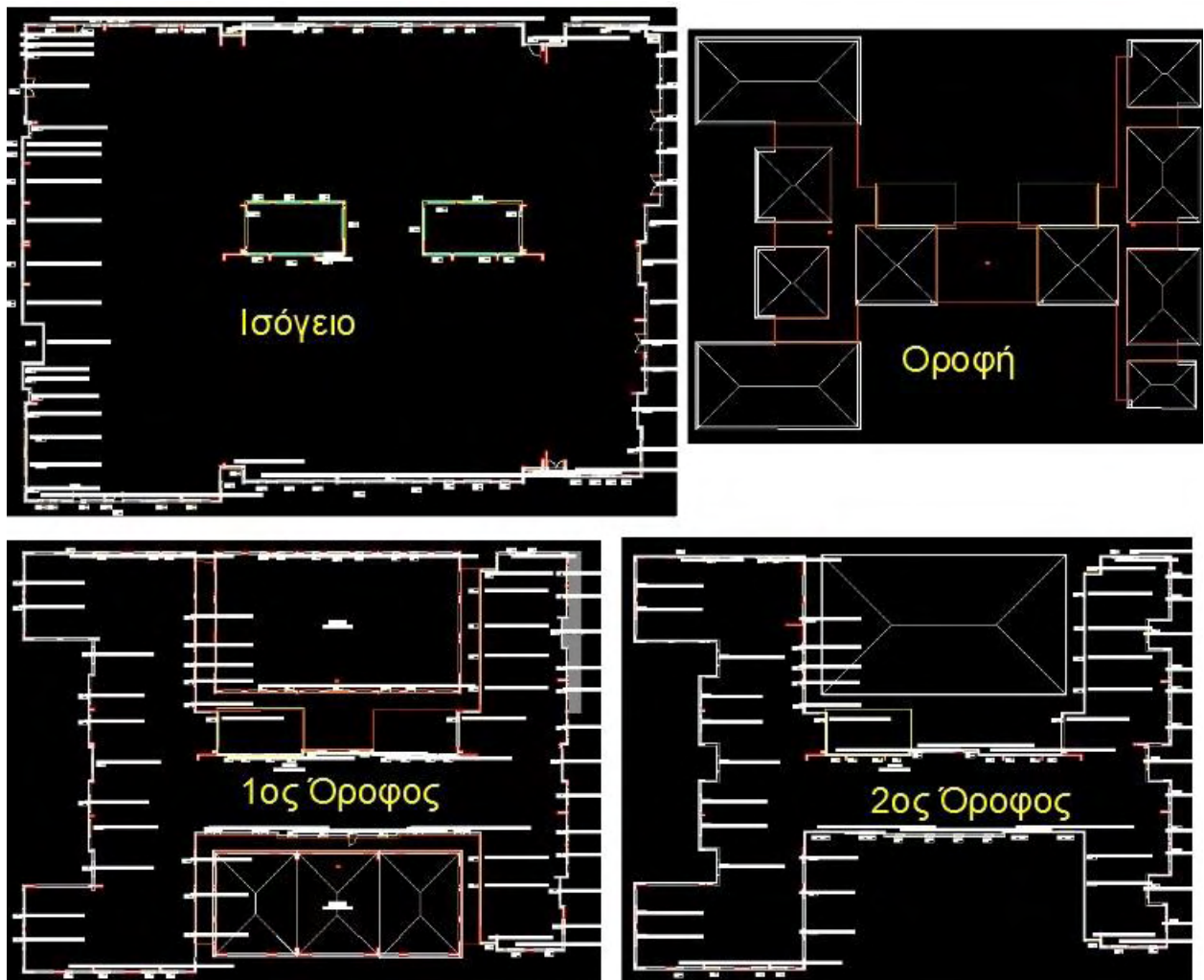
Reporting tolerance for time heating setpoint not met 0.2

Reporting tolerance for time cooling setpoint not met 0.2

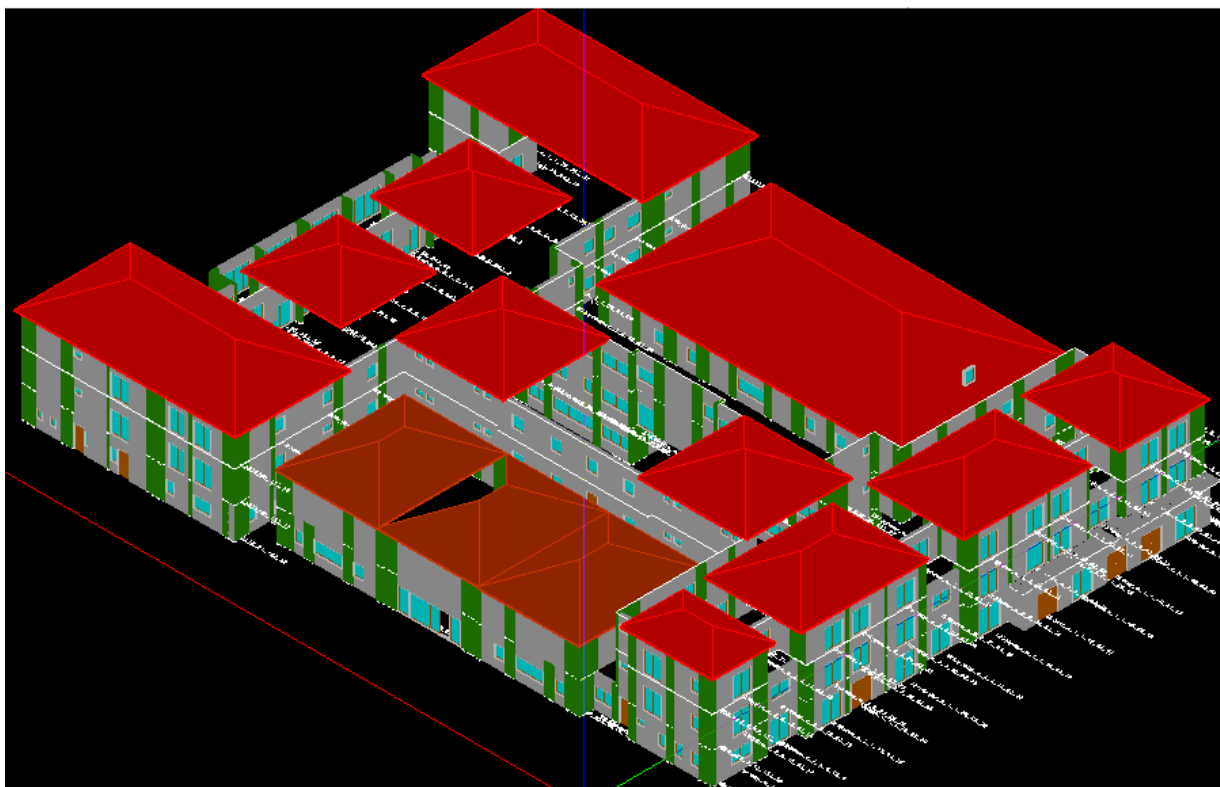
Εικόνα 22: Παράθυρα επιλογών εξαγωγής αποτελεσμάτων

8 ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ολοκληρώνοντας το κέλυφος του κτιρίου μας έχουμε τις κατόψεις των ορόφων μας που παρουσιάζονται στην *Εικόνα 23* πάνω στις οποίες βασίστηκε η τρισδιάστατη δόμηση του *Εικόνα 24* . Το κτίριο το οποίο μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το ξενοδοχείο Valis Resort στην περιοχή της Αγριάς του Βόλου. Πιο συγκεκριμένα το Valis Resort αποτελείται από δύο οικίσματα, η συγκεκριμένη μελέτη έγινε στο κτίριο που περιέχει την reception. Ο πρώτος και ο δεύτερος όροφος αποτελείται επί το πλείστον από υπνοδωμάτια. Το ισόγειο αποτελείται από την reception, καφετέρια-μπαρ, εστιατόριο, αίθουσα συνεδριάσεων, δύο αίθουσες πολλαπλών χρήσεων, καθιστικό αναμονής και έξι καταστήματα.



Εικόνα 23: Κατόψεις ισογείου, οροφής, πρώτου και δεύτερου ορόφου



Εικόνα 24: Τρισδιάστατη μορφή του Valis Resort

8.1 Πρώτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF

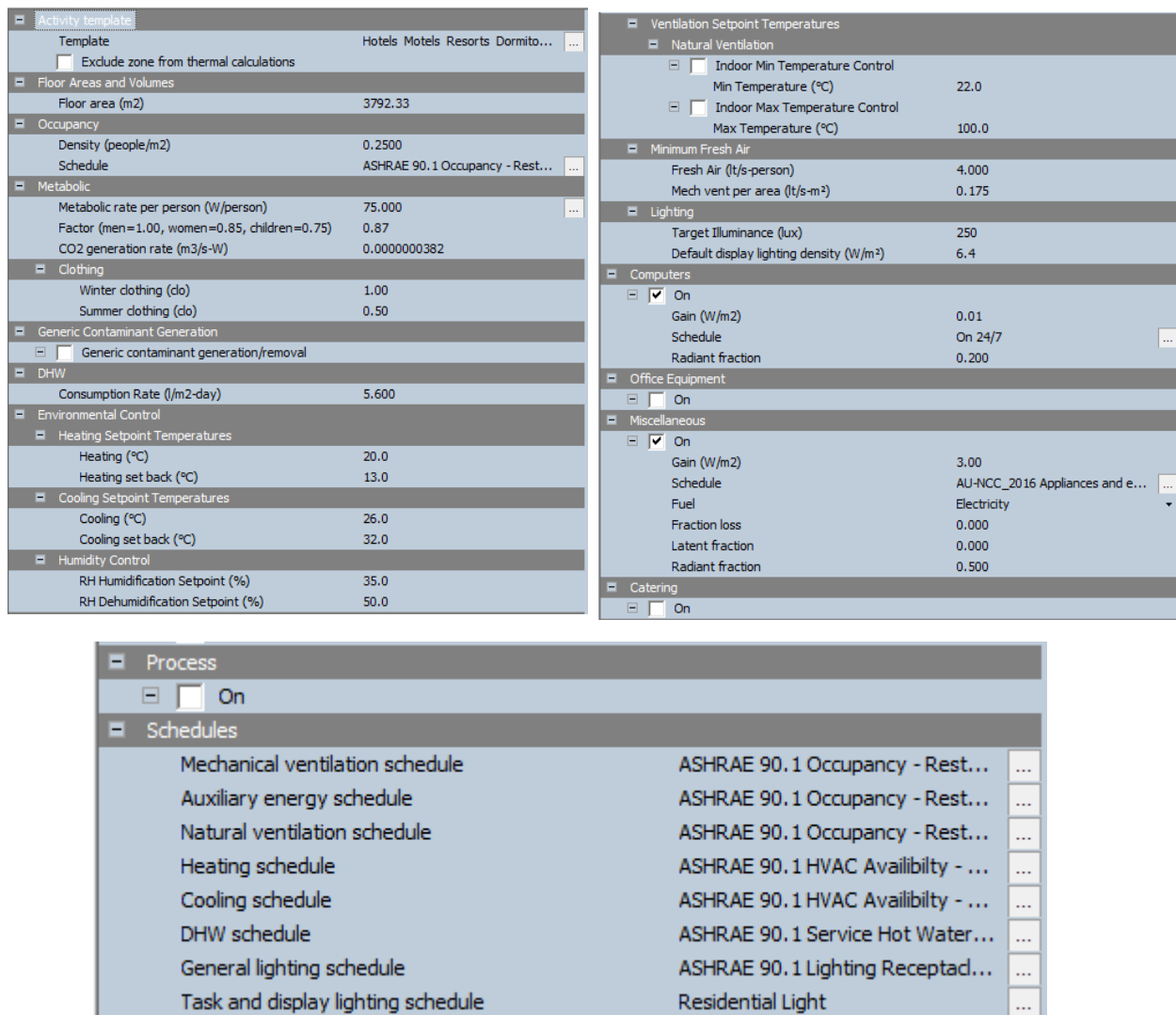
Αφού ορίσαμε σωστά τις ζώνες μας, μπορούμε πλέον να συνεχίσουμε με τους υπολογισμούς των φορτίων. Οπότε τώρα, καθορίζουμε τα στοιχεία για τον απαιτούμενο εξοπλισμό του κτιρίου μας. Το λογισμικό εξάγει αποτελέσματα για τον σχεδιασμό της θέρμανσης και της ψύξης καθώς και προσομοίωσης σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Όλοι οι υπολογισμοί του λογισμικού στηρίζονται στη δυναμική προσομοίωση του Energy Plus και στα πρότυπα της ASHRAE και CIBSE. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά καθορίζεται η ενεργειακή κλάση του κτιρίου καθώς και η ορθή επιλογή συστήματος.

8.1.1 Θερμική Ζώνη reception

Αρχικά, για να εξάγουμε τα πρώτα μας αποτελέσματα εισάγαμε στις ζώνες μας στοιχεία που να ανταποκρίνονται στα είδη υπάρχουσα συστήματα του κτιρίου, καθώς και στον τρόπο λειτουργίας της εκάστοτε θερμικής ζώνης. Ακολουθώντας το μονοπάτι **AutoBLD⇒Element Parameters⇒Zones/Systems** επιλέγοντας την ζώνη “**reception**” και πατώντας το “**Activity...**” εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 25 στο οποίο:

- Ορίσαμε την περιγραφή του χώρου ως “**Hotels Motels Resorts Dormitories - Lobby/prefuction**” και να συμπεριληφθεί η ζώνη στους υπολογισμούς των φορτίων.

- Στο “**Floor Areas and Volumes**” εμφανίζονται τα τετραγωνικά μέτρα που περιλαμβάνει η θερμική μας ζώνη.
- Ορίσαμε στο “**Occupancy**”, με τα πρότυπα του KENAK, τον πληθυσμό των ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο και το πρόγραμμα λειτουργίας του χώρου “**ASHRAE 90.1 Occupancy - Restaurant**”, το οποίο σύμφωνα με τους υπολογισμούς μας είναι το καταλληλότερο για την ζώνη μας.
- Ορίσαμε στο “**Metabolic**”, σύμφωνα με τα πρότυπα του KENAK, τα θερμικά κέρδη ανά άτομο (Metabolic rate per person), την ομοιόμορφη κατανομή ατόμων (Factor) και το παραγόμενο CO_2 (CO_2 generation rate).
- Θέσαμε στο “**Clothing**” τον συντελεστή χειμερινού ρουχισμού (Winter clothing) και καλοκαιρινού ρουχισμού (Summer clothing).
- Σύμφωνα με υπολογισμούς επιλέξαμε κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης $5.6 L/m^2$ ημερησίως (Consumption Rate) στο πεδίο “**DHW**”.
- Στο πεδίο “**Environmental Control**” θέσαμε, σύμφωνα με το KENAK, τις θερμοκρασίες θερμικής άνεσης για θέρμανση και ψύξη.
- Στο πεδίο “**Humidity Control**” ορίσαμε, βασιζόμενοι στο KENAK, το εύρος των επιτρεπόμενων τιμών υγρασίας του χώρου (35-50%).
- Στο πεδίο “**Ventilation Setpoint Temperatures**” αφαιρέσαμε τον φυσικό κλιματισμό του χώρου.
- Στο πεδίο “**Minimum Fresh Air**” ορίσαμε, σύμφωνα με τα πρότυπα που επικρατούν στην χώρα μας, τον απαιτούμενο καθαρό αέρα ανά άτομο (Fresh Air), καθώς και τον απαιτούμενο μηχανικό εξαερισμό ανά τετραγωνικό (Mech vent per area).
- Σύμφωνα με τα ελληνικά πρότυπα φωτισμού θέσαμε στο πεδίο “**Lighting**” τα απαιτούμενα lux για τον φωτισμό του χώρου (Target illuminance) και την κατανάλωση του (Default display lighting density).
- Επιλέξαμε να υπάρχουν κάποια φορτία από εγκατεστημένους Η/Υ θέτοντας οπ το πεδίο “**Computers**”, εισάγοντας τις καταναλώσεις τους (Gain), το ωράριο λειτουργίας τους (Schedule) και το συντελεστή ακτινοβολίας τους (Radiant fraction).
- Επιλέξαμε την εισαγωγή λοιπών φορτίων (π.χ. εξοπλισμός εστιατορίου, καφετέριας, καταστημάτων) θέτοντας οπ το πεδίο “**Miscellaneous**”, εισάγοντας τις καταναλώσεις τους (Gain), το ωράριο λειτουργίας “**AU-NCC_2016 Appliances and equipment Restaurant or cafe**” (Schedule), την πηγή της καταναλισκόμενης ενέργειας (Fuel) και τον συντελεστή ακτινοβολίας τους (Radiant fraction).
- Στο πεδίο “**Schedules**”, με βάση τον τρόπο λειτουργίας της θερμικής μας ζώνης, ορίσαμε:
 - Το ωράριο λειτουργίας του μηχανικού εξαερισμού (Mechanical ventilation schedule)
 - Το πρόγραμμα βοηθητικής ενέργειας (Auxiliary energy schedule)
 - Το ωράριο φυσικού εξαερισμού (Natural ventilation schedule)
 - Το πρόγραμμα λειτουργίας της θέρμανσης (Heating schedule)
 - Το πρόγραμμα λειτουργίας της ψύξης (Cooling schedule)
 - Το ωράριο παροχής ζεστού νερού χρήσης (DHW schedule)
 - Το ωράριο λειτουργίας του γενικού φωτισμού (General lighting schedule)
 - Το ωράριο λειτουργίας φωτισμού απο διεργασίας και οθόνες (Task and display lighting schedule)

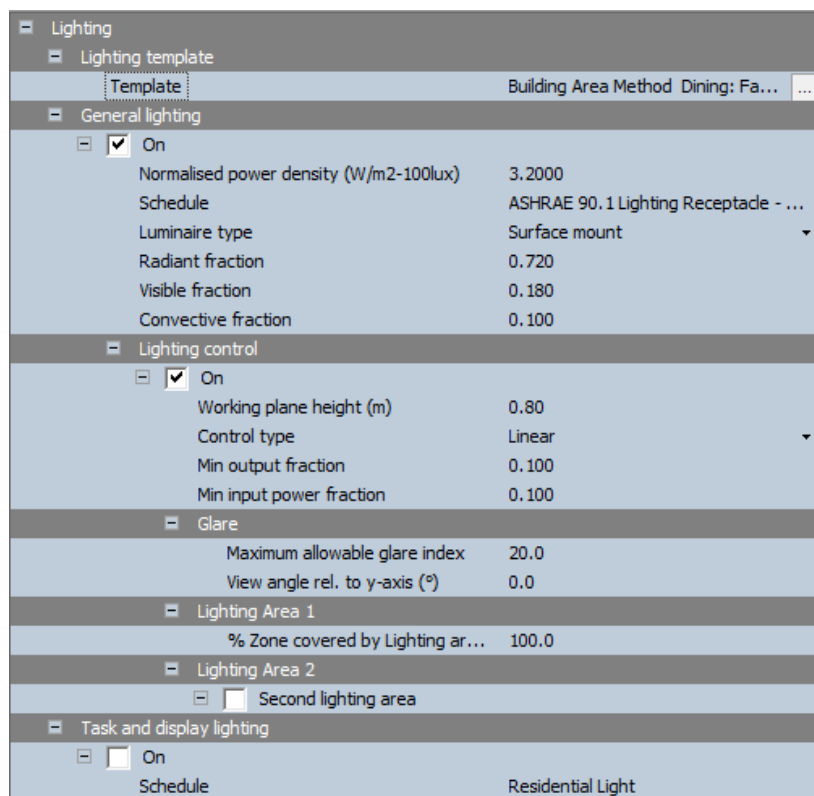


Εικόνα 25: Activity template θερμικής ζώνης “reception”

Έπειτα, στο παράθυρο των θερμικών ζωνών επιλέγουμε το “**Lighting...**” και μας εμφανίζεται η καρτέλα για την εισαγωγή στοιχείων φωτισμού. Ο ορισμός των επιμέρους πεδίων φαίνεται στην Εικόνα 26. Πιο συγκεκριμένα στην καρτέλα έχουμε:

- Στο πρώτο πεδίο “**Lighting template**” καθορίζουμε την λειτουργία της ζώνης φωτισμού.
- Θέτουμε on το πεδίο “**General lighting**”, συμπληρώνουμε την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο στα 100 lux (Normalised power density), στο πρόγραμμα λειτουργίας δεν μας δίνεται η δυνατότητα να το αλλάξουμε εδώ καθώς αλλάζει μόνο από το Activity που αναφέραμε προηγουμένως (Schedule), επιλέγουμε τον τύπο του φωτιστικού (Luminaire type), την ακτινοβολία ορατή (Visible fraction) και μη (Radiant fraction) και τον συντελεστή μεταφοράς ενέργειας (Convective fraction).
- Θέτουμε on το “**Lighting control**” και ορίζουμε το ύψος της επιφάνειας εργασίας (Working plane height), τον τύπο ελέγχου φωτισμού (Control type) καθώς και τους συντελεστές ελάχιστης στάθμης εξόδου (Min output fraction) και ενέργειας εισόδου (Min input power fraction).

- Ορίζουμε στο πεδίο “**Glare**” το μέγιστο επιτρεπόμενο δείκτη αντιλιάς (Maximum allowable glare index) καθώς και την γωνία θέασης από τον άξονα y (View angle rel. to y-axis).
- Στο πεδίο “**Lighting Area 1**” ορίζουμε το ποσοστό κάλυψης του φωτισμού από την πρώτη περιοχή ελέγχου.
- Στο πεδίο “**Lighting Area 2**” επιλέγουμε να έχουμε ή όχι και δεύτερη περιοχή ελέγχου φωτισμού στην ζώνη μας. Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέξαμε να μην έχουμε δεύτερη περιοχή ελέγχου.
- Και τέλος στο πεδίο “**Task and display lighting**” επιλέγουμε αν θέλουμε να έχουμε ή όχι φωτισμό από διεργασίες και οθόνες καθώς και το πρόγραμμα λειτουργίας τους. Στην μελέτη επιλέξαμε να το έχουμε off, διότι τα φορτία αυτά τα υπολογίσαμε στο Activity σαν φορτία H/Y.



Εικόνα 26: Καρτέλα Lighting για την θερμική ζώνη “reception”

Το επόμενο βήμα μας είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία στην μελέτη μας, καθώς ευθύνεται για την θέρμανση και την ψύξη της θερμικής μας ζώνης. Επιλέγοντας στο παράθυρο με τις θερμικές μας ζώνες το “**HVAC**” μας εμφανίζεται η καρτέλα της Εικόνας 27 στην οποία έχουμε:

- Στο πεδίο “**Template**” έχουμε επιλέξει το σύστημα ψύξης-θέρμανσης που έχουμε στο κτίριο μας. Η επιλογή VRF συστήματος έγινε λόγω της χρήσης του στο πραγματικό κτίριο.
- Θέσει on τον μηχανικό εξαερισμό- “**Mechanical ventilation**” επιλέγουμε ο εξωτερικός αέρας να παραδίδεται στην ζώνη (Outside Air Definition Method) καθώς και οι εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (Outside Air), που έχουμε υπολογίσει σύμφωνα με το KENAK στο χέρι.
- Το πεδίο “**Operation**” περιέχει το πρόγραμμα λειτουργίας που ορίσαμε από το “**Activity**” στο πεδίο για τον μηχανικό εξαερισμό.

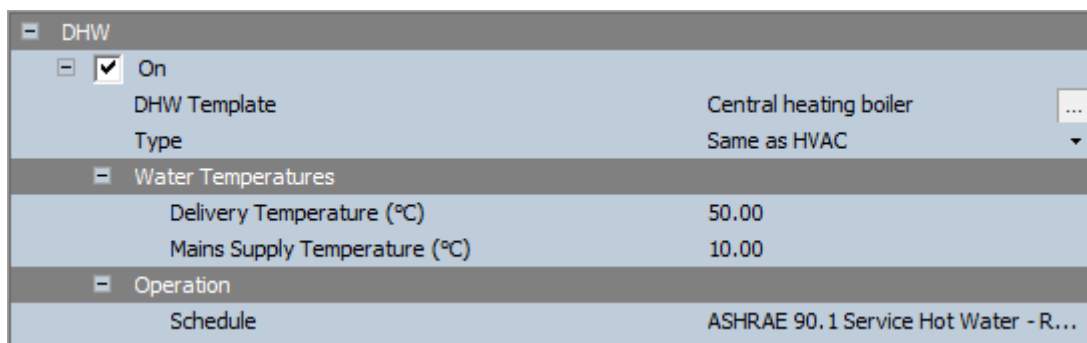
- Επιλέγουμε να έχουμε off το **“Heat Recovery”**, καθώς θα το εισάγουμε σε επόμενα σενάρια λειτουργίας.
- Επιλέγουμε στο **“Economizer”** να είναι απενεργοποιημένος. Η επιλογή αυτή δίνει την δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας όταν κατά την ψύξη η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη της εσωτερικής.
- Στο πεδίο **“Auxiliary Energy”** επιλέγουμε αν υπάρχει ή όχι βοηθητική ενέργεια. Στην συγκεκριμένη μελέτη δεν έχουμε βοηθητική ενέργεια.
- Στο πεδίο **“Heating”** επιλέγουμε on στο **“Heated”** και ορίζουμε το καύσιμο για την θέρμανση (Fuel) καθώς και τον συντελεστή απόδοσης COP (Heating system CoP), βασιζόμενοι στα πρότυπα του KENAK.
- Στο πεδίο **“Type”** είναι τα συμπληρωματικά δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης.
- Το επόμενο πεδίο **“Operation”** περιέχει το πρόγραμμα για την θέρμανση που ορίσαμε παραπάνω στο **“Activity”**.
- Στο πεδίο **“Cooling”** επιλέγουμε on **“Cooled”** και ορίζουμε το καύσιμο για την ψύξη (Fuel) καθώς και τον συντελεστή απόδοσης COP (Cooling system CoP), βασιζόμενοι στα πρότυπα του KENAK.
- Στο επόμενο πεδίο **“Type”** είναι τα συμπληρωματικά δεδομένα για το σύστημα ψύξης.
- Το τρίτο πεδίο **“Operation”** περιέχει το πρόγραμμα για την ψύξη που ορίσαμε παραπάνω στο **“Activity”**.
- Στο πεδίο **“Humidity control”** επιλέγουμε την ύγρανση και την αφύγρανση των χώρων της ζώνης. Στην μελέτη μας επιλέγουμε να έχουμε ύγρανση και αφύγρανση του αέρα καθώς και την μέθοδο ελέγχου.
- Θέτουμε off το φυσικό αερισμό **“Natural Ventilation”** των χώρων μας.

HVAC Template	
Template	VRF (Air-Cooled) + Heat Recovery ...
Mechanical ventilation	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Outside Air Definition Method	By Zone
Outside Air (ac/h)	4.0
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Restaurant
Heat Recovery	
<input type="checkbox"/> On	
Economiser	
Type	None
Auxiliary Energy	
Pump etc. energy (W/m2)	0.0000
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Restaurant
Heating	
<input checked="" type="checkbox"/> Heated	
Fuel	Electricity
Heating system CoP	3.700
Type	
Supply Air Condition	
Maximum supply air temperature	35.00
Maximum supply air humidity	0.0156
HeatingLimitType	LimitCapacity
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Rest...
Cooling	
<input checked="" type="checkbox"/> Cooled	
Fuel	Electricity
Cooling system CoP	3.100
Supply Air Condition	
Minimum Supply Air Temperature	12.00
Minimum Supply Air Humidity ratio	0.0077
CoolingLimitType	LimitFlowRateAndCapacity
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Rest...
Humidity Control	
<input checked="" type="checkbox"/> Humidification	
Humidification control type	Humidistat
<input checked="" type="checkbox"/> Dehumidification	
Dehumidification control type	Humidistat
Natural Ventilation	
<input type="checkbox"/> On	

Εικόνα 27: Καρτέλα HVAC Template για την θερμική ζώνη “reception”

Έπειτα, για την συγκεκριμένη ζώνη επιλέγουμε το “**DHW**” (Domestic Hot Water), ώστε να εισάγουμε τις πληροφορίες για το ζεστό νερό χρήσης όπως εμφανίζονται στην *Εικόνα 28* και όπως αναλύονται παρακάτω:

- Επιλέγουμε το πεδίο “**DHW**” να είναι on, ορίζουμε το σύστημα (DHW Template) καθώς και τον τύπο του (Type).
- Στο πεδίο “**Water Temperatures**” ορίζουμε την θερμοκρασία διανομής (Delivery Temperature) καθώς και την θερμοκρασία της τροφοδότησης νερού του συστήματος (Mains Supply Temperature).
- Στο τελευταίο μας πεδίο “**Operation**” παρατηρούμε το πρόγραμμα λειτουργίας που έχουμε ορίσει στο “**Activity**”.



DHW	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
DHW Template	Central heating boiler
Type	Same as HVAC
Water Temperatures	
Delivery Temperature (°C)	50.00
Mains Supply Temperature (°C)	10.00
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Service Hot Water - R...

Εικόνα 28: Καρτέλα DHW (Domestic Hot Water) για την θερμική ζώνη “reception”

Το τελευταίο βήμα μας, για να μπορούμε πλέον να παράξουμε αποτελέσματα είναι να ορίσουμε στην καρτέλα “**Zone data**”, όπου φαίνεται στην *Εικόνα 29*, να εισάγουμε κάποια γενικά δεδομένα που αφορούν την ζώνη μελέτης, τα οποία είναι:

- “**Model Infiltration**” θέτουμε on για να ορίσουμε παρακάτω την η εκτιμώμενη ροή αέρα στην ζώνη μελέτης από χαραμάδες κ.α..
- “**Constant rate**” στο οποίο θέτουμε τις εναλλαγές αέρα ανά ώρα.
- “**Schedule**” στο οποίο ορίζεται το ωράριο λειτουργίας.
- “**Constant**”, “**Temperature**”, “**Velocity**” και “**Velocity squared**”, που είναι οι μεταβλητές της εξίσωσης που υπάρχει δεξιά στην *Εικόνα 29*, και λαμβάνουν τιμές από τον πίνακα της εικόνας.

Zone data

General

Model Infiltration

Constant rate (ac/h)

Schedule

Delta T and wind speed coefficients

Constant

Temperature

Velocity

Velocity squared

OK Cancel

$$Infiltration = I_{design} * O_{schedule} * [A+B*(T_{in}-T_{out}) + C*(Wind Speed) + D*(Wind Speed)^2]$$

Source	A (Constant)	B (Temperature)	C (Velocity)	D (Velocity squared)
EnergyPlus (default)	1	0	0	0
DOE-2	0.606	0.03636	0.1177	0
BLAST	0	0	0.224	0

Εικόνα 29: Καρτέλα Zone data και σταθερές της εξίσωσης διήθησης

8.1.2 Θερμικές Ζώνες roomsA και roomsB

Στις άλλες δύο θερμικές μας ζώνες τα στοιχεία που θα εισάγουμε θα είναι ίδια, διότι και οι δύο ζώνες έχουν την ίδια χρήση και αποτελούνται επί το πλείστον μόνο από υπνοδωμάτια. Όπως κάναμε και στην θερμική ζώνη της reception ανοίγουμε την καρτέλα “Activity...” και ορίζουμε τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην *Εικόνα 30*, τα οποία είναι τα εξής:

- Ορισμός της περιγραφής του χώρου ως “**Hotels Motels Resorts Dormitories - Bedroom/living room**” και να συμπεριληφθεί η ζώνη στους υπολογισμούς των φορτίων.
- Στο “**Floor Areas and Volumes**” εμφανίζονται τα τετραγωνικά μέτρα που περιλαμβάνει η θερμική μας ζώνη.
- Ορίσαμε στο “**Occupancy**”, με τα πρότυπα του KENAK, τον πληθυσμό των ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο και το πρόγραμμα λειτουργίας του χώρου “**Residential Occupancy**”, το οποίο σύμφωνα με τους υπολογισμούς μας είναι το καταλληλότερο για την ζώνη μας.
- Ορίσαμε στο “**Metabolic**”, σύμφωνα με τα πρότυπα του KENAK, τα θερμικά κέρδη ανά άτομο (Metabolic rate per person), την ομοιόμορφη κατανομή ατόμων (Factor) και το παραγόμενο CO_2 (CO_2 generation rate).
- Θέσαμε στο “**Clothing**” τον συντελεστή χειμερινού ρουχισμού (Winter clothing) και καλοκαιρινού ρουχισμού (Summer clothing).

- Σύμφωνα με υπολογισμούς επιλέξαμε κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης 40 L/m² ημερησίως (Consumption Rate) στο πεδίο “**DHW**”.
- Στο πεδίο “**Environmental Control**” θέσαμε, σύμφωνα με το KENAK, τις θερμοκρασίες θερμικής άνεσης για θέρμανση και ψύξη.
- Στο πεδίο “**Humidity Control**” ορίσαμε, βασιζόμενοι στο KENAK, το εύρος των επιτρεπόμενων τιμών υγρασίας του χώρου (35-45%).
- Στο πεδίο “**Ventilation Setpoint Temperatures**” αφαιρέσαμε τον φυσικό κλιματισμό του χώρου.
- Στο πεδίο “**Minimum Fresh Air**” ορίσαμε, σύμφωνα με τα πρότυπα που επικρατούν στην χώρα μας, τον απαιτούμενο καθαρό αέρα ανά άτομο (Fresh Air), καθώς και τον απαιτούμενο μηχανικό εξαερισμό ανά τετραγωνικό (Mech vent per area).
- Σύμφωνα με τα ελληνικά πρότυπα φωτισμού θέσαμε στο πεδίο “**Lighting**” τα απαιτούμενα lux για τον φωτισμό του χώρου (Target illuminance) και την κατανάλωση του (Default display lighting density).
- Στο πεδίο “**Schedules**”, με βάση τον τρόπο λειτουργίας της θερμικής μας ζώνης, ορίσαμε:
 - Το ωράριο λειτουργίας του μηχανικού εξαερισμού (Mechanical ventilation schedule)
 - Το πρόγραμμα βοηθητικής ενέργειας (Auxiliary energy schedule)
 - Το ωράριο φυσικού εξαερισμού (Natural ventilation schedule)
 - Το πρόγραμμα λειτουργίας της θέρμανσης (Heating schedule)
 - Το πρόγραμμα λειτουργίας της ψύξης (Cooling schedule)
 - Το ωράριο παροχής ζεστού νερού χρήσης (DHW schedule)
 - Το ωράριο λειτουργίας του γενικού φωτισμού (General lighting schedule)
 - Το ωράριο λειτουργίας φωτισμού απο διεργασίας και οθόνες (Task and display lighting schedule)

Activity template	
Template	Hotels Motels Resorts Dormito...
<input type="checkbox"/> Exclude zone from thermal calculations	
Floor Areas and Volumes	
Floor area (m2)	1563.14
Occupancy	
Density (people/m2)	0.0450
Schedule	Residential Occupancy
Metabolic	
Metabolic rate per person (W/person)	60.000
Factor (men=1.00, women=0.85, children=0.75)	0.87
CO2 generation rate (m3/s-W)	0.000000382
Clothing	
Winter clothing (clo)	1.00
Summer clothing (clo)	0.50
Generic Contaminant Generation	
<input type="checkbox"/> Generic contaminant generation/removal	
DHW	
Consumption Rate (l/m2-day)	40.000
Environmental Control	
Heating Setpoint Temperatures	
Heating (°C)	20.0
Heating set back (°C)	13.0
Cooling Setpoint Temperatures	
Cooling (°C)	26.0
Cooling set back (°C)	32.0
Humidity Control	
RH Humidification Setpoint (%)	35.0
RH Dehumidification Setpoint (%)	45.0

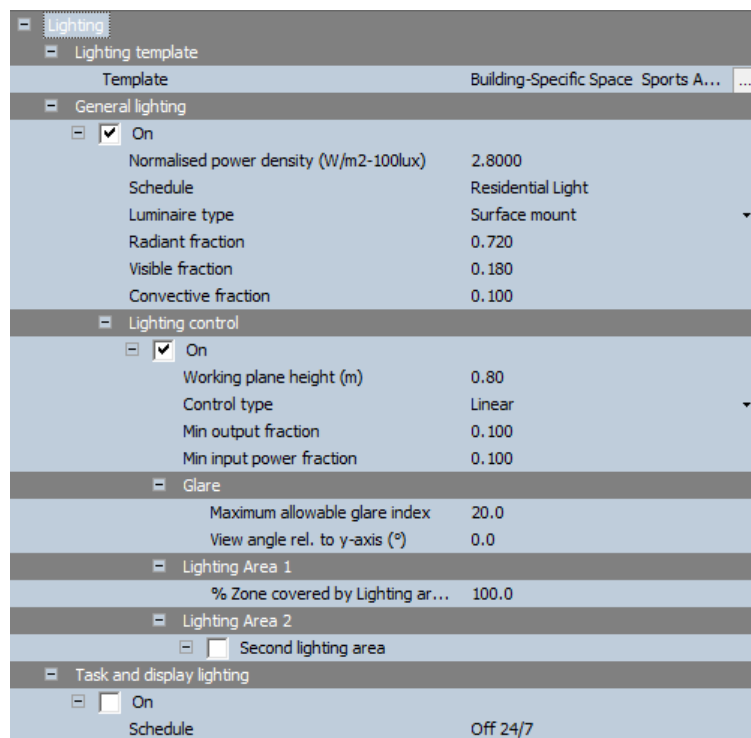
Natural Ventilation	
<input type="checkbox"/> Indoor Min Temperature Control	
Min Temperature (°C)	22.0
<input type="checkbox"/> Indoor Max Temperature Control	
Max Temperature (°C)	100.0
Minimum Fresh Air	
Fresh Air (l/s-person)	2.000
Mech vent per area (l/s-m²)	0.175
Lighting	
Target Illuminance (lux)	250
Default display lighting density (W/m²)	7.0
Computers	
<input type="checkbox"/> On	
Office Equipment	
<input type="checkbox"/> On	
Miscellaneous	
<input type="checkbox"/> On	
Catering	
<input type="checkbox"/> On	
Process	
<input type="checkbox"/> On	
Schedules	
Mechanical ventilation schedule	Residential Occupancy
Auxiliary energy schedule	Residential Occupancy
Natural ventilation schedule	Residential Occupancy
Heating schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - ...
Cooling schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - ...
DHW schedule	On 24/7
General lighting schedule	Residential Light
Task and display lighting schedule	Off 24/7

Εικόνα 30: Activity template θερμικών ζωνών “roomsA” και “roomsB”

Ομοίως, στην καρτέλα “**Lighting**” που παρουσιάζεται στην *Εικόνα 31*, έχουμε επιλέξει τα παρακάτω στοιχεία ώστε να ανταπεξέρχονται στις πραγματικές συνθήκες φωτισμού σύμφωνα με τα πρότυπα του ΚΕΝΑΚ.

- Στο “**Lighting template**” καθορίζουμε την λειτουργία της ζώνης φωτισμού.
- Θέσαμε on το πεδίο “**General lighting**”, συμπληρώσαμε την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο στα 100 lux (Normalised power density), το πρόγραμμα λειτουργίας δεν μας δίνεται η δυνατότητα να το αλλάξουμε εδώ καθώς αλλάζει μόνο από το Activity που αναφέραμε προηγουμένως (Schedule), επιλέξαμε τον τύπο του φωτιστικού (Luminaire type), την ακτινοβολία ορατή (Visible fraction) και μη (Radiant fraction) και τον συντελεστή μεταφοράς ενέργειας (Convective fraction).

- Θέσαμε on το “**Lighting control**” και ορίσαμε το ύψος της επιφάνειας εργασίας (Working plane height), το τύπο ελέγχου φωτισμού (Control type) καθώς και τους συντελεστές ελάχιστης στάθμης εξόδου (Min output fraction) και ενέργειας εισόδου (Min input power fraction).
- Ορίσαμε στο “**Glare**” το μέγιστο επιτρεπόμενο δείκτη αντιλιάς (Maximum allowable glare index) καθώς και την γωνία θέασης από τον άξονα y (View angle rel. to y-axis).
- Στο πεδίο “**Lighting Area 1**” ορίσαμε το ποσοστό κάλυψης του φωτισμού από την πρώτη περιοχή ελέγχου.
- Στο πεδίο “**Lighting Area 2**” επιλέξαμε να μην έχουμε δεύτερη περιοχή ελέγχου φωτισμού στην ζώνη μας.
- Και τέλος στο πεδίο “**Task and display lighting**” επιλέξαμε να μην έχουμε φωτισμό από διεργασίες.



Εικόνα 31: Καρτέλα Lighting θερμικών ζωνών “roomsA” και “roomsB”

Στην καρτέλα “**HVAC**”, επιλέξαμε τα στοιχεία που εμφανίζονται στην *Εικόνα 32*, τα περισσότερα από αυτά είναι ίδια με της reception και θα αναφερθούν μόνο εκείνα που αλλάξαμε. Τα οποία είναι τα εξής:

- Στον μηχανικό εξαερισμό- “**Mechanical ventilation**” αλλάξαμε τις εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (Outside Air), από 4 σε 2.
- Το πεδίο “**Operation**” περιέχει το πρόγραμμα λειτουργίας που ορίσαμε από το “**Activity**” στο πεδίο για τον μηχανικό εξαερισμό.
- Το επόμενο πεδίο “**Operation**” περιέχει το πρόγραμμα για την θέρμανση που ορίσαμε παραπάνω στο “**Activity**”.
- Το τρίτο πεδίο “**Operation**” περιέχει το πρόγραμμα για την ψύξη που ορίσαμε παραπάνω στο “**Activity**”.

[-] HVAC Template		
Template	VRF (Air-Cooled) + Heat Recovery	...
[-] Mechanical ventilation		
<input checked="" type="checkbox"/> On		
Outside Air Definition Method	By Zone	▼
Outside Air (ac/h)	2.0	
[-] Operation		
Schedule	Residential Occupancy	
[-] Heat Recovery		
<input type="checkbox"/> On		
[-] Economiser		
Type	None	▼
[-] Auxiliary Energy		
Pump etc. energy (W/m2)	0.0000	
Schedule	Residential Occupancy	
[-] Heating		
<input checked="" type="checkbox"/> Heated		
Fuel	Electricity	▼
Heating system CoP	3.700	
Type		
[-] Supply Air Condition		
Maximum supply air temperature	35.00	
Maximum supply air humidity	0.0156	
HeatingLimitType	LimitCapacity	▼
Operation		
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Hote...	
[-] Cooling		
<input checked="" type="checkbox"/> Cooled		
Fuel	Electricity	▼
Cooling system CoP	3.100	

[-] Supply Air Condition		
Minimum Supply Air Temperature	12.00	
Minimum Supply Air Humidity ratio	0.0077	
CoolingLimitType	LimitFlowRateAndCapacity	▼
[-] Operation		
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Hote...	
[-] Humidity Control		
<input checked="" type="checkbox"/> Humidification		
Humidification control type	Humidstat	▼
<input checked="" type="checkbox"/> Dehumidification		
Dehumidification control type	Humidstat	▼
[-] Natural Ventilation		
<input type="checkbox"/> On		

Εικόνα 32: HVAC Template θερμικών ζωνών “roomsA” και “roomsB”

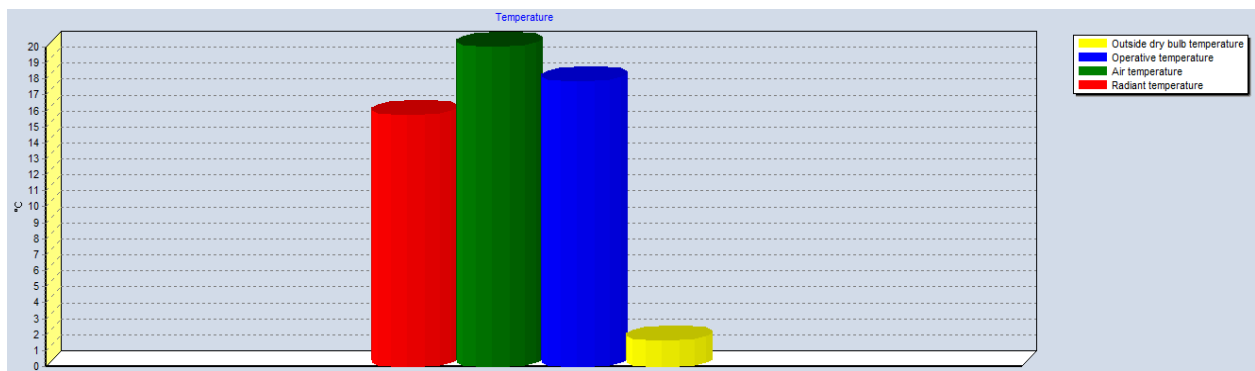
Στην καρτέλα “DHW”, για το ζεστό νερό χρήσης, το μόνο που αλλάζουμε είναι το ωράριο λειτουργίας (Operation-Schedule) το οποίο το θέτουμε ενεργό για όλο το 24ωρο και για όλες τις ημέρες της εβδομάδας, όπως παρατηρείται στην Εικόνα 33. Επίσης, τα στοιχεία του “Zone data” παρέμειναν ίδια και στις δύο ζώνες με αυτά της reception.

[-] DHW		
<input checked="" type="checkbox"/> On		
DHW Template	Central heating boiler	...
Type	Same as HVAC	▼
[-] Water Temperatures		
Delivery Temperature (°C)	50.00	
Mains Supply Temperature (°C)	10.00	
[-] Operation		
Schedule	On 24/7	

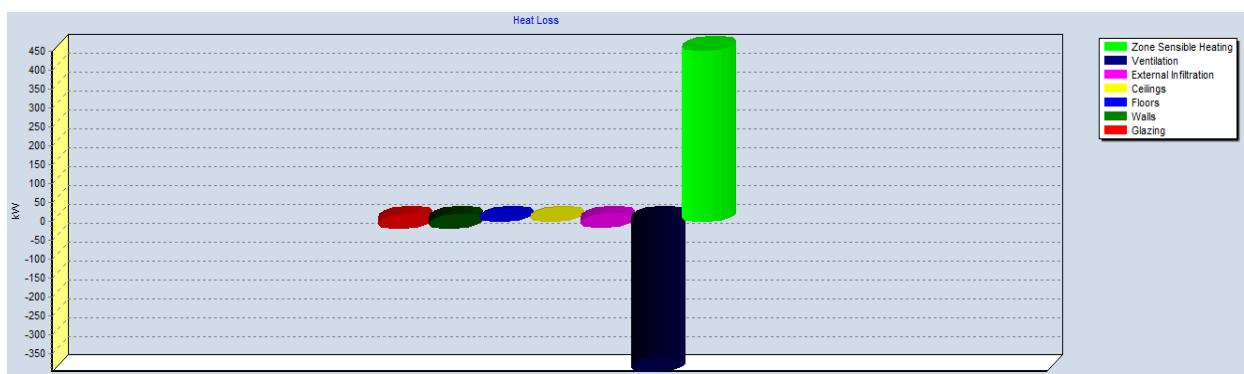
Εικόνα 33: Καρτέλα Ζεστού Νερού Χρήσης για τις θερμικές ζώνες “roomsA” και “roomsB”

8.1.3 Αποτελέσματα από το Heating Design

Με την επιλογή Heating Design το πρόγραμμα μας παράγει αποτελέσματα για την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Η επιλογή αυτή γίνεται μέσω του μονοπατιού **AutoBLD⇒Calculations⇒Heating Design** και τα αποτελέσματα φαίνονται στις *Εικόνες 34, 35* και *Πίνακες 10, 11*. Στην *Εικόνα 34* παρουσιάζεται το διάγραμμα θερμοκρασιών με την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου μας να είναι στους 20°C (με πράσινο χρώμα), την θερμοκρασία λειτουργίας σχεδόν στους 17.5°C (με μπλε χρώμα), την ακτινοβολούμενη θερμοκρασία κοντά στους 16.5°C (με κόκκινο χρώμα) και την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος να φτάνει μόλις τους 1.6°C (με κίτρινο χρώμα). Το διάγραμμα αυτό μας δείχνει ότι παρόλο την αρκετά χαμηλή θερμοκρασία που υπάρχει στο εξωτερικό περιβάλλον το σύστημα μας ανταπεξέρχεται στην θερμική άνεση των 20°C που του ορίσαμε. Στην *Εικόνα 35* παρατηρούμε το διάγραμμα της απώλειας και της εισφοράς θερμότητας στο κτίριο μας σε μορφή ενέργειας. Παρατηρούμε ότι οι μεγάλες απώλειες ενέργειας είναι από τον κλιματισμό του χώρου (μπλε σκούρο χρώμα), και η μεγάλη εισφορά είναι το ισοζύγιο όλων των απωλειών που ονομάζεται από αισθητή θέρμανση (πράσινο ανοιχτό χρώμα). Απώλειες επιπλέον έχουμε και από κουφώματα, τους τοίχους, τις οροφές και από τις χαραμάδες. Εισφορά θερμότητας έχουμε μόνο από το δάπεδο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 34: Διάγραμμα Θερμοκρασιών του Heating Design



Εικόνα 35: Διάγραμμα Απωλειών Θερμότητας του Heating Design

Στους *Πίνακες 10, 11* παρουσιάζονται οι συνολικές απαιτήσεις ενέργειας του κελύφους και για τις επιμέρους ζώνες, για την διατήρηση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Στον *Πίνακα 10* βλέπουμε ότι τις περισσότερες απαιτήσεις για εξαερισμό (στήλη Ventilation) τις έχει η recertion, λογικό καθώς και οι εναλλαγές αέρα είναι περισσότερες αλλά και τα συνολικά τετραγωνικά μέτρα του χώρου. Οι περισσότερες απώλειες από τα κουφώματα (στήλη Glazing)

παρατηρούνται και αυτές στην reception, το οποίο είναι ορθό λόγω των μεγαλύτερου πλήθους και διαστάσεων κουφωμάτων που περιέχει. Η εισφορά θερμότητας που γίνεται από το έδαφος (στήλη Floors) υπάρχει μόνο στην reception, η οποία εφάπτεται με αυτό, πράγμα απολύτως λογικό. Στο Summary βλέπουμε ότι η θερμοκρασία άνεσης είναι στους 17.9°C (Comfort temperature), η σταθερή απώλεια θερμότητας ανέρχεται στα 450.9 kW, η μέγιστη απόδοση κτιρίου βάση του σχεδιασμού του στα 563.6 kW (Design capacity) και η μέγιστη απόδοση ανά τετραγωνικό μέτρο στα 81.9 W/m².

Πίνακας 10: Συνθήκες περιβάλλοντος και Απώλειες Ενέργειας

Steady State						
Comfort						
Zone	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
reception	20.000	17.49368	18.74684	1.60000	29.3324194	4.27725
roomsA	20.000	14.77948	17.38974	1.60000	29.3324189	2.67215
roomsB	20.000	14.88679	17.44340	1.60000	29.3324190	2.13862
Heat loss						
Zone	Glazing (kW)	Walls (kW)	Floors (kW)	Ceilings (kW)	External Infiltration (kW)	Ventilation (kW)
reception	-7.2254938	-7.1781419	0.4146234	0.0000000	-0.0000000	-283.1812924
roomsA	-5.9044544	-4.9591719		-0.0002234	-15.4796469	-58.3615088
roomsB	-6.0350932	-5.3583158				-56.8841958
Building total	-19.1650414	-17.4956297	0.4146234	-0.0002234	-15.4796469	-398.4269971
Summary						
	Comfort temperature (°C)	Steady state heat loss (kW)	Design capacity (kW)	Design capacity (W/m ²)		
	17.859992	450.8915046	563.6143807	81.9321273		

Στον Πίνακα 11, παρατηρούμε τις συνολικές απώλειες θερμότητας-απαιτήσεις ενέργειας για την διατήρηση των συνθηκών που έχουν οριστεί από την κάθε ζώνη. Πιο αναλυτικά έχουμε 297.8 kW στην reception, 84.8 kW στην roomsA και 68.3 kW στην roomsB. Συνολικά για όλο το κτίριο 450.89 kW.

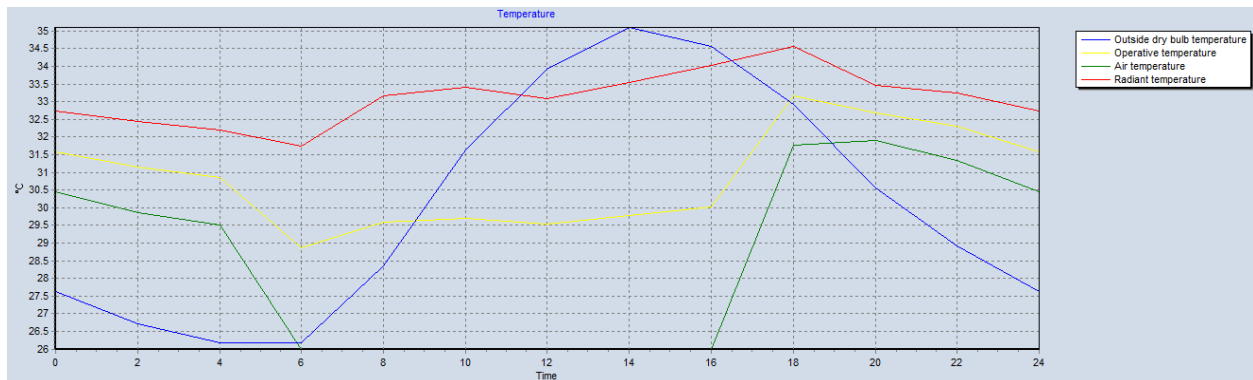
Πίνακας 11: Απώλειες θερμότητας των επιμέρους ζωνών και το συνολικό του κτιρίου

Heat loss	
Zone	Zone sensible heating (kW)
reception	297.7927927
roomsA	84.8103491
roomsB	68.2883628
Building total	450.8915046

8.1.4 Αποτελέσματα από το Cooling Design

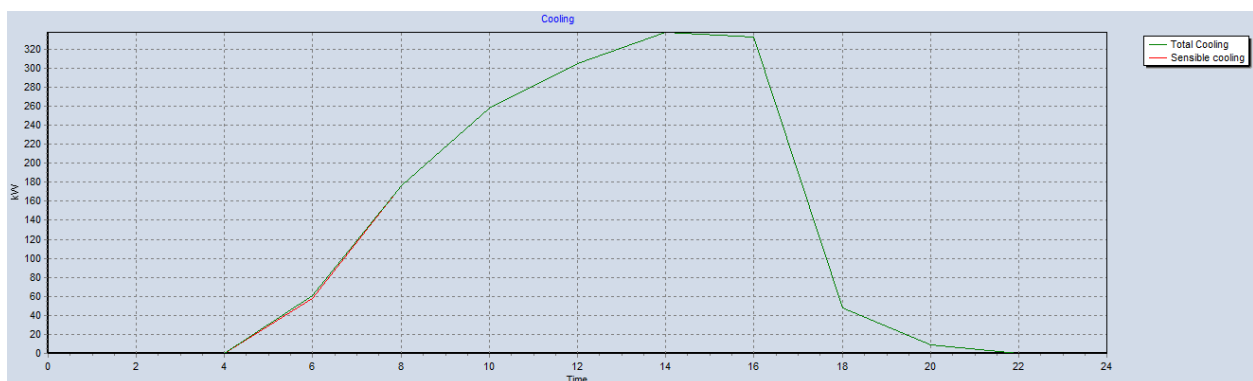
Το cooling design μας δίνει την δυνατότητα με βάση την προσομοίωση για τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου και τα αποτελέσματα που εξάγει, να επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα ψύξης. Για το cooling design ακολουθούμε το μονοπάτι **AutoBLD**⇒**Calculations**⇒**Cooling Design** και

μας εμφανίζονται τα γραφήματα των *Εικόνων 36, 37, 38, 39* για όλο το κτίριο και στους *Πίνακες 12, 13* παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε ζώνη ξεχωριστά και στο σύνολο τους. Στην *Εικόνα 36* εμφανίζονται σε μορφή διαγράμματος για την ημέρα, που ορίσαμε παραπάνω στο κεφάλαιο που ορίσαμε τα κλιματικά μας δεδομένα, η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (μπλε χρώμα) η οποία κυμαίνεται από 26°C έως 35°C, η θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος (κίτρινο χρώμα) που κυμαίνεται από 29°C έως 33°C, η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου (πράσινο χρώμα) που είναι από 26°C έως 32°C και η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (κόκκινο χρώμα) που κυμαίνεται από 31.7°C έως 34.5°C.



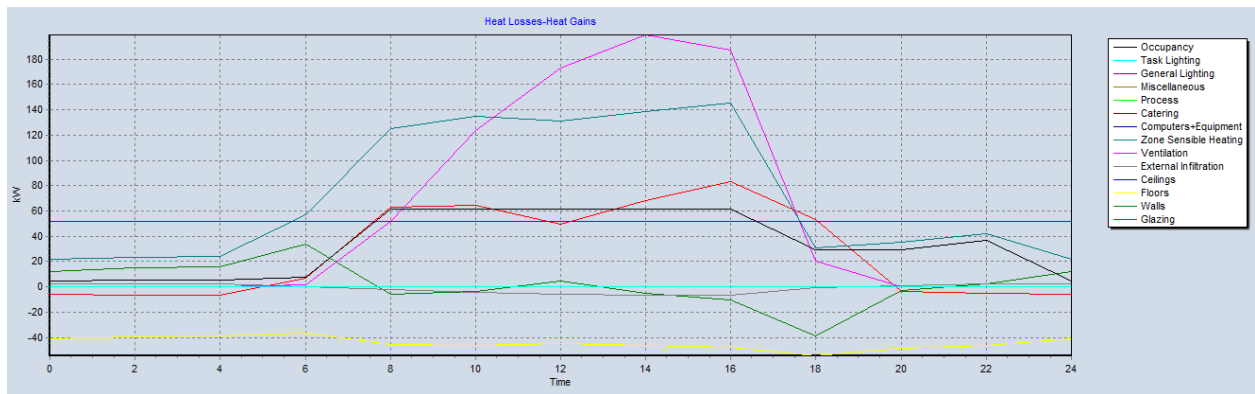
Εικόνα 36: Διάγραμμα Θερμοκρασιών του Cooling Design για μία ημέρα

Στο παρακάτω διάγραμμα, *Εικόνα 37*, παρατηρούμε το ολικό φορτία ψύξης (πράσινο χρώμα) να ξεκινάει στις 4:00 και να ελαττώνεται από τις 16:00 έως τις 22:00 που γίνεται μηδέν. Αντίστοιχα παρατηρούμε ότι η καμπύλη της αισθητής ψύξης (κόκκινο χρώμα) ακολουθεί την προηγούμενη καμπύλη.



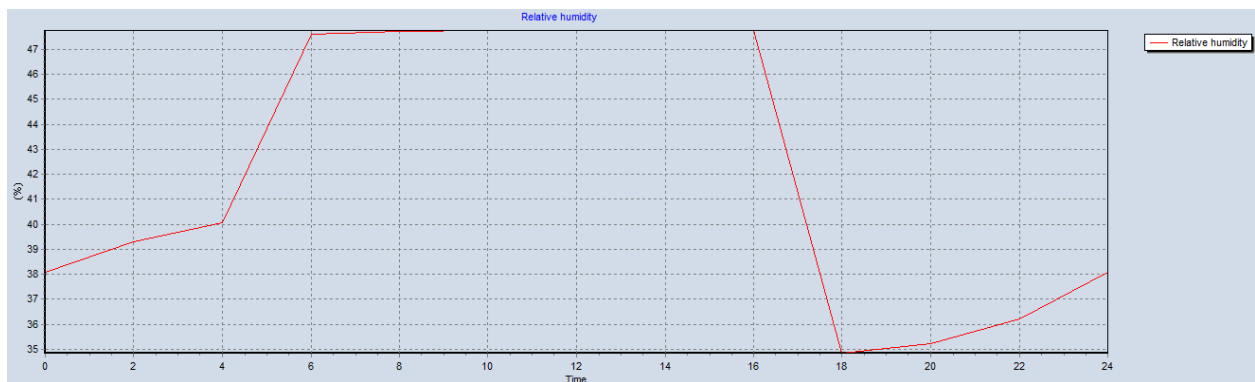
Εικόνα 37: Διάγραμμα Φορτίων για την Ψύξη του Κτιρίου

Στο διάγραμμα των απωλειών και των κερδών της *Εικόνας 38*, παρατηρούμε ότι όλα τα στοιχεία μέσα στην ημέρα μας παρέχουν κέρδη σε μορφή θερμότητας με εξαίρεση το δάπεδο του ισογείου (κίτρινο χρώμα) το οποίο έχει μονίμως αρνητικές τιμές, δηλαδή παρέχει ψύξη στον χώρο. Ελάχιστη συνεισφορά ψύξης παρατηρούμε και από τους τοίχους (πράσινο χρώμα) τα χρονικά διαστήματα 8:00-10:00 και 13:00-21:00 και από υαλοπίνακες των παραθύρων (κόκκινο χρώμα) το χρονικό διάστημα 20:00-5:00.



Εικόνα 38: Διάγραμμα Θερμικών Απωλειών και Κερδών για την Ψύξη

Στο διάγραμμα της σχετικής υγρασίας, *Εικόνα 39*, παρατηρούμε ότι τα ποσοστά της κυμαίνονται από 35-50% εντός ορίων που έχουν οριστεί με βάση το ΚΕΝΑΚ.



Εικόνα 39: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας

Το αρχείο που εξάγουμε περιέχει πίνακες με αναλυτικά στοιχεία με βήμα δύο ωρών της θερινής ημέρας που είχαμε ορίσει. Οπότε θα σχολιαστούν τα συνοπτικά δεδομένα που υπάρχουν στο ίδιο αρχείο. Στον *Πίνακα 12* παρατηρούμε ότι τις μεγαλύτερες απαιτήσεις τις έχει η reception, πράγμα που είναι απολύτως λογικό λόγω των τετραγωνικών της και της χρήσης της. Το συνολικό φορτίο ψύξης (στήλη Total cooling load) ανέρχεται στα 341.6 kW με λανθάνων φορτία (στήλη Latent) στα 199 kW. Στον *Πίνακα 13*, διακρίνουμε ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου (Air temperature) τις ώρες λειτουργίας του συστήματος ψύξης διατηρείται στους 26°C, η υγρασία (Humidity) για την reception είναι εντός ορίων, ενώ για τις άλλες δύο ζώνες ξεπερνά κατά 2% το ανώτατο όριο, η μέγιστη ζήτηση ψύξης γίνεται στις 15:00 και η συνολική μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας ανέρχεται στους 33.2°C.

Πίνακας 12: Συνοπτικά Αποτελέσματα Cooling Design I

Summary	Design capacity (kW)	Total cooling load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)
reception	247.8980855	215.5635526	74.0688121	141.4947406
roomsA	75.7643140	65.8820122	36.7154024	29.1666098
roomsB	69.1602641	60.1393601	31.7110488	28.4283113
Building total	392.8226636	341.5849249	142.4952633	199.0896616

Πίνακας 13: Συνοπτικά Αποτελέσματα Cooling Design II

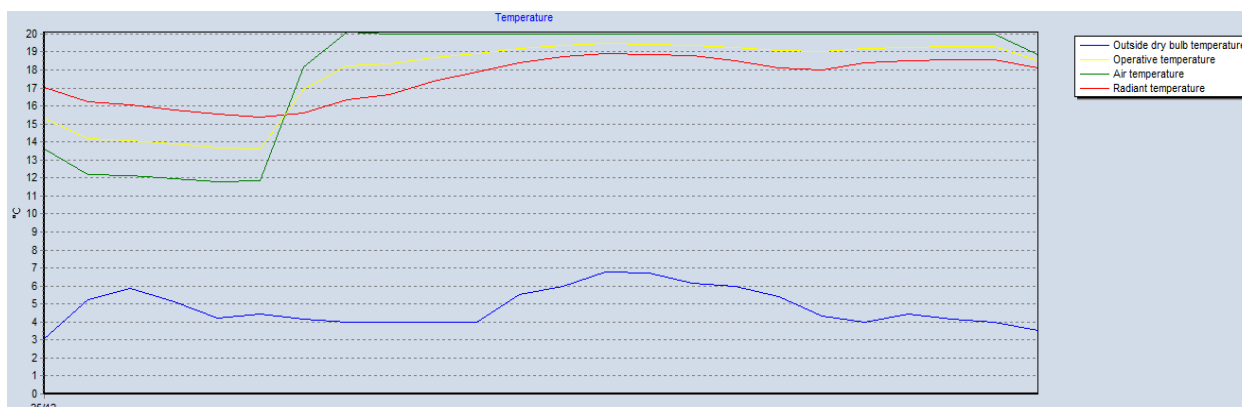
Summary	Air temperature (°C)	Humidity (%)	Time of max cooling	Maximum operative temperature in day (°C)
reception	26.00000	48.3837636	15:00	31.05400
roomsA	26.00000	47.4342511	15:00	34.28528
roomsB	26.00000	47.4342549	15:00	34.19434
Building total	26.00000	47.7507565	15:00	33.17788

8.1.5 Αποτελέσματα Προσομοίωσης Χειμερινής και Θερινής Ημέρας

Μετά από πλήθος προσομοιώσεων διακρίναμε τις δυσμενέστερες ημέρες λειτουργίας μία για την θερινή περίοδο και μία για την χειμερινή περίοδο, για τις οποίες θα αναλυθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Αυτές οι ημέρες είναι η 25 Δεκεμβρίου και η 4 Αυγούστου για την χειμερινή και την θερινή περίοδο αντίστοιχα. Οι δυσμενέστερες ημέρες επιλέχθηκαν με κριτήριο την μικρότερη μέση θερμοκρασία ημέρας για την χειμερινή και την μέγιστη μέση θερμοκρασία ημέρας για την θερινή.

8.1.5.1 Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας

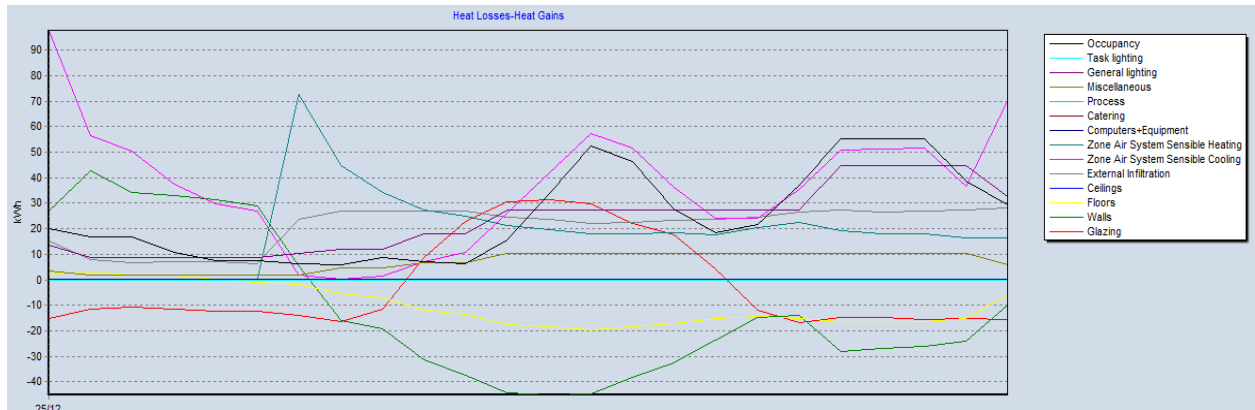
Ακολουθώντας το μονοπάτι **AutoBLD⇒Calculations⇒Simulation** το λογισμικό εκτελεί την προσομοίωση και μας εμφανίζονται στην οθόνη τα διαγράμματα των Εικόνων 40, 41, 42, 43. Στην *Εικόνα 40*, διακρίνουμε τις αυξομειώσεις των θερμοκρασιών και πιο συγκεκριμένα της εσωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος που όσο το σύστημα είναι ανενεργό κατά τις πρώτες πρωινές ώρες κατεβαίνει μέχρι και τους 12°C, ενώ κατά την διάρκεια που το σύστημα θέρμανσης είναι σε λειτουργία η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 20°C. Η εξωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται από 3 έως 7°C.



Εικόνα 40: Διάγραμμα Θερμοκρασιών Simulation 25/12

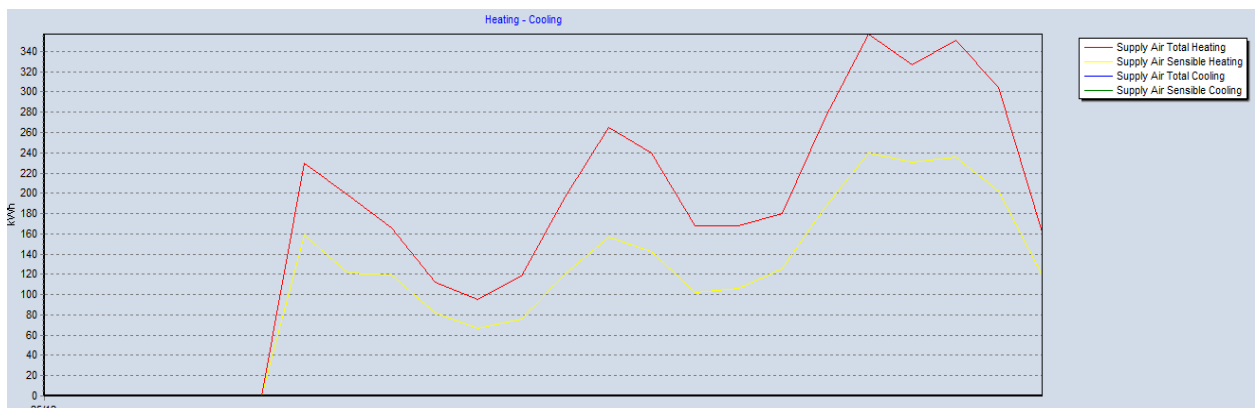
Παρατηρώντας το διάγραμμα της *Εικόνας 41*, διακρίνουμε ότι έχουμε απώλειες θερμότητας από τους υαλοπίνακες (κόκκινο χρώμα) κατά τις πρωινές και βραδινές ώρες, από το δάπεδο της reception (κίτρινο χρώμα) από τις πρώτες πρωινές μέχρι τις βραδινές ώρες και από την

τοιχοποιία (πράσινο χρώμα) από το μεσημέρι έως αργά το βράδυ. Επίσης, θερμικά κέρδη έχουμε από το πληθυσμό (μαύρο χρώμα), το φωτισμό (μωβ χρώμα), από τον εσωτερικό εξοπλισμό (χακί χρώμα) και σχεδόν μηδενικά από τους Η/Υ (σκούρο μπλε χρώμα) καθόλη την διάρκεια της ημέρας.



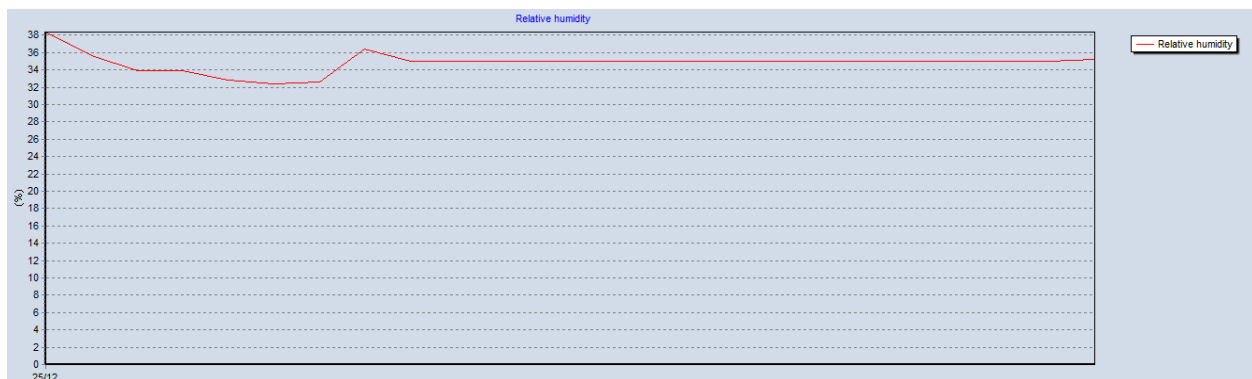
Εικόνα 41: Διάγραμμα Απώλειας-Κέρδους Θερμότητας 25/12

Στο διάγραμμα της Εικόνας 42 διακρίνουμε τις καμπύλες της συνολικής παροχής ενέργειας για την θέρμανση (κόκκινο χρώμα) και η αισθητή θέρμανση (κίτρινο χρώμα). Το σύστημα ζητάει στιγμιαία την μέγιστη κατανάλωση που ανέρχεται στα 350 kW τις απογευματινές ώρες που υπάρχει πτώση της θερμοκρασίας. Επίσης, δεν υπάρχουν απαιτήσεις για ψυκτικά φορτία.



Εικόνα 42: Διάγραμμα Ψυκτικών και Θερμικών Φορτίων 25/12

Στο διάγραμμα της αισθητής υγρασίας, Εικόνα 43, παρατηρούμε ότι καθόλη την διάρκεια της λειτουργίας των συστημάτων, με βάση τα προγράμματα λειτουργίας που επιλέχθηκαν, η σχετική υγρασία παραμένει στο 35% που είναι το κατώτατο όριο. Τις ώρες αδρανοποίησης του συστήματος το ποσοστό αυτό πέφτει μέχρι το 32%.



Εικόνα 43: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας 25/12

Εκτός, από τα παραπάνω διαγράμματα μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε να εμφανιστούν αναλυτικά όλα τα φορτία της μελέτης μας, ανά ώρα που ορίστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Στο Πίνακα 14, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που εξάγει η προσομοίωση για τις 25 Δεκεμβρίου από τις 00:00 έως τις 23:00, για την εσωτερική θερμοκρασία (Air temperature), την ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature), την θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature), την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (Outside dry bulb temperature), την σχετική υγρασία (Relative humidity) και τις συνολικές εναλλαγές του αέρα από τις χαραμάδες, τον φυσικό και τον μηχανικό αερισμό (Mech vent + nat vent + Infiltration). Στην στήλη της εσωτερικής θερμοκρασίας γίνεται αντιληπτό ότι το σύστημα μας παρέχει τις θερμοκρασίες που ορίσαμε και ξεκινάει από τις 6:00 έως τις 22:00 η θέρμανση του χώρου. Επίσης, η σχετική υγρασία του χώρου διατηρείται στο 35% κατά την λειτουργία του συστήματος. Οι εναλλαγές αέρα έχουν μία μικρή αύξηση τις απογευματινές και βραδινές ώρες καθώς εκείνες τις ώρες επιστρέφουν οι πελάτες και το εστιατόριο και το μπαρ είναι σε ώρες αιχμής. Επιπλέον, υπάρχει μείωση των εναλλαγών το χρονικό διάστημα 6:00-11:00 καθώς εκείνες τις ώρες οι περισσότεροι ένοικοι βρίσκονται εκτός ξενοδοχείου.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF I

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
25/12 00:00	13.58898	17.03394	15.31146	3.10000	38.3793050	5.13870
25/12 01:00	12.16489	16.24285	14.20387	5.25000	35.6261860	4.92270
25/12 02:00	12.10284	16.08199	14.09241	5.85000	33.9443381	4.92622
25/12 03:00	11.96201	15.80424	13.88312	5.12500	33.9303450	4.52429
25/12 04:00	11.79648	15.56870	13.68259	4.22500	32.8033078	4.31840
25/12 05:00	11.82158	15.38685	13.60422	4.45000	32.4298274	4.31589
25/12 06:00	18.17729	15.61398	16.89564	4.15000	32.6291182	3.67352
25/12 07:00	20.10426	16.35178	18.22802	4.00000	36.4066820	3.50103
25/12 08:00	20.00000	16.63642	18.31821	4.00000	35.0471971	3.70619
25/12 09:00	20.00000	17.37084	18.68542	4.00000	35.0006090	2.71262
25/12 10:00	20.00000	17.86575	18.93287	4.00000	35.0000169	2.31551
25/12 11:00	20.00000	18.40565	19.20283	5.50000	35.0031765	2.90659
25/12 12:00	20.00000	18.71110	19.35555	6.00000	35.0005034	4.09518
25/12 13:00	20.00000	18.92216	19.46108	6.75000	35.0000555	5.28391
25/12 14:00	20.00000	18.84701	19.42351	6.70000	35.0000098	4.88730
25/12 15:00	20.00000	18.77504	19.38752	6.15000	35.0000015	3.69818
25/12 16:00	20.00000	18.49489	19.24745	6.00000	35.0000001	4.49189
25/12 17:00	20.00000	18.10580	19.05290	5.40000	35.0000005	4.69144
25/12 18:00	20.00000	18.01246	19.00623	4.30000	34.9999997	5.68527
25/12 19:00	20.00000	18.38110	19.19055	4.00000	35.0067924	6.67311
25/12 20:00	20.00000	18.51159	19.25580	4.45000	35.0020071	6.67080
25/12 21:00	20.00000	18.56340	19.28170	4.15000	35.0003350	6.67131
25/12 22:00	20.00000	18.56590	19.28295	4.00000	35.0000474	6.47341
25/12 23:00	18.86928	18.09394	18.48161	3.55000	35.1730239	5.84444

Στην επόμενη σελίδα των αποτελεσμάτων εμφανίζεται ο Πίνακας 15, που περιέχει τα φορτία των υαλοπινάκων (Glazing), της τοιχοποιίας (Walls), του δαπέδου (Floors), των οροφών (Ceiling), της εξωτερικής διείσδυσης (External Infiltration) και το ποσοστό απαίτησης χώρου σε θέρμανση (Zone air system sensible heating rate). Στους υαλοπίνακες είναι εμφανές ότι έχουμε θερμικά κέρδη από τις 9:00 έως τις 16:00, λόγω της ηλιοφάνειας και απώλειες θερμότητας τις ώρες που αυτή εκλύπη. Η τοιχοποιία μέσα από τα αποτελέσματα της έχει απώλειες την χρονική περίοδο 7:00-23:00 και τις υπόλοιπες ώρες αποβάλλει στο εσωτερικό του κτιρίου την θερμότητα που αποθηκεύουν τα δομικά υλικά του. Στο δάπεδο έχουμε κάποια μικρά θερμικά κέρδη τις ώρες 00:00-4:00, λόγω της αποβολής θερμότητας του εδάφους. Από τις οροφές παρατηρούμε ότι έχουμε σχεδόν αμελητέες απώλειες και εισφορές θερμότητας. Η εξωτερική διείσδυση τις ώρες 7:00-23:00 ανέρχεται κατά μέσο όρο περίπου στα 12 kWh, ενώ τις ώρες 01:00-5:00 είναι περίπου στα 3.5 kWh. Τα αποτελέσματα αυτά είναι απολύτως ορθά καθώς τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, η διαφορά της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας (περίπου 15°C) είναι μεγαλύτερη από αυτή των ωρών που το σύστημα θέρμανσης είναι κλειστό (περίπου 7°C), συνεπώς από τους νόμους της θερμοδυναμικής στην πρώτη περίπτωση είναι λογικό να έχουμε μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας. Στις 00:00 και 6:00 διακρίνουμε ότι η εξωτερική διείσδυση διαφέρει, γιατί είναι τις ώρες της μετάβασης του συστήματος. Στην στήλη με τα ποσοστά αισθητής θέρμανσης διακρίνεται ότι τις πρώτες ώρες λειτουργίας του συστήματος είναι αρκετά μεγάλα (72%-44.8%-34%), λόγω της απότομης μεταβολής της εσωτερικής θερμοκρασίας από τους 11.8°C στους 20°C.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF II

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
25/12 00:00	-15.2065640	26.8966061	2.1191215	0.0002251	7.6504131	0.0000000
25/12 01:00	-11.3258101	42.7240938	3.0581556	0.0004641	3.9169146	0.0000000
25/12 02:00	-10.6578449	34.1292402	1.9955864	0.0003379	3.2879455	0.0000000
25/12 03:00	-11.5216545	32.9122250	1.8732615	0.0002972	3.4527612	0.0000000
25/12 04:00	-12.4016211	31.3699600	0.3331857	0.0002902	3.5996046	0.0000000
25/12 05:00	-12.3208410	29.0913897	-1.0322907	0.0002684	3.2084090	0.0000000
25/12 06:00	-14.1137202	5.5475598	-1.6555697	-0.0001318	11.8065759	72.8012087
25/12 07:00	-16.3152336	-16.0321021	-5.3651825	-0.0004040	13.5296338	44.8451403
25/12 08:00	-11.4429067	-19.0835242	-7.0749489	-0.0003709	13.5422819	34.1489757
25/12 09:00	8.7395209	-31.4975716	-11.9194775	-0.0004584	13.5450124	27.2108102
25/12 10:00	22.8416200	-37.3260883	-13.4538308	-0.0005034	13.5447297	24.9530939
25/12 11:00	30.7413928	-44.3395198	-17.5000508	-0.0004923	12.2203216	21.4202352
25/12 12:00	31.3255303	-45.1019411	-18.5369881	-0.0004429	11.7803179	19.5726705
25/12 13:00	29.6166201	-44.5723354	-19.6326832	-0.0003937	11.1203836	18.1354131
25/12 14:00	21.9543618	-38.1802062	-18.5386538	-0.0003091	11.1641350	18.1768981
25/12 15:00	17.5956976	-32.6104892	-17.0066507	-0.0002576	11.6479918	18.5704562
25/12 16:00	4.3751821	-23.7851105	-15.1640226	-0.0001405	11.7801968	17.5540607
25/12 17:00	-11.9555655	-14.9328267	-14.1609876	-0.0000107	12.3125013	20.2771144
25/12 18:00	-16.6902227	-14.0983335	-15.0229747	-0.0000054	13.2904275	22.3074395
25/12 19:00	-14.9195045	-28.2027397	-16.4864351	-0.0002656	13.5682820	19.3037727
25/12 20:00	-14.9309058	-26.9935373	-16.5091848	-0.0002541	13.1705252	17.9518620
25/12 21:00	-15.4716838	-26.0009980	-16.5431516	-0.0002358	13.4374200	17.9101107
25/12 22:00	-15.2516448	-23.9661479	-15.2415619	-0.0002337	13.5710928	16.2255307
25/12 23:00	-15.5061112	-9.9937440	-5.8833781	-0.0002216	13.9764175	16.3537689

Στον Πίνακα 16, που είναι η συνέχεια των αποτελεσμάτων, εμφανίζονται το ποσοστό απαίτησης χώρο σε ψύξη (Zone air system sensible cooling rate), παροχή αισθητής ψύξης (Supply air sensible cooling), παροχή συνολικής ψύξης (supply air total cooling), παροχή αισθητής θέρμανσης (Supply air sensible heating), παροχή συνολικής θέρμανσης (supply air

total heating) και τα φορτία Η/Υ (Computers+Equipment). Οι στήλες που μας ενδιαφέρουν περισσότερο είναι εκείνες των συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης, που είναι το άθροισμα του αισθητού και του λανθάνον φορτίου ψύξης και θέρμανσης αντίστοιχα, δηλαδή αυτό που καταναλώνει το σύστημα μας. Το συνολικό φορτίο ψύξης είναι καθόλη την διάρκεια της ημέρας μηδενικό, ορθό αποτέλεσμα διότι είμαστε στην χειμερινή περίοδο. Το συνολικό φορτίο θέρμανσης έχει αυξομειώσεις μέσα στην ημέρα ξεκινώντας με μία σχετικά μεγάλη κατανάλωση 229.9 kWh, για να φτάσει στις επιθυμητές θερμοκρασίες και μέγιστη κατανάλωση στις 19:00 με τιμή 357.1 kWh. Τα φορτία των Η/Υ είναι σταθερά στα 0.038 kWh, γιατί ορίσαμε ως πρόγραμμα λειτουργίας να είναι ενεργά όλο το 24ωρο και για όλες τις ημέρες.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF III

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
25/12 00:00	97.7494684	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 01:00	56.2852988	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 02:00	50.3456452	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 03:00	37.2821629	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 04:00	29.7053947	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 05:00	26.7622700	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 06:00	1.8410023	0.0000000	0.0000000	158.5618340	229.9108382	0.0379233
25/12 07:00	0.3851838	0.0000000	0.0000000	120.9049009	197.8694033	0.0379233
25/12 08:00	1.4758900	0.0000000	0.0000000	119.7050815	166.3283110	0.0379233
25/12 09:00	7.2302815	0.0000000	0.0000000	82.0797570	112.6212831	0.0379233
25/12 10:00	10.6152492	0.0000000	0.0000000	66.4704391	95.2510927	0.0379233
25/12 11:00	25.9409678	0.0000000	0.0000000	76.1775769	118.7744273	0.0379233
25/12 12:00	41.7997877	0.0000000	0.0000000	120.1695285	195.8299003	0.0379233
25/12 13:00	57.1682983	0.0000000	0.0000000	156.7740761	264.5475393	0.0379233
25/12 14:00	51.4680107	0.0000000	0.0000000	142.8333110	239.7687897	0.0379233
25/12 15:00	36.1598519	0.0000000	0.0000000	102.0153409	167.9358598	0.0379233
25/12 16:00	24.2516254	0.0000000	0.0000000	106.1563666	168.3300808	0.0379233
25/12 17:00	23.9239070	0.0000000	0.0000000	125.3409944	180.1952618	0.0379233
25/12 18:00	35.3630824	0.0000000	0.0000000	185.8057731	274.2760224	0.0379233
25/12 19:00	50.6552725	0.0000000	0.0000000	240.0170207	357.0923581	0.0379233
25/12 20:00	51.2686228	0.0000000	0.0000000	230.6334279	326.5046693	0.0379233
25/12 21:00	51.4432280	0.0000000	0.0000000	235.3190678	350.6127858	0.0379233
25/12 22:00	36.7481783	0.0000000	0.0000000	202.0864926	304.6969848	0.0379233
25/12 23:00	70.3364580	0.0000000	0.0000000	119.0068852	161.3536773	0.0379233

Η τελευταία καρτέλα αποτελεσμάτων, Πίνακας 17, περιέχει τα υπόλοιπα φορτία που είναι για την τροφοδοσία (Catering), την επεξεργασία (Process), λοιπά φορτία (Miscellaneous), φορτία γενικού φωτισμού (General Lighting), φωτισμός διεργασιών (Task Lighting) και θερμικά κέρδη πληθυσμού (Occurance). Τα φορτία τροφοδοσίας και επεξεργασίας τα έχουμε ορίσει από πριν να είναι μηδενικά. Στα λοιπά φορτία έχουμε υπολογίσει τα φορτία κατανάλωσης του εστιατορίου, της καφετέριας-μπαρ, των καταστημάτων και των αιθουσών πολλαπλών χρήσεων. Τα φορτία αυτά παρατηρούμε ότι μεγιστοποιούνται (10.24 kWh) τις ώρες 11:00-22:00 που δουλεύει το εστιατόριο και η καφετέρια-μπαρ. Το χρονικό διάστημα 7:00-10:00 και 23:00-00:00 που λειτουργεί η καφετέρια-μπαρ και κάποιες μικρές καταναλώσεις από τα καταστήματα, έχουμε μέση κατανάλωση περίπου 5.3 kWh, ενώ τις υπόλοιπες ώρες μία κατανάλωση της τάξης του 1.7 kWh για τις διεργασίες του εστιατορίου και του καφέ-μπαρ για την επόμενη ημέρα. Το φορτίο γενικού φωτισμού τις ώρες 1:00-5:00 ανέρχεται στα 8.87 kWh, διότι εκείνες τις ώρες λειτουργεί ο φωτισμός της reception και ένα μικρό φορτίο από τον φωτισμό των δωματίων. Από τις 6:00-10:00 παρατηρείται αύξηση των φορτίων, λόγω της αφύπνισης των ενοίκων και της λειτουργίας της καφετέριας. Το χρονικό διάστημα 11:00-18:00 η κατανάλωση φτάνει τα 27.3 kWh, λόγω της προσθήκης των καταστημάτων και του εστιατορίου στα φορτία του φωτισμού. Η μέγιστη κατανάλωση γίνεται τις ώρες 19:00-23:00,

καθώς εκείνη την ώρα οι ένοικοι επιστρέφουν στο ξενοδοχείο. Τα φορτία του φωτισμού από διεργασίες έχουν συνυπολογιστεί στα φορτία γενικού φωτισμού. Στα θερμικά κέρδη του πληθυσμού παρατηρούμε ότι τις μεσημεριανές ώρες και του δείπνου είναι μεγάλα τα φορτία, λόγω του εστιατορίου. Επίσης, τις πρώτες πρωινές ώρες τα φορτία είναι περίπου 6.5 kWh, λογικό αφού οι περισσότεροι ένοικοι κοιμούνται.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF IV

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
25/12 00:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	20.0113542
25/12 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	10.7390999
25/12 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 06:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	6.1186787
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
25/12 08:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.8270128
25/12 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.9149257
25/12 10:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.1500908
25/12 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	15.4223452
25/12 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.9668539
25/12 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	52.5113626
25/12 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.3298597
25/12 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	27.7853510
25/12 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	18.4816846
25/12 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	21.5724360
25/12 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	37.0261933
25/12 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 22:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	38.5558630
25/12 23:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	29.2836086

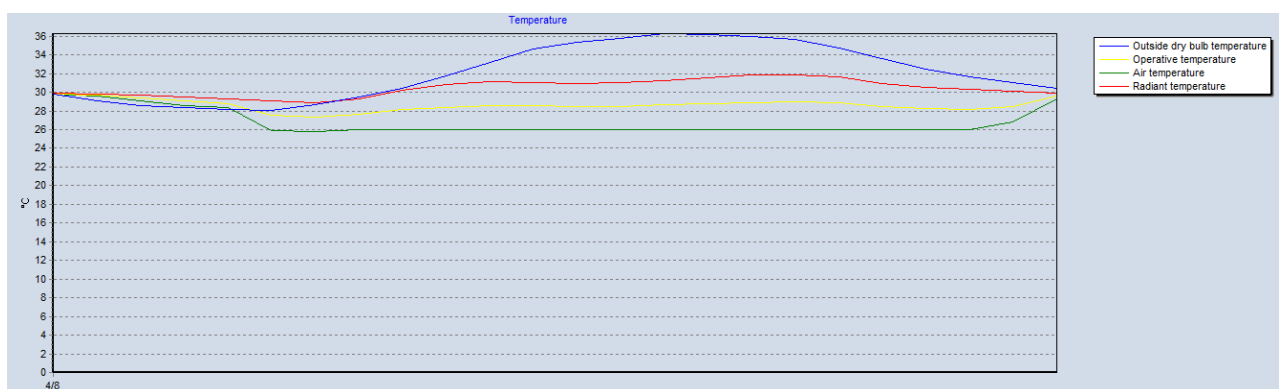
Επίσης, στην τελική έκθεση που παράγεται από το λογισμικό υπάρχει ο Πίνακας 18, ο οποίος περιέχει την συνολική και καθαρή πρωτογενή και δευτερογενή ενέργεια που αγοράζεται απευθείας για χρήση στο κτίριο (Total and Net Site Energy) και την συνολική και καθαρή ενέργεια του Site energy συν όλες τις απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total and Net Source Energy). Το πρόγραμμα δεν συνυπολογίζει τις απώλειες κατά την μεταφορά της ενέργειας από υποσταθμούς, έτσι τα Total και Net θα έχουν τις ίδιες τιμές. Οπότε έχουμε συνολική κατανάλωση 11048.79 kWh πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας και 39599.84 kWh ενέργειας που έχουν συνυπολογιστεί απώλειες απόδοσης και παραγωγής. Στην στήλη Energy Per Total Building Area παρατηρούμε τα kWh ανά τετραγωνικό μέτρο του κτιρίου, ενώ στην στήλη Energy Per Conditioned Building Area τα kWh ανά τετραγωνικό μέτρο κλιματιζόμενου χώρου που είναι τα ίδια, επειδή οι κλιματιζόμενες ζώνες μας καλύπτουν όλο το κτίριο.

Πίνακας 18: Report συνολικών φορτίων για το σενάριο VRF

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	11048.79	1.61	1.61
Net Site Energy	11048.79	1.61	1.61
Total Source Energy	39599.84	5.76	5.76
Net Source Energy	39599.84	5.76	5.76

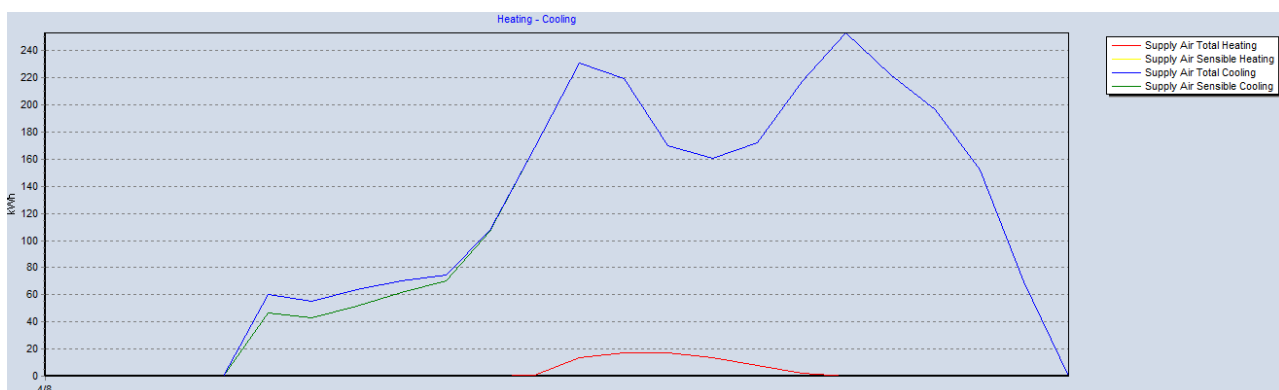
8.1.5.2 Προσομοίωση Θερμής Ημέρας

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με την προσομοίωση της χειμερινής ζώνης, αλλάζοντας όμως την ημερομηνία προσομοίωσης στο **AutoBLD⇒Element Parameters⇒Other Functions...⇒EnergyPlus export settings⇒Simulation** από 25 Δεκεμβρίου σε 4 Αυγούστου και τρέχοντας το simulation, το λογισμικό μας εμφανίζονται στην οθόνη τα διαγράμματα των *Εικόνων 44, 45, 46, 47*. Στην *Εικόνα 44*, διακρίνουμε τις αυξομειώσεις των θερμοκρασιών και πιά συγκεκριμένα της εσωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος (πράσινο χρώμα) που όσο το σύστημα είναι ανενεργό κατά τις πρώτες πρωινές ώρες φτάνει σχεδόν τους 30°C, ενώ κατά την διάρκεια που το σύστημα θέρμανσης είναι σε λειτουργία η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 26°C. Η εξωτερική θερμοκρασία (μπλε χρώμα) κυμαίνεται από 28 έως 36°C.



Εικόνα 44: Διάγραμμα Θερμοκρασιών 4/8

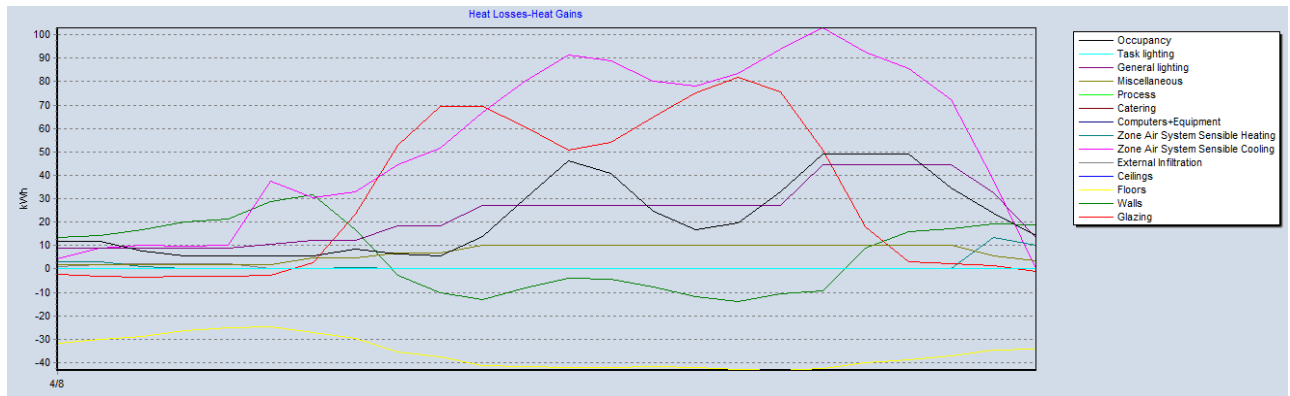
Στο διάγραμμα της *Εικόνας 45*, εμφανίζονται οι καμπύλες συνολικής ψύξης (μπλε χρώμα), αισθητής ψύξης (πράσινο χρώμα) και συνολικής θέρμανσης (κόκκινο χρώμα). Ότι υπάρχουν κάποια φορτία θέρμανσης δεν είναι λογικό. Μετά από έρευνα στην βιβλιογραφία, στα μοντέλα του EnergyPlus, στις εισόδους που δίνονται σε αυτό και επικοινωνία με την εταιρία δεν μπόρεσε να δοθεί κάποια συγκεκριμένη αιτιολόγηση. Τα φορτία αυτά στο μόνο που μας επηρεάζουν είναι στην συνολική κατανάλωση του κτιρίου.



Εικόνα 45: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης 4/8

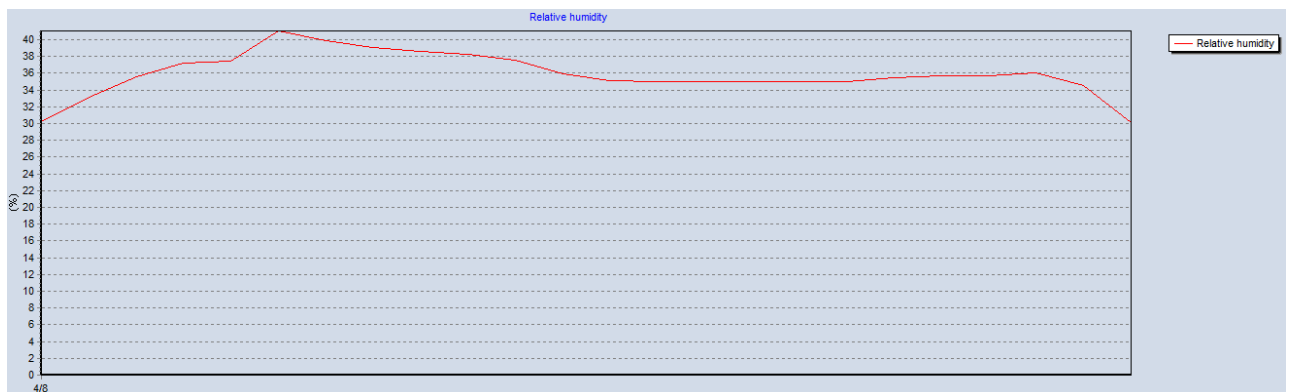
Στο διάγραμμα θερμικών απωλειών και εισφορών *Εικόνα 46*, παρατηρούμε ότι το δάπεδο (κίτρινο χρώμα) έχει όλο το 24ωρο απώλειες θερμότητας, οι τοιχοποιίες (πράσινο χρώμα) τις

μεσημβρινές και απογευματινές ώρες και οι υαλοπίνακες (κόκκινο χρώμα) τις πρώτες πρωινές ώρες. Από την άλλη, θερμικά κέρδη έχουμε τα υπόλοιπα στοιχεία.



Εικόνα 46: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας 4/8

Στο διάγραμμα σχετικής υγρασίας *Εικόνα 47*, τις ώρες που το σύστημα είναι σε λειτουργία το ποσοστό της υγρασίας είναι μέσα στα επιθυμητά όρια 35-45%, ενώ τις υπόλοιπες ώρες φτάνει έως το 30%.



Εικόνα 47: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας 4/8

Τα αναλυτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης περιέχονται στους *Πίνακες 19, 20, 21, 22*. Παρατηρείται, στον *Πίνακα 19*, ότι η εσωτερική θερμοκρασία (Air temperature) διατηρείται στους 26°C κατά την λειτουργία του HVAC 5:00-21:00. Ενώ τις υπόλοιπες ώρες είναι σχεδόν ίση με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (Outside dry bulb temperature) 28-30°C. Το ποσοστό της σχετικής υγρασίας τις ώρες 2:00-21:00 κυμαίνεται 35-41%, ενώ το υπόλοιπο χρονικό διάστημα φτάνει έως και 30%. Οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα είναι μειωμένες τις ώρες που οι ένοικοι ξεκουράζονται και λείπουν από το ξενοδοχείο ενώ τις απογευματινές ώρες που επιστρέφουν οι εναλλαγές φτάνουν σχεδόν στο 7 ac/h.

Πίνακας 19: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF I 4/8

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
4/8 00:00	29.75516	29.92918	29.84217	29.75000	30.2614013	5.31737
4/8 01:00	29.57842	29.80843	29.69342	29.07500	33.0909365	5.32666
4/8 02:00	29.10317	29.65136	29.37726	28.52500	35.5590691	4.89925
4/8 03:00	28.61424	29.45247	29.03336	28.32500	37.1747557	4.69286
4/8 04:00	28.33301	29.29195	28.81248	28.15000	37.4488348	4.69906
4/8 05:00	25.93104	29.05692	27.49398	28.02500	41.0360933	3.80302
4/8 06:00	25.81812	28.88745	27.35278	28.67500	39.8948161	3.60434
4/8 07:00	25.97830	29.33819	27.65825	29.50000	39.0396503	3.80459
4/8 08:00	26.00000	30.22856	28.11428	30.37500	38.5777567	2.77207
4/8 09:00	26.00000	30.78314	28.39157	31.72500	38.1979808	2.35531
4/8 10:00	26.00000	31.11527	28.55763	33.15000	37.5270202	2.97446
4/8 11:00	26.00000	31.07069	28.53534	34.62500	35.9041014	4.21337
4/8 12:00	26.00000	30.92409	28.46204	35.37500	35.1114577	5.45312
4/8 13:00	26.00000	31.03064	28.51532	35.80000	35.0195554	5.03816
4/8 14:00	26.00000	31.27155	28.63578	36.27500	34.9977100	3.79783
4/8 15:00	26.00000	31.53405	28.76702	36.17500	34.9993132	4.62767
4/8 16:00	26.00000	31.81461	28.90731	35.95000	34.9999459	4.83526
4/8 17:00	26.00000	31.86531	28.93265	35.67500	35.0330280	5.87183
4/8 18:00	26.00000	31.67042	28.83521	34.77500	35.4963939	6.91066
4/8 19:00	26.00000	30.93989	28.46995	33.60000	35.7433221	6.91310
4/8 20:00	26.00000	30.48487	28.24244	32.47500	35.6969241	6.91479
4/8 21:00	26.00000	30.30346	28.15173	31.67500	36.0299374	6.70913
4/8 22:00	26.85840	30.07996	28.46918	31.05000	34.5053854	6.06859
4/8 23:00	29.31888	29.93084	29.62486	30.37500	30.1287590	5.49900

Στον Πίνακα 20, βλέπουμε ότι έχουμε θερμικά κέρδη από τους υαλοπίνακες (Glazing) θερμικά κέρδη το χρονικό διάστημα 6:00-21:00 με μέγιστη τιμή 82 kWh, την τοιχοποιία (Walls) το διάστημα 19:00-7:00 με μέγιστο 31.6 kWh, τις οροφές (Ceilings) από τις 19:00-7:00 και στις 12:00 με μέγιστο 0.00029 kWh σχεδόν αμελητέες ποσότητες και από τις χαραμάδες (External Infiltration) το διάστημα 23:00-5:00 με μέγιστο 1.14 kWh. Συνεχείς απώλειες θερμότητας έχουμε από το δάπεδο με μέγιστο ποσό 43.37 kWh στις 17:00. Απώλειες, επίσης έχουμε στους υαλοπίνακες με μέγιστο τα 3.4 kWh, τους τοίχους με ανώτερο όριο τα 14 kWh στις 16:00 και από τις οροφές με ποσά σχεδόν μηδενικά για την κλίμακα της μελέτης μας.

Πίνακας 20: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF II 4/8

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
4/8 00:00	-2.4557936	13.5473944	-31.6382627	0.0000919	0.4932322	3.1182624
4/8 01:00	-2.9724818	14.4257635	-30.2213828	0.0000779	0.9839059	2.9470044
4/8 02:00	-3.4144671	16.9131252	-28.7279050	0.0000875	1.1258496	1.1205877
4/8 03:00	-3.2968662	19.8761664	-26.5453346	0.0000917	1.0993465	0.0000000
4/8 04:00	-3.2029229	21.1994347	-25.0069247	0.0000860	1.1416769	0.0000000
4/8 05:00	-2.8026281	28.6992401	-24.6540408	0.0001794	0.0270387	0.2663310
4/8 06:00	2.5582028	31.6331556	-27.0557844	0.0002889	0.0000000	0.0000000
4/8 07:00	23.2923755	16.6886386	-29.8727231	0.0000740	0.0000000	0.6892978
4/8 08:00	52.8502717	-2.7143113	-35.3032247	-0.0001719	0.0000000	0.0000000
4/8 09:00	69.2628055	-10.2458271	-37.5463738	-0.0002578	0.0000000	0.0000000
4/8 10:00	69.4513946	-13.1367243	-41.3970618	-0.0001777	0.0000000	0.0000000
4/8 11:00	60.5534877	-8.2750520	-41.7919551	-0.0000736	0.0000000	0.0000000
4/8 12:00	50.6207474	-3.9562592	-42.1960877	0.0000132	0.0000000	0.0000000
4/8 13:00	54.0315207	-4.4661438	-41.9228388	-0.0000140	0.0000000	0.0000000
4/8 14:00	64.9378360	-7.7850711	-41.7255575	-0.0000961	0.0000000	0.0000000
4/8 15:00	75.3753447	-11.7568849	-42.0418003	-0.0001691	0.0000000	0.0000000
4/8 16:00	82.0507669	-14.0977067	-42.8716388	-0.0002049	0.0000000	0.0000000
4/8 17:00	75.8207234	-10.7748270	-43.3701609	-0.0001344	0.0000000	0.0000000
4/8 18:00	50.8974109	-9.3321941	-42.5890210	-0.0001164	0.0000000	0.0000000
4/8 19:00	17.8870678	9.0374813	-39.9839369	0.0002090	0.0000000	0.0000000
4/8 20:00	3.1915853	16.0683712	-38.6044375	0.0002848	0.0000000	0.0000000
4/8 21:00	2.3463121	17.3004397	-37.2337750	0.0002388	0.0000000	0.0000000
4/8 22:00	1.2522945	19.4024628	-34.7756591	0.0002060	0.0000000	13.4163120
4/8 23:00	-1.2260683	18.7871455	-34.3065222	0.0002398	0.0436642	10.2430796

Τα στοιχεία που είναι σημαντικά να αναφερθούν από τον Πίνακα 21, είναι η παροχή συνολικής ψύξης (Supply air total cooling) η οποία έχει καταναλώσει το χρονικό διάστημα 5:00-22:00 με μέγιστο φορτίο 253 kWh στις 18:00. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα φορτία στην παροχή συνολικής θέρμανσης (Supply air total heating) τις ώρες 11:00-17:00 δεν αλλάζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης αλλά αυξάνουν την συνολική κατανάλωση. Τα φορτία από του Η/Υ (Computers+Equipment) παραμένουν σταθερά όλο το 24ωρο με τιμή 37.9 W/h.

Πίνακας 21: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF III 4/8

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
4/8 00:00	4.2738244	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 01:00	8.7543670	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 02:00	10.0324028	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 03:00	9.8725130	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 04:00	10.2511403	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 05:00	37.5773689	46.4351618	60.0036843	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 06:00	30.3157004	43.0049887	55.1011113	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 07:00	33.0023631	51.6889413	64.0595918	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 08:00	44.7276887	61.9671147	70.1562036	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 09:00	51.5611492	70.4607029	74.9008039	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 10:00	66.7242767	106.8429332	107.3846898	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 11:00	80.3894080	168.7416451	168.7416451	0.0000000	0.7078822	0.0379233
4/8 12:00	91.3764024	230.8808343	230.8808343	0.0000000	13.4794393	0.0379233
4/8 13:00	88.9528752	219.5630360	219.5630360	0.0000000	17.5093171	0.0379233
4/8 14:00	80.3606930	169.6098703	169.6098703	0.0000000	17.0942153	0.0379233
4/8 15:00	77.9367594	160.5020992	160.5020992	0.0000000	13.9319047	0.0379233
4/8 16:00	83.4796187	171.9917734	171.9917734	0.0000000	7.9271803	0.0379233
4/8 17:00	93.9420374	217.5116790	217.5116790	0.0000000	2.2055616	0.0379233
4/8 18:00	102.9948285	253.1452821	253.1452821	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 19:00	92.4563055	222.4506937	222.4506937	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 20:00	85.6124966	196.3958292	196.3958292	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 21:00	72.3086770	151.9909306	151.9909306	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 22:00	38.0664891	69.8876147	69.8876147	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 23:00	0.3357414	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233

Για τα λοιπά φορτία (Miscellaneous) και τα φορτία γενικού φωτισμού (General Lighting), Πίνακας 22, είναι εμφανές ότι έχουν τις ίδιες καταναλώσεις με το χειμώνα, μετατοπισμένα μία ώρα πιο μετά λόγω της αλλαγής ώρας. Τα θερμικά κέρδη από τον πληθυσμό (Occupancy) είναι λιγότερα από αυτά της χειμερινής προσομοίωσης, διότι ο συντελεστής ρουχισμού την εαρινή περίοδο είναι 0.5 αντί για 1. Η μέγιστη τιμή των κερδών αυτών ανέρχεται στα 48.9 kWh τις ώρες 18:00-20:00.

Πίνακας 22: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF IV 4/8

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
4/8 00:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.5852747
4/8 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.9812074
4/8 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.8303433
4/8 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	5.6769351
4/8 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	5.7557974
4/8 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	5.3884168
4/8 06:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
4/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.4783496
4/8 08:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.5221619
4/8 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	5.7573013
4/8 10:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	13.8511869
4/8 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	30.0389582
4/8 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.2267294
4/8 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	40.8308057
4/8 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	24.6430344
4/8 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	16.9105263
4/8 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	19.6084881
4/8 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.0982975
4/8 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	34.6279672
4/8 22:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	23.9165976
4/8 23:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	14.2869578

Στην τελική αναφορά υπάρχει ο Πίνακας 14, στον οποίο έχουμε συνολική κατανάλωση πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) 9874.03 kWh και 28540.68 kWh ενέργειας που έχουν συνυπολογιστεί απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy).

Πίνακας 23: Report συνολικών φορτίων για το σενάριο VRF 4/8

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	9874.03	1.44	1.44
Net Site Energy	9874.03	1.44	1.44
Total Source Energy	28540.68	4.15	4.15
Net Source Energy	28540.68	4.15	4.15

8.2 Δεύτερο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Heat Recovery

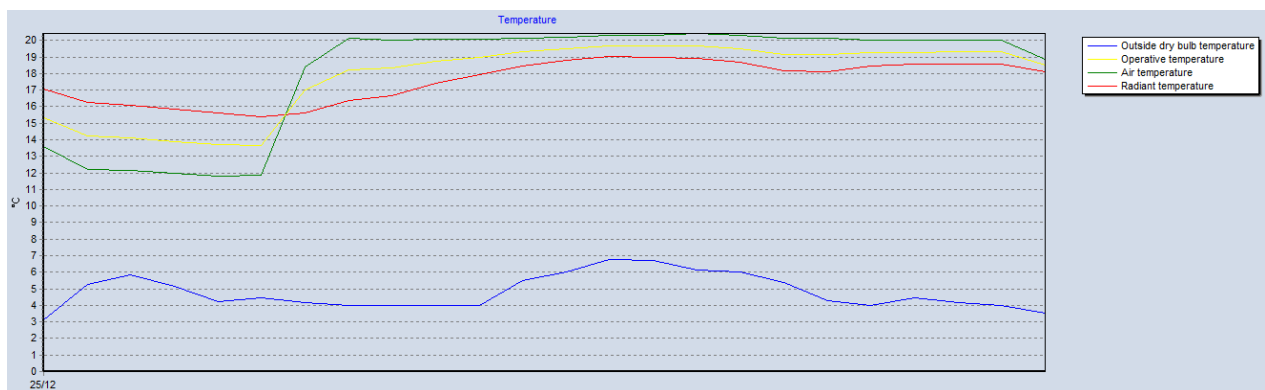
Σε αυτό το σενάριο χρησιμοποιούμε τις αρχικοποιήσεις του πρώτου σεναρίου λειτουργίας, που ορίσαμε παραπάνω και θέτουμε ως την επιλογή του Heat recovery, *Εικόνα 48* και στις τρεις μας θερμικές ζώνες στον πίνακα "HVAC". Ορίζουμε τον τύπο της ανάκτησης θερμότητας (Heat Recovery Type) ώστε να είναι ίδιος με τον προεπιλεγμένο, την αποτελεσματική ανάκτηση θερμότητας με συντελεστή (Sensible Heat Recovery effective) 0.7 και την λανθάνων ανάκτηση θερμότητας (Latent Heat Recovery effective) με συντελεστή 0.65.

Heat Recovery	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Heat Recovery Type	Sensible
Sensible Heat Recovery effective	0.700
Latent Heat Recovery effective	0.650

Εικόνα 48: Heat Recovery πίνακας HVAC

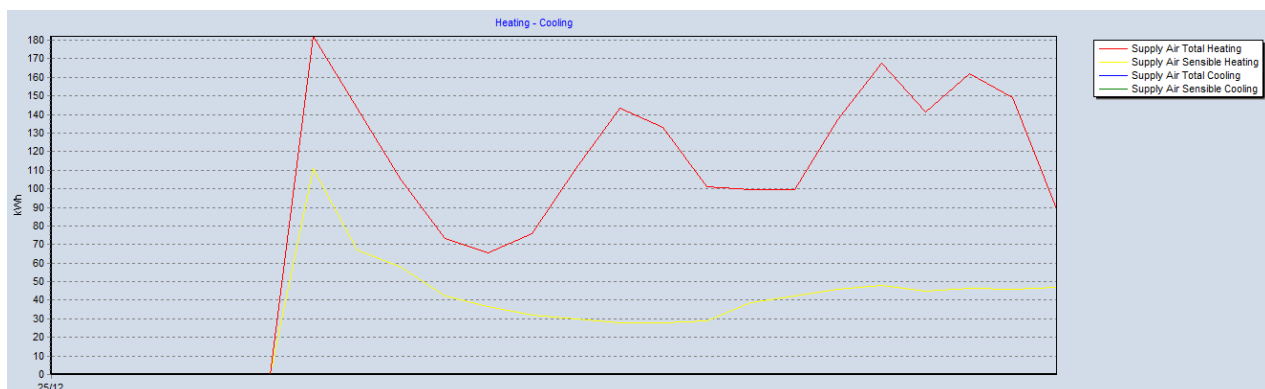
8.2.1 Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας

Έπειτα, εκτελούμε την προσομοίωση μας και παρατηρούμε ότι τα διάγραμμα θερμοκρασιών, *Εικόνα 49*, δεν διαφέρουν από αυτά χωρίς heat recovery που είναι λογικό επειδή το σύστημα έχει παραμείνει το ίδιο απλός.



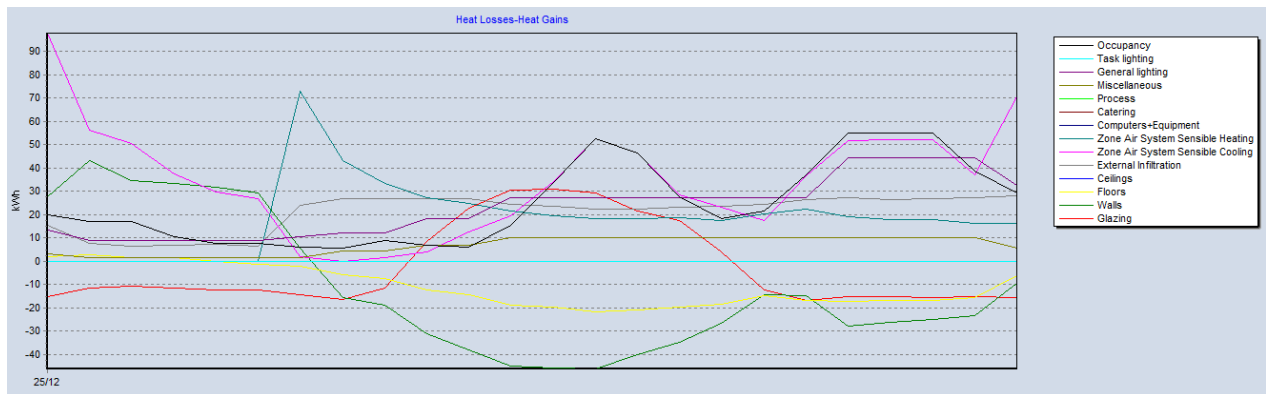
Εικόνα 49: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12

Στην *Εικόνα 50* που εμφανίζονται τα διαγράμματα συνολικής παροχή ενέργειας για την θέρμανση (κόκκινο χρώμα) και η αισθητή θέρμανση (κίτρινο χρώμα), παρατηρείτε ότι το μέγιστο που είχαμε στα 350 kWh έχει μειωθεί στα 180 kWh.



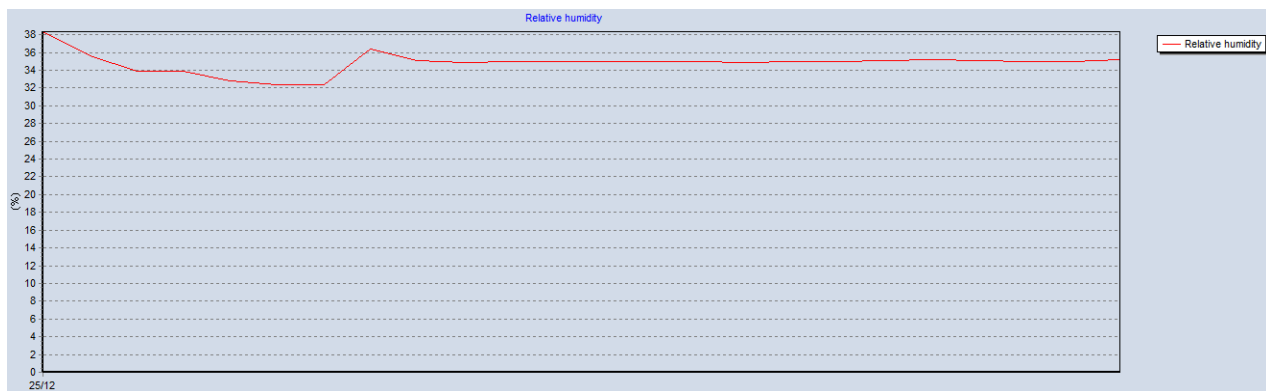
Εικόνα 50: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12

Πριν δούμε τα το διάγραμμα των απωλειών και εισφορών θερμότητας το λογικό αποτέλεσμα είναι να μην διαφέρει για το λόγο ότι δεν διαφέρουν τα δομικά υλικά του κτιρίου αλλά ούτε τα πρόσθετα φορτία. Έτσι, παρατηρώντας την *Εικόνα 51* επιβεβαιώνεται η αρχική μας υπόθεση.



Εικόνα 51: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12

Στο διάγραμμα σχετικής υγρασίας της Εικόνας 52, παρατηρούμε ότι δεν αλλάζουν τα ποσοστά σε σύγκριση με το πρώτο σενάριο.



Εικόνα 52: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12

Παρατηρώντας τον Πίνακα 24 και συγκρίνοντας τον με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης χωρίς heat recovery καταλήγουμε ότι ενώ υπάρχουν κάποιες διαφορές της κλίμακας των δυο δεκαδικών στις θερμοκρασίες και στην σχετική υγρασία αυτές είναι σχεδόν αμελητέες. Επίσης, οι εναλλαγές εξαερισμού (Mech vent+nat vent+Infiltration) παραμένουν σταθερές.

Πίνακας 24: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery I 25/12

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
25/12 00:00	13.61100	17.06383	15.33742	3.10000	38.3386444	5.13888
25/12 01:00	12.18912	16.27262	14.23087	5.25000	35.5837868	4.92285
25/12 02:00	12.12719	16.11099	14.11909	5.85000	33.9034877	4.92637
25/12 03:00	11.98782	15.83246	13.91014	5.12500	33.8890128	4.52434
25/12 04:00	11.82435	15.59684	13.71060	4.22500	32.7616962	4.31840
25/12 05:00	11.85026	15.41449	13.63237	4.45000	32.3886420	4.31589
25/12 06:00	18.40031	15.64074	17.02053	4.15000	32.3717874	3.67735
25/12 07:00	20.10373	16.37446	18.23909	4.00000	36.3935051	3.50105
25/12 08:00	20.00000	16.65438	18.32719	4.00000	35.0456692	3.70619
25/12 09:00	20.09510	17.39583	18.74546	4.00000	34.8455979	2.71282
25/12 10:00	20.06762	17.92341	18.99551	4.00000	35.0062825	2.31567
25/12 11:00	20.15024	18.47869	19.31446	5.50000	34.9504392	2.90257
25/12 12:00	20.20131	18.79288	19.49710	6.00000	34.9623776	4.09626
25/12 13:00	20.29698	19.05504	19.67601	6.75000	34.9216135	5.29482
25/12 14:00	20.33155	18.99535	19.66345	6.70000	34.9372054	4.89801
25/12 15:00	20.42102	18.94185	19.68144	6.15000	34.8530534	3.70588
25/12 16:00	20.33247	18.70087	19.51667	6.00000	34.9217638	4.48874
25/12 17:00	20.12172	18.16773	19.14472	5.40000	34.9629203	4.68874
25/12 18:00	20.15645	18.12319	19.13982	4.30000	35.0791105	5.68902
25/12 19:00	20.03134	18.44663	19.23898	4.00000	35.2129891	6.67473
25/12 20:00	20.00420	18.54723	19.27571	4.45000	35.0824705	6.67113
25/12 21:00	20.00056	18.59192	19.29624	4.15000	35.0224436	6.67138
25/12 22:00	20.00863	18.59291	19.30077	4.00000	34.9904714	6.47360
25/12 23:00	18.88654	18.12348	18.50501	3.55000	35.1430446	5.84469

Στην επόμενη σελίδα των αποτελεσμάτων εμφανίζεται ο Πίνακας 25, στον οποίο είναι εμφανείς ότι υπάρχουν μικρές διαφορές στις απώλειες και τις εισφορές θερμότητας της τάξης των 0.02-0.7 kWh από τους υαλοπίνακες, την τοιχοποιία, το δάπεδο και τις οροφές σε σύγκριση με το πρώτο μας σενάριο. Λογικό λόγο των μικρών μεταβολών της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η διαφορά στα ποσά ενέργειας που προέρχονται από τις χαραμάδες είναι σχεδόν μηδενικές.

Πίνακας 25: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery II 25/12

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
25/12 00:00	-15.2374736	27.5390262	1.8091631	0.0002251	7.6504152	0.0000000
25/12 01:00	-11.3581344	43.2806967	2.7394480	0.0004641	3.9169191	0.0000000
25/12 02:00	-10.6911981	34.6283681	1.6815428	0.0003379	3.2879504	0.0000000
25/12 03:00	-11.5544224	33.3637922	1.5648161	0.0002972	3.4527660	0.0000000
25/12 04:00	-12.4349506	31.7553673	0.0200817	0.0002902	3.5996093	0.0000000
25/12 05:00	-12.3552076	29.4296070	-1.3404963	0.0002684	3.2084135	0.0000000
25/12 06:00	-14.1483518	5.8639263	-1.9532921	-0.0001318	12.0445768	73.1978353
25/12 07:00	-16.3427820	-15.6126539	-5.5957862	-0.0004040	13.5306435	43.0713263
25/12 08:00	-11.4575349	-18.6161938	-7.2399591	-0.0003709	13.5422822	33.5391342
25/12 09:00	8.7151981	-31.2691385	-12.2267919	-0.0004584	13.5450124	27.2106806
25/12 10:00	22.7506020	-37.8413698	-14.3288498	-0.0005034	13.5447297	24.9530500
25/12 11:00	30.6521019	-45.0668931	-18.6665147	-0.0004923	12.2203216	21.4200661
25/12 12:00	31.1688626	-45.7262360	-19.7611165	-0.0004429	11.7803179	19.5725286
25/12 13:00	29.4141550	-46.1734856	-21.7958521	-0.0003937	11.1203836	18.1353705
25/12 14:00	21.7113238	-39.9900668	-20.8863752	-0.0003091	11.1641350	18.1768328
25/12 15:00	17.3236847	-34.6235933	-19.6244690	-0.0002576	11.6479918	18.5703514
25/12 16:00	4.0231860	-26.4351739	-18.4181073	-0.0001405	11.7801968	17.5539490
25/12 17:00	-12.1099127	-14.2522820	-14.6769578	-0.0000107	12.3125013	20.2770400
25/12 18:00	-16.8479642	-14.7651376	-16.5930727	-0.0000054	13.2904275	22.3073972
25/12 19:00	-15.0286484	-27.8038906	-17.2062028	-0.0002656	13.5682820	19.3036528
25/12 20:00	-14.9713728	-26.0528605	-16.7723727	-0.0002541	13.1705252	17.9517739
25/12 21:00	-15.4968876	-25.0687920	-16.7425312	-0.0002358	13.4374200	17.9100432
25/12 22:00	-15.2738565	-23.1373360	-15.4558383	-0.0002337	13.5710928	16.2254664
25/12 23:00	-15.5335822	-9.2918844	-6.1708746	-0.0002216	13.9764175	16.3537085

Στην συνέχεια των αποτελεσμάτων του Πίνακα 26 , της προσομοίωσης παρατηρούμε ότι τα φορτία των Η/Υ είναι ίδια με αυτά του πρώτου σεναρίου που είναι ορθό. Έχουμε και πάλι μηδενικά φορτία ψύξης και τα συνολικά φορτία θέρμανσης παρατηρούμε ότι έχουν μειωθεί αισθητά. Πιο αναλυτικά η μέγιστη κατανάλωση 357 kWh που είχαμε στις 19:00 πλέον έχει μειωθεί στα 167.6 kWh για την ίδια ώρα. Καθώς τώρα μέγιστη κατανάλωση έχουμε στις 6:00 με φορτίο 182.08 kWh. Έτσι, καταλήγουμε ότι έχουμε μια μέση μείωση καταναλώσεων κατά 96.31 kWh με μέγιστη μείωση της τάξης των 189.4 kWh.

Πίνακας 26: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery III 25/12

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
25/12 00:00	97.9527209	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 01:00	56.4528948	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 02:00	50.5139689	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 03:00	37.3416447	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 04:00	29.7054304	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 05:00	26.7623044	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 06:00	1.8977138	0.0000000	0.0000000	111.1303269	182.0810594	0.0379233
25/12 07:00	0.0671129	0.0000000	0.0000000	67.0052974	143.6053703	0.0379233
25/12 08:00	1.5454561	0.0000000	0.0000000	57.9968666	104.9258583	0.0379233
25/12 09:00	3.8794459	0.0000000	0.0000000	42.0554834	73.4650691	0.0379233
25/12 10:00	12.4867330	0.0000000	0.0000000	36.8095246	65.5268787	0.0379233
25/12 11:00	19.4327920	0.0000000	0.0000000	32.1761491	75.9062461	0.0379233
25/12 12:00	34.0870121	0.0000000	0.0000000	29.9584164	110.6460976	0.0379233
25/12 13:00	52.6658050	0.0000000	0.0000000	27.9660243	143.3909615	0.0379233
25/12 14:00	46.5779532	0.0000000	0.0000000	28.0451086	133.3046908	0.0379233
25/12 15:00	28.6784694	0.0000000	0.0000000	28.8471045	100.9163367	0.0379233
25/12 16:00	23.1878656	0.0000000	0.0000000	38.8893043	99.7970126	0.0379233
25/12 17:00	17.5565606	0.0000000	0.0000000	42.0793902	99.7036743	0.0379233
25/12 18:00	36.6205276	0.0000000	0.0000000	45.7203308	136.9700354	0.0379233
25/12 19:00	51.8972553	0.0000000	0.0000000	47.9248799	167.6007651	0.0379233
25/12 20:00	52.2867298	0.0000000	0.0000000	44.8113014	141.5120893	0.0379233
25/12 21:00	52.2145349	0.0000000	0.0000000	46.4487677	161.9063316	0.0379233
25/12 22:00	37.1246288	0.0000000	0.0000000	46.0954125	148.8167420	0.0379233
25/12 23:00	70.6158346	0.0000000	0.0000000	47.0999258	89.4467216	0.0379233

Στον τελευταίο πίνακα των αποτελεσμάτων, Πίνακας 27, τα φορτία εξοπλισμού (Miscellaneous) παραμένουν ίδια, διότι δεν αλλάξαμε τις καταναλώσεις ή το πρόγραμμα λειτουργίας του, ομοίως για τον γενικό φωτισμό (General Lighting) και τα θερμικά κέρδη του πληθυσμού (Occurancy).

Πίνακας 27: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery IV 25/12

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
25/12 00:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	20.0113542
25/12 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	10.7390999
25/12 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 06:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	6.1186787
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
25/12 08:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.8270128
25/12 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.9149257
25/12 10:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.1500908
25/12 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	15.4223452
25/12 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.9668539
25/12 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	52.5113626
25/12 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.3298597
25/12 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	27.7853510
25/12 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	18.4816846
25/12 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	21.5724360
25/12 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	37.0261933
25/12 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 22:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	38.5558630
25/12 23:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	29.2836086

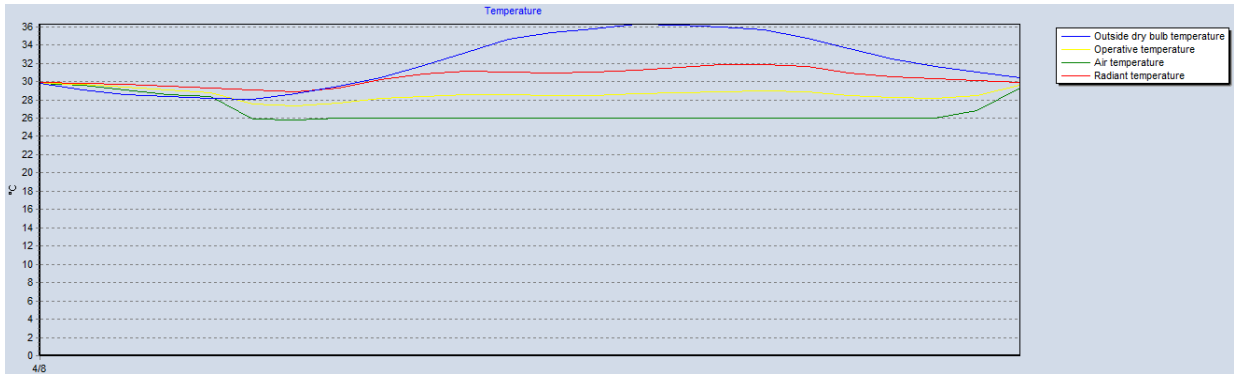
Στο report του Πίνακα 28, έχουμε ότι η συνολική κατανάλωση πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) ανέρχεται στα 8962.61 kWh και η συνολική ενέργεια που έχουν συνυπολογιστεί απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy) ανέρχεται στα 32061.76 kWh. Δηλαδή, οι καταναλώσεις μας μειώθηκαν κατά 2086.18 kWh και 7538.08 kWh αντίστοιχα σε σχέση με το σύστημα VRF χωρίς heat recovery.

Πίνακας 28: Report σεναρίου VRF με Heat Recovery 25/12

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	8962.61	1.30	1.30
Net Site Energy	8962.61	1.30	1.30
Total Source Energy	32061.76	4.66	4.66
Net Source Energy	32061.76	4.66	4.66

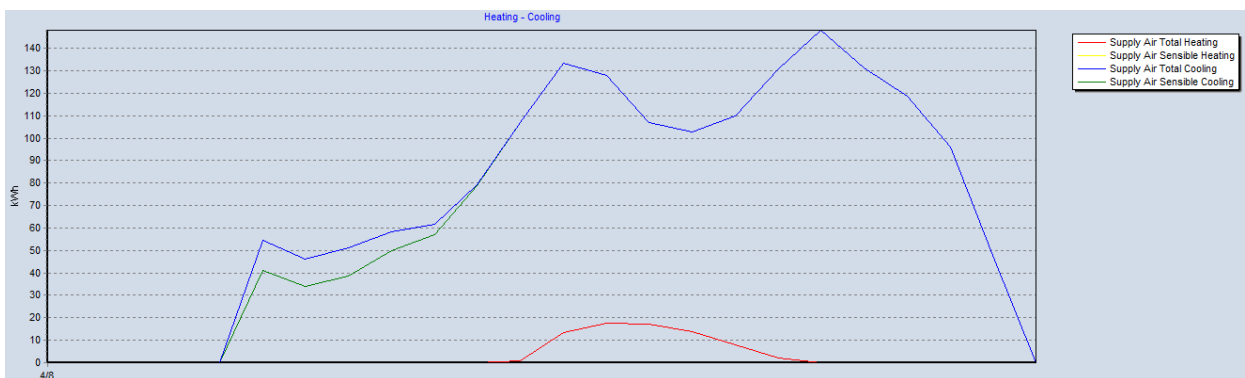
8.2.2 Προσομοίωση Θερινής Ημέρας

Αλλάζοντας την ημερομηνία προσομοίωσης στις 4 Αυγούστου, στο EnergyPlus export settings συγκεντρώνουμε και τα αποτελέσματα για την θερινή μας ημέρα. Στην Εικόνα 53 παρατηρούμε τις καμπύλες θερμοκρασιών που είναι παρόμοιες με του πρώτου σεναρίου.



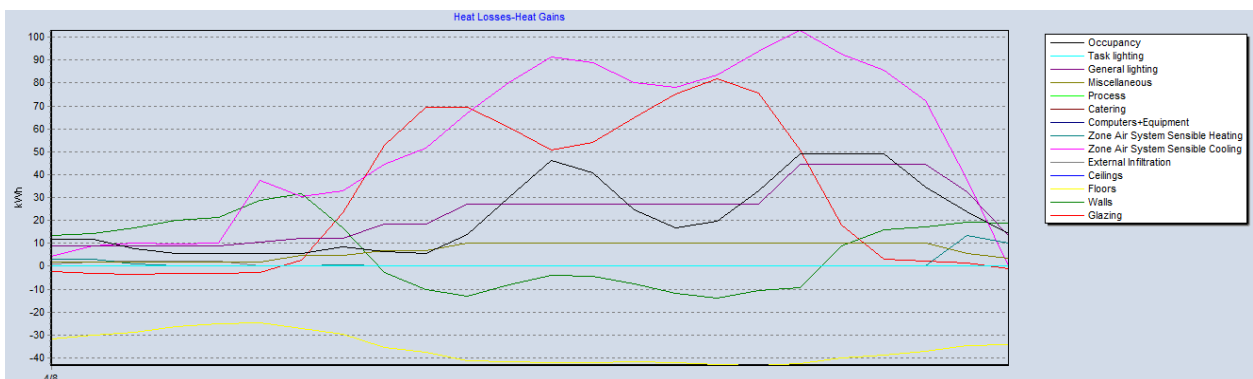
Εικόνα 53: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8

Το διάγραμμα ψύξης και θέρμανσης, *Εικόνα 54*, έχει μέγιστη τιμή περίπου τα 150 kWh σε αντίθεση με το πρώτο σενάριο το οποίο είχε σχεδόν 250 kWh.

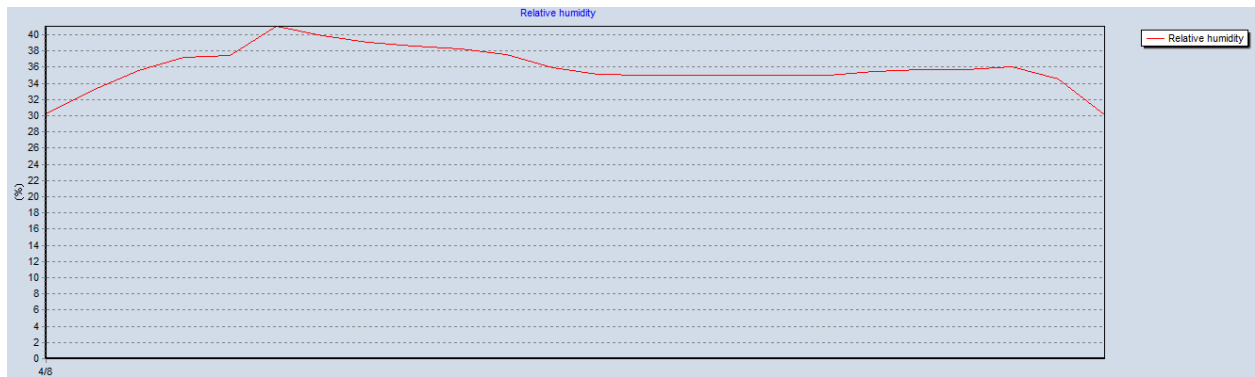


Εικόνα 54: Διάγραμμα Θέρμανσης-Ψύξης σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8

Το διάγραμμα απωλειών και εισφορών θερμότητας, *Εικόνα 55*, φαίνεται να παραμένει ίδιο με αυτό του συστήματος VRF χωρίς heat recovery. Καθώς και στο διάγραμμα της σχετικής υγρασίας, *Εικόνα 56*, η καμπύλη δεν έχει μεταβληθεί.



Εικόνα 55: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8



Εικόνα 56: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8

Στα αποτελέσματα της προσομοίωσης, Πίνακας 29, διαπιστώνουμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία (Air temperature), η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature), η θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature), η σχετική υγρασία (Relative humidity) και οι εναλλαγές αέρα (Mech vent+nat vent+Infiltration) παραμένουν αμετάβλητες από αυτές του προηγούμενου σεναρίου.

Πίνακας 29: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery I 4/8

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
4/8 00:00	29.75516	29.92918	29.84217	29.75000	30.2614041	5.31737
4/8 01:00	29.57842	29.80842	29.69342	29.07500	33.0909444	5.32666
4/8 02:00	29.10317	29.65135	29.37726	28.52500	35.5590782	4.89925
4/8 03:00	28.61424	29.45246	29.03335	28.32500	37.1747682	4.69286
4/8 04:00	28.33301	29.29194	28.81247	28.15000	37.4488499	4.69906
4/8 05:00	25.93104	29.05691	27.49397	28.02500	41.0361049	3.80302
4/8 06:00	25.81811	28.88744	27.35278	28.67500	39.8948270	3.60434
4/8 07:00	25.97830	29.33818	27.65824	29.50000	39.0396520	3.80459
4/8 08:00	26.00000	30.22855	28.11428	30.37500	38.5777559	2.77207
4/8 09:00	26.00000	30.78313	28.39157	31.72500	38.1979813	2.35531
4/8 10:00	26.00000	31.11526	28.55763	33.15000	37.5270211	2.97446
4/8 11:00	26.00000	31.07068	28.53534	34.62500	35.9041015	4.21337
4/8 12:00	26.00000	30.92408	28.46204	35.37500	35.1114577	5.45312
4/8 13:00	26.00000	31.03063	28.51532	35.80000	35.0195553	5.03816
4/8 14:00	26.00000	31.27155	28.63577	36.27500	34.9977095	3.79783
4/8 15:00	26.00000	31.53404	28.76702	36.17500	34.9993139	4.62767
4/8 16:00	26.00000	31.81461	28.90730	35.95000	34.9999457	4.83526
4/8 17:00	26.00000	31.86530	28.93265	35.67500	35.0330282	5.87183
4/8 18:00	26.00000	31.67041	28.83521	34.77500	35.4963946	6.91066
4/8 19:00	26.00000	30.93989	28.46994	33.60000	35.7433215	6.91310
4/8 20:00	26.00000	30.48487	28.24243	32.47500	35.6969234	6.91479
4/8 21:00	26.00000	30.30345	28.15173	31.67500	36.0299385	6.70913
4/8 22:00	26.85840	30.07995	28.46918	31.05000	34.5053856	6.06859
4/8 23:00	29.31888	29.93084	29.62486	30.37500	30.1287615	5.49900

Συγκρίνοντας τις απώλειες και τα κέρδη θερμότητας από τους υαλοπίνακες (Glazing), την τοιχοποιία (Walls), το δάπεδο (Floors), τις οροφές (Ceilings) και τις χαραμάδες (External Infiltration) του Πίνακα 30 παρατηρούμε ότι υπάρχουν κάποιες αμελητέες διαφορές στις τιμές από το σενάριο με σύστημα VRF.

Πίνακας 30: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery II 4/8

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
4/8 00:00	-2.4557889	13.5473464	-31.6382454	0.0000919	0.4932303	3.1182693
4/8 01:00	-2.9724708	14.4256621	-30.2213397	0.0000779	0.9839013	2.9470220
4/8 02:00	-3.4144562	16.9130237	-28.7278622	0.0000875	1.1258448	1.1205945
4/8 03:00	-3.2968550	19.8760661	-26.5452877	0.0000917	1.0993417	0.0000000
4/8 04:00	-3.2029115	21.1993415	-25.0068747	0.0000860	1.1416722	0.0000000
4/8 05:00	-2.8026171	28.6991402	-24.6539905	0.0001794	0.0270384	0.2663319
4/8 06:00	2.5582128	31.6330504	-27.0557351	0.0002889	0.0000000	0.0000000
4/8 07:00	23.2923844	16.6885207	-29.8726851	0.0000740	0.0000000	0.6893005
4/8 08:00	52.8502783	-2.7144405	-35.3031956	-0.0001719	0.0000000	0.0000000
4/8 09:00	69.2628121	-10.2459525	-37.5463462	-0.0002578	0.0000000	0.0000000
4/8 10:00	69.4514004	-13.1368518	-41.3970436	-0.0001777	0.0000000	0.0000000
4/8 11:00	60.5534933	-8.2751740	-41.7919370	-0.0000736	0.0000000	0.0000000
4/8 12:00	50.6207528	-3.9563765	-42.1960706	0.0000132	0.0000000	0.0000000
4/8 13:00	54.0315259	-4.4662564	-41.9228223	-0.0000140	0.0000000	0.0000000
4/8 14:00	64.9378409	-7.7851792	-41.7255418	-0.0000961	0.0000000	0.0000000
4/8 15:00	75.3753494	-11.7569890	-42.0417854	-0.0001691	0.0000000	0.0000000
4/8 16:00	82.0507714	-14.0978071	-42.8716248	-0.0002049	0.0000000	0.0000000
4/8 17:00	75.8207277	-10.7749237	-43.3701477	-0.0001344	0.0000000	0.0000000
4/8 18:00	50.8974150	-9.3322868	-42.5890082	-0.0001164	0.0000000	0.0000000
4/8 19:00	17.8870718	9.0373936	-39.9839238	0.0002090	0.0000000	0.0000000
4/8 20:00	3.1915892	16.0682882	-38.6044242	0.0002848	0.0000000	0.0000000
4/8 21:00	2.3463159	17.3003612	-37.2337613	0.0002388	0.0000000	0.0000000
4/8 22:00	1.2522983	19.4023906	-34.7756443	0.0002060	0.0000000	13.4163158
4/8 23:00	-1.2260641	18.7870891	-34.3065056	0.0002398	0.0436637	10.2430913

Διαφορά στα αποτελέσματα μας παρατηρούμε στην συνολική παροχή ψύξης (Supply air total cooling), Πίνακας 31, που κατά μέσο όρο τα φορτία μειώνονται 52.92 kWh. Η ελάχιστη μείωση φορτίων είναι στις 5:00 με τιμή μόλις στα 5.44 kWh και η μέγιστη στις 18:00 με τιμή μείωσης 105.1 kWh. Τα φορτία των Η/Υ (Computers+Equipment) παραμένουν σταθερά. Τέλος στον Πίνακα 32, βλέπουμε ότι τα φορτία εξοπλισμού (Miscellaneous), γενικού φωτισμού (General Lighting) και πληθυσμού (Occurance) παραμένουν αμετάβλητα.

Πίνακας 31: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery III 4/8

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
4/8 00:00	4.2738164	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 01:00	8.7543475	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 02:00	10.0323829	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 03:00	9.8724929	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 04:00	10.2511206	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 05:00	37.5773154	40.9939453	54.5624679	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 06:00	30.3156561	34.1600466	46.2561693	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 07:00	33.0021694	38.5990998	50.9697507	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 08:00	44.7276081	49.9254958	58.1145796	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 09:00	51.5610571	57.2418815	61.6819738	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 10:00	66.7241727	78.7264892	79.2682451	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 11:00	80.3893093	106.8311059	106.8311059	0.0000000	0.7078831	0.0379233
4/8 12:00	91.3763072	133.1683214	133.1683214	0.0000000	13.4794400	0.0379233
4/8 13:00	88.9527839	128.0642477	128.0642477	0.0000000	17.5093205	0.0379233
4/8 14:00	80.3606053	107.0558037	107.0558037	0.0000000	17.0942104	0.0379233
4/8 15:00	77.9366747	102.6363818	102.6363818	0.0000000	13.9319094	0.0379233
4/8 16:00	83.4795364	109.9893463	109.9893463	0.0000000	7.9271831	0.0379233
4/8 17:00	93.9419578	130.9949926	130.9949926	0.0000000	2.2055615	0.0379233
4/8 18:00	102.9947524	148.0470443	148.0470443	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 19:00	92.4562348	131.4356675	131.4356675	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 20:00	85.6124307	118.8423543	118.8423543	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 21:00	72.3086160	96.2084435	96.2084435	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 22:00	38.0664646	47.6133875	47.6133875	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 23:00	0.3357393	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233

Πίνακας 32: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Heat Recovery IV 4/8

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
4/8 00:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.5852777
4/8 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.9812150
4/8 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.8303473
4/8 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	5.6769374
4/8 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	5.7557996
4/8 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	5.3884177
4/8 06:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
4/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.4783510
4/8 08:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.5221619
4/8 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	5.7573013
4/8 10:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	13.8511869
4/8 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	30.0389582
4/8 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.2267294
4/8 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	40.8308057
4/8 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	24.6430344
4/8 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	16.9105263
4/8 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	19.6084881
4/8 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.0982975
4/8 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	34.6279672
4/8 22:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	23.9165972
4/8 23:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	14.2869606

Στον Πίνακα 33, έχουμε ότι η συνολική κατανάλωση πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) ανέρχεται στα 8567.68 kWh και η συνολική ενέργεια που έχουν συνυπολογιστεί απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy) ανέρχεται στα 26256.7 kWh. Δηλαδή, οι καταναλώσεις μας μειώθηκαν κατά 1306.35 kWh και 2283.98 kWh αντίστοιχα σε σχέση με το σύστημα VRF χωρίς heat recovery.

Πίνακας 33: Report σεναρίου VRF με Heat Recovery 4/8

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	8567.68	1.25	1.25
Net Site Energy	8567.68	1.25	1.25
Total Source Energy	26256.70	3.82	3.82
Net Source Energy	26256.70	3.82	3.82

8.3 Τρίτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Φωτοβολταϊκά

Στηριζόμενοι στο πρώτο σενάριο με το σύστημα VRF εισάγουμε στην μελέτη μας μία διάταξη από ηλιακά πάνελ για την παραγωγή και συνεπώς εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου μας. Ο ορισμός των ηλιακών πάνελ γίνεται μέσω του μονοπατιού **AutoBLD⇒Definition of Plan View Elements⇒Solar Panels** της *Εικόνας 57*, στο παράθυρο που μας εμφανίζεται επιλέγουμε το όνομα της διάταξης μας, τον τύπο απόδοσης (Performance type), το μοντέλο (PV model), την λειτουργία μεταφοράς θερμότητας (Heat transfer integration mode), τον αριθμό των παράλληλων σειρών (Number of series strings in parallel), τον αριθμό των στοιχείων κάθε σειράς (Number of modules in series), την μέγιστη ισχύ εξόδου (Rated electric power output), το πρόγραμμα λειτουργίας των πάνελ (Availability schedule), την κλίση τους από την επιφάνεια τοποθέτησης (Inclination), την ανύψωση από την επιφάνεια τοποθέτησης (Elevation), το πάχος και το πλάτος (Thickness και Width). Έπειτα, επιλέγουμε το **“Points definition”** και οριοθετούμε στην κάτοψη μας την περιοχή στην οποία θα τοποθετηθούν τα ηλιακά πάνελ. Επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε μέσω του μονοπατιού **AutoBLD⇒Definition of Plan View Elements⇒Electric load centers** τον μετατροπέα από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα και την ύπαρξη αποθηκευτικού μέσου. Στο παράθυρο **“Electric load centers”** της *Εικόνας 58*, ορίζουμε τον αριθμό των μονάδων ηλεκτρικού φορτίου (Number of electric load centers), την ονομασία τους (Name), τον τύπο λειτουργίας των φορτίων (Generator Operation Scheme type), την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Renewable resource), την συστοιχία μας όπως την ορίσαμε στο προηγούμενο βήμα (Generator selection), το είδος της ηλεκτρικής διάταξης (Electrical bus type), τον τύπο του μετατροπέα μας (Inverter), τον τύπο της μπαταρίας μας (Storage) και την θερμική ζώνη που θα καλύπτεται (Zone).

PV Collectors ×

Name: Points definition <

Performance type: Length = 3.00

PV model: Inclination (°):

Heat transfer integration mode: Elevation:

Number of series strings in parallel: Thickness:

Number of modules in series: Width:

Rated electric power output:

Availability schedule: ...

Εικόνα 57: Καρτέλα Στοιχείων Ηλιακού Πάνελ

Electric load centers ×

Number of electric load centers:

Name:

Generator Operation Scheme type:

Demand Limit:

Track schedule:

Renewable resource:

Generator selection:

Electrical bus type:

Inverter:

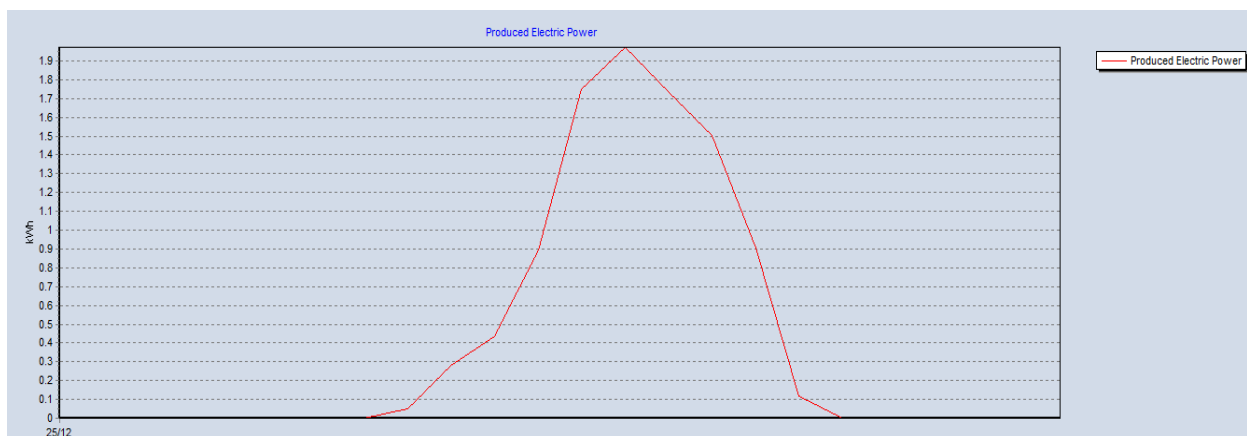
Storage:

Zone:

Εικόνα 58: Καρτέλα Ορισμού Μονάδων Ηλεκτρικού Φορτίου

8.3.1 Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας

Στην *Εικόνα 59* παρουσιάζεται το διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά. Είναι εμφανές ότι η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται τις μεσημεριανές ώρες που έχουμε περισσότερη ηλιοφάνεια και καλύτερη γωνία πρόσπτωσης.



Εικόνα 59: Διάγραμμα Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας 25/12

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μας για τις καταναλώσεις του κτιρίου, τις θερμοκρασίες του, τις απώλειες και εισφορές θερμότητας και των φορτίων φωτισμού και εξοπλισμού είναι ίδια με αυτά του πρώτου σεναρίου που είδαμε παραπάνω. Η ουσιαστική διαφορά είναι ότι έχει προστεθεί στα αποτελέσματα και ο *Πίνακας 34*, στον οποίο παρουσιάζονται τα παραγόμενα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διάρκεια της ημέρας. Το χρονικό διάστημα 11:00-15:00 λόγω της έντονης ηλιοφάνειας και της καλύτερης γωνίας πρόσπτωσης τα ποσά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνονται από 1.5 kWh έως και 1.97 kWh. Ενώ, οι ώρες που έχουμε παραγωγή είναι από τις 8:00 έως τις 17:00.

Πίνακας 34: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με PV 25/12

Time	Produced Electric Power (kWh)
25/12 00:00	0.0000000
25/12 01:00	0.0000000
25/12 02:00	0.0000000
25/12 03:00	0.0000000
25/12 04:00	0.0000000
25/12 05:00	0.0000000
25/12 06:00	0.0000000
25/12 07:00	0.0000000
25/12 08:00	0.0505902
25/12 09:00	0.2773947
25/12 10:00	0.4360690
25/12 11:00	0.8921887
25/12 12:00	1.7484886
25/12 13:00	1.9727625
25/12 14:00	1.7300142
25/12 15:00	1.5020281
25/12 16:00	0.9067057
25/12 17:00	0.1165380
25/12 18:00	0.0000000
25/12 19:00	0.0000000
25/12 20:00	0.0000000
25/12 21:00	0.0000000
25/12 22:00	0.0000000
25/12 23:00	0.0000000

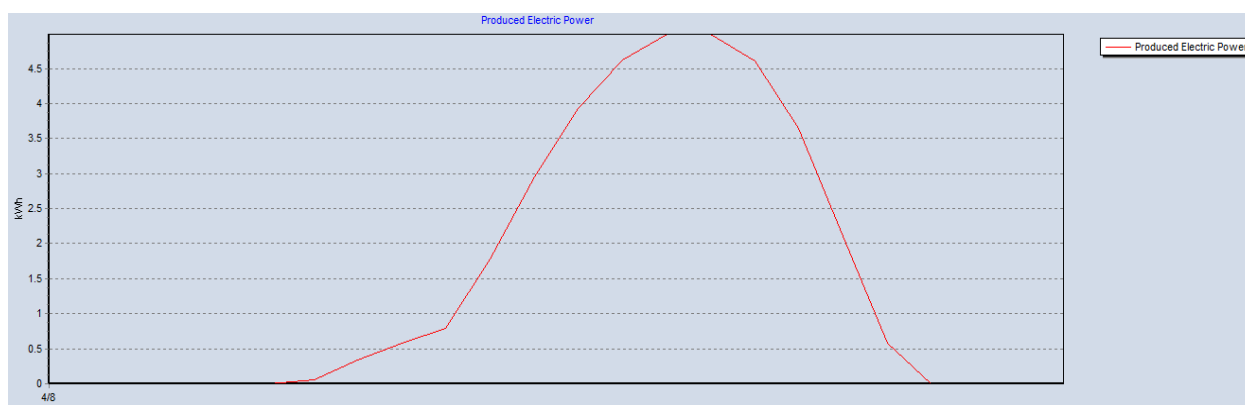
Στον συνολικό ενεργειακό απολογισμό μας παρατηρούμε τον *Πίνακα 35* που μας δείχνει την συνολική παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά (Photovoltaic Power) που φτάνει στα 10.703 kWh, τις απώλειες κατά την μετατροπή (Power Conversion) που είναι 1.07 kWh και την συνολική ενέργεια που φτάνει στο δίκτυο μας (Total On-Site Electric Sources) είναι 9.633 kWh για την συγκεκριμένη ημέρα. Άρα, όπως μας δείχνει και ο πίνακας καλύπτει μόλις το 1.33% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή αυτή θα μπορούσε να αυξηθεί εάν είχαμε τοποθετήσει περισσότερες μονάδες ηλιακών πάνελ.

Πίνακας 35: Report σεναρίου VRF με PV 25/12

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	10.703	1.48
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-1.07	-0.1
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	9.633	1.33

8.3.2 Προσομοίωση Θερμής Ημέρας

Στο παρακάτω διάγραμμα, *Εικόνα 60*, εμφανίζεται η καμπύλη παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες καθόλη τη διάρκεια της 4ης Αυγούστου. Εδώ παρατηρούμε ότι η παραγωγή μας φτάνει στο μέγιστο ποσό ενέργειας που ορίσαμε κατά την τοποθέτηση των ηλιακών πάνελ τις μεσημεριανές ώρες.



Εικόνα 60: Διάγραμμα Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας 4/8

Στα αποτελέσματα από την προσομοίωση παρατηρούμε τον Πίνακα 36 ο οποίος περιέχει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά ώρα για την ημέρα μας. Οι ώρες παραγωγής είναι από τις 6:00 έως τις 19:00 με το χρονικό διάστημα 12:00-17:00 να έχουμε την μεγαλύτερη παραγωγή από 3.65 kWh μέχρι 4.989 kWh.

Πίνακας 36: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με PV 4/8

Time	Produced Electric Power (kWh)
4/8 00:00	0.0000000
4/8 01:00	0.0000000
4/8 02:00	0.0000000
4/8 03:00	0.0000000
4/8 04:00	0.0000000
4/8 05:00	0.0000000
4/8 06:00	0.0596922
4/8 07:00	0.3394562
4/8 08:00	0.5727362
4/8 09:00	0.7922688
4/8 10:00	1.7830148
4/8 11:00	2.9574994
4/8 12:00	3.9263964
4/8 13:00	4.6222776
4/8 14:00	4.9892565
4/8 15:00	4.9837671
4/8 16:00	4.6067412
4/8 17:00	3.6529223
4/8 18:00	2.1056627
4/8 19:00	0.5849981
4/8 20:00	0.0000000
4/8 21:00	0.0000000
4/8 22:00	0.0000000
4/8 23:00	0.0000000

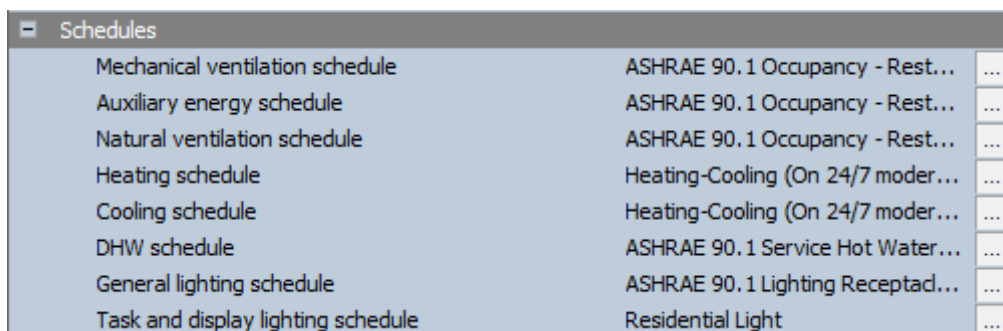
Στα αποτελέσματα του geront, Πίνακας 37, παρατηρούμε ότι έχουμε συνολική παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά (Photovoltaic Power) που ανέρχεται στα 39.974 kWh, τις απώλειες κατά την μετατροπή (Power Conversion) που είναι 4 kWh και την συνολική ενέργεια που φτάνει στο δίκτυο μας (Total On-Site Electric Sources) να είναι 35.977 kWh για την συγκεκριμένη ημέρα. Άρα, όπως μας δείχνει και ο πίνακας καλύπτει μόλις το 4.97% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή αυτή θα μπορούσε να αυξηθεί με εισαγωγή περισσότερων φωτοβολταϊκών σωμάτων.

Πίνακας 37 : Report σεναρίου VRF με PV 4/8

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	39.974	5.52
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-4.00	-0.6
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	35.977	4.97

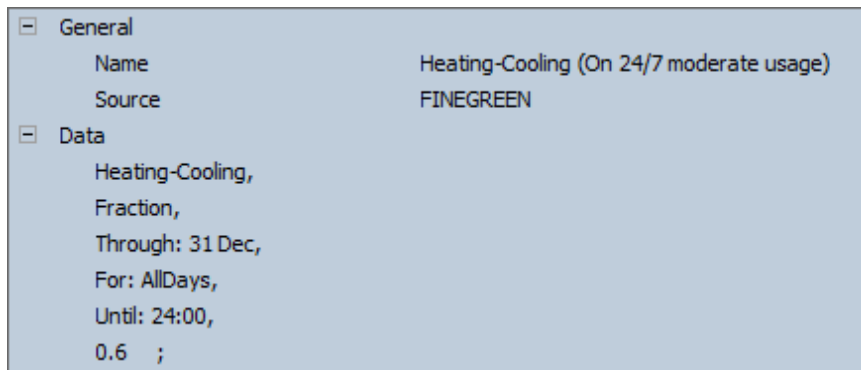
8.4 Τέταρτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας

Σε αυτό το σενάριο λειτουργίας βασιστήκαμε στο σύστημα VRF και αλλάξαμε σε αυτό τα προγράμματα λειτουργίας της ψύξης, της θέρμανσης και του ζεστού νερού χρήσης. Οι αλλαγές αυτές έγιναν στο **AutoBLD⇒Element Parameters⇒Zones/Systems** στην καρτέλα **“Activity”** στο πεδίο Schedules για το Heating schedule, το Cooling schedule και το DHW schedule, όπως φαίνονται στην *Εικόνα 61*, για κάθε θερμική ζώνη.



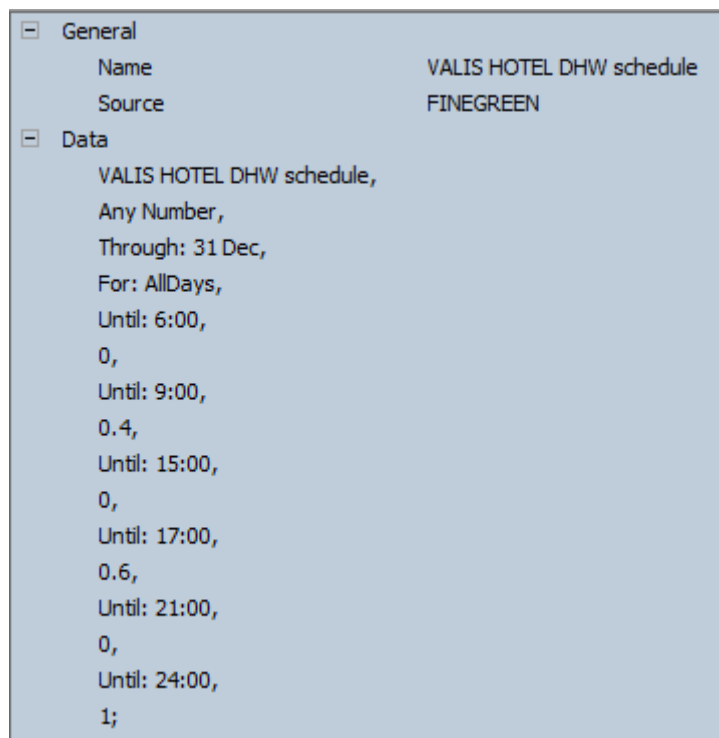
Εικόνα 61: Επιλογή Schedules στο Activity

Μετά από πολλές δοκιμές και αλλαγές των προγραμμάτων λειτουργίας καταλήξαμε να τροποποιήσουμε το πρόγραμμα **“Heating-Cooling (On 24/7 moderate usage)”** όπως βλέπουμε στην *Εικόνα 62*, ώστε να λειτουργεί το σύστημα ψύξης-θέρμανσης στο 60% καθόλη την διάρκεια της ημέρας και για τις τρεις ζώνες.



Εικόνα 62: Heating-Cooling Schedule Όπως Ορίστηκε στην Βιβλιοθήκη

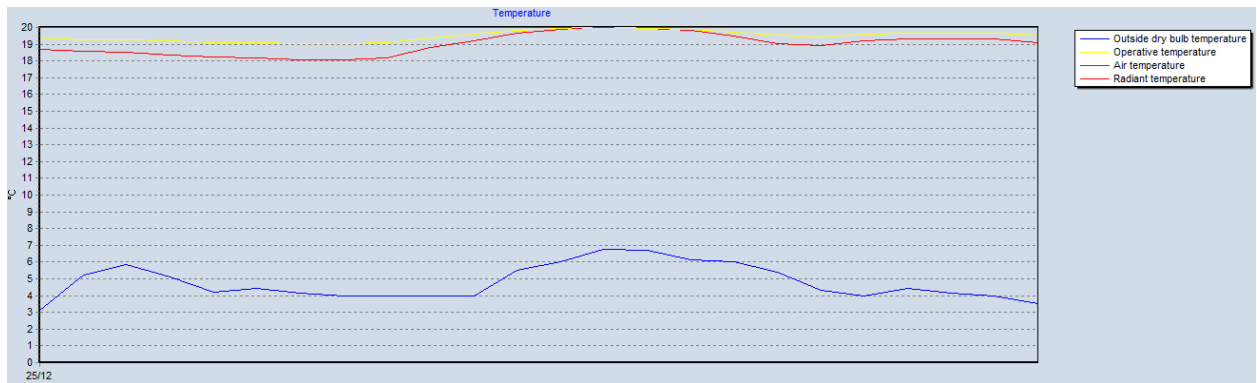
Επίσης , έγινε αλλαγή του ωραρίου για το ζεστό νερό χρήσης στις ζώνες roomsA και roomsB όπως εμφανίζεται στην *Εικόνα 63*. Οι δύο ζώνες είχαν καθόλη την διάρκεια της ημέρας ζεστό νερό, έπειτα από τροποποιήσεις του ωραρίου θέσαμε την λειτουργία του συστήματος DHW στο 40% το χρονικό διάστημα 6:00-9:00, στο 60% το διάστημα 15:00-17:00, στο 100% το διάστημα 21:00-24:00 και να μην λειτουργεί όλες τις υπόλοιπες ώρες.



Εικόνα 63: Πρόγραμμα Λειτουργίας Ζεστού Νερού Χρήσης

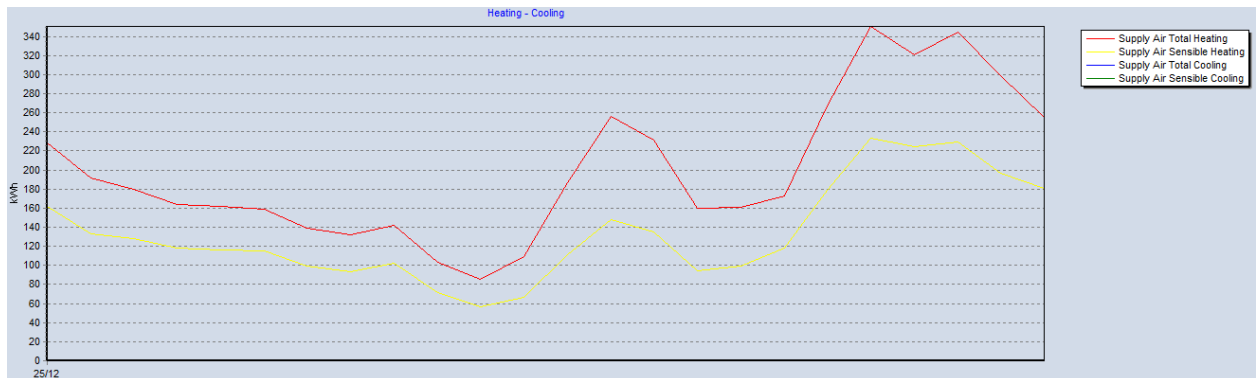
8.4.1 Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας

Μετά τον ορισμό των προγραμμάτων λειτουργίας εκτελούμε την προσομοίωση μας και παρατηρούμε στο διάγραμμα θερμοκρασιών, *Εικόνα 64*, ότι η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (πράσινο χρώμα) παραμένει στους 20°C καθόλη την διάρκεια της ημέρας.



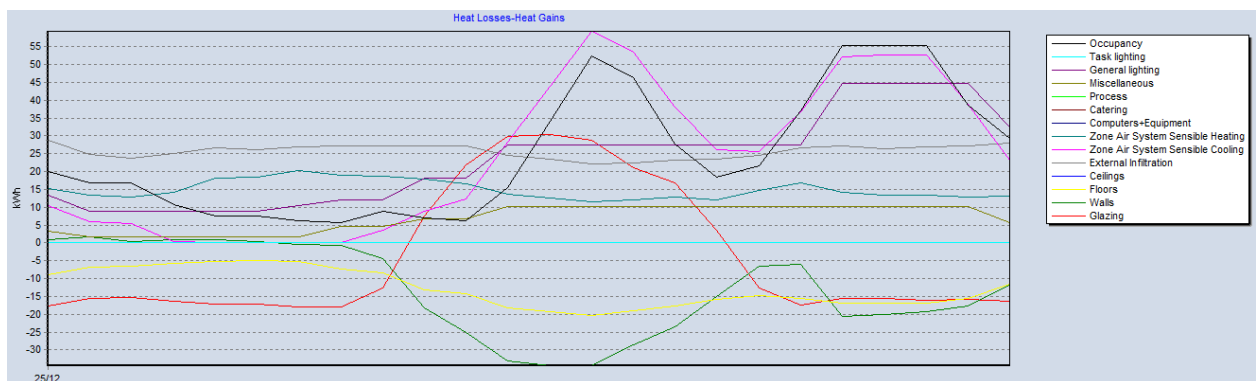
Εικόνα 64: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12

Στο διάγραμμα των ψυκτικών και θερμικών φορτίων, Εικόνα 65, είναι εμφανές ότι ο προγραμματισμός για την θέρμανση λειτουργεί ορθά, αφού είναι ενεργός όλο το 24ωρο και η μέγιστη τιμή κατανάλωσης φτάνει σχεδόν τα 350 kWh και η ελάχιστη τα 90 kWh.



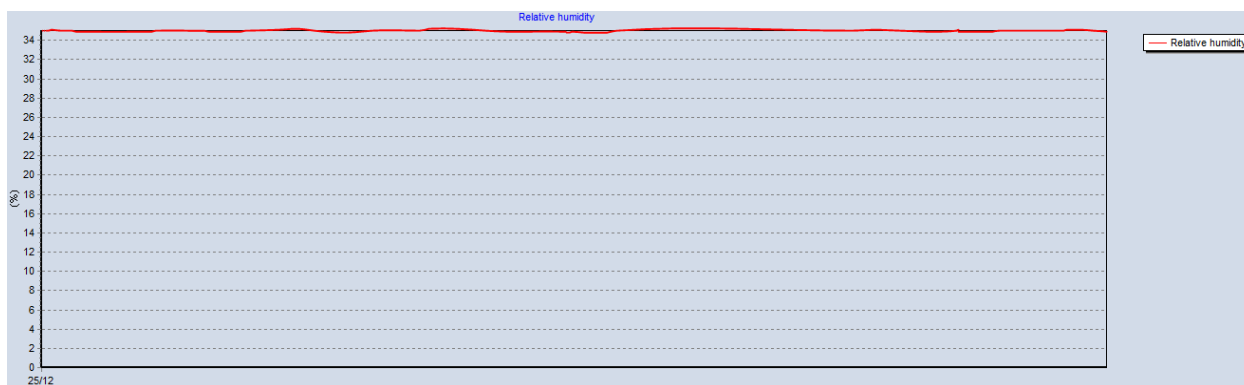
Εικόνα 65: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12

Στο διάγραμμα των απωλειών και εισφορών θερμότητας, Εικόνα 66, παρατηρούμε ότι το μέγιστο της καμπύλης αισθητής ψύξης του κτιρίου (ροζ χρώμα) έχει πέσει κοντά στα 60 kWh από τα 100 kWh που ήταν με τα αρχικά προγράμματα λειτουργίας. Επιπλέον, η καμπύλη αισθητής θέρμανσης (πετρόλ χρώμα) είναι πιο ομαλή και κυμαίνεται από 12 έως 20 kWh.



Εικόνα 66: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών θερμότητας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12

Η σχετική υγρασία, Εικόνα 67, στο κτίριο που μελετάμε παραμένει σχεδόν σταθερή γύρω από το 35% καθόλη την διάρκεια της ημέρας. Το ποσοστό αυτό είναι το κατώτερο όριο με βάση τον κανονισμό του ΚΕΝΑΚ για την λειτουργία των θερμικών ζωνών του κτιρίου μελέτης.



Εικόνα 67: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12

Παρατηρώντας το πρώτο μέρος των αποτελεσμάτων, Πίνακας 38, διαπιστώνεται όπως είπαμε και παραπάνω ότι η εσωτερική θερμοκρασία (Air temperature) του χώρου παραμένει σταθερή στους 20°C, η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature) και η θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature) είναι υψηλότερες, καθόλη την διάρκεια της ημέρας, από αυτές του βασικού σεναρίου με VRF, η σχετική υγρασία (Relative humidity) παραμένει σχεδόν σταθερή στο 35% καθώς και οι εναλλαγές του αέρα (Mech vent+nat vent+Infiltration) έχουν μία μικρή αύξηση της τάξης 0.035-0.19 ac/h το χρονικό διάστημα 23:00-7:00 που πριν το σύστημα θέρμανσης δεν λειτουργούσε.

Πίνακας 38: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 1 25/12

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
25/12 00:00	20.00000	18.70205	19.35103	3.10000	35.0000007	5.28618
25/12 01:00	20.00000	18.55606	19.27803	5.25000	34.9787628	5.09736
25/12 02:00	20.00000	18.50182	19.25091	5.85000	34.9950943	5.10077
25/12 03:00	20.00000	18.35601	19.17801	5.12500	34.9994687	4.70425
25/12 04:00	20.00000	18.22624	19.11312	4.22500	34.9999385	4.50699
25/12 05:00	20.00000	18.15473	19.07737	4.45000	34.9999933	4.50657
25/12 06:00	20.00000	18.08498	19.04249	4.15000	35.0122967	3.70900
25/12 07:00	20.00742	18.08127	19.04434	4.00000	34.9960517	3.50974
25/12 08:00	20.00028	18.15923	19.07975	4.00000	35.0174385	3.70619
25/12 09:00	20.00000	18.79396	19.39698	4.00000	35.0005892	2.71262
25/12 10:00	20.00601	19.19055	19.59828	4.00000	34.9851498	2.31552
25/12 11:00	20.00090	19.66023	19.83056	5.50000	35.0148870	2.90660
25/12 12:00	20.00003	19.90088	19.95046	6.00000	35.0022140	4.09519
25/12 13:00	20.00000	20.05397	20.02699	6.75000	35.0003971	5.28391
25/12 14:00	20.00000	19.92733	19.96367	6.70000	35.0000806	4.88730
25/12 15:00	20.00000	19.80559	19.90279	6.15000	35.0000100	3.69818
25/12 16:00	20.00000	19.47603	19.73801	6.00000	35.0000005	4.49189
25/12 17:00	20.00000	19.03770	19.51885	5.40000	35.0000000	4.69144
25/12 18:00	20.00000	18.89874	19.44937	4.30000	35.0000004	5.68527
25/12 19:00	20.00000	19.23010	19.61505	4.00000	35.0067918	6.67311
25/12 20:00	20.00000	19.32585	19.66292	4.45000	35.0020074	6.67080
25/12 21:00	20.00000	19.34383	19.67191	4.15000	35.0003350	6.67131
25/12 22:00	20.00000	19.31631	19.65816	4.00000	35.0000472	6.47341
25/12 23:00	20.00000	19.10083	19.55042	3.55000	35.0000043	5.87984

Στο επόμενο μέρος των αποτελεσμάτων στον Πίνακα 39, παρατηρούμε ότι στους υαλοπίνακες (Glazing) έχουμε αύξηση των απωλειών θερμότητας κατά μέσο όρο 2.3 kWh το διάστημα 17:00-8:00 και μείωση των εισφορών κατά μέσο όρο 0.97 kWh το διάστημα 9:00-16:00. Για

την τοιχοποιία (Walls) παρατηρούμε ότι οι απώλειες θερμότητας μειώνονται κατά μέσο όρο 9.98 kWh το διάστημα 7:00-22:00, αυξάνονται στις 23:00 κατά 1.589 kWh και οι εισφορές θερμότητας μειώνονται κατά μέσο όρο 28.25 kWh το διάστημα 00:00-6:00. Στο δάπεδο (Floors) και στις οροφές (Ceilings) πλέον έχουμε μόνο απώλειες θερμότητας. Στις χαραμάδες (External Infiltration) το χρονικό διάστημα 00:00-6:00 έχουμε μεγαλύτερα φορτία, λογικό γιατί η διαφορά της εσωτερικής με την εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και υπάρχουν περισσότερες απώλειες. Επίσης το μέγιστο του λόγου της αισθητής θέρμανσης έχει πέσει στο 20.25 από το 72.8 που ήταν πριν.

Πίνακας 39: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας II 25/12

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
25/12 00:00	-17.7390644	0.9677534	-8.8610183	-0.0000157	14.3808011	15.2584232
25/12 01:00	-15.6355600	1.5983746	-6.7502283	-0.0000461	12.4231024	13.3622378
25/12 02:00	-15.2015553	0.4371640	-6.6515613	-0.0000671	11.8796121	12.9523497
25/12 03:00	-16.2411739	0.9080666	-5.7639021	-0.0000754	12.5197575	14.1104013
25/12 04:00	-17.1924418	0.9894847	-5.1959815	-0.0000818	13.3186464	18.0571815
25/12 05:00	-17.2609793	0.3065170	-5.0123814	-0.0000922	13.1185135	18.5088586
25/12 06:00	-17.8773767	-0.3230932	-5.2314773	-0.0000911	13.3947534	20.2527401
25/12 07:00	-17.8998303	-0.7475003	-7.3487752	-0.0000409	13.5315481	18.8681418
25/12 08:00	-12.6209112	-4.5287432	-8.3737136	-0.0000802	13.5422824	18.8014511
25/12 09:00	7.6084039	-18.3032007	-13.1307953	-0.0002328	13.5450124	17.9291554
25/12 10:00	21.7906172	-25.0800602	-14.2893140	-0.0003303	13.5447297	16.5081022
25/12 11:00	29.7347799	-33.0189432	-18.2677308	-0.0003595	12.2203216	13.6899069
25/12 12:00	30.3352425	-34.3078622	-19.1960485	-0.0003407	11.7803179	12.4928050
25/12 13:00	28.6492567	-34.3957052	-20.2361465	-0.0003143	11.1203836	11.5861790
25/12 14:00	21.0142413	-28.5824137	-19.1118306	-0.0002457	11.1641350	12.0322354
25/12 15:00	16.7174855	-23.5622883	-17.5570804	-0.0002056	11.6479918	12.7439698
25/12 16:00	3.5696125	-15.1453532	-15.7003427	-0.0000946	11.7801968	12.0204324
25/12 17:00	-12.6974717	-6.5504023	-14.6802708	0.0000331	12.3125013	14.6461543
25/12 18:00	-17.3601691	-6.0240944	-15.5029179	0.0000355	13.2904275	16.8162618
25/12 19:00	-15.5225353	-20.6991053	-16.9218150	-0.0002320	13.5682820	14.2544637
25/12 20:00	-15.5232142	-19.9598110	-16.9183478	-0.0002265	13.1705252	13.2574409
25/12 21:00	-16.0462979	-19.3355246	-16.9288276	-0.0002123	13.4374200	13.4681881
25/12 22:00	-15.7854138	-17.6716331	-15.6143223	-0.0002137	13.5710928	12.8208455
25/12 23:00	-16.2654952	-11.7715394	-11.5830553	-0.0002041	13.9764175	13.1877147

Στον Πίνακα 40 επικεντρωνόμαστε στην στήλη της συνολικής παροχής θέρμανσης (Supply air total heating) η οποία αφενός έχει καθόλη την διάρκεια της ημέρας φορτία, αφετέρου η μέγιστη ζήτηση στις 19:00 από 357 kWh έπεσε στα 350.6 kWh. Επίσης, τα περισσότερα φορτία μειώθηκαν αισθητά με πιο εμφανές την μείωση κατά 91.24 kWh στις 6:00.

Πίνακας 40: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας III 25/12

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
25/12 00:00	10.5029181	0.0000000	0.0000000	162.0595496	228.8565616	0.0379233
25/12 01:00	5.9571281	0.0000000	0.0000000	133.4167326	191.1972656	0.0379233
25/12 02:00	5.4745546	0.0000000	0.0000000	128.4226504	179.9746972	0.0379233
25/12 03:00	0.2881868	0.0000000	0.0000000	118.0793958	163.7820054	0.0379233
25/12 04:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	116.4693565	161.5846896	0.0379233
25/12 05:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	115.5374566	158.7960236	0.0379233
25/12 06:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	99.3068324	138.6713269	0.0379233
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	93.6536499	132.3542961	0.0379233
25/12 08:00	3.5278663	0.0000000	0.0000000	102.3934449	142.0371242	0.0379233
25/12 09:00	8.8752552	0.0000000	0.0000000	71.2069976	103.3727577	0.0379233
25/12 10:00	12.2448176	0.0000000	0.0000000	56.4586089	85.1497064	0.0379233
25/12 11:00	28.1664529	0.0000000	0.0000000	66.2786731	108.8317381	0.0379233
25/12 12:00	43.9525242	0.0000000	0.0000000	110.9841423	186.6611628	0.0379233
25/12 13:00	59.2823314	0.0000000	0.0000000	148.1546442	255.8744945	0.0379233
25/12 14:00	53.4591862	0.0000000	0.0000000	134.7383947	231.6226046	0.0379233
25/12 15:00	38.0019284	0.0000000	0.0000000	94.3857025	160.2571238	0.0379233
25/12 16:00	26.0661047	0.0000000	0.0000000	98.8456745	160.9770111	0.0379233
25/12 17:00	25.4660509	0.0000000	0.0000000	118.1975645	173.0181666	0.0379233
25/12 18:00	36.8447178	0.0000000	0.0000000	178.8662425	267.2987097	0.0379233
25/12 19:00	52.0965587	0.0000000	0.0000000	233.5576320	350.5973820	0.0379233
25/12 20:00	52.6380593	0.0000000	0.0000000	224.5934341	320.4374433	0.0379233
25/12 21:00	52.7415816	0.0000000	0.0000000	229.6059021	344.8686719	0.0379233
25/12 22:00	38.7606962	0.0000000	0.0000000	196.6967665	299.2768639	0.0379233
25/12 23:00	23.1438925	0.0000000	0.0000000	181.1560679	255.3807489	0.0379233

Οι τιμές των φορτίων εξοπλισμού (Miscellaneous), γενικού φωτισμού (General Lighting) και θερμικών κερδών πληθυσμού (Occupancy) που παρουσιάζονται στον Πίνακα 41 παραμένουν αμετάβλητα σε σύγκριση με το απλό σύστημα VRF, για το λόγο ότι δεν υπήρξαν αλλαγές στα προγράμματα λειτουργίας και τις καταναλώσεις τους.

Πίνακας 41: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας IV 25/12

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
25/12 00:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	20.0113542
25/12 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	10.7390999
25/12 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 06:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	6.1186787
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
25/12 08:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.8270128
25/12 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.9149257
25/12 10:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.1500908
25/12 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	15.4223452
25/12 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.9668539
25/12 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	52.5113626
25/12 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.3298597
25/12 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	27.7853510
25/12 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	18.4816846
25/12 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	21.5724360
25/12 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	37.0261933
25/12 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 22:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	38.5558630
25/12 23:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	29.2836086

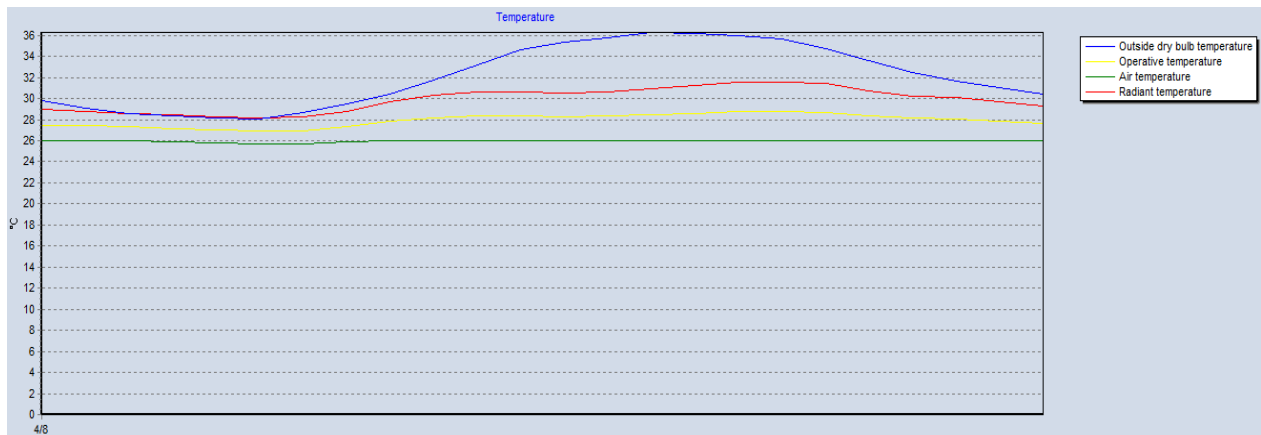
Στο πίνακα συνολικών καταναλώσεων, Πίνακας 42, οι συνολικές καταναλώσεις πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) ανέρχονται στα 7139.78 kWh ποσό μικρότερο κατά 3909.01 kWh από το αρχικό σενάριο και η τιμή της συνολικής ενέργειας που έχουν συνυπολογιστεί οι απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy) φτάνει στα 25475.27 kWh ποσό μειωμένο κατά 14124.57 kWh από την τιμή του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 42: Report σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 25/12

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	7139.78	1.04	1.04
Net Site Energy	7139.78	1.04	1.04
Total Source Energy	25475.27	3.70	3.70
Net Source Energy	25475.27	3.70	3.70

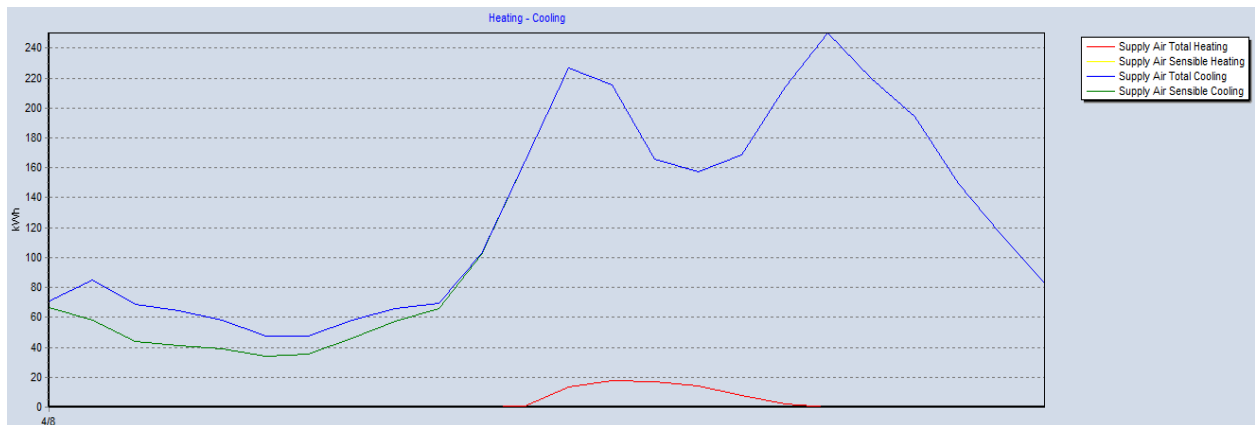
8.4.2 Προσομοίωση Θερινής Ημέρας

Κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης θερινής ημέρας παρατηρούμε στο διάγραμμα θερμοκρασιών της Εικόνας 68, ότι η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (πράσινο χρώμα) είναι σχεδόν ίση με 26°C κατά την διάρκεια της ημέρας.



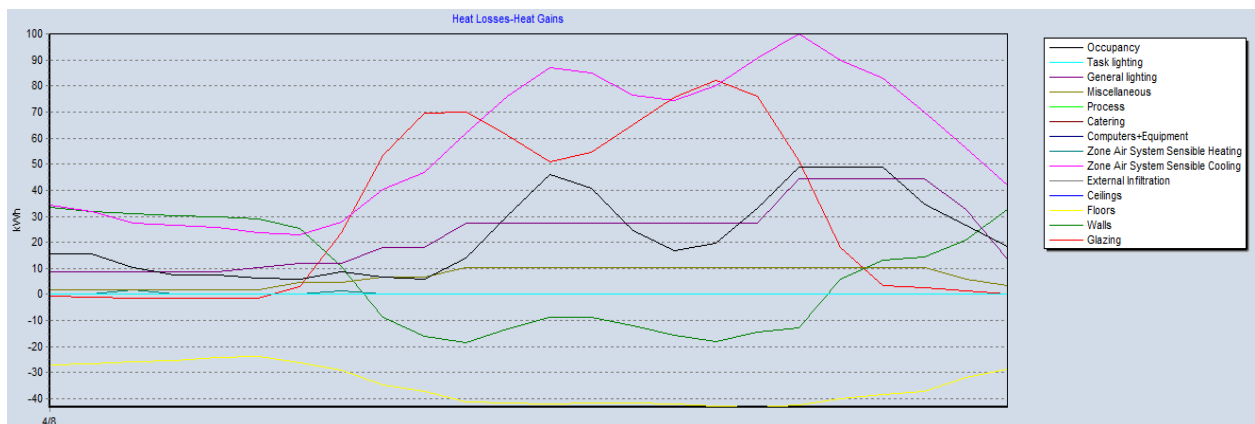
Εικόνα 68: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8

Το διάγραμμα θέρμανσης και ψύξης της Εικόνας 69, παρατηρείται ότι δεν αλλάζει η καμπύλη της ψύξης (μπλε χρώμα) σε ένα μεγάλο μέρος της, αλλά υπάρχει κατανάλωση όλη την ημέρα για να επιτευχθούν οι καλύτερες θερμικές συνθήκες στο εσωτερικό του κελύφους.

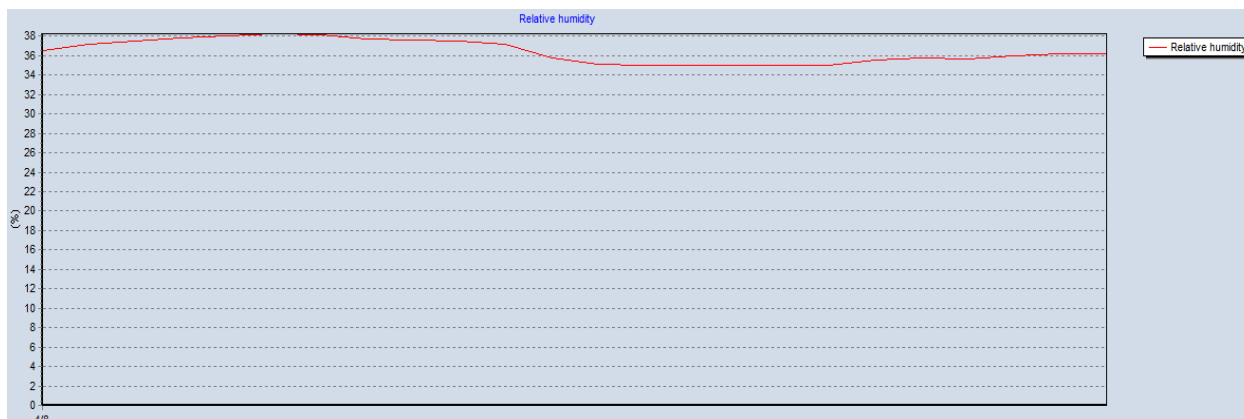


Εικόνα 69: Διάγραμμα Ψύξης-Θέρμανσης σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8

Ομοίως, με την καμπύλη της ψύξης παραπάνω έτσι και εδώ η διαφορά παρατηρείται μόνο στην καμπύλη της αισθητής ψύξης (ροζ χρώμα) η οποία μεταβάλλεται ομαλά τις πρωινές ώρες όπως είναι εμφανές στην Εικόνα 70. Επίσης, στο διάγραμμα της σχετικής υγρασίας στην Εικόνα 71, το πεδίο τιμών είναι μεταξύ 35-38%.



Εικόνα 70: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών θερμότητας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8



Εικόνα 71: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8

Στην πρώτη σελίδα των αποτελεσμάτων από την προσομοίωση, Πίνακας 43, γίνεται αντιληπτή η διαφορά στην στήλη της εσωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Air temperature) η οποία πλέον είναι στους 26°C και τις βραδινές ώρες. Οι ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature) και η θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature) διακρίνεται ότι έχουν μια μικρή μείωση έως 1°C και έως 2°C αντίστοιχα. Με την μείωση των εσωτερικών θερμοκρασιών έχουμε και μία μικρή μείωση των εναλλαγών αέρα (Mech vent+nat vent+Infiltration) έως 0.07 ac/h τις ώρες 23:00-6:00 που προηγουμένως το σύστημα ψύξης ήταν ανενεργό.

Πίνακας 43: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας I 4/8

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
4/8 00:00	26.00000	28.94864	27.47432	29.75000	36.5622893	5.25719
4/8 01:00	26.00000	28.77754	27.38877	29.07500	37.1493508	5.25587
4/8 02:00	25.99704	28.60343	27.30024	28.52500	37.4788231	4.84215
4/8 03:00	25.88270	28.45300	27.16785	28.32500	37.8540116	4.63226
4/8 04:00	25.74682	28.29244	27.01963	28.15000	38.0560304	4.63977
4/8 05:00	25.64467	28.15890	26.90178	28.02500	38.2589643	3.81128
4/8 06:00	25.71068	28.21726	26.96397	28.67500	38.1205813	3.60307
4/8 07:00	25.94035	28.74308	27.34171	29.50000	37.6671632	3.79871
4/8 08:00	26.00000	29.69766	27.84883	30.37500	37.5792368	2.77171
4/8 09:00	26.00000	30.29321	28.14661	31.72500	37.5154916	2.35514
4/8 10:00	26.00000	30.66525	28.33263	33.15000	37.1331104	2.97413
4/8 11:00	26.00000	30.64982	28.32491	34.62500	35.7818907	4.21313
4/8 12:00	26.00000	30.52950	28.26475	35.37500	35.0894633	5.45305
4/8 13:00	26.00000	30.66074	28.33037	35.80000	35.0153785	5.03815
4/8 14:00	26.00000	30.92490	28.46245	36.27500	34.9973082	3.79783
4/8 15:00	26.00000	31.20906	28.60453	36.17500	34.9993149	4.62767
4/8 16:00	26.00000	31.50993	28.75497	35.95000	34.9999470	4.83526
4/8 17:00	26.00000	31.57902	28.78951	35.67500	35.0330284	5.87183
4/8 18:00	26.00000	31.40055	28.70027	34.77500	35.4963943	6.91066
4/8 19:00	26.00000	30.68375	28.34187	33.60000	35.7433222	6.91310
4/8 20:00	26.00000	30.24142	28.12071	32.47500	35.6969241	6.91479
4/8 21:00	26.00000	30.07211	28.03605	31.67500	36.0299381	6.70913
4/8 22:00	26.00000	29.71884	27.85942	31.05000	36.1497461	6.08418
4/8 23:00	26.00000	29.23852	27.61926	30.37500	36.1532462	5.46250

Στον Πίνακα 44, εντοπίζουμε μείωση των απωλειών θερμότητας και μία μικρή αύξηση των εισφορών που υπήρχαν στο πρώτο σενάριο λειτουργίας για τους υαλοπίνακες (Glazing). Στις τοιχοποιίες (Walls) έχουμε αύξηση των θερμικών κερδών το διάστημα 22:00-5:00 έως και 19.8 kWh, μείωση των κερδών το διάστημα 19:00-21:00 και αύξηση των θερμικών απωλειών το διάστημα 8:00-18:00 έως και 6 kWh. Οι απώλειες από το δάπεδο (Floors) μειώνονται έως και 5.2 kWh. Επίσης, ανταλλαγές θερμότητας από τις χαραμάδες (External Infiltration) είναι μηδενικές καθόλη την διάρκεια της ημέρας. Στην στήλη των οροφών (Ceilings) έχει προστεθεί μία πολύ μικρή ποσότητα θερμικού κέρδους. Τέλος, ο δείκτης της αισθητής θέρμανσης έχει γίνει μηδενικός για τις περισσότερες ώρες της ημέρας.

Πίνακας 44: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας II
4/8

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
4/8 00:00	-0.4718007	33.3077257	-26.8486097	0.0003054	0.0000000	0.0000000
4/8 01:00	-0.9637840	31.6462512	-26.6378921	0.0002653	0.0000000	0.0000000
4/8 02:00	-1.5196980	30.9897505	-25.8980973	0.0002325	0.0000000	1.8074377
4/8 03:00	-1.5751269	30.2003979	-25.1990433	0.0002028	0.0000000	0.0000000
4/8 04:00	-1.5517670	29.8666960	-24.2343754	0.0001782	0.0000000	0.0000000
4/8 05:00	-1.5258056	29.0909471	-23.8412081	0.0001643	0.0000000	0.0000000
4/8 06:00	3.2301500	25.5411197	-26.1163019	0.0001819	0.0000000	0.0000000
4/8 07:00	23.8542177	10.8879119	-29.1127427	-0.0000168	0.0000000	1.4152985
4/8 08:00	53.3175932	-8.6855569	-34.8621464	-0.0002479	0.0000000	0.0000000
4/8 09:00	69.6931966	-15.8979224	-37.1518914	-0.0003217	0.0000000	0.0000000
4/8 10:00	69.8485330	-18.5345874	-41.1353053	-0.0002313	0.0000000	0.0000000
4/8 11:00	60.9265987	-13.3213120	-41.5387186	-0.0001185	0.0000000	0.0000000
4/8 12:00	50.9722642	-8.6696928	-41.9600665	-0.0000243	0.0000000	0.0000000
4/8 13:00	54.3612750	-8.8952493	-41.7019996	-0.0000459	0.0000000	0.0000000
4/8 14:00	65.2474662	-11.9728961	-41.5192140	-0.0001235	0.0000000	0.0000000
4/8 15:00	75.6649485	-15.7283003	-41.8506623	-0.0001930	0.0000000	0.0000000
4/8 16:00	82.3209865	-17.8662838	-42.6968034	-0.0002260	0.0000000	0.0000000
4/8 17:00	76.0736240	-14.3370802	-43.2093298	-0.0001530	0.0000000	0.0000000
4/8 18:00	51.1358465	-12.6962039	-42.4362258	-0.0001329	0.0000000	0.0000000
4/8 19:00	18.1143257	5.9065712	-39.8308177	0.0001947	0.0000000	0.0000000
4/8 20:00	3.4093420	13.1493784	-38.4514762	0.0002726	0.0000000	0.0000000
4/8 21:00	2.5526476	14.5618596	-37.0777426	0.0002282	0.0000000	0.0000000
4/8 22:00	1.6149025	20.8229357	-31.9911201	0.0001967	0.0000000	0.0000000
4/8 23:00	0.0365113	32.7937233	-28.7671844	0.0003502	0.0000000	0.0000000

Το σημαντικότερο στοιχείο στον Πίνακα 45 είναι η στήλη της συνολικής παροχής ψύξης (Supply air total cooling) η οποία σε σύγκριση με τα φορτία του πρώτου σεναρίου, τις ώρες 5:00 με 22:00, έχουν μειωθεί έως και 13 kWh.

Πίνακας 45: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας III
4/8

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
4/8 00:00	34.3150976	66.6956655	71.0511555	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 01:00	31.6896912	58.3434015	84.7269705	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 02:00	27.4490397	43.6322238	68.6515522	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 03:00	26.5029591	41.2598869	64.1998344	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 04:00	25.6287005	39.2584826	57.9069481	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 05:00	23.6985210	33.9697874	47.3027543	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 06:00	22.9138226	35.6206501	47.7306211	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 07:00	27.8860046	45.9367114	57.8478891	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 08:00	40.1814186	57.4320141	65.6042545	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 09:00	46.6823585	65.5913174	69.6985048	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 10:00	61.9436118	102.0795830	102.5866265	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 11:00	75.9417137	164.3073605	164.3073605	0.0000000	0.6912161	0.0379233
4/8 12:00	87.2170829	226.7265987	226.7265987	0.0000000	13.1974504	0.0379233
4/8 13:00	85.0437772	215.6573924	215.6573924	0.0000000	17.4986729	0.0379233
4/8 14:00	76.6622061	165.9138094	165.9138094	0.0000000	17.1022625	0.0379233
4/8 15:00	74.4200949	156.9899522	156.9899522	0.0000000	13.9382437	0.0379233
4/8 16:00	80.1315121	168.6461875	168.6461875	0.0000000	7.9299634	0.0379233
4/8 17:00	90.7717236	214.3422290	214.3422290	0.0000000	2.2063589	0.0379233
4/8 18:00	100.0017752	250.1517627	250.1517627	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 19:00	89.6887937	219.6835915	219.6835915	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 20:00	83.0482254	193.8314473	193.8314473	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 21:00	69.9189147	149.6011204	149.6011204	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 22:00	56.0085634	115.1888167	115.1888167	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 23:00	41.9054665	83.0144417	83.0144417	0.0000000	0.0000000	0.0379233

Στον Πίνακα 46 τα φορτία του εξοπλισμού (Miscellaneous) και του γενικού φωτισμού (General Lighting) παραμένουν σταθερά σε αντίθεση με τα φορτία του πληθυσμού (Occurance) που έχουν μία μικρή αύξηση το χρονικό διάστημα 23:00-5:00 λόγω της λειτουργίας του κλιματισμού και αυτές τις ώρες.

Πίνακας 46: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας IV
4/8

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
4/8 00:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	15.7422341
4/8 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	15.7422341
4/8 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	10.3463103
4/8 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
4/8 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
4/8 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	6.1186787
4/8 06:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
4/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.5222288
4/8 08:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.5221569
4/8 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	5.7573013
4/8 10:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	13.8511869
4/8 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	30.0389582
4/8 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.2267294
4/8 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	40.8308057
4/8 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	24.6430344
4/8 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	16.9105263
4/8 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	19.6084881
4/8 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.0982975
4/8 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	34.6279672
4/8 22:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	26.5340816
4/8 23:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	18.4401959

Στην τελική έκθεση, Πίνακας 47, οι συνολικές καταναλώσεις πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) ανέρχονται στα 5472.83 kWh ποσό μικρότερο κατά 4401.2 kWh από το αρχικό σενάριο και η τιμή της συνολικής ενέργειας που έχουν συνυπολογιστεί οι απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy) φτάνει στα 11622.07 kWh ποσό μειωμένο κατά 16918.61 kWh από την τιμή του αρχικού σεναρίου.

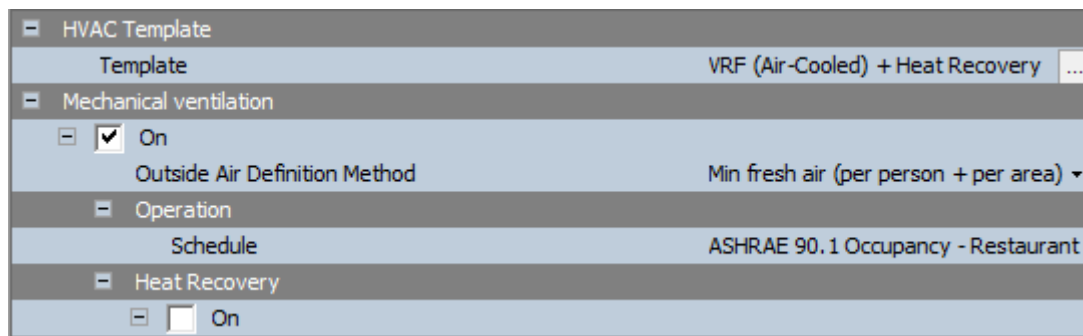
Πίνακας 47: Report σεναρίου VRF με Αλλαγή Προγράμματος Λειτουργίας 4/8

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	5472.83	0.80	0.80
Net Site Energy	5472.83	0.80	0.80
Total Source Energy	11622.07	1.69	1.69
Net Source Energy	11622.07	1.69	1.69

8.5 Πέμπτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα VRF και Μειωμένες Απαιτήσεις

Στο σενάριο αυτό αλλάξαμε τον τρόπο υπολογισμού για τον μηχανικό αερισμό όπως παρατηρείτε στην Εικόνα 72, από "By zone" σε "Min fresh air (per person + per area)" στο πεδίο "Mechanical ventilation" και στις τρεις θερμικές ζώνες του κτιρίου. Έτσι πλέον το πρόγραμμα επιλέγει μόνο του τις απαιτούμενες εναλλαγές του αέρα που χρειάζονται ώστε να κρατήσει τον αέρα βιολογικά καθαρό με βάση τα πρότυπα της ASHRAE. Επίσης, η επιλογή

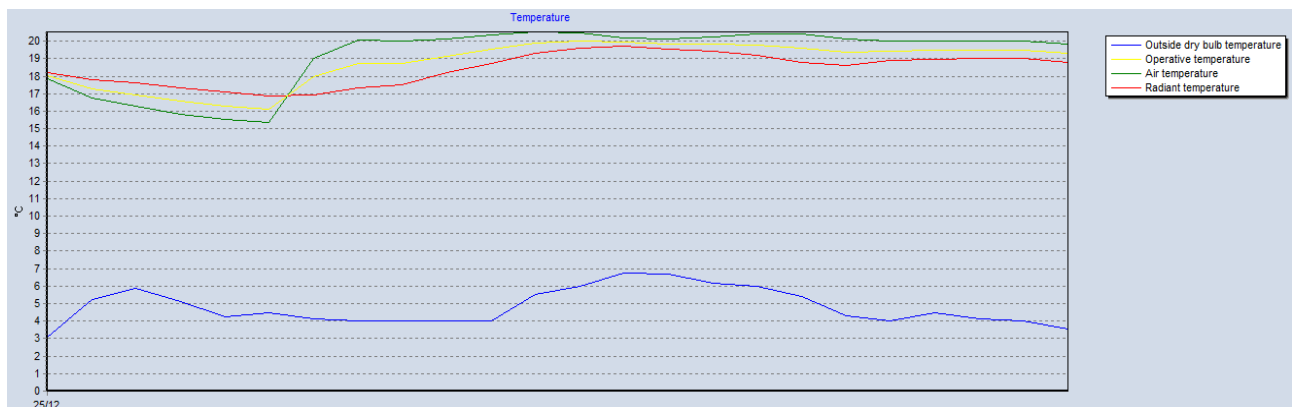
αυτή συνδυάζει δύο διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού των απαιτούμενων εναλλαγών του αέρα. Τον υπολογισμό απαιτούμενου αερισμού ανά άτομο (per person) και ανά τετραγωνικό μέτρο (area).



Εικόνα 72: Καρτέλα HVAC Αλλαγή του Μηχανικού Αερισμού

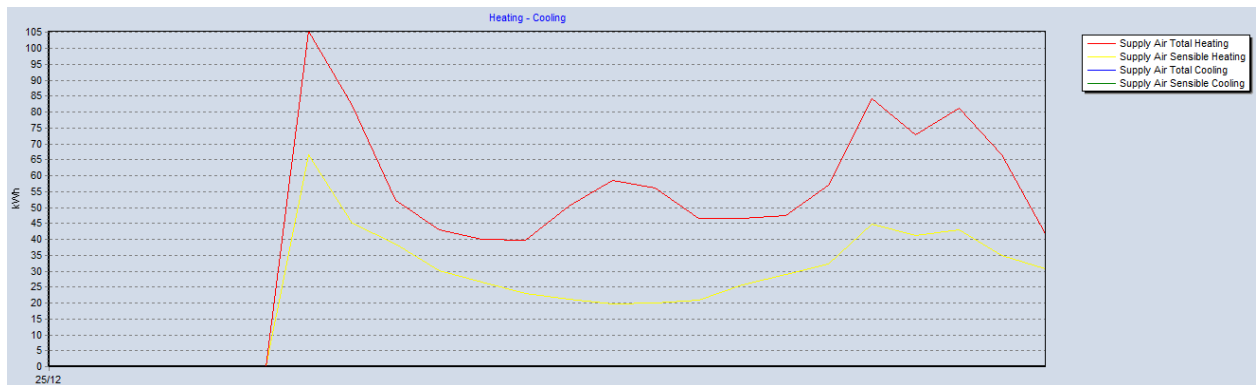
8.5.1 Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας

Εκτελούμε την προσομοίωση και εξάγουμε για ακόμη μία φορά τα παρακάτω διαγράμματα. Στο διάγραμμα θερμοκρασιών της *Εικόνας 73*, διακρίνουμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (πράσινο χρώμα) δεν πέφτει κάτω από τους 15°C σε αντίθεση με το αρχικό σενάριο λειτουργίας που φτάνει έως και τους 12°C.



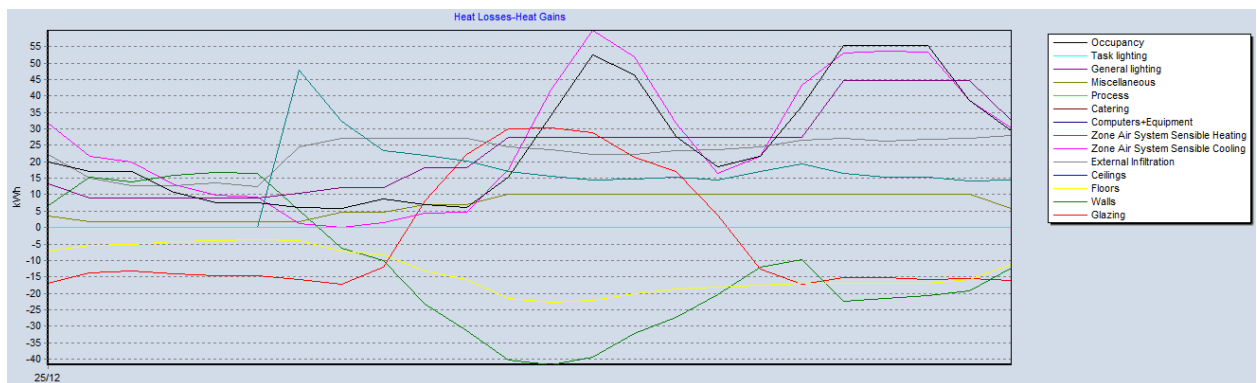
Εικόνα 73: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12

Στο διάγραμμα των φορτίων ψύξης και θέρμανσης της *Εικόνας 74*, παρατηρούμε ότι τα συνολικά φορτία θέρμανσης (κόκκινο χρώμα) έχουν μειωθεί αισθητά με μέγιστο φορτίο σχεδόν τα 105 kWh σε αντίθεση με το βασικό μας σενάριο που το μέγιστο έφτανε στα 357 kWh. Επίσης, το μέγιστο φορτίο πλέον ζητείται τις πρώτες ώρες λειτουργίας του συστήματος.



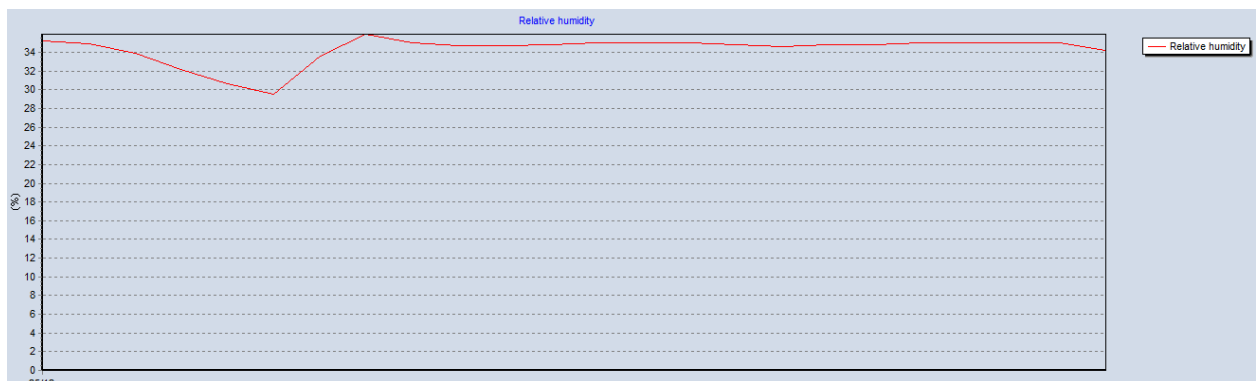
Εικόνα 74: Διάγραμμα Θέρμανσης-Ψύξης σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12

Το διάγραμμα απωλειών-εισφορών θερμότητας, *Εικόνα 75*, φαίνεται παρόμοιο με αυτό του βασικού σεναρίου, με την σημαντική διαφορά η καμπύλη της αισθητής ψύξης (ροζ χρώμα) να έχει λιγότερα φορτία τις ώρες αδράνειας του συστήματος και οι τιμές της καμπύλης αισθητής θέρμανσης (πετρόλ χρώμα) να έχουν μειωθεί αρκετά.



Εικόνα 75: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12

Συγκρίνοντας το διάγραμμα σχετικής υγρασίας της *Εικόνας 76*, με αυτό του βασικού σεναρίου παρατηρούμε ότι τώρα τα ποσοστά πέφτουν στο 30% τις ώρες αδράνειας του συστήματος μας σε αντίθεση με το ποσοστό του βασικού σεναρίου που δεν πέφτει κάτω από το 32%. Επίσης, κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος οι τιμές είναι ασταθείς γύρω από το 35% .



Εικόνα 76: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12

Στον Πίνακα 48 διακρίνουμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (Air temperature) έχει ελάχιστη τιμή 15.34°C τις ώρες που το σύστημα δεν βρίσκεται σε λειτουργία η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτή του βασικού σεναρίου (11.79°C). Επιπλέον, είναι εμφανής η μικρή αύξηση της τάξης έως και 0.53°C που υπάρχει στην θερμοκρασία κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος. Συνεπάγεται ότι η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature) και θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature) θα έχουν μία αύξηση μέχρι 1.6°C και 3°C αντίστοιχα. Το ποσοστό της σχετικής υγρασίας (Relative humidity) πέφτει έως το 29.54% τις ώρες αδρανοποίησης του συστήματος ενώ τις ώρες λειτουργίας το ποσοστό είναι κοντά στο 35%. Στην στήλη των εναλλαγών αέρα (Mech vent+nat vent+Infiltration) διαπιστώνουμε μεγάλη πτώση καθόλη την διάρκεια της ημέρας έως και 4.4 ac/h λιγότερες, λογικό γιατί το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε υπολογίζει με τα πρότυπα της ASHRAE τις απαιτήσεις αερισμού.

Πίνακας 48: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας I 25/12

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
25/12 00:00	17.85787	18.19898	18.02842	3.10000	35.2665758	1.43467
25/12 01:00	16.74959	17.78142	17.26551	5.25000	34.8915975	1.35681
25/12 02:00	16.26621	17.61653	16.94137	5.85000	33.8517013	1.35401
25/12 03:00	15.79634	17.33671	16.56653	5.12500	32.1132764	1.21339
25/12 04:00	15.51929	17.08360	16.30145	4.22500	30.6146205	1.14347
25/12 05:00	15.34896	16.89436	16.12166	4.45000	29.5486425	1.14165
25/12 06:00	19.01222	16.95071	17.98146	4.15000	33.6281703	1.03785
25/12 07:00	20.09399	17.34013	18.71706	4.00000	35.9292558	1.01049
25/12 08:00	20.00063	17.51155	18.75609	4.00000	35.0144720	1.08119
25/12 09:00	20.10266	18.19093	19.14680	4.00000	34.7239422	0.91996
25/12 10:00	20.35380	18.70342	19.52861	4.00000	34.7539752	0.85564
25/12 11:00	20.53052	19.29585	19.91318	5.50000	34.7953054	1.06432
25/12 12:00	20.45006	19.59815	20.02410	6.00000	34.9776808	1.48382
25/12 13:00	20.17851	19.68793	19.93322	6.75000	35.0573918	1.89888
25/12 14:00	20.11689	19.52199	19.81944	6.70000	35.0151815	1.76077
25/12 15:00	20.24408	19.43536	19.83972	6.15000	34.8133180	1.34245
25/12 16:00	20.40781	19.19260	19.80020	6.00000	34.6524651	1.31913
25/12 17:00	20.41682	18.81164	19.61423	5.40000	34.8034433	1.39137
25/12 18:00	20.12828	18.62308	19.37568	4.30000	34.8066211	1.73967
25/12 19:00	20.00090	18.88568	19.44329	4.00000	34.9900678	2.12813
25/12 20:00	20.00003	18.98923	19.49463	4.45000	35.0002757	2.12694
25/12 21:00	20.00000	19.01842	19.50921	4.15000	35.0000297	2.12746
25/12 22:00	20.00000	19.00157	19.50078	4.00000	35.0000012	1.86912
25/12 23:00	19.81069	18.77016	19.29043	3.55000	34.2060183	1.65716

Στον Πίνακα 49 παρατηρούμε ότι οι απώλειες θερμότητας από τους υαλοπίνακες (Glazing) έχουν αυξηθεί και οι εισφορές θερμότητας έχουν μειωθεί λόγω αύξησης της διαφοράς εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Οι εισφορές και οι απώλειες θερμότητας από την τοιχοποιία (Walls) έχουν μειωθεί έως 20 kWh και 10 kWh αντίστοιχα. Επίσης, πλέον από το δάπεδο (Floors) έχουμε μόνο απώλειες θερμότητας. Στις εισφορές θερμότητας από τις χαραμάδες (External Infiltration) έχουμε αύξηση έως και 4 kWh τις πρώτες πρωινές ώρες, εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας εντός και εκτός του κτιρίου. Τέλος, το μέγιστο του λόγου αισθητής θέρμανσης στην ζώνη (Zone air system sensible heating rate) έχει μειωθεί κατά 24.93.

Πίνακας 49: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας II
25/12

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
25/12 00:00	-16.9507783	6.7410086	-7.2817446	0.0000800	11.1738838	0.0000000
25/12 01:00	-13.9084028	15.2008085	-5.3446963	0.0002126	7.5622227	0.0000000
25/12 02:00	-13.2106992	13.7757403	-5.2492909	0.0001726	6.4078733	0.0000000
25/12 03:00	-13.9806560	16.0038352	-4.3350398	0.0001730	6.4078498	0.0000000
25/12 04:00	-14.7527802	16.6423675	-3.8586694	0.0001654	6.7254399	0.0000000
25/12 05:00	-14.6025063	16.4843662	-3.7241340	0.0001541	6.2610743	0.0000000
25/12 06:00	-15.8922598	5.1368147	-3.9625810	-0.0000940	12.2891840	47.8673904
25/12 07:00	-17.2096131	-6.4102528	-7.1269944	-0.0002570	13.5296604	32.1961040
25/12 08:00	-12.1452623	-9.9274359	-8.3804691	-0.0002549	13.5422804	23.4825715
25/12 09:00	8.0794644	-23.2262585	-13.2051665	-0.0003692	13.5450123	21.9532326
25/12 10:00	22.1050492	-31.2126929	-15.8519561	-0.0004351	13.5447297	20.1624557
25/12 11:00	29.8602257	-40.3474815	-21.4179531	-0.0004399	12.2203216	17.0283502
25/12 12:00	30.3724803	-41.7023755	-22.8203070	-0.0004025	11.7803179	15.5451436
25/12 13:00	28.7924434	-39.4881222	-22.1188403	-0.0003622	11.1203836	14.4079115
25/12 14:00	21.3075637	-32.2020834	-19.9871211	-0.0002838	11.1641350	14.6805331
25/12 15:00	16.9868837	-27.4365627	-18.7696005	-0.0002368	11.6479918	15.2604651
25/12 16:00	3.6916382	-20.3017289	-18.0846570	-0.0001223	11.7801968	14.3556955
25/12 17:00	-12.7158674	-12.1179417	-17.5768579	0.0000064	12.3125013	17.1317340
25/12 18:00	-17.3161560	-9.6069721	-17.0206438	0.0000104	13.2904275	19.2570360
25/12 19:00	-15.2963079	-22.2766485	-17.0678682	-0.0002526	13.5682820	16.4889824
25/12 20:00	-15.2830259	-21.4737041	-17.0516342	-0.0002433	13.1705252	15.3289822
25/12 21:00	-15.8101999	-20.8151057	-17.0645290	-0.0002265	13.4374200	15.4294829
25/12 22:00	-15.5644420	-19.1028290	-15.7475040	-0.0002258	13.5710928	14.0551407
25/12 23:00	-16.0236020	-12.4536742	-11.2154214	-0.0002146	13.9764175	14.3617034

Στον Πίνακα 50 ότι ο λόγος αισθητής ψύξης στην ζώνη (Zone air system sensible cooling rate) μας μειωθεί έως και 66.07. Τα συνολικά φορτία παροχής θέρμανσης (Supply air total heating) παρατηρείται ότι έχουν μειωθεί έως και 272.97 kWh στις 19:00 το μέγιστο και κατά μέσο όρο 157.78 kWh. Τα φορτία Η/Υ (Computers+Equipment) παραμένουν σταθερά στα 0.0379 kWh όπως τα είχαμε ορίσει.

Πίνακας 50: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας III
25/12

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
25/12 00:00	31.6752583	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 01:00	21.6800265	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 02:00	19.8163758	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 03:00	13.0019886	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 04:00	9.7129075	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 05:00	9.1828569	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 06:00	1.0623662	0.0000000	0.0000000	66.5027251	105.3762185	0.0379233
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	45.0044810	82.0838540	0.0379233
25/12 08:00	1.3736090	0.0000000	0.0000000	38.5301090	52.1702930	0.0379233
25/12 09:00	4.4389208	0.0000000	0.0000000	30.0044555	42.9925384	0.0379233
25/12 10:00	4.6689954	0.0000000	0.0000000	26.6022132	39.8610048	0.0379233
25/12 11:00	17.4954678	0.0000000	0.0000000	22.8683690	39.7352360	0.0379233
25/12 12:00	41.7285390	0.0000000	0.0000000	21.1837527	50.4816703	0.0379233
25/12 13:00	59.9380537	0.0000000	0.0000000	19.7438461	58.4029081	0.0379233
25/12 14:00	51.9218956	0.0000000	0.0000000	20.0357836	56.1214004	0.0379233
25/12 15:00	31.6936936	0.0000000	0.0000000	20.8370722	46.6590580	0.0379233
25/12 16:00	16.5466778	0.0000000	0.0000000	25.6399168	46.6692496	0.0379233
25/12 17:00	21.5377459	0.0000000	0.0000000	28.9145813	47.5724405	0.0379233
25/12 18:00	43.2618338	0.0000000	0.0000000	32.3498037	56.8967103	0.0379233
25/12 19:00	53.1499583	0.0000000	0.0000000	44.9030187	84.1213510	0.0379233
25/12 20:00	53.5553697	0.0000000	0.0000000	41.0733391	72.9180166	0.0379233
25/12 21:00	53.3235490	0.0000000	0.0000000	42.9037755	81.2010233	0.0379233
25/12 22:00	38.6417187	0.0000000	0.0000000	34.9805101	66.6296628	0.0379233
25/12 23:00	30.4219109	0.0000000	0.0000000	30.7229103	41.8912485	0.0379233

Τέλος, στον Πίνακα 51 εμφανίζονται τα φορτία εξοπλισμού (Miscellaneous), γενικού φωτισμού (General Lighting) και πληθυσμού (Occurancy) τα οποία δεν διαφέρουν από αυτά του αρχικού σεναρίου λειτουργίας, καθώς οι υπόλοιπες στήλες που παραμένουν με μηδενικά φορτία.

Πίνακας 51: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας IV 25/12

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
25/12 00:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	20.0113542
25/12 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	10.7390999
25/12 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 06:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	6.1186787
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
25/12 08:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.8270128
25/12 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.9149257
25/12 10:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.1500908
25/12 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	15.4223452
25/12 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.9668539
25/12 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	52.5113626
25/12 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.3298597
25/12 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	27.7853510
25/12 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	18.4816846
25/12 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	21.5724360
25/12 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	37.0261933
25/12 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 22:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	38.5558630
25/12 23:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	29.2836086

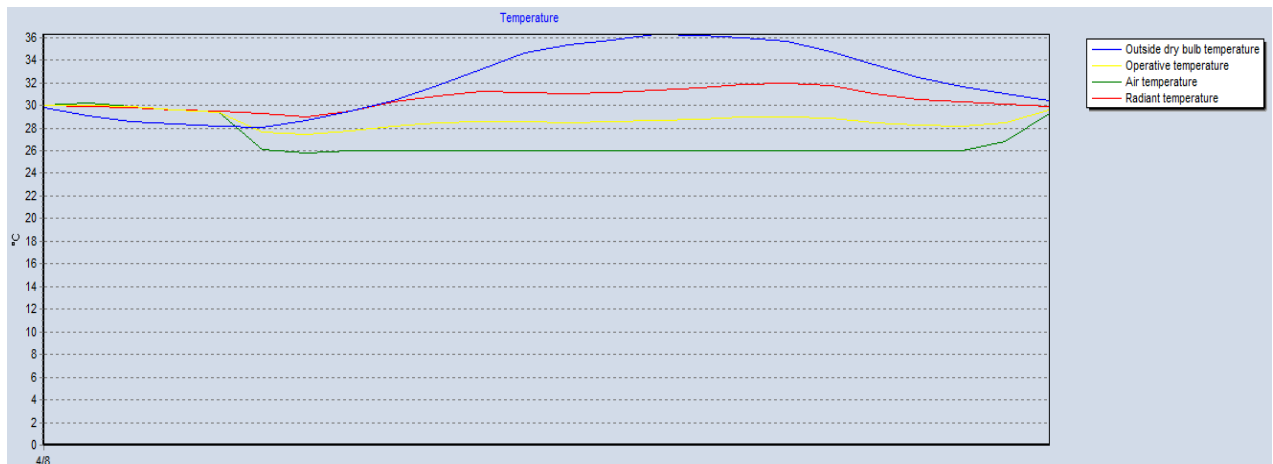
Στην τελική αναφορά του Πίνακα 52, οι συνολικές καταναλώσεις πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) ανέρχονται στα 7854.87 kWh ποσό μικρότερο κατά 3193.92 kWh από το αρχικό σενάριο και η τιμή της συνολικής ενέργειας που έχουν συνυπολογιστεί οι απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy) φτάνει στα 28059.13 kWh ποσό μειωμένο κατά 11540.71 kWh από την τιμή του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 52: Report σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 25/12

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	7854.87	1.14	1.14
Net Site Energy	7854.87	1.14	1.14
Total Source Energy	28059.13	4.08	4.08
Net Source Energy	28059.13	4.08	4.08

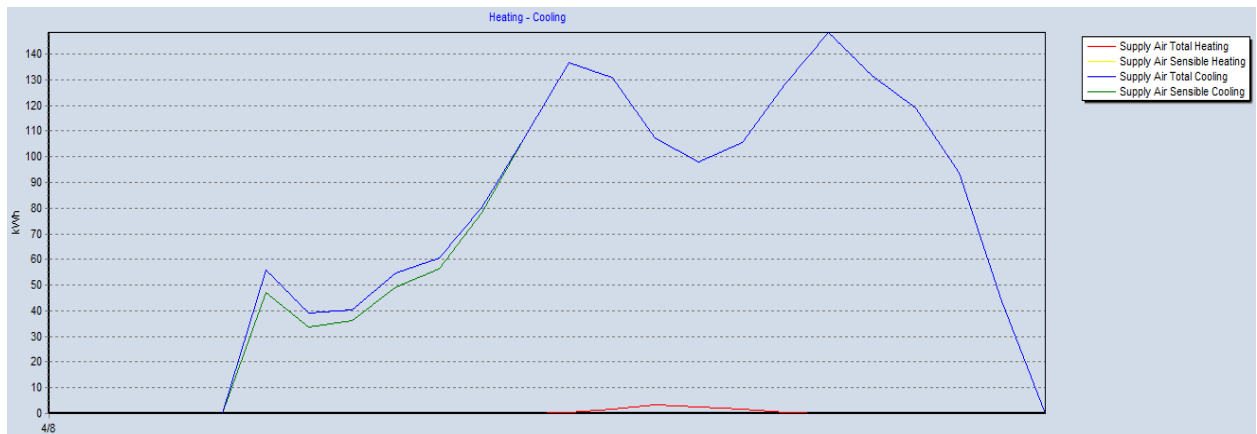
8.5.2 Προσομοίωση Θερινής Ημέρας

Στο πρώτο διάγραμμα της θερινής προσομοίωσης στην Εικόνα 77, εμφανίζεται η καμπύλη εσωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος (πράσινο χρώμα) η οποία κατά την λειτουργία του συστήματος ψύξης σταθεροποιείται στους 26°C, ενώ τις υπόλοιπες ώρες φτάνει έως και 30°C.



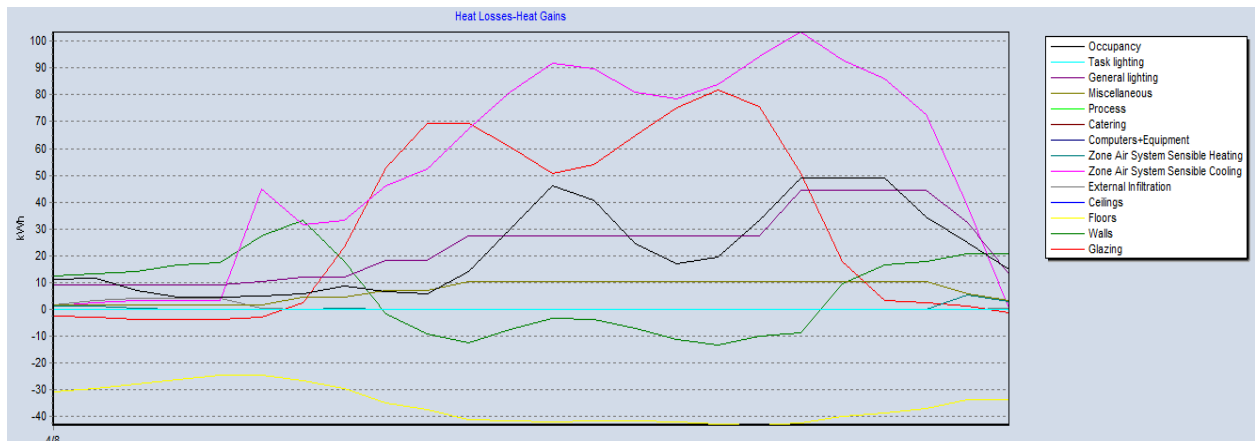
Εικόνα 77: Διάγραμμα Θερμοκρασιών σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8

Στο διάγραμμα ψύξης-θέρμανσης της Εικόνας 78, παρατηρούμε ότι η καμπύλη συνολικών φορτίων ψύξης (μπλε χρώμα) και αισθητής ψύξης (πράσινο χρώμα) έχουν πλέον το μέγιστο τους σχεδόν στα 150 kWh το οποίο έχει μειωθεί αισθητά με τα 253 kWh του αρχικού σεναρίου.

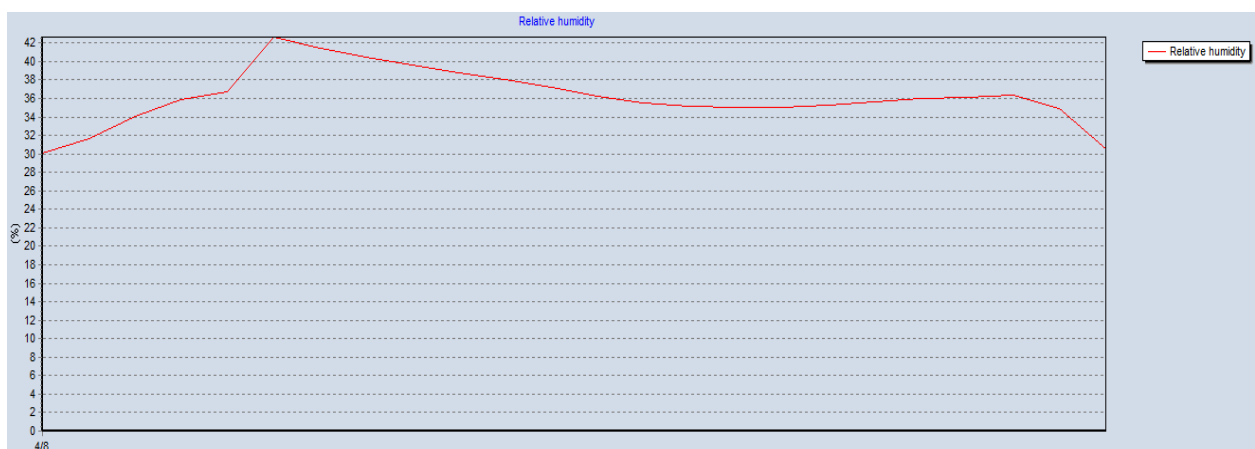


Εικόνα 78: Διάγραμμα Θέρμανσης-Ψύξης σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8

Επίσης, στο διάγραμμα απωλειών της Εικόνας 79, παρατηρείται ότι όλες οι καμπύλες απωλειών και εισφορών θερμότητας είναι πολύ κοντά στις καμπύλες του απλού σεναρίου με VRF. Τελευταίο είναι το διάγραμμα σχετικής υγρασίας της Εικόνας 80, στο οποίο παρατηρείται ότι η ελάχιστη τιμή της καμπύλης φτάνει στο 30% τις ώρες που το σύστημα είναι απενεργοποιημένο και η μέγιστη τιμή ανέρχεται σχεδόν στο 42%.



Εικόνα 79: Διάγραμμα Απωλειών-Εισφορών Θερμότητας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8



Εικόνα 80: Διάγραμμα Σχετικής Υγρασίας σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8

Στην πρώτη σελίδα των αναλυτικών αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στον Πίνακα 53, παρατηρούμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία (Air temperature) τις πρώτες πρωινές ώρες έχει μία μικρή αύξηση της τάξης 0.3-1°C η οποία ανεβάζει αισθητά την θερμοκρασία και άλλο πάνω από το όριο θερμικής άνεσης 26°C. Επίσης η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature) αυξάνεται έως και 0.28°C το χρονικό διάστημα 00:00-6:00, ενώ τις υπόλοιπες ώρες παραμένει σχεδόν ίδια με του πρώτου σεναρίου. Η σχετική υγρασία (Relative humidity) το διάστημα 6:00-22:00 που το σύστημα λειτουργεί είναι εντός των περιθωρίων 35-45% του κανονισμού ΚΕΝΑΚ. Στην επόμενη στήλη διαπιστώνουμε ότι, όπως και στην χειμερινή προσομοίωση, οι εναλλαγές αέρα από τις εισροές αέρα του κελύφους, τον φυσικό και τον μηχανικό αερισμό (Mech vent+nat vent+Infiltration) έχει αισθητή μείωση έως και 4.81 ac/h.

Πίνακας 53: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας I 4/8

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
4/8 00:00	30.05043	29.96254	30.00649	29.75000	30.0368827	1.40167
4/8 01:00	30.16527	29.88541	30.02534	29.07500	31.6061979	1.40468
4/8 02:00	29.93972	29.76919	29.85445	28.52500	34.0739371	1.25940
4/8 03:00	29.59438	29.62531	29.60985	28.32500	35.8466170	1.18711
4/8 04:00	29.37404	29.50834	29.44119	28.15000	36.7565999	1.18975
4/8 05:00	26.10182	29.25367	27.67775	28.02500	42.6485358	1.03365
4/8 06:00	25.79025	29.00646	27.39835	28.67500	41.4157345	0.99955
4/8 07:00	25.95997	29.44240	27.70118	29.50000	40.4365008	1.07034
4/8 08:00	25.99999	30.32949	28.16474	30.37500	39.5754622	0.90174
4/8 09:00	26.00000	30.87704	28.43852	31.72500	38.7239239	0.83229
4/8 10:00	26.00000	31.20403	28.60201	33.15000	38.0180886	1.04915
4/8 11:00	26.00000	31.15387	28.57694	34.62500	37.2542576	1.48499
4/8 12:00	26.00000	31.00240	28.50120	35.37500	36.2639056	1.92144
4/8 13:00	26.00000	31.10425	28.55213	35.80000	35.5766463	1.77420
4/8 14:00	26.00000	31.34072	28.67036	36.27500	35.1940318	1.33602
4/8 15:00	26.00000	31.59908	28.79954	36.17500	35.0210232	1.31276
4/8 16:00	26.00000	31.87580	28.93790	35.95000	35.0315906	1.38619
4/8 17:00	26.00000	31.92300	28.96150	35.67500	35.2243089	1.75201
4/8 18:00	26.00000	31.72490	28.86245	34.77500	35.6851670	2.15873
4/8 19:00	26.00000	30.99156	28.49578	33.60000	36.0519114	2.16095
4/8 20:00	26.00000	30.53393	28.26696	32.47500	36.1439655	2.16284
4/8 21:00	26.00000	30.34994	28.17497	31.67500	36.3342904	1.89338
4/8 22:00	26.77402	30.08283	28.42843	31.05000	34.9202988	1.67271
4/8 23:00	29.29065	29.93179	29.61122	30.37500	30.6223309	1.46771

Στην συνέχεια των αποτελεσμάτων της θερινής προσομοίωσης, στον Πίνακα 54 παρατηρούμε ότι οι εισφορές και απώλειες θερμότητας από τους υαλοπίνακες (Glazing) έχουν ελάχιστη αύξηση της τάξης 0.11 kWh και 0.47 kWh αντίστοιχα. Οι εισφορές και απώλειες θερμότητας από τις τοιχοποιίες (Walls) μειώνονται κατά μέσο όρο 0.512 kWh και 0.659 kWh αντίστοιχα. Οι απώλειες από το δάπεδο (Floors) μειώνονται έως και 0.8 kWh. Οι διαφορές των τιμών της στήλης των οροφών (Ceilings) είναι σχεδόν αμελητέες. Οι εισφορές θερμότητας από τις χαραμάδες (External Infiltration) αυξάνεται κατά μέσο όρο 0.59 kWh το διάστημα 23:00-5:00.

Πίνακας 54: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας II 4/8

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
4/8 00:00	-2.5408733	12.3346095	-30.9176339	0.0000659	0.8845026	1.2713805
4/8 01:00	-3.1315075	13.1788539	-29.8185062	0.0000569	1.6545357	1.2862433
4/8 02:00	-3.7244014	14.2249075	-28.0323927	0.0000486	2.0079927	0.4911252
4/8 03:00	-3.7009394	16.3490048	-26.1005380	0.0000498	2.0499210	0.0000000
4/8 04:00	-3.6787570	17.3052297	-24.7941538	0.0000472	2.1251459	0.0000000
4/8 05:00	-3.1599681	27.5386273	-24.4492542	0.0001713	0.1029108	0.0573181
4/8 06:00	2.4468579	33.0182750	-26.8396847	0.0003114	0.0000000	0.0000000
4/8 07:00	23.2087206	17.8377403	-29.6826493	0.0000928	0.0000000	0.4840039
4/8 08:00	52.7651317	-1.8350820	-35.2289929	-0.0001563	0.0000000	0.0000000
4/8 09:00	69.1807519	-9.4115596	-37.4790995	-0.0002448	0.0000000	0.0000000
4/8 10:00	69.3729451	-12.3688585	-41.3550798	-0.0001668	0.0000000	0.0000000
4/8 11:00	60.4792797	-7.5561527	-41.7507979	-0.0000646	0.0000000	0.0000000
4/8 12:00	50.5503063	-3.2853370	-42.1581272	0.0000208	0.0000000	0.0000000
4/8 13:00	53.9653869	-3.8330977	-41.8873565	-0.0000077	0.0000000	0.0000000
4/8 14:00	64.8756740	-7.1817500	-41.6925065	-0.0000907	0.0000000	0.0000000
4/8 15:00	75.3171339	-11.1799428	-42.0113080	-0.0001644	0.0000000	0.0000000
4/8 16:00	81.9962967	-13.5470043	-42.8438752	-0.0002007	0.0000000	0.0000000
4/8 17:00	75.7695461	-10.2524648	-43.3447566	-0.0001307	0.0000000	0.0000000
4/8 18:00	50.8490189	-8.8355135	-42.5650144	-0.0001132	0.0000000	0.0000000
4/8 19:00	17.8410403	9.5025972	-39.9600105	0.0002118	0.0000000	0.0000000
4/8 20:00	3.1476264	16.5046583	-38.5806673	0.0002872	0.0000000	0.0000000
4/8 21:00	2.3047558	17.7140086	-37.2096783	0.0002408	0.0000000	0.0000000
4/8 22:00	1.2655373	20.8581348	-33.9788919	0.0002078	0.0000000	5.2161643
4/8 23:00	-1.1451812	20.5598735	-33.9318549	0.0002534	0.2127270	2.8928925

Στον Πίνακα 55, παρατηρούμε ότι ο λόγος της αισθητής ψύξης στην ζώνη (Zone air system sensible cooling rate) και η αισθητή ψύξη στον χώρο (Supply air sensible cooling) μειώνονται αρκετά, το αποτέλεσμα αυτό βασίζεται στην μείωση των συνολικών φορτίων παροχής ψύξης (Supply air total cooling) μέσο όρο κατά 54.48 kWh για το χρονικό διάστημα 5:00-22:00. Οι καταναλώσεις από τους Η/Υ (Computers+Equipment) παραμένουν σταθερές.

Πίνακας 55: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας III 4/8

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
4/8 00:00	1.2518887	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 01:00	2.4739318	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 02:00	3.0921961	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 03:00	3.2004223	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 04:00	3.3210180	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 05:00	44.7279401	47.0351837	55.9492580	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 06:00	31.7014231	33.7545984	39.2778393	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 07:00	32.9940350	36.1900199	40.5160857	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 08:00	45.9712155	49.4058678	54.8903428	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 09:00	52.3865149	56.2891325	60.4746383	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 10:00	67.4628448	78.1600746	80.2112886	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 11:00	81.0821846	108.0324319	108.0324319	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 12:00	92.0208651	136.6195995	136.6195995	0.0000000	0.2424951	0.0379233
4/8 13:00	89.5608452	130.8469561	130.8469561	0.0000000	1.5636568	0.0379233
4/8 14:00	80.9402683	107.4553860	107.4553860	0.0000000	3.4647241	0.0379233
4/8 15:00	78.4907844	97.8382695	97.8382695	0.0000000	2.5999610	0.0379233
4/8 16:00	84.0081047	105.6611812	105.6611812	0.0000000	1.5413038	0.0379233
4/8 17:00	94.4430286	128.7053902	128.7053902	0.0000000	0.5707819	0.0379233
4/8 18:00	103.4711400	148.4825387	148.4825387	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 19:00	92.9033254	131.8505910	131.8505910	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 20:00	86.0321212	119.2165691	119.2165691	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 21:00	72.7082279	93.9577295	93.9577295	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 22:00	38.5033623	43.6589398	43.6589398	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 23:00	0.2840589	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233

Στον τελευταίο πίνακα αποτελεσμάτων που εμφανίζονται στον Πίνακα 56, διαπιστώνουμε ότι τα φορτία εξοπλισμού (Miscellaneous) και γενικού φωτισμού (General Lighting) δεν έχουν κάποια αλλαγή. Αλλά έχουμε διαφορές στα φορτία του πληθυσμού (Occupancy) κατά μέσο όρο 0.561 kWh λιγότερα από τα φορτία του αρχικού σεναρίου

Πίνακας 56: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας IV 4/8

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
4/8 00:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.2615702
4/8 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.5923274
4/8 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	6.8300436
4/8 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	4.4400505
4/8 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	4.4856081
4/8 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	4.8684339
4/8 06:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
4/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.4942791
4/8 08:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.5222871
4/8 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	5.7573015
4/8 10:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	13.8511869
4/8 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	30.0389582
4/8 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.2267294
4/8 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	40.8308057
4/8 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	24.6430344
4/8 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	16.9105263
4/8 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	19.6084881
4/8 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.0982975
4/8 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	34.6279672
4/8 22:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	24.6738083
4/8 23:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	14.7509863

Στον τελικό απολογισμό του Πίνακα 57, οι συνολικές καταναλώσεις πρωτογενής και δευτερογενής ενέργειας (Total Site Energy) ανέρχονται στα 8476.72 kWh ποσό μικρότερο κατά 1397.31 kWh από το αρχικό σενάριο και η τιμή της συνολικής ενέργειας που έχουν συνυπολογιστεί οι απώλειες απόδοσης και παραγωγής (Total Source Energy) φτάνει στα 25999.86 kWh ποσό μειωμένο κατά 2540.82 kWh από την τιμή του αρχικού σεναρίου.

Πίνακας 57: Report σεναρίου VRF με Μειωμένες Απαιτήσεις Λειτουργίας 4/8

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	8476.72	1.23	1.23
Net Site Energy	8476.72	1.23	1.23
Total Source Energy	25999.86	3.78	3.78
Net Source Energy	25999.86	3.78	3.78

8.6 Έκτο Σενάριο Λειτουργίας με Σύστημα GSHP

Σε αυτό το σημείο εισαγάγαμε στο πρόγραμμα ένα διαφορετικό σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού την γεωθερμική αντλία (Geothermal Heat Pump) ή αντλία θερμότητας εδάφους (Ground Source Heat Pump). Οι αλλαγές που έγιναν στις καρτέλες “HVAC” των θερμικών ζωνών εμφανίζονται στην Εικόνα 81, οι οποίες είναι η επιλογή του συστήματος GSHP στο πεδίο του “Template”, ο ορισμός της τιμής του συντελεστή απόδοσης CoP σε 4.3 και 4 για την θέρμανση “Heating system CoP” και την ψύξη “Cooling system CoP” αντίστοιχα,

σύμφωνα με τα πρότυπα του KENAK και ο ορισμός καυσίμου “Fuel” στην ψύξη και την θέρμανση σε ηλεκτρική ενέργεια.

HVAC Template		HVAC Template	
Template	GSHP Unitary Water to Air Heat ...	Template	GSHP Unitary Water to Air Heat ...
Mechanical ventilation		Mechanical ventilation	
<input checked="" type="checkbox"/> On		<input checked="" type="checkbox"/> On	
Outside Air Definition Method	By Zone	Outside Air Definition Method	By Zone
Outside Air (ac/h)	4.0	Outside Air (ac/h)	2
Operation		Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Restaurant	Schedule	Residential Occupancy
Heat Recovery		Heat Recovery	
<input type="checkbox"/> On		<input type="checkbox"/> On	
Economiser		Economiser	
Type	None	Type	None
Auxiliary Energy		Auxiliary Energy	
Pump etc. energy (W/m2)	0.0000	Pump etc. energy (W/m2)	0.0000
Schedule	ASHRAE 90.1 Occupancy - Restaurant	Schedule	Residential Occupancy
Heating		Heating	
<input checked="" type="checkbox"/> Heated		<input checked="" type="checkbox"/> Heated	
Fuel	Electricity	Fuel	Electricity
Heating system CoP	4.300	Heating system CoP	4.300
Type		Type	
Supply Air Condition		Supply Air Condition	
Maximum supply air temperature	35.00	Maximum supply air temperature	35.00
Maximum supply air humidity	0.0156	Maximum supply air humidity	0.0156
HeatingLimitType	LimitCapacity	HeatingLimitType	LimitCapacity
Operation		Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Rest...	Schedule	ASHRAE 90.1 HVAC Availability - Hote...
Cooling		Cooling	
<input checked="" type="checkbox"/> Cooled		<input checked="" type="checkbox"/> Cooled	
Fuel	Electricity	Fuel	Electricity
Cooling system CoP	4.000	Cooling system CoP	4.000

Εικόνα 81: Καρτέλες HVAC των Θερμικών Ζωνών reception (αριστερά) και roomsA (δεξιά) με Σύστημα GSHP

Οι επόμενες αλλαγές γίνονται στην καρτέλα “DHW” όπως εμφανίζονται στην Εικόνα 82, για την εκάστοτε θερμική ζώνη στην οποία ορίζεται το πεδίο “DHW Template” σε αντλία θερμότητας (Heat pump), το πεδίο “Type” επιλέγουμε ο τύπος του συστήματος παροχής ζεστού νερού χρήσης να είναι ίδιος με αυτόν του κλιματισμού (Same as HVAC) και στο πεδίο “Delivery Temperature” η θερμοκρασία να είναι στους 50°C με βάση τον κανονισμό του KENAK. Οι υπόλοιπες τιμές σε αυτή την καρτέλα και στις υπόλοιπες “Activity”, “Lighting”, “Zone data” παραμένουν ίδιες με αυτές του πρώτου σεναρίου.

DHW	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
DHW Template	Heat pump
Type	Same as HVAC
Water Temperatures	
Delivery Temperature (°C)	50.00
Mains Supply Temperature (°C)	10.00
Operation	
Schedule	ASHRAE 90.1 Service Hot Water - R...

DHW	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
DHW Template	Heat pump
Type	Same as HVAC
Water Temperatures	
Delivery Temperature (°C)	50.00
Mains Supply Temperature (°C)	10.00
Operation	
Schedule	On 24/7

Εικόνα 82: Καρτέλες DHW των Θερμικών Ζωνών reception (επάνω) και roomsA (κάτω) με Σύστημα GSHP

8.6.1 Προσομοίωση Χειμερινής Ημέρας

Εκτελώντας την προσομοίωση στην πρώτη σελίδα των αποτελεσμάτων εμφανίζεται ο Πίνακας 58. Συγκρίνοντας τις εσωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Air temperature) με αυτές του απλού VRF διακρίνουμε ότι τις ώρες 00:00 έως 5:00 η θερμοκρασία έχει φτάσει στους 10.92°C κατά μέσο όρο σε αντίθεση με του πρώτου σεναρίου που η τιμή αυτή είναι 12.23°C. Η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature) φτάνει τους 17.22°C κατά μέσο όρο με διαφορά μόλις 0.29°C από τον μέσο όρο του πρώτου σεναρίου (17.51°C). Η μέση θερμοκρασία λειτουργίας (Operative temperature) φτάνει τους 17.42°C σε αντίθεση με του απλού VRF που έφτανε τους 17.72°C. Επίσης, η σχετική υγρασία (Relative humidity) παρατηρούμε ότι μόνο στις 6:00 πέφτει κάτω από το όριο (35%) και φτάνει το 31.57% σε αντίθεση με το VRF που πέφτει κάτω από το όριο το διάστημα 2:00-6:00. Οι εναλλαγές του αέρα (Mech vent+nat vent+Infiltration) έχουν αυξηθεί κατά μέσο όρο 2.495 ac/h.

Πίνακας 58: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP I 25/12

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
25/12 00:00	11.68406	16.75027	14.21716	3.10000	39.5859954	8.89983
25/12 01:00	10.85266	15.78055	13.31660	5.25000	36.5072449	8.69147
25/12 02:00	10.92502	15.62972	13.27737	5.85000	35.9801594	8.70760
25/12 03:00	10.81849	15.33901	13.07875	5.12500	36.4108861	8.29626
25/12 04:00	10.61837	15.07526	12.84682	4.22500	35.2439693	8.07823
25/12 05:00	10.70935	14.86450	12.78692	4.45000	35.2549799	8.07739
25/12 06:00	18.56969	15.15619	16.86294	4.15000	31.5700566	6.83594
25/12 07:00	20.10240	16.01334	18.05787	4.00000	36.4302602	6.47330
25/12 08:00	20.00000	16.33015	18.16507	4.00000	35.0491874	6.68520
25/12 09:00	20.00000	17.08490	18.54245	4.00000	35.0016947	4.69814
25/12 10:00	20.00000	17.59677	18.79839	4.00000	35.0001491	3.90392
25/12 11:00	20.00000	18.15136	19.07568	5.50000	35.0048608	4.49383
25/12 12:00	20.00000	18.46969	19.23484	6.00000	35.0010700	5.68204
25/12 13:00	20.00000	18.69255	19.34628	6.75000	35.0001162	6.87076
25/12 14:00	20.00000	18.62859	19.31430	6.70000	35.0000154	6.47415
25/12 15:00	20.00000	18.56720	19.28360	6.15000	35.0000020	5.28504
25/12 16:00	20.00000	18.29746	19.14873	6.00000	34.9999996	7.66559
25/12 17:00	20.00000	17.91853	18.95926	5.40000	34.9999998	7.86514
25/12 18:00	20.00000	17.83431	18.91716	4.30000	34.9999998	8.85897
25/12 19:00	20.00000	18.21044	19.10522	4.00000	35.0091908	9.64628
25/12 20:00	20.00000	18.34816	19.17408	4.45000	35.0034749	9.64323
25/12 21:00	20.00000	18.40704	19.20352	4.15000	35.0006881	9.64375
25/12 22:00	20.00000	18.41577	19.20788	4.00000	35.0001361	10.43665
25/12 23:00	18.86922	17.94983	18.40953	3.55000	35.1731457	9.79377

Στην επόμενη σελίδα των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 59, στην στήλη των υαλοπινάκων (Glazing) παρατηρούμε ότι οι απώλειες θερμότητας φτάνουν τα 13.38 kWh κατά μέσο όρο για το χρονικό διάστημα 17:00-8:00 μειωμένο κατά 6.62 kWh από το αρχικό μας σενάριο (20 kWh). Επίσης οι εισφορές θερμότητας έχουν τιμή 21.09 kWh κατά μέσο όρο το διάστημα 9:00-16:00 μεγαλύτερη κατά 0.1925 kWh από το VRF (20.89 kWh). Οι απώλειες και εισφορές θερμότητας από την τοιχοποιία (Walls) είναι 29.85 kWh και 34.27 kWh κατά μέσο όρο, αυξημένες κατά 1.81 kWh και 5.32 kWh αντίστοιχα. Στην στήλη του δαπέδου (Floors) έχουμε 9.48 kWh και 12.985 kWh εισφορές και απώλειες θερμότητας κατά μέσο όρο, άρα έχουμε ελάχιστη αύξηση εισφορών κατά 0.018 kWh και οι απώλειες μειώθηκαν κατά 0.001 kWh στο μέσο όρο τους. Οι διαφορές εισφορών και απωλειών θερμότητας από τις οροφές (Ceilings) είναι σχεδόν αμελητέες. Επιπροσθέτως, διακρίνεται μείωση των φορτίων από τις χαραμάδες (External Infiltration) της τάξης των 0.337 kWh κατά μέσο όρο.

Πίνακας 59: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP II 25/12

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
25/12 00:00	-14.8230791	34.0776859	2.1233461	0.0003189	5.4209065	0.0000000
25/12 01:00	-10.5645759	51.2100123	3.0927944	0.0005740	2.5059200	0.0000000
25/12 02:00	-9.9515541	40.2763952	2.0011175	0.0004085	2.0211369	0.0000000
25/12 03:00	-10.8411687	38.0275034	1.9044410	0.0003492	2.2252259	0.0000000
25/12 04:00	-11.7111621	36.5468271	0.3450886	0.0003386	2.3308696	0.0000000
25/12 05:00	-11.5843601	34.0657268	-1.0250988	0.0003117	2.0240173	0.0000000
25/12 06:00	-13.5556306	5.7347513	-1.6499738	-0.0001552	12.3035147	85.6241035
25/12 07:00	-16.0433686	-19.1652300	-5.3518892	-0.0004714	13.5303802	46.3597821
25/12 08:00	-11.2094208	-21.8928971	-7.0722973	-0.0004234	13.5422790	36.5160424
25/12 09:00	8.9593329	-34.0522621	-11.9171303	-0.0004985	13.5450121	29.5570083
25/12 10:00	23.0507652	-39.6660855	-13.4520931	-0.0005340	13.5447296	27.0937199
25/12 11:00	30.9404125	-46.4949901	-17.4985484	-0.0005156	12.2203216	23.3850245
25/12 12:00	31.5218911	-47.0961232	-18.5355359	-0.0004609	11.7803179	21.3780360
25/12 13:00	29.8106752	-46.4275803	-19.6313734	-0.0004078	11.1203836	19.8027884
25/12 14:00	22.1400966	-39.9245642	-18.5374092	-0.0003203	11.1641350	19.7418088
25/12 15:00	17.7687325	-34.2530532	-17.0054544	-0.0002669	11.6479918	20.0461300
25/12 16:00	4.5344362	-25.3522050	-15.1628553	-0.0001485	11.7801968	18.9686851
25/12 17:00	-11.8087428	-16.4488136	-14.1598558	-0.0000181	12.3125013	21.6531980
25/12 18:00	-16.5576733	-15.5502296	-15.0219304	-0.0000122	13.2904275	23.6323600
25/12 19:00	-14.8007220	-29.5452815	-16.4854865	-0.0002712	13.5682820	20.5301625
25/12 20:00	-14.8140328	-28.2511223	-16.5082951	-0.0002588	13.1705252	19.0964215
25/12 21:00	-15.3582987	-27.1948845	-16.5433967	-0.0002399	13.4374200	18.9913228
25/12 22:00	-15.1467498	-25.0920323	-15.2406852	-0.0002372	13.5710928	17.2496852
25/12 23:00	-15.4056640	-11.0627822	-5.8823356	-0.0002247	13.9764175	17.3258241

Στα αποτελέσματα που ακολουθούν στον Πίνακα 60, παρατηρείτε αύξηση στο λόγο αισθητής ψύξης στην ζώνη (Zone air system sensible cooling rate), στα φορτία αισθητής θέρμανσης (Supply air sensible heating) και των συνολικών φορτίων παροχής θέρμανσης (Supply air total heating). Πιο αναλυτικά το μέγιστο φορτίο θέρμανσης ανέρχεται στα 464.07 kWh μεγαλύτερο κατά 106.98 kWh από το μέγιστο του συστήματος VRF και το ελάχιστο φορτίο έχει τιμή 154.71 kWh μεγαλύτερο κατά 59.46 kWh. Ο μέσος όρος των συνολικών φορτίων θέρμανσης ανέρχεται στα 305.11 kWh μεγαλύτερος κατά 87.78 kWh από τον μέσο όρο του συστήματος VRF (217.327 kWh). Τα φορτία των Η/Υ (Computers) παραμένουν ίδια καθώς δεν αλλάξαμε ούτε πρόγραμμα λειτουργίας ούτε τις καταναλώσεις τους.

Πίνακας 60: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP III 25/12

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
25/12 00:00	121.7477701	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 01:00	64.1626673	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 02:00	55.6653294	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 03:00	44.5127588	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 04:00	37.4060965	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 05:00	32.7501309	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
25/12 06:00	3.8678185	0.0000000	0.0000000	247.7688678	346.6626141	0.0379233
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	0.0000000	197.7143137	308.6499045	0.0379233
25/12 08:00	1.4910466	0.0000000	0.0000000	196.9634167	273.7930385	0.0379233
25/12 09:00	7.2188443	0.0000000	0.0000000	134.3545610	185.9705712	0.0379233
25/12 10:00	10.6104290	0.0000000	0.0000000	108.5393279	154.7110692	0.0379233
25/12 11:00	25.9368052	0.0000000	0.0000000	114.3375085	173.5549844	0.0379233
25/12 12:00	41.7961247	0.0000000	0.0000000	156.9161368	249.7321444	0.0379233
25/12 13:00	57.1639762	0.0000000	0.0000000	191.5109376	316.5362121	0.0379233
25/12 14:00	51.4639125	0.0000000	0.0000000	177.5932927	291.7337023	0.0379233
25/12 15:00	36.1560527	0.0000000	0.0000000	138.0573625	221.3473401	0.0379233
25/12 16:00	24.2481684	0.0000000	0.0000000	177.4550408	274.5066343	0.0379233
25/12 17:00	23.9207379	0.0000000	0.0000000	199.6679878	282.8409900	0.0379233
25/12 18:00	35.3600180	0.0000000	0.0000000	265.5260516	386.7064828	0.0379233
25/12 19:00	50.6522622	0.0000000	0.0000000	316.1416941	464.0714088	0.0379233
25/12 20:00	51.2657546	0.0000000	0.0000000	304.6342549	425.7460622	0.0379233
25/12 21:00	51.4417550	0.0000000	0.0000000	310.6007197	456.2479474	0.0379233
25/12 22:00	36.7460862	0.0000000	0.0000000	302.9483473	448.9889452	0.0379233
25/12 23:00	70.3355978	0.0000000	0.0000000	222.6988565	302.2435615	0.0379233

Στο τελευταίο μέρος των αποτελεσμάτων της χειμερινής προσομοίωσης που εμφανίζεται στον Πίνακα 61, παρατηρούμε ότι τα φορτία εξοπλισμού (Miscellaneous), γενικού φωτισμού (General Lighting) και πληθυσμού (Occurance) παραμένουν αμετάβλητα σε σχέση με αυτά του σεναρίου με σύστημα VRF.

Πίνακας 61: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP IV 25/12

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
25/12 00:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	20.0113542
25/12 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	16.9206028
25/12 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	10.7390999
25/12 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	7.6483484
25/12 06:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	6.1186787
25/12 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
25/12 08:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.8270128
25/12 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.9149257
25/12 10:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.1500908
25/12 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	15.4223452
25/12 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.9668539
25/12 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	52.5113626
25/12 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.3298597
25/12 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	27.7853510
25/12 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	18.4816846
25/12 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	21.5724360
25/12 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	37.0261933
25/12 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	55.1882846
25/12 22:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	38.5558630
25/12 23:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	29.2836086

8.6.2 Προσομοίωση Θερμής Ημέρας

Εκτελώντας την προσομοίωση στην πρώτη σελίδα των αποτελεσμάτων εμφανίζεται ο Πίνακας 62. Συγκρίνοντας τις εσωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Air temperature) με αυτές του απλού VRF διακρίνουμε ότι τις ώρες 23:00 έως 4:00 η θερμοκρασία έχει φτάσει στους 28.89°C κατά μέσο όρο σε αντίθεση με του πρώτου σεναρίου που η τιμή αυτή είναι 29.12°C. Η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (Radiant temperature) φτάνει τους 30.44°C κατά μέσο όρο με διαφορά μόλις 0.01°C από τον μέσο όρο του πρώτου σεναρίου (30.43°C). Ομοίως και η διαφορά θερμοκρασίας λειτουργίας (Operative temperature) μεταβάλλεται ελάχιστα. Επίσης, η σχετική υγρασία (Relative humidity) παρατηρούμε ότι μόνο στις 00:00 και 23:00 πέφτει κάτω από το όριο (35%) και φτάνει το 30.5% και 29.73% αντίστοιχα. Οι εναλλαγές του αέρα (Mech vent+nat vent+Infiltration) έχουν αυξηθεί κατά μέσο όρο 3.089 ac/h (7.967ac/h από 4.878ac/h).

Πίνακας 62: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP I 4/8

Time	Air temperature (°C)	Radiant temperature (°C)	Operative temperature (°C)	Outside dry bulb temperature (°C)	Relative humidity (%)	Mech vent + nat vent + Infiltration (ac/h)
4/8 00:00	29.65170	29.91455	29.78312	29.75000	30.5010068	9.50450
4/8 01:00	29.24694	29.76573	29.50633	29.07500	33.9923242	9.51360
4/8 02:00	28.72506	29.58700	29.15603	28.52500	36.4830699	9.07278
4/8 03:00	28.23142	29.37307	28.80224	28.32500	37.8088441	8.86580
4/8 04:00	27.93559	29.20176	28.56868	28.15000	37.9676654	8.87686
4/8 05:00	25.80332	28.97442	27.38887	28.02500	40.1057857	7.11260
4/8 06:00	25.80696	28.83250	27.31973	28.67500	38.8639870	6.70967
4/8 07:00	25.97634	29.29059	27.63347	29.50000	38.4734854	6.90612
4/8 08:00	26.00000	30.18633	28.09317	30.37500	38.2478738	4.84317
4/8 09:00	26.00000	30.74426	28.37213	31.72500	38.0050858	4.01229
4/8 10:00	26.00000	31.07924	28.53962	33.15000	37.3694444	4.63123
4/8 11:00	26.00000	31.03707	28.51853	34.62500	35.7094704	5.86940
4/8 12:00	26.00000	30.89261	28.44630	35.37500	35.1113104	7.10914
4/8 13:00	26.00000	31.00116	28.50058	35.80000	35.0205963	6.69417
4/8 14:00	26.00000	31.24397	28.62198	36.27500	34.9964691	5.45507
4/8 15:00	26.00000	31.50821	28.75410	36.17500	34.9983828	7.94299
4/8 16:00	26.00000	31.79040	28.89520	35.95000	34.9996795	8.15059
4/8 17:00	26.00000	31.84257	28.92129	35.67500	35.0329647	9.18716
4/8 18:00	26.00000	31.64901	28.82451	34.77500	35.5523667	10.01918
4/8 19:00	26.00000	30.91963	28.45981	33.60000	35.7538635	10.02169
4/8 20:00	26.00000	30.46566	28.23283	32.47500	35.7045938	10.02334
4/8 21:00	26.00000	30.28527	28.14263	31.67500	36.0775181	10.85447
4/8 22:00	26.85838	30.06271	28.46054	31.05000	34.5279594	10.18992
4/8 23:00	29.54679	29.92049	29.73364	30.37500	29.7326536	9.67697

Στην επόμενη σελίδα των αποτελεσμάτων που εμφανίζονται στον Πίνακα 63, στην στήλη των υαλοπινάκων (Glazing) παρατηρούμε ότι οι διαφορές στις απώλειες θερμότητας και τις εισφορές θερμότητας σε σχέση με του πρώτου σεναρίου είναι αμελητέες. Οι απώλειες και εισφορές θερμότητας από την τοιχοποιία (Walls) είναι 9.09 kWh και 19.08 kWh κατά μέσο όρο, αυξημένες κατά 0.32 kWh και 1.12 kWh αντίστοιχα. Στην στήλη του δαπέδου (Floors) έχουμε πολύ μικρές διαφορές στα φορτία οπότε θεωρούνται αμελητέες. Οι διαφορές εισφορών και απωλειών θερμότητας από τις οροφές (Ceilings) είναι σχεδόν αμελητέες. Τέλος, διακρίνεται μείωση των φορτίων από τις χαραμάδες (External Infiltration) της τάξης των 0.266 kWh κατά μέσο όρο.

Πίνακας 63: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP II 4/8

Time	Glazing (kWh)	Walls (kWh)	Floors (kWh)	Ceilings (kWh)	External Infiltration (kWh)	Zone air system sensible heating rate
4/8 00:00	-2.4417006	13.5902445	-31.6379128	0.0000937	0.3863791	3.1177988
4/8 01:00	-2.8785023	15.6743864	-30.2174873	0.0000936	0.6496314	2.9483969
4/8 02:00	-3.2831395	18.4913013	-28.7240075	0.0001064	0.7439476	1.1211733
4/8 03:00	-3.1450063	21.5396942	-26.5409799	0.0001104	0.7167436	0.0000000
4/8 04:00	-3.0378305	22.8158116	-25.0022840	0.0001027	0.7443347	0.0000000
4/8 05:00	-2.6718336	29.1965212	-24.6531190	0.0001830	0.0000000	1.2446110
4/8 06:00	2.6148036	31.1953923	-27.0277802	0.0002798	0.0000000	0.0000000
4/8 07:00	23.3379510	16.2624288	-29.8503361	0.0000658	0.0000000	0.6937134
4/8 08:00	52.8874081	-3.1424201	-35.2992839	-0.0001787	0.0000000	0.0000000
4/8 09:00	69.2970186	-10.6473534	-37.5428387	-0.0002635	0.0000000	0.0000000
4/8 10:00	69.4833344	-13.5131504	-41.3948501	-0.0001824	0.0000000	0.0000000
4/8 11:00	60.5834834	-8.6255603	-41.7897262	-0.0000775	0.0000000	0.0000000
4/8 12:00	50.6489348	-4.2826467	-42.1939840	0.0000100	0.0000000	0.0000000
4/8 13:00	54.0579098	-4.7723571	-41.9208341	-0.0000167	0.0000000	0.0000000
4/8 14:00	64.9625844	-8.0746434	-41.7236565	-0.0000984	0.0000000	0.0000000
4/8 15:00	75.3984644	-12.0316285	-42.0400165	-0.0001711	0.0000000	0.0000000
4/8 16:00	82.0723240	-14.3583173	-42.8699873	-0.0002066	0.0000000	0.0000000
4/8 17:00	75.8408859	-11.0208720	-43.3686240	-0.0001359	0.0000000	0.0000000
4/8 18:00	50.9163969	-9.5646234	-42.5875461	-0.0001178	0.0000000	0.0000000
4/8 19:00	17.9050999	8.8210914	-39.9824456	0.0002078	0.0000000	0.0000000
4/8 20:00	3.2088178	15.8665600	-38.6029361	0.0002838	0.0000000	0.0000000
4/8 21:00	2.3625803	17.1106797	-37.2322343	0.0002379	0.0000000	0.0000000
4/8 22:00	1.2676357	19.2239059	-34.7740104	0.0002052	0.0000000	13.4167328
4/8 23:00	-1.2320474	18.2782572	-34.3061132	0.0002350	0.0797026	12.4272721

Στα αποτελέσματα που ακολουθούν στο Πίνακα 64, παρατηρείτε αύξηση στο λόγο αισθητής ψύξης στην ζώνη (Zone air system sensible cooling rate), στα φορτία αισθητής ψύξης (Supply air sensible cooling) και των συνολικών φορτίων παροχής ψύξης (Supply air total cooling). Πιο αναλυτικά το μέγιστο φορτίο ψύξης ανέρχεται στα 294.39 kWh μεγαλύτερο κατά 40.94 kWh από το μέγιστο του συστήματος VRF και το ελάχιστο φορτίο έχει τιμή 72.64 kWh μεγαλύτερο κατά 17.54 kWh. Ο μέσος όρος των συνολικών φορτίων ψύξης ανέρχεται στα 177.9 kWh μεγαλύτερος κατά 29.86 kWh από τον μέσο όρο του συστήματος VRF (148.04 kWh). Τα φορτία των Η/Υ (Computers) παραμένουν ίδια καθώς δεν αλλάξαμε ούτε πρόγραμμα λειτουργίας ούτε τις καταναλώσεις τους.

Πίνακας 64: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP III 4/8

Time	Zone air system sensible cooling rate	Supply air sensible cooling (kWh)	Supply air total cooling (kWh)	Supply air sensible heating (kWh)	Supply air total heating (kWh)	Computers+ Equipment (kWh)
4/8 00:00	6.5920365	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 01:00	11.2481270	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 02:00	12.9158964	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 03:00	12.5025663	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 04:00	12.9850294	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 05:00	27.5240696	46.3670717	72.6463081	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 06:00	30.2007765	55.5886135	79.8377953	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 07:00	32.4035338	67.6746171	91.1262544	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 08:00	44.3540084	75.4106581	90.2070083	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 09:00	51.1934309	84.5462034	91.9413008	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 10:00	66.3786073	124.5217842	125.2044735	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 11:00	80.0681427	190.1446192	190.1446192	0.0000000	3.1806080	0.0379233
4/8 12:00	91.0776009	254.1806968	254.1806968	0.0000000	15.9120580	0.0379233
4/8 13:00	88.6726060	243.9388402	243.9388402	0.0000000	21.6776816	0.0379233
4/8 14:00	80.0955437	195.1817108	195.1817108	0.0000000	22.4700765	0.0379233
4/8 15:00	77.6848413	211.4586431	211.4586431	0.0000000	22.7990220	0.0379233
4/8 16:00	83.2402686	221.8550517	221.8550517	0.0000000	13.1196457	0.0379233
4/8 17:00	93.7158845	266.0267026	266.0267026	0.0000000	4.0768195	0.0379233
4/8 18:00	102.7811975	294.3949315	294.3949315	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 19:00	92.2579215	258.1580204	258.1580204	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 20:00	85.4280409	226.8086992	226.8086992	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 21:00	72.1354676	187.5740373	187.5740373	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 22:00	37.9070125	101.5478990	101.5478990	0.0000000	0.0000000	0.0379233
4/8 23:00	1.2588813	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0379233

Στο τελευταίο μέρος των αποτελεσμάτων της χειμερινής προσομοίωσης που εμφανίζονται στον Πίνακα 65, παρατηρούμε ότι τα φορτία εξοπλισμού (Miscellaneous), γενικού φωτισμού (General Lighting) παραμένουν αμετάβλητα σε σχέση με αυτά του σεναρίου με σύστημα VRF. Σε αντίθεση τα φορτία πληθυσμού (Occupancy) μεταβάλλονται ελάχιστα.

Πίνακας 65: Αποτελέσματα Simulation για το σενάριο GSHP IV 4/8

Time	Catering (kWh)	Process (kWh)	Miscellaneous (kWh)	General Lighting (kWh)	Task Lighting (kWh)	Occupancy (kWh)
4/8 00:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	11.6182124
4/8 01:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	12.3222699
4/8 02:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	8.2429805
4/8 03:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	6.1086039
4/8 04:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	8.8722019	0.0000000	6.1896409
4/8 05:00	0.0000000	0.0000000	1.7065499	10.3891352	0.0000000	5.5666844
4/8 06:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	5.7362613
4/8 07:00	0.0000000	0.0000000	4.5507997	12.1354658	0.0000000	8.4808745
4/8 08:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	6.5221642
4/8 09:00	0.0000000	0.0000000	6.8261995	18.2031988	0.0000000	5.7573013
4/8 10:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	13.8511869
4/8 11:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	30.0389582
4/8 12:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	46.2267294
4/8 13:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	40.8308057
4/8 14:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	24.6430344
4/8 15:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	16.9105263
4/8 16:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	19.6084881
4/8 17:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	27.3047981	0.0000000	33.0982975
4/8 18:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 19:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 20:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	48.9036514
4/8 21:00	0.0000000	0.0000000	10.2392993	44.5904071	0.0000000	34.6279672
4/8 22:00	0.0000000	0.0000000	5.6884996	32.4549413	0.0000000	23.9165518
4/8 23:00	0.0000000	0.0000000	3.4130998	13.4230016	0.0000000	14.1870393

9 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Συνοψίζοντας την παρούσα ενεργειακή μελέτη πρότυπου ξενοδοχείου καταλήγουμε ότι η σωστή λειτουργία του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ώστε να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης και ενεργειακές απαιτήσεις σύμφωνα με τους ενεργειακούς κανονισμούς της εκάστοτε χώρας. Οι παράγοντες αυτοί κυμαίνονται από το κλίμα της περιοχής και τον προσανατολισμό του κτιρίου έως τα δομικά στοιχεία του και από την χρήση των θερμικών ζωνών έως τον αριθμό του πληθυσμού που βρίσκονται σε αυτή και τον ρουχισμό τους. Επίσης, από τα πιο βασικά στοιχεία της μελέτης είναι η χρήση κατάλληλων δομικών στοιχείων για το κέλυφος, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ανταλλαγές θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον και να διατηρούνται σταθερές οι εσωτερικές συνθήκες. Όμως, εκτός από την δομή του κελύφους σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου έχει η κατάλληλη επιλογή συστήματος κλιματισμού για την διατήρηση της θερμικής άνεσης και καλής ποιότητας αέρα στο εσωτερικό κάθε χώρου. Επίσης, δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι και τα συστήματα φωτισμού και ελέγχου μπορούν να μειώσουν τις απαιτήσεις ενέργειας του κτιρίου.

Αρχικά, στην ενεργειακή μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα μεταβλητής παροχής ψυκτικού (Variable Refrigerant Flow) με εξωτερική μονάδα (αντλία θερμότητας), για κλιματισμό, ψύξη και θέρμανση, παρόμοιο με εκείνο που είναι εγκατεστημένο στο ήδη υπάρχον κτίριο. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε ως σύστημα αναφοράς το οποίο συγκρίθηκε με τα υπόλοιπα σενάρια λειτουργίας. Παρατηρήσαμε ότι με την αλλαγή συστήματος από VRF σε γεωθερμική αντλία (GSHP) οι καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη αυξάνεται αισθητά. Στο δεύτερο σενάριο με την προσθήκη ανάκτησης θερμότητας (Heat Recovery) η μείωση των συνολικών φορτίων (Total Site Energy) ήταν εμφανές κατά 18.88% και 13.23% για την χειμερινή και την θερινή ημέρα αντίστοιχα, καθώς οι συνθήκες θερμικής άνεσης μένουν παρόμοιες. Επίσης, η χρήση μειωμένων απαιτήσεων του πέμπτου σεναρίου μας έδωσε και εκείνη μικρότερα φορτία, λογικό αφού πλέον το κτίριό μας δεν λειτουργεί πλέον στην δυσμενέστερη κατάσταση, αλλά και καλύτερες θερμικές συνθήκες για την χειμερινή λειτουργία τις ώρες αδρανοποίησης του συστήματος. Οι συνολικές μειώσεις αυτές ανέρχονται στο 28.9% για την χειμερινή και 14.15% για την θερινή προσομοίωση. Στο σύστημα που ορίσαμε εμείς τα προγράμματα λειτουργίας (τέταρτο σενάριο) βασιζόμενοι στην χρήση της εκάστοτε θερμικής ζώνης, παρατηρήθηκε και σε αυτό μείωση καταναλώσεων αλλά και διατήρηση των συνθηκών θερμικής άνεσης στα επιθυμητά επίπεδα καθόλη την διάρκεια της ημέρας. Έτσι, οι μειώσεις συνολικής κατανάλωσης έφτασαν το 35.38% και 44.57% για την χειμερινή και την θερινή ημέρα αντίστοιχα. Τέλος, στο τρίτο σενάριο με την εισαγωγή των φωτοβολταϊκών στο σύστημα μας παρατηρήσαμε ημερήσια καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης του 1.33% και 4.97% για την εκάστοτε ημέρα λειτουργίας αντίστοιχα.

Συνοπτικά, στο ξενοδοχείο που ενεργήσαμε την μελέτη μας, το σύστημα μεταβλητής παροχής ψυκτικού με εξωτερική μονάδα (VRF) είναι το πιο αποδοτικό σύστημα. Επομένως, σε συνδυασμό με επιμέρους αλλαγές που μπορούν να γίνουν για την εξοικονόμηση ενέργειας, όπως η προσθήκη εναλλάκτη θερμότητας (Heat Recovery), η κατάλληλη επιλογή ή δημιουργία του προγράμματος λειτουργίας και η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών δίνει την δυνατότητα στο κτίριο μελέτης να εξοικονομεί μεγάλα ποσά ενέργειας, διατηρώντας πάντα τις απαιτήσεις των κανονισμών, ώστε η ενεργειακή απόδοση του να ανέβει κλίμακα. Οι διαφορετικοί συνδυασμοί συστήματος και επιμέρους επιλογών που μπορούν να γίνουν είναι πάμπολλες, ώστε ο μελετητής να φτάσει στο αποτέλεσμα που θέλει. Ωστόσο, λόγω χρόνου, φόρτου και

ευελιξίας του Fine Green επιλέχθηκαν ενδεικτικά κάποια σενάρια για την συνολική παρουσίαση μιας ενεργειακής μελέτης στην παρούσα διπλωματική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Χαράλαμπος Γ. Κουτρούλης, «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων: Θεσμικό πλαίσιο και διαδικασίες εφαρμογής του», Κρήτη, 2010
2. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Αθήνα, 2017
3. Carrier Corporation, «Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems Flexible Solution for Comfort», Syracuse-New York, 2013
4. James M. Clam, «Heat Recovery in Air Conditioning and Refrigeration», Kuwait, 1983
5. <https://sustainability.energy/heat-recovery-ventilation-system-pros-cons/>
6. <https://www.andrianos.gr/en/products/ventilation-systems-with-heat-recovery>
7. Ενεργειακό Γραφείο Κύπριων Πολιτών, «Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας εφαρμογές στον οικιακό τομέα», Λευκωσία, 2010
8. Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος, Μαρία Κ. Κούκου, Κωνσταντίνος Καρύτσας, «Κανονική Γεωθερμία – Αρχές Σχεδίασης Γεωθερμικών Συστημάτων και Εφαρμογές», Αθήνα, 2015
9. <https://www.idealklima.gr>
10. ANSI/ASHRAE, «Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy», 2017
11. ANSI/ASHRAE, «Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality», 2016
12. ANSI/ASHRAE, «Standard 90.1, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings», 2016
13. ANSI/ASHRAE, «Standard 189.1, Standard for the Design of High-Performance Green Buildings», 2017