

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης και καταγραφής και
εξαγωγή καμπυλών φορτίου του κτιρίου Επιστημών**

Προκόπιος Μ. Βαβουρανάκης

Εξεταστική Επιτροπή:

Κωνσταντίνος Καλαϊτζάκης , Καθηγητής (Επιβλέπων)

Ευτύχιος Κουτρούλης , Επίκουρος Καθηγητής

Αντώνης Τσικαλάκης , Διδάσκων Π.Δ 407/80

Χανιά , Οκτώβριος 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη του καθηγητή Κωνσταντίνου Καλαϊτζάκη , κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Management System) του κτιρίου Επιστημών, η καταγραφή των φορτίων κατανάλωσης και η εξαγωγή των καμπυλών φορτίου του κτιρίου Επιστημών.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας , καθώς και τον επίκουρο καθηγητή κ. Ευτύχιο Κουτρούλη για την συμμετοχή του στην επιτροπή εξέτασης.

Θα ήθελα επίσης να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Αντώνη Τσικαλάκη, μέλος της εξεταστικής επιτροπής, τόσο για την καθοριστική συμβολή του ώστε να υλοποιηθεί αυτή η διπλωματική εργασία, όσο και για την υποστήριξη και την εμπιστοσύνη που έδειξε στις δυνατότητες μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών του Πολυτεχνείου Κρήτης και ιδίως το κύριο Ανδρέα Γαρεδάκη (Διαχειριστής BMS) για την ενημέρωση και την παροχή απαραίτητων στοιχείων που αφορούν τις εγκαταστάσεις και άλλα τεχνικά θέματα του κτιρίου Επιστημών.

Τέλος θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Μιχάλη και Αθηνά, και την αδερφή μου Μάρα , για την απεριόριστη αγάπη και υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Δεν υπάρχουν λόγια να περιγράψουν την αγάπη και την ευγνωμοσύνη μου.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Management System) του κτιρίου Επιστημών, η καταγραφή των φορτίων κατανάλωσης και η εξαγωγή των καμπυλών φορτίου του κτιρίου Επιστημών. Σύμφωνα με το ΚΕΝΑΚ(Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης Κτιρίων) τα μεγάλα κτίρια οφείλουν να εγκαταστήσουν τέτοια συστήματα. Τα πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων εκτός από την παρακολούθηση των εγκαταστάσεων και την έγκαιρη αποκατάσταση βλαβών, αφορούν και τη δυνατότητα καταγραφής δεδομένων. Η συγκεκριμένη δυνατότητα συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία παρατίθενται οι τομείς παρακολούθησης που προσφέρει το BMS του Κτιρίου Επιστημών με το λογισμικού του οποίου μπορούμε να εποπτεύσουμε και να παραμετροποιήσουμε όλα τα ενεργά στοιχεία (κλιματισμός, φωτισμός κ.α.) του κτιρίου Επιστημών. Αφού είδαμε τι στοιχεία μπορούμε να παρακολουθήσουμε, αρχίσαμε τη καταγραφή τους. Εκτιμήθηκε η κατανάλωση του φωτισμού των κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου (που ελέγχεται η έναρξη τους από το σύστημα) καθώς και των αιθουσών του κτιρίου με στόχο να προκύψει τυπική καμπύλη κατανάλωσης ηλεκτρισμού.

Στην συνέχεια καταγράφηκε η ζήτηση για το κλιματιστικό φορτίο για το σύστημα κλιματισμού VRV καθώς και οι εντολές ενεργοποίησης των Κεντρικών Κλιματιστικών Μονάδων. Ο στόχος ήταν η εξαγωγή τυπικών καμπυλών ζήτησης για καθημερινές και Σαβ/κα υπό διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας.

Τέλος παρουσιάστηκαν στιγμιότυπα από τη ζήτηση των Μ/Σ, συσχετιζόμενα με τη ζήτηση κλιματισμού.

Η καταγραφή των φορτίων κατανάλωσης, η εξαγωγή των τυπικών καμπυλών φορτίου και τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από αυτή τη διαδικασία θα αποτελέσουν τη βάση για το περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου Επιστημών.

Abstract

This thesis aims to study the Building Management System (BMS) of the building hosting both the Science and the Electronics and Computer Engineering Departments at the Technical University of Crete, to record its consumption and export typical load curves. Additionally to monitoring the Electrical and Mechanical Equipment of the building providing substantial aid in the maintenance activities, such systems can provide records on the energy consumption of a building. This is extremely useful for energy monitoring, the first step to energy savings in a building. The updated Greek legislation for energy efficiency in buildings (KENAK) foresee that large buildings should install such systems while in general BMS reduced energy consumption.

After some first information in the building is provided, BMS architecture and the corresponding Human Machine Interface are presented. Many end uses in the building are monitored, air-condition, lighting, fire protection, transformers, lifts etc. Focus is given on lighting consumption in the common areas of the building (which is controlled by the BMS) and the amphitheatres of the building in order to develop a typical electricity consumption curve for these loads. Additionally the operation of the VRV air-condition system is described and actual measurements from its operation has been retrieved for the summer months. Typical demand curves have been derived for both weekdays and weekends. An association of this demand with temperature and the number of people using the building has been also made. The additional system of Central air-condition is also described and the typical activations have been also recorded.

Some information on the total demand of the building as recorded in the two main transformers of the building is provided as associated with air-condition and lighting demand.

Finally, some conclusions are drawn regarding the key findings which can be used for the reduction of energy consumption of the building.

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή.....	9
1.1 Εισαγωγικές Έννοιες.....	9
1.2 Σκοπός και Δομή της Εργασίας.....	9
Κεφάλαιο 2 – Σημασία KENAK.....	11
2.1 Σκοπός χρήσης συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στα κτίρια	11
2.2 Ιστορική Αναδρομή	11
2.3 Πλεονεκτήματα των BEMSs.....	13
2.3.1 Παρακολούθηση.....	14
2.3.2 Επικοινωνία	14
2.3.3 Εξοικονόμηση προσωπικού και συντήρηση.....	15
2.3.4 Απομακρυσμένος συντονισμός	15
2.3.6 Άλλα	15
2.4 Χρήση BMS κατά KENAK(Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) ...	16
2.4.1 Επίπεδο αυτοματισμού Α.....	16
2.4.2 Επίπεδο αυτοματισμού Β.....	17
2.4.3 Επίπεδο αυτοματισμού Γ	17
2.4.4 Επίπεδο αυτοματισμού Δ.....	18
Κεφάλαιο 3 – Βασικές Συνιστώσες BMS και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	21
3.1 Τεχνική Περιγραφή Συστήματος BMS	21
3.2 Κεντρικός Σταθμός	21
3.2.1 Παρακολούθηση εγκατάστασης.....	22
3.2.2 Βασικές λειτουργίες του Κεντρικού Σταθμού Ελέγχου	23
3.3 Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου	24
3.4 Περιφερειακές Μονάδες Ελέγχου.....	24
3.5 Συστήματα Επικοινωνίας και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	25
3.5.1 Η εξέλιξη των συστημάτων στο χώρο των δικτύων	26
3.5.2 Αναγνωρισμένα Πρωτόκολλα Χρήσης	27
3.5.2.1 BACnet	28
3.5.2.2 Echelon LonWorks	29
3.5.2.3 Instabus.....	31
3.5.2.4 FND	33
3.5.2.5 Profibus	33
3.5.2.6 Intelligent Room Bus.....	34
3.5.2.7 CANbus.....	34
3.5.2.8 BitBus	36
3.6 Αισθητήρες.....	36
3.6.1 Συσκευές Εισόδου	37
3.6.2 Συσκευές Εξόδου	41
Κεφάλαιο 4 – Χαρακτηριστικά Κτιρίου Επιστημών και σημεία παρακολούθησης από	

το σύστημα BMS	43
4.1 Το Πολυτεχνείο Κρήτης	43
4.1.1 Εγκατεστημένοι λέβητες και κλιματιστικές μονάδες στη Πολυτεχνειούπολη	43
4.2 Το Κτίριο Επιστημών	45
4.3 Τομείς ελέγχου και παρακολούθησης των BMSs του κτιρίου Επιστημών ..	46
4.3.1 GigaTech Building Management System	47
4.3.1.1 Κλιματισμός	47
4.3.1.2 Κύκλωμα Νερού	48
4.3.1.3 Δίκτυο Νερού - Λύματα	49
4.3.1.4 Σύστημα Πυρανίχνευσης - Πυρασφάλειας	50
4.3.1.5 Φωτισμός	50
4.3.1.6 Υποσταθμός	51
4.3.1.7 Ανεμιστήρες αερισμού	51
4.3.1.8 Δίκτυο Κενού (Εκτός Λειτουργίας)	51
4.3.1.9 Δίκτυο Πεπιεσμένου Αέρα (Εκτός Λειτουργίας)	51
4.3.1.10 Ανελκυστήρες	51
4.3.1.11 Τοξικά (Εκτός Λειτουργίας)	52
4.3.2 LG Advanced Centralized Control System IV	52
Κεφάλαιο 5 – Φωτισμός Κτιρίου Επιστημών	54
5.1 Εγκατεστημένη Ισχύς Κτιρίου Επιστημών	54
5.2 Κοινόχρηστος φωτισμός	59
5.2.1 Φωτισμός Χώρου Στάθμευσης	60
5.2.2 Φωτισμός Επιπέδου 134 (Υπόγειο)	61
5.2.3 Φωτισμός Επιπέδου 137 (Ισόγειο)	62
5.2.4 Φωτισμός Επιπέδου 141 (1 ^{ος} Όροφος)	63
5.2.5 Φωτισμός Επιπέδου 145 (2 ^{ος} Όροφος)	65
5.2.6 Συγκεντρωτική κατανάλωση κοινόχρηστου φωτισμού	67
5.3 Φωτισμός Αιθουσών Διδασκαλίας και Γραμματείας τμήματος ΗΜΜΥ	68
5.3.1 Αίθουσα διδασκαλίας 137Π39	69
5.3.2 Αίθουσα διδασκαλίας 145Π42	71
5.3.3 Αίθουσα διδασκαλίας 145Π58	72
5.3.4 Αίθουσα διδασκαλίας 2041(Εξωτερική Αίθουσα)	74
5.3.5 Αίθουσα διδασκαλίας 2042(Εξωτερική Αίθουσα)	75
5.3.6 Γραμματεία ΗΜΜΥ	76
5.3.7 Συγκεντρωτική Κατανάλωση Αιθουσών Διδασκαλίας	77
5.4 Συγκεντρωτική κατανάλωση φωτισμού (Κοινόχρηστοι χώροι, Αίθουσες, Γραμματεία)	78
5.5 Σύνοψη – Συμπεράσματα	81
Κεφάλαιο 6 – Σύστημα κλιματισμού VRV κτιρίου Επιστημών	82
6.1 Σύστημα Κλιματισμού VRV	82
6.1.1 Τεχνολογία Inverter	82
6.1.2 Συστήματα κλιματισμού VRV με τεχνολογία Inverter	84

6.2 Σύστημα Κλιματισμού VRV Κτιρίου Επιστημών	86
6.3 Διαδικασία Εξαγωγής Κατανάλωσης Ισχύος για το Σύστημα Κλιματισμού VRV του Κτιρίου Επιστημών	90
6.4 Κατανάλωση Ισχύος για το Σύστημα Κλιματισμού VRV του Κτιρίου Επιστημών.....	91
6.4.1 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούνιο	92
6.4.2 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούλιο	93
6.4.3 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Αύγουστο	95
6.4.4 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Σεπτέμβριο	97
6.5 Συνολική και Μέση Κατανάλωση για το Σύστημα Κλιματισμού VRV του Κτιρίου Επιστημών.....	98
6.5.1 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Ιούνιο(Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).....	99
6.5.2 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Ιούλιο(Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).....	101
6.5.3 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Αύγουστο (Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).	102
6.5.4 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Σεπτέμβριο (Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή)....	104
6.6 Συσχέτιση μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια και μέσης θερμοκρασίας ανά μέρα(Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος)	105
6.7 Συσχέτιση αιχμής φορτίου και μέγιστης θερμοκρασίας(Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος)	108
6.8 Σύνοψη	113
Κεφάλαιο 7 – Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες κτιρίου Επιστημών	114
7.1 Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα	114
7.2 Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες Κτιρίου Επιστημών και τεχνικά χαρακτηριστικά τους.	115
7.3 Ημέρες και ώρες λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων	118
7.4 Μέγιστη πιθανή ζήτηση ισχύος των Κλιματιστικών Μονάδων του Κτιρίου Επιστημών.....	120
7.4.1 Τυπική καμπύλη μέγιστης πιθανής ζήτησης ψυκτικής Ισχύος Κλιματιστικών Μονάδων για μια καθημερινή μέρα.....	120
7.4.2 Τυπική καμπύλη μέγιστης πιθανής ζήτησης ψυκτικής Ισχύος Κλιματιστικών Μονάδων για το Σαββατοκύριακο.....	121
Κεφάλαιο 8 – Μετασχηματιστές διανομής κτιρίου Επιστημών	122
8.1 Μετασχηματιστές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.....	122
8.1.1 Βασικές αρχές λειτουργίας.....	122
8.1.2 Ψύξη μετασχηματιστών	123
8.2 Μετασχηματιστές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου Επιστημών	123
Κεφάλαιο 9 - Συμπεράσματα.....	131

9.1 Εκτιμώμενη ζήτηση σε ενέργεια για κλιματισμό VRV και φωτισμό του κτιρίου Επιστημών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος).....	131
9.2 Κατανομή ζήτησης ισχύος (Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).....	132
9.3 Συμπεράσματα.....	134
9.4 Προτάσεις.....	135

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικές Έννοιες

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στους τομείς της πληροφορικής, των αυτοματισμών και των ελέγχων. Η εξέλιξη αυτή δε θα μπορούσε να μην επηρεάσει τον τομέα της διαχείρισης κτιρίων. Το ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην κατά το δυνατόν “ευφύεστερη” και “ορθολογικότερη” λειτουργία των κτιρίων με τη βοήθεια της τεχνολογίας. Η συνεχής ρύπανση επιβάλλει τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια, και ο μόνος τρόπος να το επιτύχουμε είναι να δοθεί στους ενοίκους η δυνατότητα της μέτρησης άρα και του ελέγχου των διαφόρων ενεργοβόρων λειτουργιών που λαβαίνουν χώρα στο χώρο που διαμένουν.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια οφείλεται και στις επιταγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης σύμφωνα με την οδηγία 2002/91/EK. Η οδηγία 2002/91/EK προβλέπει τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού μέσω του οποίου ο αγοραστής ή ενοικιαστής θα έχει την δυνατότητα να γνωρίζει την κατανάλωση του κτιρίου, όπως γνωρίζει σήμερα την κατανάλωση του αυτοκινήτου σε καύσιμα. Η οδηγία αυτή προσαρμόστηκε στα ελληνικά δεδομένα με το νόμο 3861/2008.

Η ενεργειακή απόδοση λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η θέρμανση, το ζεστό νερό, ο κλιματισμός, ο φωτισμός και τα χαρακτηριστικά του κελύφους, με επίκεντρο τις ενεργειακές απώλειες και τα ενεργειακά οφέλη. Για να επιτευχθούν λοιπόν τα παραπάνω χρησιμοποιούμε συστήματα διαχείρισης κτιρίων γνωστά ως BMS (Building Management Systems). Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης που να δίνει έμφαση στην ενεργειακά ορθολογική συμπεριφορά του κτιρίου μπορεί να μειώσει την κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό και φωτισμό έως και κατά 30%, γεγονός που επιδρά καταλυτικά στη μείωση των λειτουργικών εξόδων του κτιρίου και στη δημιουργία καλύτερων συνθηκών εσωκλίματος στους χρήστες του. Τα συστήματα αυτά στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης στα κτίρια διατηρώντας τα ίδια επίπεδα άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου. Στη πράξη προσπαθούν να ελέγξουν μερικές ή όλες τις διαδικασίες που καταναλώνουν ενέργεια σε ένα κτίριο. Τέτοιες διαδικασίες είναι τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, τα συστήματα φωτισμού αλλά και άλλα συστήματα όπως αντλίες κλπ.

1.2 Σκοπός και Δομή της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BMS) του κτιρίου Επιστημών και η εξαγωγή των καμπυλών φορτίου του κτιρίου, ώστε τα συμπεράσματα τα οποία θα προκύψουν να αποτελέσουν τη βάση για το περιορισμό της κατανάλωσης στο κτίριο.

Για να επιτύχουμε αυτό το σκοπό, εξετάσαμε τι είδους διεργασίες μπορούμε να παρακολουθήσουμε μέσω του BMS και στη συνέχεια αρχίσαμε την καταγραφή όσων δεδομένων μπορούν να καταγραφούν.

Στα κεφάλαια 2 και 3 παρουσιάστηκαν οι βασικές συνιστώσες ενός τέτοιου συστήματος, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και η σημασία που δίνει ο KENAK σε τέτοια συστήματα για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τα σημεία παρακολούθησης από το σύστημα BMS.

Στο κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται αναλυτικά η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού του κτιρίου. Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε η κατανάλωση του φωτισμού των κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου (που ελέγχεται η έναρξη τους από το σύστημα) καθώς και των αιθουσών του κτιρίου με στόχο να προκύψει τυπική καμπύλη κατανάλωσης ηλεκτρισμού.

Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 6 καταγράφηκε η ζήτηση για το κλιματιστικό φορτίο για το σύστημα κλιματισμού VRV για ένα Τετράμηνο, για διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και για διαφορετικού τύπου ημέρες. Στη συνέχεια εξάγαμε τις τυπικές καμπυλών ζήτησης για καθημερινές και Σαβ/κα υπό διάφορα επίπεδα θερμοκρασίας.

Στο κεφάλαιο 7 περιγράφηκε το σύστημα των Κεντρικών Κλιματιστικών Μονάδων και καταγράφηκαν οι εντολές ενεργοποίησης τους.

Τέλος στο κεφάλαιο 8 καταγράψαμε και παρουσιάσαμε στιγμιότυπα από τη ζήτηση των Μ/Σ τα οποία συσχετίζονται με τη ζήτηση κλιματισμού και φωτισμού.

Το κεφάλαιο 9 συνοψίζει τα ευρήματα της εργασίας και προτείνει μερικές παρεμβάσεις στον τρόπο λειτουργίας του συστήματος.

Κεφάλαιο 2 – Σημασία KENAK

2.1 Σκοπός χρήσης συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στα κτίρια

Με τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης μπορούμε να παρακολουθούμε και να ελέγχουμε τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου με αποτέλεσμα να μπορούμε να καταγράψουμε την ενέργεια που καταναλώνεται . Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η εξοικονόμηση σημαντικού ποσοστού της καταναλισκόμενης ενέργειας . Στη συνέχεια ρυθμίζουμε κατάλληλα τις παραμέτρους τους συστήματος ώστε να γίνεται σωστή χρήση της ενέργειας που καταναλώνεται .Έτσι η ανθρώπινη διαβίωση μέσα στο κτίριο γίνεται πιο άνετη , έχουμε έγκαιρη επέμβαση σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης αλλά και το λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση των εγκαταστάσεων είναι λιγότερο.

Ο σκοπός εφαρμογής συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στα κτίρια είναι :

- Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτέλεσμα της μείωσης των άσκοπων λειτουργικών δραστηριοτήτων του κτιρίου.
- Τη μείωση του κόστους ενέργειας με αποτέλεσμα να εξοικονομήσουμε χρήματα.
- Ο έλεγχος του συνολικού ενεργειακού κόστους στο κτιρίου.
- Η βελτίωση της ποιότητας ζωής αλλά και της ασφάλειας στο κτίριο.
- Ο σεβασμός απέναντι στο περιβάλλον.

Συνοψίζοντας με την εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας στο κτίριο θα μπορούμε να παρακολουθούμε τη λειτουργία των συστημάτων με αποτέλεσμα να μπορούμε να μειώσουμε τα λειτουργικά κόστη ενώ παράλληλα θα κάνουμε πιο άνετη τη διαβίωση μας εκμεταλλευόμενοι στο έπακρο τις δυνατότητες που μας προσφέρονται σε αυτό κάνοντας ορθή χρήση των εγκαταστάσεων.

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης¹ στα κτίρια εμφανίστηκαν , τη δεκαετία του 1970 σε μεγάλα εμπορικά καταστήματα , αν και τότε η διαχείριση γινόταν μέσω του εργατικού δυναμικού το οποίο φόρτωνε άνθρακα σε λέβητες ή άνοιγε χειροκίνητα (με τη χρήση μιας λαβής) τις βαλβίδες από τους σωλήνες νερού ώστε το ζεστό νερό να ρέει στα καλοριφέρ. Ωστόσο το ‘BMS’ σαν φράση είναι σχετικά καινούρια και η έννοια της εισήχθη στις αρχές της δεκαετίας του 1970 όταν παρουσιάστηκαν περίπλοκες ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες έχουν τη ικανότητα να διατηρούν τα δεδομένα για τους σκοπούς της διαχείρισης υπηρεσιών όπως ηλεκτρικής ενέργειας , φωτισμού , θέρμανσης και ούτω καθεξής. Ήταν η έλευση του «μόντεμ», ή «διαμορφωτή - απόδιαμορφωτή" η οποία επέτρεψε αναλογικά σήματα προς ψηφιοποίηση ώστε να μπορούν να επικοινωνούν σε μεγάλες αποστάσεις με υψηλό βαθμό ακρίβειας που ώθησε την ανάπτυξη και την εξάπλωση των σύγχρονων BMS.

Πριν τα BMS συστήματα εκσυγχρονιστούν και γίνουν όπως τα γνωρίζουμε σήμερα , ο έλεγχος του κτιρίου γινόταν από διάφορα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Πολλές εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται γραφεία χρησιμοποιούσαν panels που αποτελούνται από διακόπτες ή πιο συχνά από φώτα που παρουσιάζουν τη κατάσταση που βρίσκονται τα γραφεία του κτιρίου , ώστε το προσωπικό που επιβλέπει τη κατάσταση των φώτων να μπορεί να αντιδράσει αν κάτι αποτύχει. Μερικά από τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν επίσης ηχητική ειδοποίηση.

Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας στα κτίρια είναι αποτέλεσμα της μικροηλεκτρονικής

και πληροφορικής επανάστασης των τελευταίων ετών. Αυτό συμβαίνει επειδή τα BEMS είναι απλά συστήματα μικροϋπολογιστών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των υπηρεσιών του κτιρίου. Τα BEMS επίσης έχουν επωφεληθεί από την τεχνογνωσία που υπάρχει στην εφαρμογή αυτομάτων ελέγχων στη βιομηχανία και στις παραγωγικές διαδικασίες .

Ο πρόγονος των συστημάτων διαχείρισης ενέργειας ήταν το σκληρό ενσύρματο κεντρικό σύστημα. Το σύστημα ήταν βασικά μια επέκταση των συμβατικών καλωδίων ελέγχου σε μία κεντρική κονσόλα με καντράν ,φωτάκια και έναν καταγραφέα τον οποίο ενεργοποιούσε ο χειριστής που ήταν στην κονσόλα για την παρακολούθηση θερμοκρασιών αλλά και ενδείξεων σε απομακρυσμένα τμήματα. Στο σύστημα αυτό δεν παίρνουν μέρος υπολογιστές , παρά μόνο ο χειριστής μπορεί να κάνει αλλαγές στις ρυθμίσεις ελέγχου και στις ώρες .

Αυτά τα ενσύρματα συστήματα στη συνέχεια βελτιώθηκαν με την τεχνολογία του τηλεφώνου όπου μπορούσαν να ενεργοποιηθούν επιμέρους τμήματα των εγκαταστάσεων και να τεθούν σε λειτουργία μέσω των panels που υπάρχουν τοπικά σε όλη την εγκατάσταση και επικοινωνούν με ένα κεντρικό multicore καλώδιο το οποίο τρέχει γύρω από το κτίριο από την κεντρική κονσόλα.

Οι ραγδαίες εξελίξεις στη μικροηλεκτρονική και οι εκατοντάδες συσκευές από ολοκληρωμένα τρανζίστορ μέσα σε ένα μεγαλύτερο ολοκληρωμένο chip από πυρίτιο περίπου 5 mm^2 είχαν ως αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ο πρώτος υπολογιστής βασισμένος σε συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου. Αυτά τα αρχικά BEMSs ήταν κεντρικά συστήματα διαχείρισης ενέργειας και για πρώτη φορά εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1980 και είχαν αναπτυχθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες . Το κεντρικό αυτό σύστημα βασίζεται σε ένα μίνι υπολογιστή , ο οποίος περιέχει όλη την υπολογιστική δύναμη ή την ‘νοημοσύνη’ του συστήματος αλλά και τους ‘χαζούς’ εξωτερικούς σταθμούς που είναι κιβώτια ή ντουλάπια για τις συνδέσεις με τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές . Ο όρος ‘ νοήμων’ χρησιμοποιείται επειδή στο κεντρικό σταθμό είχαν τη δυνατότητα να υπολογίζουν και παίρνουν αποφάσεις χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που λαμβάνουν από τους εξωτερικούς σταθμούς.

Τα συστήματα αυτά ήταν πολύ ακριβά και έτσι ήταν βιώσιμα μόνο για μεγάλα τμήματα κτιρίων , όπως κλιματιζόμενα κεντρικά γραφεία. Παρόλο που αρχικά σχετίζονταν μόνο με τον έλεγχο και την παρακολούθηση των εγκαταστάσεων HVAC στην συνέχεια ήταν σε θέση να διαχειρίζονται και να ελέγχουν το φωτισμό , τους ανελκυστήρες και την παρακολούθηση των συναγερμών ασφάλειας και πυρός. Στην πραγματικότητα τα συστήματα αυτά θεωρήθηκαν ως συστήματα διαχείρισης κτιρίων με σκοπό να βοηθήσουν στη διαχείριση των μεγάλων και πολύπλοκων χώρων χωρίς να γίνεται συγκεκριμένη εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτά τα πρώτα συστήματα διαχείρισης ενέργειας κτιρίων ήταν σε λειτουργία πριν από την ενεργειακή κρίση του 1973/74.

Αν και αυτά τα αρχικά BEMSs ήταν ικανά να παρακολουθούν και να ελέγχουν τους συναγερμούς ασφάλειας και πυρός , σπάνια το έκαναν καθώς ειδικά συστήματα χρησιμοποιούσαν δυνητικά σωτήριες συσκευές για την ανίχνευση πυρκαγιάς αλλά και συσκευές ασφαλείας . Εξακολουθούν να υπάρχουν προβλήματα στην ενσωμάτωση όλων των συστημάτων όπως τα συστήματα πυρανίχνευσης και ασφάλειας μέσα στα BEMSs σήμερα, το οποίο ως επί το πλείστον οφείλεται στην ποικιλία και την ανομοιογένεια των επιστημονικών κλάδων και στις προδιαγραφές και όχι στη τεχνολογία και στις διάφορες εταιρίες κατασκευής που συμμετέχουν.

Περίπου από το 1980 η ραγδαία ανάπτυξη των LSI και VLSI οδήγησαν χιλιάδες συσκευές

να τεθούν σε ένα μόνο chip. Ως εκ τούτου οι μικροϋπολογιστές ή PCs έγιναν ισχυρότεροι όσο ποτέ πριν. Και οι εξωτερικοί σταθμοί ήταν μικροί μικροϋπολογιστές ή πιο σωστά περιείχαν τσιπ μικροεπεξεργαστή κερδίζοντας έτσι σε επεξεργαστική ισχύ δίνοντας τους 'νοημοσύνη'. Αυτό τους επιτρέπει να λειτουργούν από μόνοι τους ή να γίνουν αυτόνομοι εξωτερικοί σταθμοί εξαρτώμενοι μόνο από το κεντρικό σταθμό για ένα μικρό ποσοστό του χρόνου λειτουργίας τους. Οι εξωτερικοί αυτοί σταθμοί έχουν πολύ περισσότερες λειτουργίες από τους παλαιότερους που είχαν περισσότερους από έναν ρόλους παρακολούθησης. Πράγματι κάθε έξυπνος εξωτερικός σταθμός μπορεί να ελέγχει ένα μικρό κτίριο από μόνος του και η εγκατάσταση αυτών των σταθμών σε μικρά αλλά και σε μεσαίου μεγέθους κτίρια είναι οικονομική.

Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να υπολογιστεί καλύτερα με το κόστος ανά στοιχείο(στοιχείο είναι μια είσοδος ή μια έξοδος π.χ. μια είσοδος θερμοκρασίας σε ένα εξωτερικό σταθμό ή μια έξοδος ενός σήματος ελέγχου της βαλβίδας) ή το κόστος ανά εμβαδόν.

Ο κεντρικός σταθμός μπορεί να επικοινωνήσει με πολλούς εξωτερικούς σταθμούς όταν χρειάζεται, είτε στο τοπικό δίκτυο επικοινωνίας ή με απομακρυσμένους εξωτερικούς σταθμούς μέσω τηλεφωνικών γραμμών, του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου μεταγωγής(PSTN), με χρήση modem και autodiallers. Οι BEMSs επικοινωνίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις γραμμές ISDN(καλύτερη ποιότητα τηλεφωνικών γραμμών ικανών να διαβιβάσουν δεδομένα και σήματα βίντεο τόσο καλά όπως και με τα σήματα φωνής), LANs(τοπικά δίκτυα) και το internet.

Όσο οι μικροεπεξεργαστές γίνονται πιο ισχυροί και λιγότερο ακριβοί, τόσο οι εξωτερικοί σταθμοί θα γίνονται πιο μικροί και πιο φθηνοί, ώστε να μπορούν να ελέγχουν πλέον επιμέρους τμήματα των εγκαταστάσεων ενός κτιρίου. Έτσι το κτίριο γίνεται πιο 'έξυπνο'. Οι κατασκευαστές των BEMS προμηθεύουν τους μικρούς αυτούς εξωτερικούς σταθμούς σε κατασκευαστές αυθεντικών εξαρτημάτων, έτσι ώστε οι εγκαταστάσεις τους να μπορούν να παραγγελθούν στο εργοστάσιο και απλά να συνδεθούν στο σύστημα επικοινωνίας του BEMS κατά την παράδοση τους.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 και μετά τα BEMSs μπορούν από μόνα τους να αποφασίσουν για τη βέλτιστη λύση και να αντιμετωπίσουν καταστάσεις που παρουσιάζονται. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των συστημάτων αυτών έπαιξε η βέλτιστη διαδικτύωση εξοπλισμού, αισθητήρων και υπολογιστών τα οποία συγκρότησαν μια ιδανική πλατφόρμα για την ανάπτυξη της νέας γενιάς των συστημάτων.

Η ουσιαστική αλλαγή από τα μέχρι τώρα συστήματα έγκειται στη μελέτη και την ανάπτυξη διαδικασιών οι οποίες εκτός από την παρακολούθηση και αυτοματοποίηση, διαχειρίζονται το κτίριο ως ένα ζωντανό οργανισμό, βελτιστοποιώντας τη συνολική του λειτουργία, και παράλληλα αλληλεπιδρούν με τους διαχειριστές του περιβάλλοντος λειτουργίας κάνοντας πιο άνετη τη παρουσία τους στο κτίριο.

Με τα συστήματα αυτά δίνεται για πρώτη φορά η δυνατότητα στους ανθρώπους που διαμένουν μέσα στο κτίριο στο οποίο υπάρχει ένα BMS να απασχολούνται με οτιδήποτε εκτός από τη διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών διαβίωσης, αφού το BMS είναι πλέον υπεύθυνο για το ρόλο αυτό. Τα κτίρια πλέον έχουν γίνει 'έξυπνα' χρησιμοποιώντας τελευταίας γενιάς μηχανήματα αλλά και λογισμικό επιτυγχάνοντας έτσι τη μέγιστη ενεργειακή απόδοση που μπορούν να έχουν.

2.3 Πλεονεκτήματα των BEMSs

Υπάρχουν οικονομικά οφέλη από την χρήση ενός BEMS, και η διεθνής υπηρεσία

ενέργειας δίνει κάποιες πρόχειρες εκτιμήσεις για τις εξοικονομήσεις που μπορούν να γίνουν από τις διάφορες λειτουργίες που επιτελεί. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί είναι περίπου 5% με απόσβεση στα 2-3 χρόνια. Είναι δύσκολο να εντοπιστεί ακριβώς η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτρέπει το BEMS λόγω της φτωχής σχεδίασης της εγκατάστασης.

Ωστόσο υπάρχουν μερικά πλεονεκτήματα² από τα BEMS τα οποία είναι :

2.3.1 Παρακολούθηση

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του BEMS και ίσως το πιο σημαντικό , είναι η συνεχής παρακολούθηση της εύρυθμης λειτουργίας του κτιρίου. Έτσι μπορούν να αντιμετωπιστούν προβλήματα λειτουργίας του κτιρίου και κυρίως ανεπιθύμητες και επικίνδυνες καταστάσεις. Παρακολουθώντας τη λειτουργία του κτιρίου δίνεται η δυνατότητα στους μηχανικούς και τους τεχνικούς να επιτύχουν μια καλύτερη κατανόηση των εγκαταστάσεων του. Επίσης με τη δυνατότητα ανάλυσης και επεξεργασίας των ενεργειακών δεδομένων μπορούν να κατανοήσουν τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου , το οποίο οδηγεί σε βελτίωση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων και ως συνέπεια σε εξοικονόμηση ενέργειας .

2.3.2 Επικοινωνία

Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα του BEMS είναι ότι οι πληροφορίες μπορούν να γνωστοποιούνται μέσω του τηλεφωνικού συστήματος από απομακρυσμένα σημεία στο κεντρικό σταθμό. Αυτό εξοικονομεί το σημαντικό χρόνο και τη προσπάθεια που απαιτείται για ταξίδια προς και από τις τοποθεσίες για να ελεγχθούν οι εγκαταστάσεις, εκτός κι εάν υπάρχει τοπικός χειριστής της εγκατάστασης. Για να το επιτύχουμε αυτό κάνουμε χρήση του συστήματος SCADA.

Ο όρος SCADA (supervisory control and data acquisition) περιγράφει μια κατηγορία συστημάτων βιομηχανικού αυτομάτου ελέγχου και τηλεμετρίας. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων SCADA είναι ότι αποτελούνται από τοπικούς ελεγκτές, που ελέγχουν επί μέρους στοιχεία και μονάδες μιας εγκατάστασης, συνδεδεμένους σε ένα κεντρικό Master Station (Κύριο Σταθμό Εργασίας). Ο κεντρικός σταθμός εργασίας μπορεί κατόπιν να επικοινωνεί τα δεδομένα που συλλέγει από την εγκατάσταση σε ένα πλήθος από σταθμούς εργασίας σε τοπικό LAN ή και να μεταδίδει τα δεδομένα της εγκατάστασης σε μακρινά σημεία μέσω κάποιου συστήματος τηλεπικοινωνίας, πχ μέσω του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου ή μέσω κάποιου ασύρματου δικτύου.

Επίσης είναι δυνατό ο κάθε ένας τοπικός ελεγκτής να βρίσκεται σε απομακρυσμένη τοποθεσία και να μεταδίδει τα δεδομένα προς το master station μέσω απλού καλωδίου ή μέσω ασύρματου πομποδέκτη, πάντα με σύνολο από τοπικούς ελεγκτές συνδεδεμένους σε τοπολογία αστέρα προς ένα master station.

Με τη χρήση λοιπόν των δικτύων επικοινωνίας έχουμε άμεση πρόσβαση σε οποιοδήποτε απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου από ένα εξωτερικό σταθμό , όταν δεν υπάρχει δυνατότητα χειρισμού από το κεντρικό σύστημα . Το σύστημα BMS μέσω του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και του προγράμματος SCADA προσφέρει :

- Καταγραφή αναλογικών ή ψηφιακών μεγεθών συναρτήσει του χρόνου.
- Χρονομέτρηση της λειτουργίας των μηχανών και προσδιορισμός του χρόνου συντήρησης.
- Ανάλυση της εξέλιξης μιας βλάβης σε χρονικό επίπεδο, αναλύοντας την αλληλουχία των συμβάντων που οδήγησαν στη συγκεκριμένη βλάβη.

- Εξακρίβωση της αναγνώρισης της βλάβης σε συνάρτηση με κρίσιμες βλάβες και τον καταμερισμό των ευθυνών.

2.3.3 Εξοικονόμηση προσωπικού και συντήρηση

Με τη προσθήκη BEMS έχουμε και εξοικονόμηση προσωπικού. Ο χειριστής των εγκαταστάσεων μπορεί συχνά να αντικατασταθεί με ένα εξωτερικό σταθμό επικοινωνίας BEMS ή ένας χειριστής μπορεί να καλύπτει περισσότερα κτίρια. Κυρίως λόγω του απομακρυσμένου μηχανισμού παρακολούθησης οι εταιρίες διαχείρισης ενέργειας και συντήρησης των εγκαταστάσεων χρησιμοποιούν BEMS.

Οι εξωτερικοί σταθμοί επικοινωνούν τακτικά με τα τον κεντρικό σταθμό που βρίσκεται στην έδρα του οργανισμού και εάν προκύψει κάποιο πρόβλημα συναγερμοί αποστέλλονται αυτόματα από τους εξωτερικούς σταθμούς. Η κατάσταση επανέρχεται στην ομαλή της λειτουργία πολύ συχνά πριν ο πελάτης γίνει ενήμερος για τυχόν ατυχήματα στο εργοστάσιο. Τα BEMSs μπορούν να επιτρέψουν τη παρακολούθηση της κατάστασης του κτιρίου, το οποίο παρέχει καλύτερη συντήρηση.

2.3.4 Απομακρυσμένος συντονισμός

Στο BMS έχει ανατεθεί μια πολύ χρήσιμη λειτουργία που είναι ο σωστός συντονισμός των ελέγχων του κτιρίου αλλά και των εγκαταστάσεων που βρίσκονται σε χρήση. Αυτό ισχύει ιδίως στα χαμηλής ενέργειας κτίρια, όπου η αποθήκευση της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου και ο νυχτερινός εξαερισμός είναι πολύπλοκες διαδικασίες για να τις ελέγξεις.

Είναι επίσης δυνατό να συντονίζουμε τις μηχανικές και ηλεκτρολογικές υπηρεσίες από το BEMS αφού υπάρχει επικοινωνία με τις συσκευές μέτρησης και ρύθμισης της ροής. Αυτό είναι δυνατό με συστήματα θέρμανσης τα οποία συχνά έχουν πολύ έξυπνους ελέγχους ή εξωτερικούς σταθμούς.

Το ενδιαφέρον είναι ότι τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται εδώ κατά κύριο λόγο σχετίζονται με τη διαχείριση, σε αντίθεση με τον καλύτερο έλεγχο.

2.3.6 Άλλα

Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα των BMSs είναι:

- Η σωστή διαχείριση των διαφόρων λειτουργιών των συστημάτων ελέγχου αλλά και επέμβαση στη συντήρηση και αποκατάσταση των βλαβών τους.
- Συνεχής παρακολούθηση και επεξεργασία των ενεργειακών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- Έχουμε ακρίβεια υπολογισμών και σωστή ανάλυση των δεδομένων με αποτέλεσμα τη σωστή πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης.
- Παρουσίαση αναφορών κάνοντας χρήση γραφικών.
- Συνεχής ενημέρωση των διαχειριστών του συστήματος για τη λήψη κρίσιμων αποφάσεων οι οποίες συνδέονται άμεσα με τη σωστή λειτουργία των συστημάτων ελέγχου.
- Γίνεται αυτόματη περικοπή φορτίων που επιβαρύνουν το ενεργειακό κόστος.

Τέλος το μοναδικό αρνητικό των BMSs όπως αναφέραμε και πιο πάνω είναι η μείωση του ανθρώπινου δυναμικού, καθώς χρειάζονται ελάχιστα άτομα ώστε να λειτουργήσει το σύστημα πράγμα που είναι ανησυχητικό αφού το ποσοστό της ανεργίας είναι ήδη ιδιαίτερα υψηλό.

2.4 Χρήση BMS κατά KENAK(Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων)

Η χρήση διατάξεων αυτόματου ελέγχου επιφέρει σημαντική μείωση στη καταναλισκόμενη ενέργεια ανά τελική χρήση . Έτσι σε περίπτωση που η εγκατάσταση θέρμανσης , ψύξης , κλιματισμού , ζεστού νερού χρήσης, φωτισμού κ.α. διαθέτει κάποια διάταξη αυτόματου ελέγχου και ρύθμιση λειτουργίας (κεντρική ή τοπική), τότε η ενέργεια για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων ανά τελική χρήση μειώνεται και αυτή η μείωση πρέπει να προσδιορίζεται στους υπολογισμούς. Αντίθετα , όταν δεν υπάρχει καμία διάταξη αυτόματου ελέγχου , η ενέργεια για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων αυξάνεται. Το ποσοστό μείωσης ή αύξησης της απαιτούμενης ενέργειας υπολογίζεται βάσει του συντελεστή διόρθωσης (μείωσης ή αύξησης) ενέργειας ανά τελική χρήση , θέρμανση , ψύξη, αερισμό κ.τ.λ. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007 , προτείνονται δύο συντελεστές διόρθωσης , ένας για την διόρθωση της τελικής ηλεκτρικής ενέργειας των βοηθητικών συστημάτων. Η τιμή του συντελεστή διόρθωσης διαμορφώνεται ανάλογα με το είδος των διατάξεων αυτόματου ελέγχου και τον αριθμό των Η/Μ συστημάτων του Κτιρίου που ελέγχονται.³

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007, ορίζονται τέσσερις κατηγορίες διατάξεων αυτομάτου ελέγχου, Α,Β,Γ και Δ. Για να χαρακτηριστεί μια διάταξη αυτομάτου ελέγχου ότι ανήκει στην κατηγορία Γ, θα πρέπει να πληροί (να διαθέτει) όλες τις επί μέρους μεμονωμένες διατάξεις αυτοματισμών ή καλύτερες από αυτές που αναφέρονται στο πίνακα () και αφορούν στις μονάδες παραγωγής θέρμανσης/ψύξης , στις μονάδες αερισμού , στο δίκτυο διανομής , στις τερματικές μονάδες κ.α. , εφόσον υπάρχουν στο κτίριο και είναι απαραίτητοι οι αυτοματισμοί . Εάν δεν πληρούνται όλοι οι όροι (επί μέρους διατάξεις αυτοματισμών) μια κατηγορίας , τότε θεωρείτε ότι η συνολική διάταξη αυτοματισμού του Κτιρίου ή θερμικής ζώνης , ανήκει στην προηγούμενη κατηγορία .

2.4.1 Επίπεδο αυτοματισμού Α

Συστήματα Παραγωγής Διανομής και Εκπομπής Θέρμανσης/Ψύξης

- Ολοκληρωμένος: διάταξη ελέγχου (με έλεγχο παρουσίας και ποιότητας ελέγχου) της λειτουργίας των τερματικών μονάδων.
- Ρύθμιση λειτουργίας δικτύου διανομής ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου. Έλεγχος διακοπτόμενης λειτουργίας των τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής με βέλτιστη εκκίνηση/παύση , π.χ. έξυπνοι ελεγκτές , που προσαρμόζονται στην λειτουργία της εγκατάστασης.
- Αντλίες διανομής με μεταβλητή ταχύτητα , με σταθερό ΔΡ (υδραυλική ισορροπία δικτύου π.χ. ρυθμιστές στροφών –inverters) ή αναλογικό ΔΡ (υδραυλική ισορροπία, π.χ. με στραγγαλιστικές διατάξεις).
- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με αυτόματο έλεγχο, με βέλτιστη εκκίνηση/παύση π.χ. έξυπνοι ελεγκτές, που προσαρμόζονται ανάλογα στη λειτουργία της εγκατάστασης και στις απαιτήσεις των φορτίων.
- Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής(ονομαστικό θερμικό φορτίο).
- Σε περίπτωση αντλίας θερμότητας υπάρχει σύστημα απόψυξης.

Συστήματα Αερισμού κτηρίων τριτογενή τομέα

- Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και ύπαρξης κεντρικής κλιματιστικής μονάδας υπάρχει αυτόματος έλεγχος της ροής αέρα μέσα στο χώρο βάσει της ζήτησης φορτίου (έλεγχος εσωτερικής θερμοκρασίας και παρουσία χρηστών).
- Αυτόματος έλεγχος ροής αέρα ή πίεσης σε επίπεδο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (με ή χωρίς επαναφορά πίεσης). Υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) και νυχτερινού αερισμού (night ventilation-cooling).
- Έλεγχος της θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα (θερμοκρασία ανάλογα με τη μεταβολή του απαιτούμενου φορτίου).
- Εφαρμόζεται έλεγχος της υγρασίας του αέρα προσαγωγής ή απόρριψης.

2.4.2 Επίπεδο αυτοματισμού Β

Συστήματα Παραγωγής Διανομής και Εκπομπής Θέρμανσης/Ψύξης

- Μεμονωμένος αυτόματος έλεγχος(σε επίπεδο θερμικής ζώνης) της λειτουργίας των τερματικών μονάδων με θερμοστατικές βαλβίδες ή ηλεκτρονικό ελεγκτή.
- Κεντρικός έλεγχος δικτύου διανομής π.χ. αντιστάθμιση ή χρονοδιακόπτης σε σχέση με τη μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης.
- Έλεγχος αντλιών διανομής με αφή/σβέση.
- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσου προς το δίκτυο και το χώρο.
- Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται στα φορτία και στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής(ονομαστικό θερμικό φορτίο).
- Σε περίπτωση αντλίας θερμότητας δεν υπάρχει σύστημα απόψυξης.

Συστήματα Αερισμού κτηρίων τριτογενή τομέα

- Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής μονάδας εφαρμόζεται έλεγχος της ροής αέρα μέσα στο χώρο βάσει της παρουσίας χρηστών.
- Δεν υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) ή νυχτερινού αερισμού (night ventilation – cooling).
- Έλεγχος της θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα (θερμοκρασία ανάλογα με την επιθυμητή και την εξωτερική θερμοκρασία).
- Δεν υπάρχει έλεγχος της υγρασίας του αέρα.

2.4.3 Επίπεδο αυτοματισμού Γ

Συστήματα Παραγωγής Διανομής και Εκπομπής Θέρμανσης/Ψύξης

- Κεντρικός αυτόματος έλεγχος (σε επίπεδο Κτιρίου) της λειτουργίας των τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής .
- Έλεγχος αντλιών διανομής με αφή/σβέση.
- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης / ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσου προς το δίκτυο και το χώρο.

- Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης / ψύξης η προτεραιότητα βασίζεται μόνο στα φορτία.
- Σε περίπτωση αντλίας θερμότητας δεν υπάρχει σύστημα απόψυξης.

Συστήματα Αερισμού κτηρίων τριτογενή τομέα

- Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής μονάδας υπάρχει έλεγχος της ροής αέρα μέσα στον χώρο με χρονοδιακόπτη ή χειροκίνητος έλεγχος της ροής αέρα στο επίπεδο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.
- Δεν υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) ή νυχτερινού αερισμού (night ventilation – cooling).
- Έλεγχος της θερμοκρασίας προσαγωγής του αέρα (σταθερή θερμοκρασία ίση με την επιθυμητή). Δεν υπάρχει έλεγχος της υγρασίας του αέρα.

2.4.4 Επίπεδο αυτοματισμού Δ

Συστήματα Παραγωγής Διανομής και Εκπομπής Θέρμανσης/Ψύξης

- Κανένας αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων , του δικτύου διανομής , των αντλιών διανομής.
- Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί με σταθερή θερμοκρασία παροχής μέσου προς το δίκτυο και το χώρο.
- Σε περίπτωση αλληλουχίας μεταξύ διαφορετικών μονάδων παραγωγής θέρμανσης/ψύξης δεν ελέγχεται η προτεραιότητα.
- Σε περίπτωση αντλίας θερμότητας δεν υπάρχει σύστημα απόψυξης.

Συστήματα Αερισμού κτηρίων τριτογενή τομέα

- Σε περίπτωση μονάδων αερισμού ή/και κεντρικής κλιματιστικής μονάδας δεν υπάρχει κανένας έλεγχος ή είναι χειροκίνητος ο έλεγχος της ροής αέρα μέσα στον χώρο ή στο επίπεδο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.
- Δεν υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης μηχανικής ψύξης (free cooling) ή νυχτερινού αερισμού (night ventilation – cooling).
- Κανένας θερμοστατικός έλεγχος του αέρα προσαγωγής και της υγρασίας του αέρα.

Για τον υπολογισμό της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας με την χρήση διατάξεων αυτόματου ελέγχου ακολουθείται η μεθοδολογία του προτύπου ΕΛΟΤ EN 15232:2007. Σύμφωνα με το πρότυπο , οι υπολογισμοί της απαίτησης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη κ.α. εφαρμόζονται , θεωρώντας ότι υπάρχει διάταξη αυτόματου ελέγχου κατηγορίας Γ, που έχει συντελεστή διόρθωσης ίσο με τη μονάδα(1). Κατόπιν για κάθε τελική χρήση θέρμανσης , ψύξης κ.τ.λ. εκτιμάται ο συντελεστής διόρθωσης απαιτούμενης ενέργειας , ανάλογα με την υφιστάμενη διάταξη αυτοματισμών που διαθέτει το κτίριο ή/και η θερμική ζώνη όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα , σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN15232:2007.

Πίνακας 2.1 Συντελεστές διόρθωσης(μείωσης ή αύξησης) κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση/ψύξη με χρήση διατάξεων αυτόματου ελέγχου

Βασικές κατηγορίες κτηρίου	Συντελεστής διόρθωσης $f_{BAC, hc}$			
	A	B	Γ	Δ
Κατοικία	0,81	0,88	1	1,10
Προσωρινή διαμονή	0,68	0,85	1	1,31
Συνάθροισης κοινού	0,68	0,77	1	1,23
Εκπαίδευσης	0,50	0,75	1	1,24
Υγείας & κοινωνικής πρόνοιας	0,86	0,91	1	1,31
Σωφρονισμού	0,81	0,88	1	1,10
Εμπορίου	0,47	0,73	1	1,56
Γραφείων	0,70	0,80	1	1,51
Βιομηχανία - βιοτεχνίας	0,47	0,73	1	1,56
Αποθήκευσης	0,68	0,77	1	1,23
Στάθμευσης αυτοκινήτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	0,47	0,73	1	1,56

Στο παρακάτω πίνακα δίνεται ο συντελεστής διόρθωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τα βοηθητικά συστήματα (αντλίες, ανεμιστήρες κ.α.) των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού κ.α. Οι τιμές αυτές δίνονται για κάθε βασική κατηγορία Κτιρίου και αφορά και τις επί μέρους χρήσεις χώρων ή θερμικών ζωνών του Κτιρίου.

Πίνακας 2.2 Συντελεστές διόρθωσης (μείωσης ή αύξησης) κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας βοηθητικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης, με χρήση διατάξεων αυτόματου ελέγχου.

Βασικές κατηγορίες κτηρίου	Συντελεστής διόρθωσης $f_{BAC,el}$			
	A	B	Γ	Δ
Κατοικία	0,92	0,93	1	1,08
Προσωρινή διαμονή	0,90	0,95	1	1,07
Συνάθροισης κοινού	0,92	0,96	1	1,04
Εκπαίδευσης	0,89	0,94	1	1,06
Υγείας & κοινωνικής πρόνοιας	0,96	0,98	1	1,05
Σωφρονισμού	0,92	0,93	1	1,08
Εμπορίου	0,91	0,95	1	1,08
Γραφείων	0,87	0,93	1	1,10
Βιομηχανία - Βιοτεχνίας	0,91	0,95	1	1,08
Αποθήκευσης	0,92	0,96	1	1,04
Στάθμευσης αυτοκινήτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	0,91	0,95	1	1,08

Εκτιμάτε λοιπόν ότι μια κατοικία με Αυτοματισμούς τύπου Α σύμφωνα με την οδηγία από τον ΚΕΝΑΚ θα έχει :

- Μείωση κατανάλωσης για θέρμανση ίση με 19%.
- Μείωση των βοηθητικών (Παρασιτικών) καταναλώσεων ηλεκτρισμού κατά 8%.

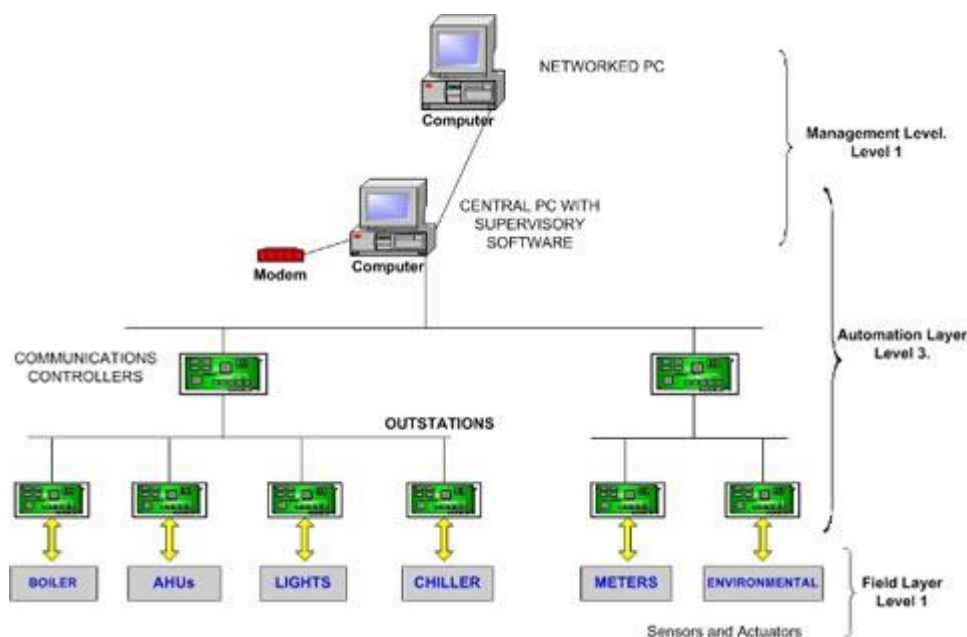
Κεφάλαιο 3 – Βασικές Συνιστώσες BMS και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

3.1 Τεχνική Περιγραφή Συστήματος BMS

Ένα τυπικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BMS) αποτελείται από:

- Τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ), ή Κεντρική Μονάδα Ελέγχου, η οποία είναι το σημείο παρακολούθησης και ελέγχου του συστήματος από τους χειριστές.
- Τα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ), τα οποία είναι οι σταθμοί συλλογής και επεξεργασίας των σημάτων των αισθητηρίων και οργάνων ελέγχου.
- Το δίκτυο Περιφερειακών Μονάδων Ελέγχου, οι οποίες είναι πλήρως προγραμματιζόμενες μονάδες ψηφιακού ελέγχου και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των ΑΚΕ.
- Τα συστήματα επικοινωνιών και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- Τα όργανα λήψεως πληροφοριών (αισθητήρια κ.λπ.) ή εκτέλεσης εντολών (βαλβίδες κ.λπ.) που είναι οι συσκευές που πληροφορούν με τις τιμές ή καταστάσεις των επιτηρούμενων εγκαταστάσεων τις περιφερειακές μονάδες ελέγχου, ή οδηγούνται κατάλληλα από αυτές έτσι ώστε να υλοποιηθούν οι προγραμματισμένες στρατηγικές ελέγχου.

Στη παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε τη βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος BMS.

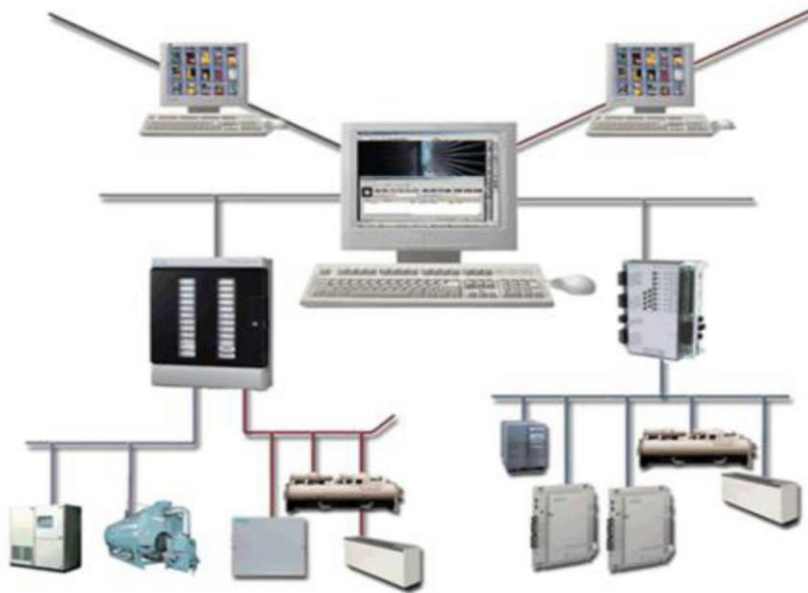


Εικόνα 3.1 Η βασική αρχιτεκτονική ενός BMS⁴.

3.2 Κεντρικός Σταθμός

Η κεντρική μονάδα ελέγχου ή κεντρικός σταθμός ελέγχου (ΚΣΕ), αποτελεί τον εγκέφαλο του BMS και το βασικό κανάλι επικοινωνίας με τους χρήστες του συστήματος. Περιέχει το λογισμικό και όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με τις λειτουργίες της εγκατάστασης. Αποτελείται από ένα κεντρικό προσωπικό υπολογιστή με εγκατεστημένο ειδικό πρόγραμμα παρακολούθησης και ελέγχου, και εκτυπωτή συναγερμών/αναφορών. Επικοινωνεί με κατάλληλη προσαρμοστική διάταξη (κάρτα), με τις περιφερειακές μονάδες ελέγχου μέσω δικτύου EtherNet σε πρωτόκολλο TCP/IP .

Σε σύγκριση με τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου (ΑΚΕ), ο κεντρικός αυτός υπολογιστής, διαθέτει μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ, ισχυρότερη μνήμη και περισσότερο αποθηκευτικό χώρο . Επίσης όπως και κάποια από τα ΑΚΕ έτσι και ο κεντρικός σταθμός έχει τη δυνατότητα επέκτασης μέσω καρτών PCI που συνδέονται στη μητρική κάρτα του υπολογιστή , ενώ έχει οθόνη και πληκτρολόγιο.

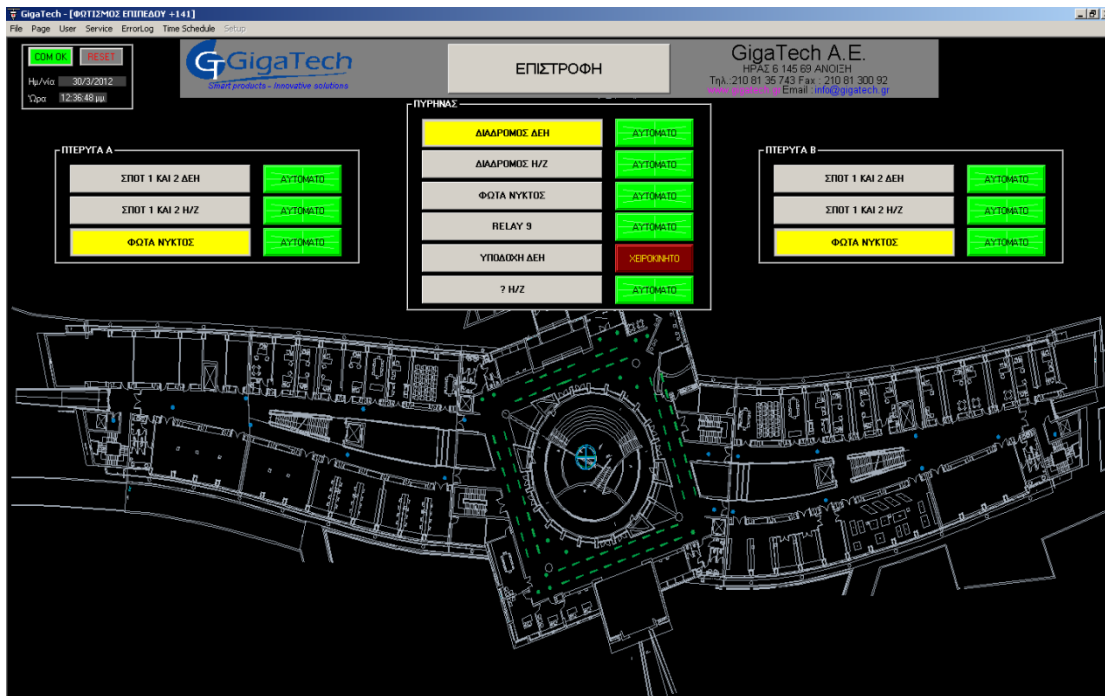


Εικόνα 3.2 Κεντρική μονάδα ελέγχου BMS.

3.2.1 Παρακολούθηση εγκατάστασης

Η παρακολούθηση των εγκαταστάσεων και η εποπτεία των σφαλμάτων γίνεται από το κεντρικό σταθμό του BMS με μια client server εφαρμογή. Η εφαρμογή αυτή είναι το βασικό εργαλείο διαχείρισης της λειτουργίας όλων των αυτοματοποιημένων εγκαταστάσεων του κτιρίου.

Το περιβάλλον λειτουργίας της εφαρμογής είναι πλήρως γραφικό όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες ώστε να είναι φιλικό προς το χρήστη . Με τον τρόπο αυτό η πρόσβαση και λειτουργία των εγκαταστάσεων γίνεται πιο εύκολη μέσω buttons , menus κ.α. . Επίσης η εφαρμογή μπορεί να συνεργάζεται με άλλες εφαρμογές του υπολογιστή όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο , το excel κ.α. ώστε να εξάγουν χρήσιμες πληροφορίες για τη σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων .



Εικόνα 3.3 Επιλογές φωτισμού από το BMS για το επίπεδο 141 του κτιρίου Επιστημών⁵

Η είσοδος στην εφαρμογή γίνεται μέσω κωδικών πρόσβασης που επιτρέπουν στο χρήστη πλήρη ή μερική πρόσβαση στη διαχείριση εγκαταστάσεων. Η είσοδος στην εφαρμογή μπορεί επίσης να γίνει μέσω απομακρυσμένης βοήθειας χρησιμοποιώντας το teamViewer. Τέλος η αρχιτεκτονική του προγράμματος είναι τέτοια ώστε στο μέλλον να μπορεί να αναβαθμιστεί με μικρό κόστος για να υποστηρίξει επιπλέον λειτουργίες των εγκαταστάσεων.

3.2.2 Βασικές λειτουργίες του Κεντρικού Σταθμού Ελέγχου

Οι βασικές λειτουργίες που παράλληλα αποτελούν και προδιαγραφές του συστήματος παρακολούθησης είναι :

1. Γραφική απεικόνιση συνθηκών χώρου. Έλεγχος θερμοκρασίας , υγρασίας, φωτεινότητας κ.α.
2. Γραφική απεικόνιση παραμέτρων λειτουργίας του H/M εξοπλισμού. Διαφορική πίεση , κατάσταση λειτουργίας ON -OFF.
3. Διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών (set points) για κάθε χώρο.
4. Περισυλλογή και επεξεργασία τιμών επιλεγμένων παραμέτρων .
5. Παρακολούθηση και ενημέρωση για καταστάσεις του συστήματος σε επίπεδα τιμών εκτός προκαθορισμένου ορίου(alarm notification).
6. Προγραμματισμός χρονικής λειτουργίας του εξοπλισμού ανάλογα με τα ωράρια και τις ημέρες λειτουργίας του κτιρίου.
7. Εντολές έναρξης και παύσης του εξοπλισμού ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνθήκες με την λιγότερη δυνατή κατανάλωση (optimum heating / cooling start stop).
8. Πρόβλεψη για την αυτόματη και χειροκίνητη λειτουργία όλων των εντολών.
9. Απομακρυσμένη διαχείριση μέσω modem, ISDN, PSTN, Internet.
10. Διαβάθμιση δικαιωμάτων χρήσης.

3.3 Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου

Τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου (ΑΚΕ) που συγκροτούν το όλο σύστημα, είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, αλλά και με την κεντρική μονάδα. Κάθε ΑΚΕ περιέχει ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή και εφεδρική ηλεκτρική παροχή με συσσωρευτές νικελίου - καδμίου (Ni - Cd) ώστε να λειτουργεί ανεξάρτητα από την κεντρική μονάδα. Τα ΑΚΕ επιτηρούν συνεχώς τις λειτουργίες που τους έχουν ανατεθεί και δίνουν αναφορά στον κεντρικό υπολογιστή σχετικά με την κατάσταση των λειτουργιών, όταν ερωτηθούν ή όταν προκύπτει « ανώμαλη » κατάσταση λειτουργίας.

Τα ΑΚΕ συνδέονται απευθείας με τα επιτηρούμενα σημεία ή τα ελεγχόμενα σημεία με τα όργανά τους. Κάθε τέτοιο επιτηρούμενο ή ελεγχόμενο σημείο των εγκαταστάσεων χαρακτηρίζεται από κωδικό αριθμό που δηλώνει τη θέση (επίπεδο, περιοχή) και την εγκατάσταση (κλιματισμός , φωτισμός κ.λπ.). Ο σταθμός έχει την ικανότητα να εκδίδει ανά τακτά χρονικά διαστήματα καταστάσεις λειτουργίας (πρωτόκολλα) των εγκαταστάσεων: ανώμαλες καταστάσεις, λειτουργικά χαρακτηριστικά (εντός, εκτός, στροφές, θερμοκρασία, ισχύς κ.λπ. π.χ. δύο φορές το 24ωρο) στοιχεία καταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας και στατιστικά στοιχεία. Παρέχεται εξίσου η δυνατότητα επέμβασης τοπικά στις εγκαταστάσεις και στο πρόγραμμα ελέγχου μέσω μιας φορητής τερματικής κονσόλας που « βυσματώνει » σε οποιοδήποτε ΑΚΕ από το αρμόδιο προσωπικό συντήρησης.

Από τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι το όλο σύστημα των ΑΚΕ έχει ελευθερία πρωτοβουλιών και μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα χωρίς καμιά κεντρική συσκευή. Υπάρχει όμως η ανάγκη της παραστατικής παρουσίας των εγκαταστάσεων με διαγράμματα γραφικών, καθώς επίσης και η εξ' αποστάσεως αλλαγή ρυθμίσεων, πράγμα για το οποίο είναι υπεύθυνο το κεντρικό σύστημα ελέγχου.

3.4 Περιφερειακές Μονάδες Ελέγχου

Οι περιφερειακές μονάδες ελέγχου αποτελούν τον ενδιάμεσο σταθμό συλλογής πληροφοριών και ελέγχου μεταξύ των αισθητήρων και του κεντρικού σταθμού παρακολούθησης (ΚΣΕ) . Κάθε περιφερειακή μονάδα ελέγχου σχεδιάζεται ώστε να παρακολουθεί τις εγκαταστάσεις χρησιμοποιώντας την τελευταία τεχνολογία άμεσου ψηφιακού ελέγχου (Direct Digital Control), υποστηρίζοντας όλα τα διεθνώς αναγνωρισμένα ανοικτά πρωτόκολλα επικοινωνίας της αγοράς. Οι περιφερειακές μονάδες ελέγχου είναι ελεύθερα προγραμματιζόμενες και υποστηρίζουν ένα ικανό αριθμό εντολών γλώσσας προγραμματισμού (αλγόριθμους PID, event counters, συναρτήσεις υπολογισμού ενθαλπίας, μαθηματικές, λογικές και ημερολογιακές συναρτήσεις, κ.λπ.), ώστε να μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν όσον το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος μηχανημάτων που εγκαθίστανται στο κτίριο. Έχουν την ευχέρεια να είναι πλήρως αυτόνομες και να λειτουργούν ανεξάρτητα με την λειτουργία των υπολοίπων, με τις οποίες όμως πρέπει να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν πληροφορίες.

Η ταυτοποίηση των σημάτων ,που εισέρχονται σε μια τέτοια μονάδα ελέγχου, γίνεται με αλφαριθμητική περιγραφή εύρους ικανών χαρακτήρων, έτσι ώστε η κάθε πληροφορία να είναι εύκολα αναγνωρίσιμη από τον χρήστη. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος η περιφερειακή μονάδα, έχει την ικανότητα να διατηρεί τα αποθηκευμένα στοιχεία της μνήμης της για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για παρατεταμένη διακοπή η περιφερειακή μονάδα ελέγχου έχει ειδική μνήμη Flash Eeprom η οποία κρατά όλες τις πληροφορίες για απεριόριστο χρονικό διάστημα. Επίσης διαθέτουν κατάλληλο τμήμα μνήμης (Buffer) για να αποθηκεύονται διάφορα στοιχεία όπως: Συναγερμοί του συστήματος, καταγραφή ιστορικών δεδομένων μετρούμενων μεγεθών(Point trending) κ.λπ.

Η επικοινωνία με φορητή μονάδα παρακολούθησης, σύνδεση modem ή τερματικό ISDN, ή φορητό υπολογιστή γίνεται με μία σύνδεση τύπου RS232 και μια θύρα τύπου RS485 χρησιμοποιείται για επικοινωνία με το τοπικό δίκτυο των περιφερειακών μονάδων ελέγχου και του σταθμού παρακολούθησης. Το λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου, το οποίο διαθέτουν οι μονάδες ελέγχου, μπορεί να εκτελεί αυτοέλεγχο της περιφερειακής μονάδας και να διαχειρίζεται τα εισερχόμενα σήματα.

Κάθε περιφερειακή μονάδα ελέγχου μπορεί να είναι compact ή modular. Οι περιφερειακές μονάδες τύπου compact διαθέτουν προκαθορισμένο αριθμό σημάτων εισόδων/εξόδων. Οι περιφερειακές μονάδες τύπου modular διαθέτουν ελεύθερα μεταβαλλόμενο αριθμό σημάτων εισόδων/εξόδων αναλόγως της σύνθεσης των εγκατεστημένων σε αυτές καρτών σημάτων. Οι κάρτες σημάτων εισόδων/εξόδων δύναται να βρίσκονται είτε στον ίδιο με την περιφερειακή μονάδα ελέγχου πίνακα, είτε σε διαφορετικό υποπίνακα.

Κάθε περιφερειακή μονάδα ελέγχου θα υποστηρίξει τους παρακάτω τύπους σημάτων εισόδων/εξόδων:

- ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ (AI): 0-20mA , 4-20mA, 0-10VDC.
- ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΞΟΔΟΣ (AO): 0-10VDC.
- ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ (DI): Επαφές ελεύθερης τάσης.
- ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΞΟΔΟΣ (DO): Έξοδοι τύπου ψυχρών επαφών ή τάσης 24VAC.

3.5 Συστήματα Επικοινωνίας και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από την σύγκλιση όλο και περισσότερων μορφών πληροφορίας. Η επανάσταση του internet έχει συμβάλει σημαντικά στην ταχύτητα με την οποία υλοποιείται η σύγκλιση αυτή με αποτέλεσμα πληροφορίες κάθε τύπου (data,voice, video, audio κλπ) να μεταφέρονται σε ενιαία μορφή και μέσο με σκοπό, φυσικά, να λύσει προβλήματα καθημερινής φύσης.

Η πρώτη φάση της επανάστασης στον χώρο των δικτύων ξεκίνησε πριν μια δεκαετία περίπου όταν ο χώρος τες πληροφορικής προχώρησε από την λογική της συγκεντρωτικής επεξεργασίας των mainframes στην ανοικτή και κατακεντρωμένη διασπορά της επεξεργαστικής ισχύος. Ταυτόχρονα, αναπτύχθηκαν και οι τεχνολογίες των πρώτων WAN/LAN.

Η δεύτερη φάση, αυτής της εξέλιξης του internet, βοήθησε τους χρήστες των δικτύων να επικοινωνούν καλύτερα και γρηγορότερα μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και των ιστοσελίδων.

Σήμερα, η τεχνολογία των δικτύων εισέρχεται στην τρίτη φάση της όπου παραδοσιακά απομονωμένες « κυψέλες » πληροφοριών εντάσσονται σε ένα ευρύτατο παγκόσμιο δίκτυο. Τέτοιες « κυψέλες » πληροφοριών είναι τα δίκτυα τηλεφωνίας ή τα δίκτυα αυτομάτου ελέγχου. Η ολοκλήρωση αυτή επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση και να διαχειρίζονται από οποιοδήποτε σημείο του τοπικού ή του ευρύτερου δικτύου τις πληροφορίες τους. Η τρίτη αυτή φάση της τεχνολογικής επανάστασης των δικτύων αντιμετωπίζει την πρόκληση της βελτίωσης της επαφής των ανθρώπων με το περιβάλλον στο οποίο ζουν και εργάζονται.

Η ανάγκη για την τυποποίηση των πρωτοκόλλων δικτυακής επικοινωνίας είναι επιτακτική. Το παρόν και το μέλλον τες τεχνολογίας των δικτύων απαιτεί ανοικτά και τυποποιημένα συστήματα τα οποία αφενός να μην θέτουν περιορισμούς στην έρευνα για την περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών, αφετέρου να επιτρέπουν την ομαλή διασύνδεση και επέκταση των

εγκαταστάσεων με προϊόντα πολλών κατασκευαστών.

Σημείο αναφοράς για την τυποποίηση των δικτυακών πρωτοκόλλων επικοινωνίας είναι το ISO μοντέλο (Open Systems Interconnection Basic Reference Model). Στόχος αυτού του μοντέλου είναι να τοποθετήσει σε διακριτά επίπεδα τις διαφορετικές ενότητες που συνθέτουν την λογική οποιουδήποτε συστήματος επικοινωνίας. Με αυτό τον τρόπο γίνεται δυνατή η επιμέρους τυποποίηση, η σύγκριση δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων, κλπ. Αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας είναι το μοντέλο των επτά επιπέδων (OSI 7 Layers) στο οποίο στηρίζονται όλα τα σύγχρονα πρωτόκολλα ανοικτής επικοινωνίας.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. **Πίνακας 3.1 Μοντέλο επτά επιπέδων (OSI 7 Layers) και περιγραφή τους.**

	OSI Layer	Περιγραφή
7	Application	Λογισμικό εφαρμογής και επεξεργασίας δεδομένων
6	Presentation	Μορφοποίηση περιεχομένων και πακέτων σε ενιαίο πρότυπο.
5	Session	Οδηγίες και επιλογές δρομολογίου.
4	Transport	Έλεγχος αφίξεων – αναχωρήσεων πακέτων.
3	Network	Δρομολόγηση πακέτων.
2	Data Link	Ομαδοποιεί και «συσκευάζει» τα δεδομένα σε πακέτα.
1	Physical	Μεταδίδει τα δεδομένα σε φυσικό μέσο.

3.5.1 Η εξέλιξη των συστημάτων στο χώρο των δικτύων

Στην συνέχεια αναφέρονται, ενδεικτικά, οι εξελίξεις στα ανοιχτά συστήματα σε δύο βασικούς και σχετικούς με το αντικείμενο χώρους:

Στον χώρο της πληροφορικής και των δικτύων Η/Υ έχει πλέον επικρατήσει το πρωτόκολλο TCP / IP το οποίο μέσω του επιπέδου επικοινωνίας Ethernet: (και των παραγώγων Fast Ethernet και Gigabit Ethernet) έχει εξελιχθεί σε μια ισχυρή πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών με μεγάλες απαιτήσεις εύρους ζώνης (Graphics, Multimedia κλπ).

Στον χώρο των δικτύων αυτομάτου ελέγχου κτιρίων, υπάρχει ακόμα μια σχετική πολυφωνία. Η πολυφωνία αυτή είναι χαρακτηριστική του χώρου και οφείλεται κυρίως στην παρουσία των πολλών ετερογενών συστημάτων που συνυπάρχουν σε ένα κτίριο, όπως θέρμανση-κλιματισμός, πυρόσβεση, ασφάλεια, φωτισμός, κλπ.. Η αδιαμφισβήτητη τάση πάντως, είναι η προσπάθεια για την επικράτηση ενός πρωτοκόλλου ανοιχτής αρχιτεκτονικής το οποίο θα είναι συμβατό με όλα τα επιμέρους συστήματα.

Ένα σύστημα BMS απαρτίζεται από διάφορα επιμέρους τμήματα τα οποία πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους ώστε να φέρουν εις πέρας τις διάφορες λειτουργίες αυτοματισμού, για τις οποίες είναι σχεδιασμένα να επιτελούν. Θα πρέπει λοιπόν με, απλά λόγια, όλα αυτά τα διαμορφωμένα συστήματα λειτουργίας να μιλούν την ίδια γλώσσα επικοινωνίας. Είναι εύκολο να καταλάβουμε αυτή τη δυσκολία που υπάρχει στη σύνδεση και συνεργασία των επιμέρους τμημάτων του, μιας και αναφερόμαστε σε διάφορες συσκευές που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και οι οποίες δεν είναι απόλυτα συμβατές μεταξύ τους. Και αυτό γιατί ο προμηθευτής-κατασκευαστής μπορεί να συνεργάζεται με διάφορες εταιρίες του χώρου που του παρέχουν από την πλευρά τους, «

διαφορετικής » κατασκευής προϊόντα.

Για παράδειγμα θα πρέπει οι αισθητήρες, που είναι υπεύθυνοι στο να συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με την θερμοκρασία, την υγρασία, την κίνηση κ.λπ., να συνδεθούν με το τοπικό απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου (AKE), το οποίο όμως μπορεί να είναι κατασκευασμένο από διαφορετική εταιρία παραγωγής, που και αυτό από την μεριά του πρέπει να είναι συμβατό και να μπορεί να επικοινωνεί με το κεντρικό σύστημα ελέγχου.

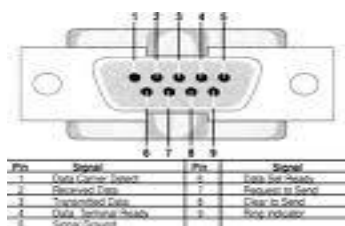
Η σύνδεση αυτή μπορεί να γίνει με την ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού και εφόσον βέβαια οι προμηθευτές του έργου, παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τις συσκευές που μας παρέχουν.

Όπως ακριβώς συμβαίνει και με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές ,οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους με διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας που έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί, το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τα επιμέρους συστήματα ενός συστήματος διαχείρισης κτιρίου ώστε να υπάρχει υπερκάλυψη μεταξύ των διαφόρων συστημάτων και να μην εγκλωβίζεται ο χρήστης-αγοραστής σε ένα μόνο κατασκευαστή.

3.5.2 Αναγνωρισμένα Πρωτόκολλα Χρήσης

Τα πρωτόκολλα που έχουν αναπτυχτεί διεθνώς, και είναι ευρέως γνωστά είναι τα παρακάτω:

- BACNET
- ARCNET
- BitBus
- CAN
- EIBUS
- LonWorks
- PROFIBUS
- FND Standart
- Intelligent Room Bus
- Και αρκετά άλλα στηριζόμενα στα πρότυπα επικοινωνίας RS-232, RS-422, ή RS-485



Εικόνα 3.4 Πρότυπο επικοινωνίας RS-232 και Εικόνα 3.5 Πρότυπο επικοινωνίας RS-435

Η πρόοδος στους μικροϋπολογιστές και οι αυξανόμενες ανάγκες των τελικών χρηστών έχουν οδηγήσει σε προχωρημένα συστήματα ελέγχου με κυριότερα χαρακτηριστικά:

- Κατανεμημένη ευφυΐα χρησιμοποιώντας μικρό-ελεγκτές.
- Λειτουργία σε πραγματικό χρόνο.
- Μνήμη και λογισμικό σε επίπεδο τελικού χρήστη.

Ο κεντρικός έλεγχος περιορίζεται από την αδυναμία επέκτασης του δικτύου. Οι περιορισμοί αυτοί αντιμετωπίζονται με περισσότερο αποκεντρωμένα συστήματα ελέγχου

με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

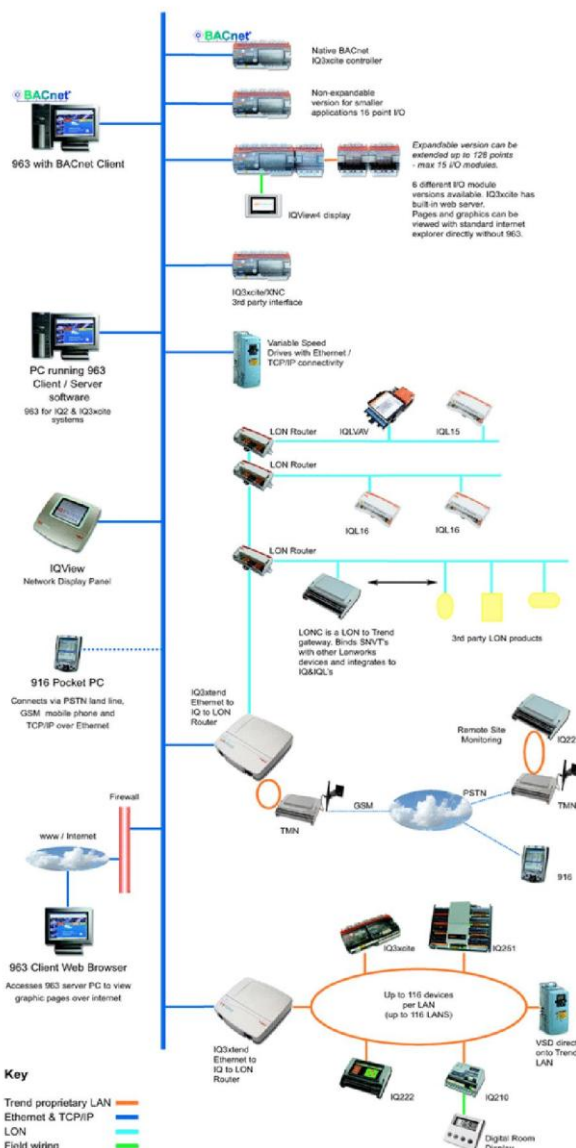
- Ανάμειξη διαφορετικών τηλεπικοινωνιακών μέσων (twisted pair, φερέσυχνα, Ράδιο Συχνότητες, Υπέρυθρες, οπτικές ίνες, ομοαξονικά καλώδια).
- Αποδοτικότερη και πιο αξιόπιστη λειτουργία.
- Ελεύθερη τοπολογία .
- Λογισμικό φιλικό προς το χρήστη και διαθεσιμότητα εργαλείων ανάπτυξης.
- Μονάδες Διασύνδεσης όπως θύρες, γέφυρες, routers και επαναληπτές.

3.5.2.1 BACnet

Το BACnet⁶ είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για τον αυτοματισμό κτιρίων και τα δίκτυα ελέγχου ειδικά σχεδιασμένο για τις ανάγκες του αυτοματισμού κτιρίων και τον έλεγχο του εξοπλισμού.

Το BACnet αναπτύχθηκε από μια επιτροπή που διαμορφώθηκε από την Αμερικάνικη Επιτροπή Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE). Ο κύριος στόχος της επιτροπής ήταν να δημιουργήσει ένα πρωτόκολλο που θα επέτρεπε σε κτιριακά συστήματα από διαφορετικούς κατασκευαστές να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν με έναν αρμονικό τρόπο.

Για να επιτύχει τη διαλειτουργικότητα ενός ευρέος φάσματος του εξοπλισμού, η προδιαγραφή BACnet αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος περιγράφει μια μέθοδο απεικόνισης για οποιουδήποτε τύπου εξοπλισμό αυτοματισμού κτιρίου με έναν τυποποιημένο τρόπο. Το δεύτερο μέρος καθορίζει τα μηνύματα που μπορούν να σταλούν μέσω ενός δικτύου υπολογιστών για να επιτηρήσουν και να ελέγξουν τέτοιο εξοπλισμό. Και το τρίτο μέρος καθορίζει ένα σύνολο αποδεκτών LANs που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις επικοινωνίες BACnet.



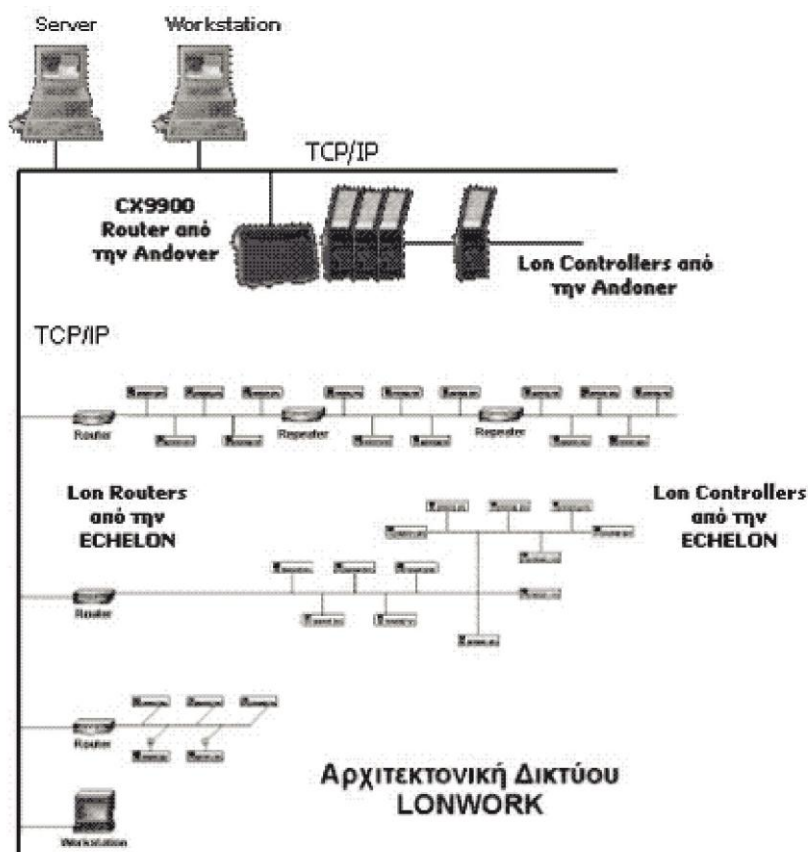
Εικόνα 3.6 Αρχιτεκτονική δικτύου BacNet

3.5.2.2 Echelon LonWorks

Το LonWorks⁷ είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε για καταναμημένα δίκτυα ελέγχου όπου διάφορα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο καλώδιο για τη μετάδοση σημάτων. Η τεχνολογία αναπτύσσεται από την εταιρία Echelon Corporation. Η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει πολλές από τις λειτουργίες σε κτίρια και βιομηχανίες. Σε ένα ευφυές σπίτι ο έλεγχος της θέρμανσης, του εξαερισμού, ο έλεγχος πρόσβασης και ο φωτισμός είναι λίγο πολύ αυτοματοποιημένα. Αυτές οι λειτουργίες απαιτούν συνήθως χωριστά καλώδια για την τροφοδοσία και τη σηματοδότηση. Ένα πρόσθετο πρόβλημα είναι τα πολλά διαφορετικά πρότυπα που χρησιμοποιούνται. Με τη χρησιμοποίηση του LonWorks όλες οι λειτουργίες μπορούν να διαβιβάσουν τα σήματα και να τροφοδοτηθούν από το ίδιο καλώδιο και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιηθεί η υπάρχουσα γραμμή τροφοδοσίας. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του LonWorks είναι ότι διαφορετικά συστήματα μπορούν να επικοινωνήσουν, να ανταλλάξουν πληροφορίες και να αλληλεπιδράσουν με έναν τυποποιημένο τρόπο. Το αποτέλεσμα είναι ένα αποδοτικότερο και πιο εύκολο στη χρήση σύστημα.

Neurons

Το βασικό κομμάτι ενός προϊόντος LonWorks είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα αποκαλούμενο Neuron. Ένα Neuron chip χειρίζεται και το δίκτυο (μετάδοση σημάτων) και την λειτουργία I/O (εισόδου/εξόδου) μέσω ενός λειτουργικού συστήματος. Το μόνο πράγμα που απαιτείται μεταξύ του Neuron chip και του φυσικού δικτύου είναι ένας πομποδέκτης (transceiver). Κάθε μονάδα που περιέχει ένα Neuron chip, ένα πομποδέκτη και μονάδα I/O καλείται κόμβος. Το δίκτυο αποτελείται από κόμβους που επηρεάζουν το περιβάλλον τους. Οι κόμβοι μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με πλήθος διαφορετικών μέσων με τη χρήση ενός κοινού πρωτοκόλλου μηνυμάτων (LonTalk).



Εικόνα 3.7 Αρχιτεκτονική δικτύου LONWORK

Επεκτασιμότητα

Στην πράξη δεν υπάρχει κανένα όριο στον αριθμό σημείων ελέγχου (κόμβοι) στο δίκτυο. Πρόσθετες λειτουργίες μπορούν εύκολα να προστεθούν αργότερα χωρίς τροποποιήσεις στο υπάρχον σύστημα. Η δομή του δικτύου αποθηκεύεται στον κόμβο και στη βάση δεδομένων του συστήματος. Ο επανασχηματισμός δεν απαιτεί οποιαδήποτε αλλαγή στα υπάρχοντα καλώδια ή τα εγκατεστημένα προϊόντα. Όλα μπορούν να γίνουν με ένα PC. Το LonWorks χρησιμοποιεί ένα κοινό εργαλείο πρωτοκόλλου και εγκατάστασης για τις διάφορες εφαρμογές. Αυτό καθιστά εφικτό τον εύκολο συνδυασμό λειτουργιών και διεπικοινωνιών για διαφορετικά υποσυστήματα σε ένα κτίριο.

Αξιοπιστή Λειτουργία

Το LonWorks είναι πλήρως καταναμημένο και δεν χρειάζεται κανένα κεντρικό ελεγκτή. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας κάποιων μονάδων το υπόλοιπο σύστημα θα συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά. Το πρωτόκολλο LonTalk φτιάχτηκε για τη μέγιστη αξιοπιστία σε διάφορες λειτουργίες όπως επιβεβαίωση μηνύματος, ανίχνευση λάθους, επαναμετάδοση,

προτεραιότητες, προσδιορισμός αποστολέα κ.λπ.

LonTalk

Η καρδιά της τεχνολογίας LonWorks είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας LonTalk. Αυτό το πρωτόκολλο σχεδιάστηκε ειδικά για δίκτυα συστημάτων ελέγχου και καθορίζει τις ισότιμες (peer-to-peer) επικοινωνίες μεταξύ των συσκευών. Το πρωτόκολλο είναι βασισμένο σε έναν ενισχυμένο CSMA (Carrier Sense Media Access) αλγόριθμο πρόσβασης στο δίκτυο, ο οποίος προβλέπει ένα σχέδιο αποφυγής σύγκρουσης. Τα αποτελέσματα είναι η συνεπής απόδοση του δικτύου, χωρίς υποβάθμιση λόγω αυξημένης κυκλοφορίας στο δίκτυο. Τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου είναι:

- Εφαρμόζεται στο Neuron chip.
- Ακολουθεί το πρότυπο αναφοράς 7- Layer OSI (Open Systems Interconnection model).
- Είναι βελτιστοποιημένο για τα δίκτυα ελέγχου.
- Υποστηρίζει σύντομα μηνύματα.
- Είναι ανεξάρτητο του μέσου.
- Εξασφαλίζει κόμβους χαμηλότερου κόστους.
- Παρέχει υψηλή αξιοπιστία.

3.5.2.3 Instabus

Η European Installation **Bus** (EIB) Association ιδρύεται το 1990 από 15 εταιρίες, και τώρα είναι μια ένωση σχεδόν 100 εταιριών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που έχουν συνενωθεί για το σκοπό της προώθησης στην αγορά κοινών προτύπων για τις εγκαταστάσεις διαύλων.

Ο στόχος τους για ένα ομοιόμορφο σύστημα διαχείρισης κτηρίων σε όλη την Ευρώπη επιτυγχάνεται :

- Καθορίζοντας τις τεχνικές οδηγίες για τα συστήματα και τα προϊόντα.
- Επινεώνοντας τους ποιοτικούς κανόνες.
- Καθορίζοντας τις διαδικασίες δοκιμής.
- Καθιστώντας την τεχνογνωσία των συστημάτων διαθέσιμη στα μέλη, τα υποκαταστήματα και τους κατόχους άδειας.
- Δεσμεύοντας τα ινστιτούτα δοκιμών να εκτελούν τις ποιοτικές επιθεωρήσεις.
- Χορηγώντας σε τρίτους που περνούν τις δοκιμές τη χρήση του σήματος "EIB".
- Συμμετέχοντας ενεργά στην τυποποίηση.

Χρήση

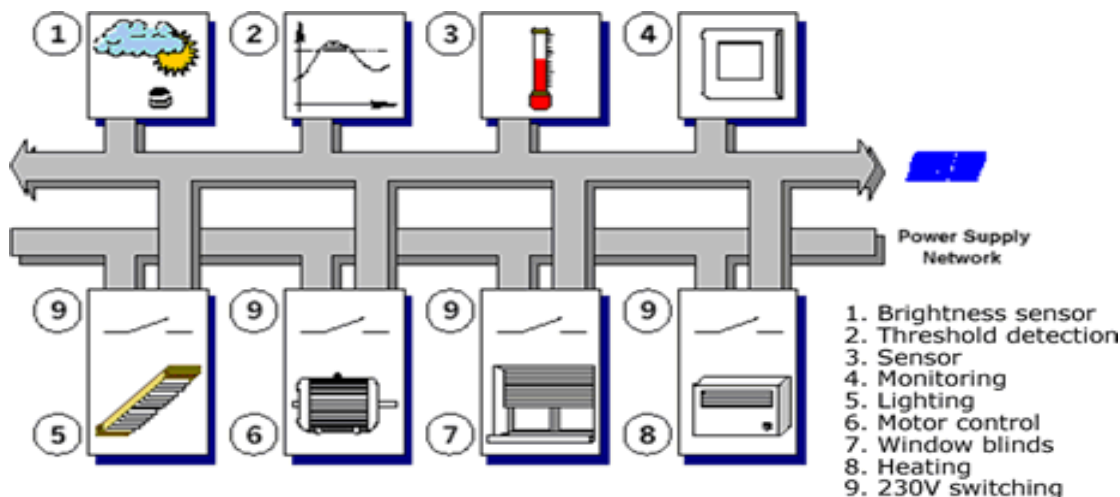
Η εγκατάσταση διαύλου EIB είναι ιδανική για οποιοδήποτε κτίριο, είτε πρόκειται για ένα συγκρότημα γραφείων, ξενοδοχείο, σχολείο ή αυτόνομο σπίτι. Έχει βρει εμπορική επιτυχία στην ηπειρωτική Ευρώπη, ιδιαίτερα στη Γερμανία όπου έχει σημειωθεί ένας αριθμός περίπου 10 με 15 χιλιάδες εγκαταστάσεων (2001).

Η γραμμή του διαύλου

Η εγκατάσταση διαύλου EIB είναι ένα συνεστραμμένο ζεύγος που είναι τοποθετημένο παράλληλα στο κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος . Η γραμμή του διαύλου διασυνδέει όλους τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές (ή επενεργητές) μιας εγκατάστασης. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι συσκευές εντολής όπως οι διακόπτες και τα πλήκτρα. Άλλοι τύποι αισθητήρων περιλαμβάνουν τους αισθητήρες θερμοκρασίας,

αισθητήρες φωτεινότητας κ.λπ. Οι ενεργοποιητές (ή επενεργητές) είναι δέκτες εντολής όπως πηγές φωτισμού, θέρμανση, άνοιγμα πορτών κ.λπ.

Σε κάθε γραμμή διαύλου μπορούν να λειτουργήσουν μέχρι 64 συσκευές. Μέχρι 12 τέτοιες γραμμές μπορούν να ενωθούν μαζί σε έναν συζευκτήρα γραμμών για να διαμορφώσουν μια περιοχή διαύλου. Μέχρι 15 τέτοιες περιοχές διαύλου μπορούν στη συνέχεια να συνδεθούν με τη βοήθεια ενός συζευκτήρα περιοχής.



Εικόνα 3.8 Διάγραμμα Επικοινωνιών για το πρωτόκολλο EIBUS.

Τοπολογία

Η τοπολογία της εγκατάστασης μπορεί να καθορίσει ελεύθερα το δίαυλο EIB. Η καλωδίωση μπορεί να εφαρμοστεί παράλληλα με την παροχή κεντρικών αγωγών σε ένα σχηματισμό γραμμής, αστερά ή δέντρου.

Ο Δίαυλος EIB είναι ένας συνεστραμμένος αγωγός σε παράλληλο κανάλι με τις εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων. Διασυνδέει όλους τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές με ένα κανάλι. Οι ενεργοποιητές (actuators) λαμβάνουν εντολές όπως τα φωτιστικά, τα σκίαστρα, η θέρμανση και τα ανοίγματα. Οι εντολές λαμβάνονται με βάση τα σήματα των αισθητήρων. Σε κάθε δίαυλο μπορούμε να εγκαταστήσουμε έως και 64 συσκευές. Μέχρι 12 τέτοιες γραμμές μπορούν να συνεργαστούν με έναν Line Coupler για να δημιουργήσουν ένα ζυγό. Μέχρι 15 τέτοιες περιοχές μπορούν με τη σειρά τους να συνδεθούν με σύνδεσμο περιοχής.

Μετάδοση

Η επικοινωνία μεταξύ ενός αισθητήρα (π.χ. φωτοκύτταρου) κι ενός ενεργοποιητή (π.χ. λάμπα), μπορεί να πραγματοποιηθεί με φυσική διεύθυνση για τον αισθητήρα ο οποίος με τη σειρά του υλοποιεί ομαδική διευθυνσιοδότηση.

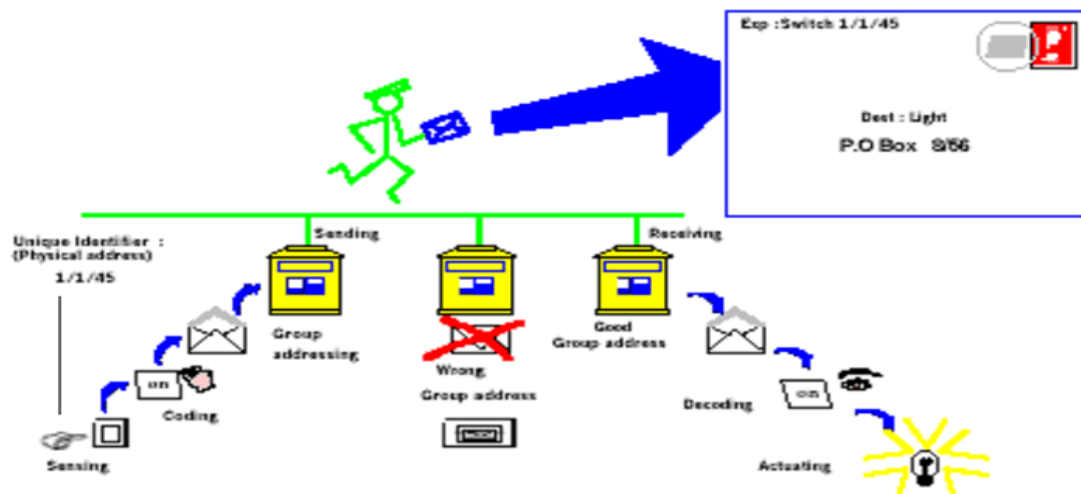
Η ομαδική διευθυνσιοδότηση βασίζεται στην ανταλλαγή δεδομένων με κοινούς κανόνες μεταξύ των αντικειμένων που επικοινωνούν. Το μήνυμα μεταφέρεται προς μία ομαδική διεύθυνση. Ένα σημείο επικοινωνίας μπορεί να είναι «συνδρομητής» σε περισσότερα της μίας ομαδικής διεύθυνσης. Επομένως όλοι οι συνδρομητές της σωστής ομάδας (λάμπες) θα λάβουν το μήνυμα από τον συγκεκριμένο αισθητήρα.

Οι συσκευές στο δίαυλο επικοινωνούν με ρυθμό 9600 bits ανά δευτερόλεπτο. Οι πληροφορίες που μεταδίδονται στο δίαυλο περιγράφονται ως τηλεγραφήματα. Κάθε τηλεγράφημα υποδιαιρείται στους ακόλουθους τομείς:

- Πεδίο ελέγχου

- Πεδίο διεύθυνσης
- Πεδίο δεδομένων
- Πεδίο επαλήθευσης

Τα δεδομένα στα πεδία ελέγχου και επαλήθευσης εξασφαλίζουν την χωρίς λάθη επικοινωνία. Τα δεδομένα στο πεδίο διεύθυνσης διευκρινίζουν σε ποια περιοχή, σε ποια γραμμή διαύλου, και σε ποια συσκευή απευθύνεται το τηλεγράφημα. Προκειμένου να εξασφαλιστεί τακτική επικοινωνία στο δίαυλο έχει υιοθετηθεί ένας μηχανισμός διαιτησίας που επιτρέπει σε μια μόνο συσκευή να επικοινωνεί στο δίαυλο σε κάθε χρονική στιγμή.



Εικόνα 3.9 Μετάδοση Δεδομένων για το πρωτόκολλο EIBUS

3.5.2.4 FND

Το FND standart, το οποίο δημιουργήθηκε στην Γερμανία, επιχορηγείται από την γερμανική κυβέρνηση και προωθείται από τις γερμανικές δημόσιες υπηρεσίες οι οποίες κατέχουν το 50% των μεγάλων κτιρίων στη Γερμανία. Το FND δεν έχει όμως υιοθετηθεί από χώρες εκτός της Γερμανίας και της Ελβετίας.

3.5.2.5 Profibus⁸

Το PROFIBUS είναι το κύριο ανοικτό σύστημα fieldbus στην Ευρώπη και απολαμβάνει παγκόσμια αποδοχή. Η εφαρμογή περιλαμβάνει τους τομείς της κατασκευής και αυτοματοποίησης κτιρίων. Το PROFIBUS είναι ένα διεθνές, ανοικτό fieldbus πρότυπο που τυποποιήθηκε στο ευρωπαϊκό EN 50 170 fieldbus πρότυπο. Αυτό παρέχει τη βέλτιστη προστασία των προμηθευτών και χρηστών.

Σήμερα, όλοι οι κύριοι κατασκευαστές της τεχνολογίας αυτοματοποίησης προσφέρουν διεπικοινωνίες PROFIBUS για τις συσκευές τους. Η ποικιλία των προϊόντων περιλαμβάνει περισσότερες από 1.500 διαφορετικές συσκευές και υπηρεσίες, περίπου 400 εκ των οποίων είναι επικυρωμένες συσκευές, εξασφαλίζοντας εύκολη λειτουργία ακόμη και σε δίκτυα πολλαπλών προμηθευτών. Το PROFIBUS έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πάνω από 200.000 πραγματικές εφαρμογές σε όλο τον κόσμο και περισσότερες από 2.000.000 συσκευές έχουν εγκατασταθεί.

Η τεχνολογία PROFIBUS αναπτύσσεται και διαχειρίζεται από την οργάνωση χρηστών PROFIBUS User Organization. Η ιδιότητα μέλους σε αυτήν την οργάνωση προσφέρει αυξημένες πληροφορίες και ανταγωνιστικότητα στην αγορά. Στα μέλη περιλαμβάνονται κατασκευαστές, χρήστες και ερευνητικά ιδρύματα. Οι περιφερειακές ομάδες χρηστών σε 20 σημαντικές βιομηχανικές χώρες προσφέρουν υποστήριξη μητρικής γλώσσας σε όλο τον

κόσμο. Όλες οι περιφερειακές ομάδες χρηστών είναι ενωμένες κάτω από την οργάνωση-ομπρέλα PROFIBUS International (PI) που, με περισσότερα από 750 μέλη, είναι η μεγαλύτερη οργάνωση fieldbus στον κόσμο.

Βασικές Ιδιότητες

Το PROFIBUS καθορίζει τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός σειριακού fieldbus που διασυνδέει τις κατανεμημένες ψηφιακές συσκευές από χαμηλό (επίπεδο αισθητήρα / ενεργοποιητή) μέχρι το μεσαίο (επίπεδο κυττάρων) επίπεδο απόδοσης. Το σύστημα περιέχει master και slave συσκευές.

Μια master συσκευή είναι σε θέση να ελέγξει το δίαυλο, π.χ. μπορεί να μεταφέρει μηνύματα χωρίς μακρινό αίτημα όταν έχει δικαίωμα πρόσβασης στο δίαυλο. Οι master συσκευές καλούνται ενεργοί σταθμοί στο πρωτόκολλο PROFIBUS. Χαρακτηριστικές master συσκευές είναι τα PLC (Programmable Logic Controller), CNC (Compare Numerical Controller) και ελεγκτές κυττάρων.

Οι slave συσκευές είναι απλές απομακρυσμένες συσκευές. Χαρακτηριστικές slave συσκευές είναι οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές (ή επενεργητές) και συσκευές αποστολής σημάτων. Δεν έχουν κανένα δικαίωμα πρόσβασης στους διαύλους, π.χ. μπορούν μόνο να αναγνωρίσουν τα λαμβανόμενα μηνύματα, ή κατά απαίτηση μιας master συσκευής, να μεταδώσουν μηνύματα σε αυτή τη συσκευή. Οι slave συσκευές καλούνται επίσης ως παθητικοί σταθμοί στο πρωτόκολλο PROFIBUS. Οι slave συσκευές χρειάζονται μόνο ένα μικρό μέρος του πρωτοκόλλου και επομένως το πρωτόκολλο είναι ιδιαίτερα απλό να εφαρμοστεί.

Εύκολη Συντήρηση

Λόγω του ότι το PROFIBUS μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το επίπεδο τομέων μέχρι το επίπεδο κυττάρων με ομοιόμορφο πρωτόκολλο και τεχνικές μετάδοσης, το κόστος για την εγκατάσταση, συντήρηση και κατάρτιση ελαχιστοποιούνται.

3.5.2.6 Intelligent Room Bus

Το Intelligent Room Bus ή R-bus, ένα μικρό σύστημα, που αναπτύχθηκε από την Honeywell με μέγιστη διαδρομή καλωδίου 200m. Χρησιμοποιεί καλώδια διατομής 3 x 1,5 mm² μπορεί να στέλνει και να δέχεται σήματα από ενεργοποιητές και αισθητήρες. Περισσότερες πληροφορίες για το intelligent room bus μπορείτε να βρείτε στο link : <http://honeywell.com>.

3.5.2.7 CANbus

Το πρωτόκολλο CAN⁹ αναπτύχθηκε στην Ευρώπη το 1988 από την Intel και τη Bosch. Αρχικά στόχευαν στη χρήση σε αυτοκίνητα αλλά αποδείχτηκε επίσης πολύ καλό για χρήση σε βιομηχανικά συστήματα ελέγχου μηχανών πραγματικού χρόνου. Μέσω της επιτυχούς χρήσης του πρωτοκόλλου CAN στα αυτοκίνητα και σε βιομηχανικές εφαρμογές όπως οι συσκευές ελέγχου, αισθητήρες και ενεργοποιητές (ή επενεργητές), το CAN καθιερώθηκε στις ΗΠΑ και σε άλλα μέρη του κόσμου. Είναι διεθνώς τυποποιημένο κάτω από το πρότυπο ISO 11898. Μεταξύ των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του είναι:

- Γρήγορη μεταφορά δεδομένων 1 MB/s εάν το μήκος διαύλου είναι λιγότερο από 40 μέτρα.
- Τα μηνύματα έχουν έναν προβλέψιμο μέγιστο χρόνο απόκρισης. Ένα μήνυμα ώθησης χωρίς δεδομένα και με την πιο υψηλή προτεραιότητα μπορεί να έχει έναν

μέγιστο χρόνο απόκρισης 54 μ s στο δίαυλο εάν χρησιμοποιείται ρυθμός μεταφοράς 1 MB/s.

- Τα μηνύματα μπορεί να σταλούν από σημείο σε σημείο ή να είναι ευρείας ή πολλαπλής διανομής.
- Υποστηρίζονται απομακρυσμένα μηνύματα. Μια Λειτουργική Μονάδα μπορεί πάντα να προετοιμαστεί για να διαβιβάσει αμέσως τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα κατόπιν αιτήσεως από οποιαδήποτε άλλη μονάδα.
- 2032 (Standard CAN) ή 536.870.912 (Extended CAN) διαφορετικά μηνύματα είναι διαθέσιμα, κάθε ένα από τα οποία περιέχει 0 - 8 bytes δεδομένων.
- Ισχυρή ανίχνευση και χειρισμός σφάλματος. Εάν υπάρχει ένα αλλοιωμένο μήνυμα σε 1000 μεταδόσεις η συνολική πιθανότητα σφάλματος στα υπόλοιπα μηνύματα ανέρχεται σε 8.5×10^{-14} .
- Προγραμματίσιμος ρυθμός μεταφοράς.
- Προγραμματίσιμη διαμόρφωση οδηγών εξόδου.
- Χαμηλού κόστους CAN ελεγκτές και μικροτσίπ με ενσωματωμένους CAN ελεγκτές είναι εμπορικά διαθέσιμα από τις εταιρίες Intel, Motorola, Philips, Siemens, NEC και National.

Επισκόπηση

Τα δίκτυα CAN μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενσωματωμένο σύστημα επικοινωνιών για μικροελεγκτές καθώς επίσης και ως ανοικτό σύστημα επικοινωνιών για ευφυείς συσκευές.

Το σειριακό σύστημα διαύλου CAN, αρχικά αναπτυγμένο για χρήση στα αυτοκίνητα, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στη βιομηχανία καθώς επίσης και στην αυτοματοποίηση κτιρίων και σε ιατρικούς εξοπλισμούς .

Απόδοση

Τοπολογία: Διαμόρφωση με μόνο μια λογική γραμμή διαύλου.

Μέσο μετάδοσης: Καλυμμένο χάλκινο καλώδιο, καθώς επίσης και οπτικές ίνες.

Μήκος διαύλου: Από 40 μέτρα για 1 Mbps ως 500 μέτρα για 125 Kbps.

Ρυθμός μετάδοσης: Από 10 Kbps έως 1 Mbps.

Ποσότητα δεδομένων: 0 έως 8 bytes ανά μήνυμα.

Αριθμός προσδιοριστικών: μέχρι 2032 .

Μήκος μηνυμάτων: μέχρι 130 bits.

Πλεονεκτήματα

Υψηλή αξιοπιστία, αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης δικτύων και της διαθέσιμης ενέργειας στο δίκτυο.

Μειονεκτήματα

Περιορισμένη αποδοχή εκτός Ευρώπης. Το πρωτόκολλο είναι αρκετά περίπλοκο ως προς την ανάπτυξή του.

3.5.2.8 BitBus

Το BitBus¹⁰ είναι ένα fieldbus που χρησιμοποιείται για να διασυνδέσει αυτόνομες μονάδες ελέγχου, τερματικά κ.λπ. Ταιριάζει ιδιαίτερα στα μεσαίου μεγέθους τηλεγραφήματα ανταλλαγής δεδομένων (10..250 bytes) ακόμη και για μεγάλες αποστάσεις (αρκετά χιλιόμετρα).

Το BitBus είναι βασισμένο σε δύο πρότυπα:

- Το RS485, ως ηλεκτρική προδιαγραφή για την αξιόπιστη επικοινωνία.
- Το SDLC, ως πρωτόκολλο λογισμικού για συμπαγή, σύγχρονη μεταφορά μηνυμάτων.

Υψηλής ταχύτητας δικτυωμένο I/O (δίαυλοι αισθητήρα-ενεργοποιητή) είναι απαραίτητο για λυθεί ένα πρόβλημα με τους συμβατικούς προγραμματίσιμους ελεγκτές (PLC/SPS). Με τη χρησιμοποίηση πραγματικών γλωσσών προγραμματισμού, είναι πολύ απλούστερο - και πολύ ασφαλέστερο - να απομονώσει κανείς το πρόβλημα και να βάλει τη λύση του εκεί όπου το πρόβλημα είναι, π.χ. να βάλει το ρυθμιστή κοντά στη μονάδα που πρέπει να ελεγχθεί. Το BitBus είναι βελτιστοποιημένο για κατακεντρωμένο έλεγχο και ο πυρήνας mCAT υποστηρίζει αυτήν την ιδέα με την αφιέρωσή του στη διάβαση μηνυμάτων.

Χαρακτηριστικά

- Το BitBus μπορεί να καλύψει μεγάλες περιοχές: 1.2km με ρυθμό μετάδοσης 62.5 kBit/s.
- Το BitBus μπορεί να χρησιμοποιήσει επαναλήπτες για να πολλαπλασιάσει τα μήκη των καλωδίων.
- Το BitBus χρησιμοποιεί το SDLC, ένα πρωτόκολλο βασισμένο στην ανταλλαγή μηνυμάτων με αυτόματη ανίχνευση λάθους. Τυποποιημένοι σειριακοί ελεγκτές, όπως ο 85C30, πραγματοποιούν το χειρισμό του πρωτοκόλλου SDLC στο υλικό ενώ τα βασισμένα σε ανταλλαγή χαρακτήρων πρωτόκολλα (απλή ασύγχρονη μετάδοση) είναι "επιφαλής σε οποιαδήποτε ταχύτητα". Το BitBus χρησιμοποιεί ένα ενιαίο στριμμένο ζευγάρι συν τη γείωση για μέσο μετάδοσης. Το πρότυπο RS485 αναγνωρίζεται ευρέως για την απουσία θορύβου του.
- Το BitBus χρησιμοποιεί κωδικοποίηση NRZI : το ρολόι διαβιβάζεται με τα δεδομένα και μια πολικότητα δεν χρειάζεται να υπακούει στο ζευγάρι καλωδίων του BitBus. Ένας ελαττωματικός σταθμός ή ένας σταθμός χωρίς ενέργεια δεν μπλοκάρει το δίαυλο.

Μειονεκτήματα

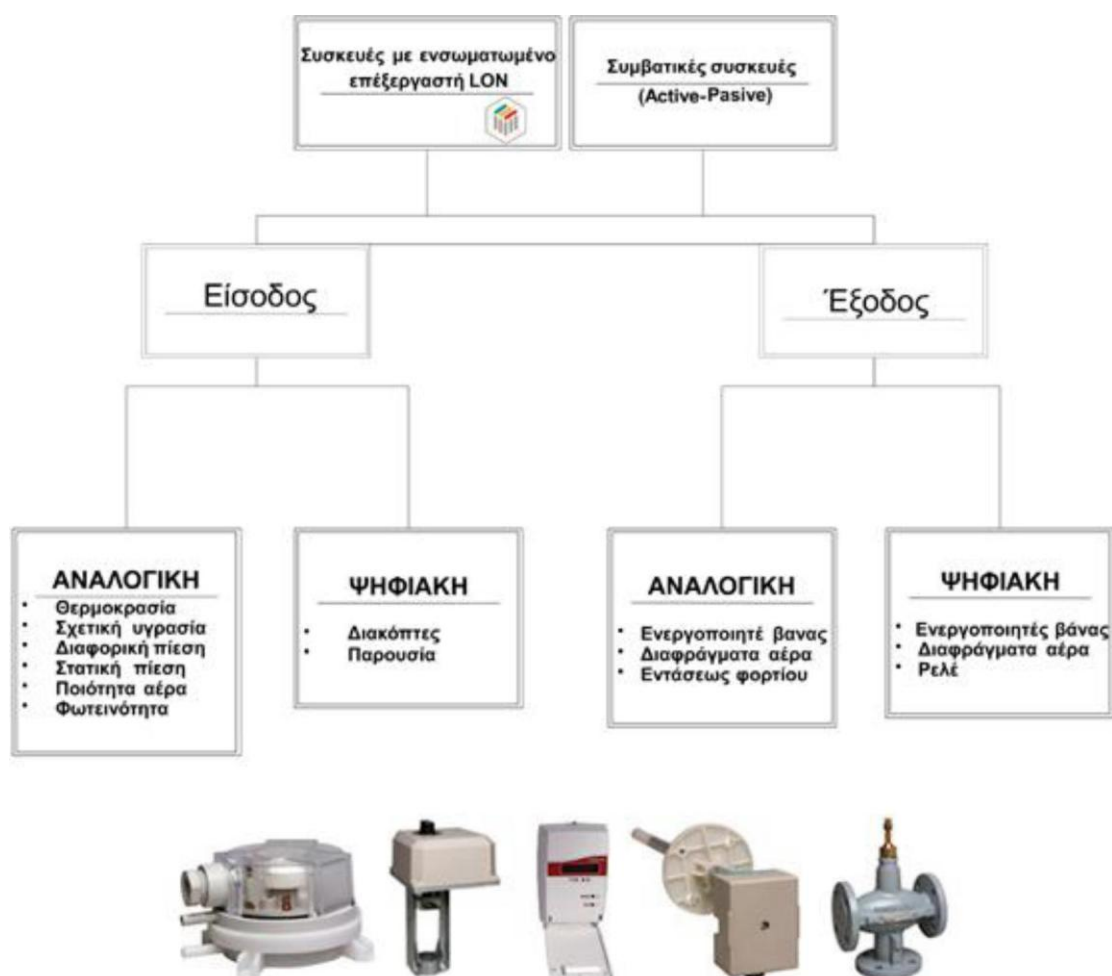
Το BitBus δεν εφαρμόζεται καλά ως δίαυλος I/O, π.χ. για να συνδεθούν απλοί αισθητήρες ή βαλβίδες.

3.6 Αισθητήρες

Οι συσκευές εισόδου-εξόδου μεταφέρουν πληροφορίες από και προς ένα δίκτυο αυτόματου ελέγχου. Στην περίπτωση δικτύων LONWORKS η επικοινωνία γίνεται με δύο τρόπους¹¹:

- Με σύνδεση σε μια θύρα εισόδου ή εξόδου ενός ελεγκτή ο οποίος φέρει επεξεργαστή Neuron.

- Απευθείας στο δίκτυο όταν η συσκευή φέρει τον ίδιο επεξεργαστή Neuron έχοντας έτσι την δυνατότητα να μετατρέψει την πληροφορία σε μεταβλητή «αναγνωρίσιμη» από το δίκτυο.



Εικόνα 3.10 Συσκευές εισόδου-εξόδου

Η τάση λειτουργίας των συσκευών είναι 24V DC, AC ή 230 VAC και παρέχεται από ειδικά τροφοδοτικά και μετασχηματιστές πίνακα ή την τάση τροφοδοσίας του δικτύου. Ακολουθεί μια αναλυτική αναφορά στα χαρακτηριστικά των συσκευών εισόδου-εξόδου καθώς και στα μεγέθη τα οποία ελέγχουν.

3.6.1 Συσκευές Εισόδου

Οι συσκευές εισόδου μεταφέρουν στο δίκτυο τις τρέχουσες ή τις επιθυμητές συνθήκες της ελεγχόμενης περιοχής. Το είδος της πληροφορίας που μεταφέρεται είναι αναλογικό ή ψηφιακό (δυαδικό). Με αυτή την διάκριση γίνεται η περαιτέρω κατηγοριοποίηση των συσκευών εισόδου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές από τις συσκευές εισόδου διαθέτουν χειριστήρια για την αποστολή στο δίκτυο των επιθυμητών συνθηκών (setpoints) καθώς και ενδείξεις με μηνύματα από το δίκτυο (alarms).

Αναλογικές πληροφορίες

Οι μεταβολές κατάστασης στα φυσικά μεγέθη που επικρατούν στις ελεγχόμενες περιοχές επηρεάζουν αναλογικά τις παραμέτρους των ηλεκτρικών μικροκυκλωμάτων που περιέχονται στις συσκευές εισόδου. Η μέτρηση των μεγεθών αυτών γίνεται κατόπιν αντιστοίχιας (γραμμικής ή άλλες) των μεταβολών που προκαλούν στις επόμενες

παραμέτρους:

Ωμικής αντίστασης K Ohm.

Τάσης 0-10 volt.

Έντασης ρεύματος 4-20 mA.

Τα κυριότερα μεγέθη καθώς και οι βασικές προδιαγραφές για την μέτρηση τους περιγράφονται συνοπτικά στην συνέχεια:

Θερμοκρασία. Αποτελεί την βασικότερη παράμετρο ελέγχου για τα συστήματα HVAC. Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται για τον αέρα και τα υγρά ή αέρια μέσα που κυκλοφορούν στις περιοχές ελέγχου. Το εύρος μέτρησες καθώς και οι ελάχιστες απαιτήσεις ελέγχου αναφέρονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 3.2 Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας.

Μέσο	Εύρος Μέτρησης C	Ακρίβεια Μέτρησης
Αέρας	-10 - +40	+/-0.5
Αέριο	+30 - +850	+/-3
Ψυχρό νερό	-10 - +30	+/-0.25
Νερό	-10 - +150	+/-0.5

Οι συνηθέστεροι τύποι αισθητηρίων ανάλογα με την εφαρμογή είναι:

Σχετική υγρασία. Μετράται μόνη της ή (στις περισσότερες περιπτώσεις) σε συνδυασμό με την θερμοκρασία. Οι βασικοί τύποι καθώς και οι απαιτήσεις ακρίβειας αναφέρονται στον επόμενο πίνακα:

- Επίτοιχοι - εντοιχισμένοι εσωτερικού χώρου.



Εικόνα 3.11 Απλός ψηφιακός επίτοιχος θερμοστάτης χώρου

- Επίτοιχοι εξωτερικού χώρου.



Εικόνα 3.12 Αισθητήριο εξωτερικού χώρου μέτρησης φωτεινότητας

- Εμβάπτισης.



Εικόνα 3.13 Αδιάβροχο θερμομέτρο υπερύθρων με αισθητήρα εμβάπτισεως

- Επαφής αγωγού.



Εικόνα 3.14 Αισθητήριο επαφής Ni 1000 στους 0 C για τους ελεγκτές θέρμανσης /κλιματισμού , με κλίμακα μέτρησης 0-30...130 C,IP42

- Μέσης τιμής για αεραγωγούς.



Εικόνα 3.15 Ανεμόμετρο έλικας με ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα.

Πίνακας 3.3 Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας.

Τύπος	Εύρος Μέτρησης C	Ακρίβεια Μέτρησης
Επίτοιχος εντοιχισμένος εσωτερικού χώρου	-10 - 90%RH	+5%
Επίτοιχος εξωτερικού χώρου	-40 - +60%RH	+3%
Αεραγωγού		+2%

Διαφορική πίεση. Οι μετρήσεις αφορούν στην διαφορική πίεση μεταξύ 2 σημείων ενός αεραγωγού ή αγωγού ψυκτικού μέσου , μέγεθος απαραίτητο για τον έλεγχο της ροής των ρευστών.

Πίνακας 3.4 Αισθητήρες μέτρησης Διαφορικής πίεσης.

Τύπος	Εύρος Μέτρησης C	Ακρίβεια Μέτρησης
Αέρα χώρου - αεραγωγού	0-7500Kpa	+/-1% FS
Αερίων και υγρών μέσων	0-5000Kpa	+/-1.3% FS

Στατική πίεση. Αφορά στη μέτρηση σε υγρά και αέρια μέσα. Οι βασικοί τύποι και οι απαιτήσεις ακρίβειας αναφέρονται στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3.5 Αισθητήρες μέτρησης Στατικής πίεσης.

Τύπος	Εύρος Μέτρησης C	Ακρίβεια Μέτρησης
Αερίων και υγρών μέσων	0-600 Bar	+/-0.3% FS

Συγκέντρωση CO₂. Αφορά στην ποιότητα αέρα στους ελεγχόμενους χώρους:

Πίνακας 3.6 Αισθητήρες μέτρησης συγκέντρωσης CO₂.

Τύπος	Εύρος Μέτρησης C	Ακρίβεια Μέτρησης
Συγκέντρωση CO ₂	0-5000 ppm	+/-5%

Φωτεινότητα. Η μέτρηση είναι απαραίτητη για εφαρμογές ελέγχου φωτισμού όπως η αντιστάθμιση του φυσικού φωτισμού.

Πίνακας 3.7 Αισθητήρες μέτρησης Φωτεινότητας.

Τύπος	Εύρος Μέτρησης
Επίτοιχοι , εντοιχισμένοι , οροφής, εσωτερικών και εξωτερικών χώρων.	0-20 Klux

Διαδικές πληροφορίες

Οι συσκευές που αναφέρονται στη συνέχεια μεταφέρουν στο δίκτυο δυαδική πληροφορία τύπου ON_OFF, OPEN_CLOSE, κλπ.

Ψηφιακοί διακόπτες. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα ελέγχου φωτισμού αλλά και οπουδήποτε αλλού χρειαστεί η δυαδική πληροφορία εισόδου.(Alarm button κ.α.) .

Αισθητήρια παρουσίας. Μεταφέρουν την δυαδική πληροφορία : παρουσία – μη παρουσία η οποία αξιοποιείται σε συστήματα ελέγχου HVAC ή φωτισμού. Η ανίχνευση της παρουσίας γίνεται κυρίως με την τεχνολογία υπέρυθρης ακτινοβολίας.



Εικόνα 3.16 Αισθητήρας κίνησης.

3.6.2 Συσκευές Εξόδου

Οι συσκευές εξόδου αναλαμβάνουν την ρύθμιση λειτουργικών παραμέτρων του εξοπλισμού Η/Μ. Η ενεργοποίηση και ο έλεγχος των συσκευών γίνεται κατόπιν εντολών που λαμβάνουν από τις θύρες εξόδου των ελεγκτών:

Όπως και στην περίπτωση των συσκευών εισόδου, η λειτουργία των συσκευών εξόδου μπορεί να είναι αναλογική ή δυαδική.

Αναλογική λειτουργία

Η αναλογική λειτουργία των συσκευών εξόδου οδηγείται από τις μεταβολές των ακόλουθων παραμέτρων του ηλεκτρικού μικροκυκλώματος που διαθέτουν οι έξοδοι των ελεγκτών:

Ένταση ρεύματος: 4-20 mA

Τάση: 0-10 Volts

Οι βασικότερες συσκευές καθώς και οι εφαρμογές ελέγχου περιγράφονται στην συνέχεια :

Ρυθμιστικές βάνες και ενεργοποιητές . Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και την ρύθμιση του βαθμού ανάμειξης, παράκαμψης ή της παροχής ενός υγρού εργαζόμενου μέσου. Δευτερογενώς καθορίζονται τα θερμικά ή ψυκτικά φορτία που απάγονται από το μέσο με συνέπεια την ρύθμιση της θερμοκρασίας ζώνης. Τυπικές εφαρμογές είναι ο έλεγχος των Fan Coil ή των ψυκτικών και θερμικών σωμάτων της Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας(ΚΚΜ). Στους πίνακες που ακολουθούν αναφέρονται οι βασικές παράμετροι των προδιαγραφών για τις βάνες καθώς και οι απαιτήσεις για την διαστασιολόγηση τους.

Πίνακας 3.8 Βασικές παράμετροι για τις Ρυθμιστικές βάνες.

Υλικό	Τύπος	Τρόπος σύνδεσης	Χαρακτηριστική	Έλεγχος
Brass Ορείχαλκος Rg5 Χυτοσίδηρος	Δίοδη Τρίοδη ανάμειξης Τρίοδη διανομής Τετράοδη	Κοχλιωτή Φλανζωτή	Γραμμική Equal Percentage	ON-OFF Modulating 3-point

Διαφράγματα αέρα και ενεργοποιητές(Dampers). Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της παροχής αέρα σε αεραγωγούς. Στα συστήματα VAV η ρύθμιση της παροχής καθορίζει και το θερμικό ή ψυκτικό φορτίο το οποίο παρέχεται στον χώρο.



Εικόνα 3.17 Dumper Actuator.

Ρυθμιστές εντάσεως φορτίου(dimmers). Χρησιμοποιούνται κυρίως για την ρύθμιση της έντασης της φωτεινής ισχύος σε γραμμές ή αυτόνομες μονάδες φωτισμού. Οι ρυθμιστές είναι κατάλληλοι για λαμπτήρες πυρακτώσεως αλλά και φθορισμού με ηλεκτρονικό πηνίο. Επίσης , μπορούν να ρυθμιστούν οποιοδήποτε φορτίο ωμικής αντίστασης.

Δυναδική λειτουργία

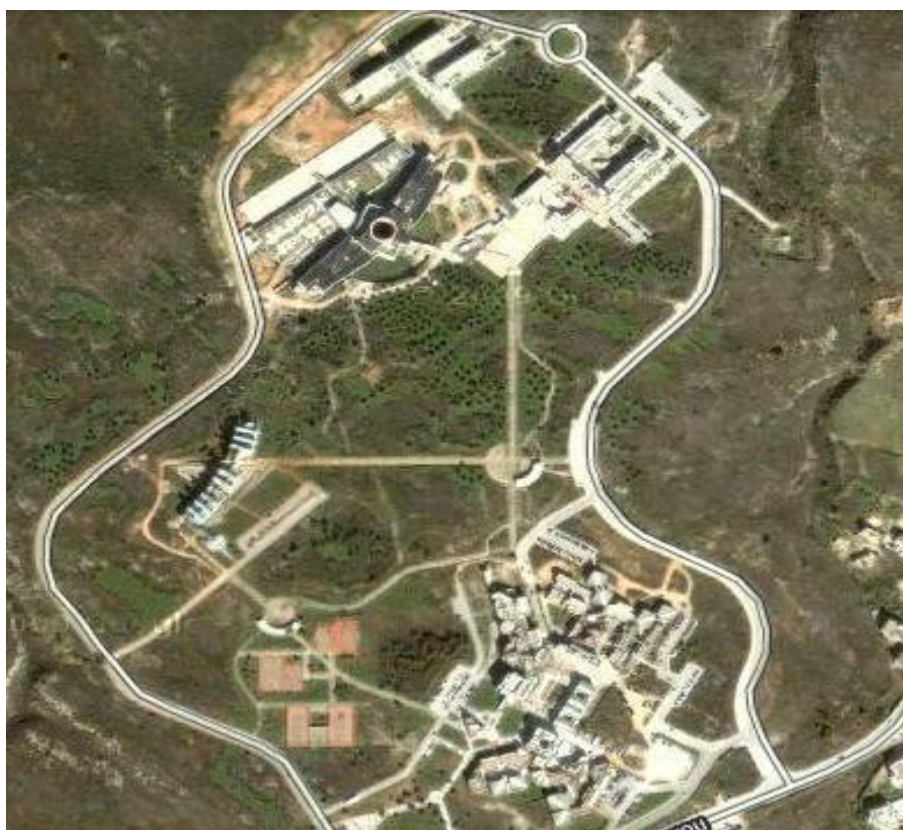
Ενεργοποιητές βανών και διαφραγμάτων αέρα. Εφαρμόζουν στις συσκευές εξόδου που αναφέρθηκαν προηγουμένως αλλά παρέχουν έλεγχο δυο ή τριών συσκευών (ON_OFF, 3 point).

Ρελέ. Τοποθετούνται στους ηλεκτρονικούς πίνακες και αναλαμβάνουν τον δυναδικό έλεγχο (ON_OFF, OPEN_CLOSE) ηλεκτρικών φορτίων 1-20 A (φωτισμού, κινητήρων, κλπ).

Κεφάλαιο 4 – Χαρακτηριστικά Κτιρίου Επιστημών και σημεία παρακολούθησης από το σύστημα BMS

4.1 Το Πολυτεχνείο Κρήτης

Το Πολυτεχνείο Κρήτης ιδρύθηκε το 1977 και δέχτηκε τους πρώτους φοιτητές το 1984. Η Πολυτεχνειούπολη καταλαμβάνει έκταση 2900 στρεμμάτων. Εκτός από την έκταση αυτή, το ίδρυμα έχει στην κατοχή του και άλλα παραδοσιακά και ιστορικά κτίρια, όπως τη Γαλλική Σχολή και το Ενετικό Συγκρότημα.



Εικόνα 4.1 Άποψη της Πολυτεχνειούπολης από ψηλά¹².

Οι εγκαταστάσεις της Πολυτεχνειούπολης μπορούν να χωριστούν σε 5 ομάδες κτιρίων ανάλογα με τη τοποθέτησή τους στο χώρο. Οι 5 αυτές ομάδες κτιρίων είναι α) το κτίριο Επιστημών β) τα κτίρια ΜΗΠΕΡ γ) τα κτίρια ΜΗΧΟΠ δ) τα κτίρια ΜΠΔ και ε) το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας.

4.1.1 Εγκατεστημένοι λέβητες και κλιματιστικές μονάδες στη Πολυτεχνειούπολη

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης περιλαμβάνει τόσο την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από το δίκτυο της ΔΕΗ χρησιμοποιώντας κλιματιστικές μονάδες, όσο και την καύση πετρελαίου θέρμανσης από τους λέβητες που είναι εγκατεστημένοι στο χώρο της Πολυτεχνειούπολης και είναι επιφορτισμένοι με την κάλυψη μέρους των θερμικών αναγκών των κτιρίων. Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει στοιχεία για τους λέβητες πετρελαίου που βρίσκονται εγκατεστημένοι εντός της Πολυτεχνειούπολης (τα στοιχεία προέρχονται από την τεχνική υπηρεσία του Π.Κ.)

εμφανίζεται εδώ.

ΜΟΝΑΔΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ(kcal/h)
Λέβητας Θέρμανσης	Εστία	380000
Λέβητας Ζ.Ν.Χ	Εστία	200000
Λέβητας Θέρμανσης	ΜΗΧΟΠ	200000
Λέβητας Θέρμανσης	ΜΗΧΟΠ	200000
Λέβητας Θέρμανσης	ΜΠΔ	450000
Λέβητας Ζ.Ν.Χ	Φοιτητική Λέσχη(ΜΠΔ)	50000
Λέβητας Θέρμανσης	Φοιτητική Λέσχη(ΜΠΔ)	700000
Λέβητας Θέρμανσης	Φοιτητική Λέσχη(ΜΠΔ)	700000

Σύμφωνα πάλι με στοιχεία της Τεχνικής Υπηρεσίας , στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης υπάρχουν εγκατεστημένες οι εξής κλιματιστικές μονάδες (ανά ομάδα κτιρίων):

Α) Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος περίπου 950 kW για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου Επιστημών. Περισσότερα για τις Κλιματιστικές Μονάδες του κτιρίου Επιστημών θα βρείτε στο [Κεφάλαιο 7](#).

Β) Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος 400 kW για το κτίριο ΜΗΠΕΡ

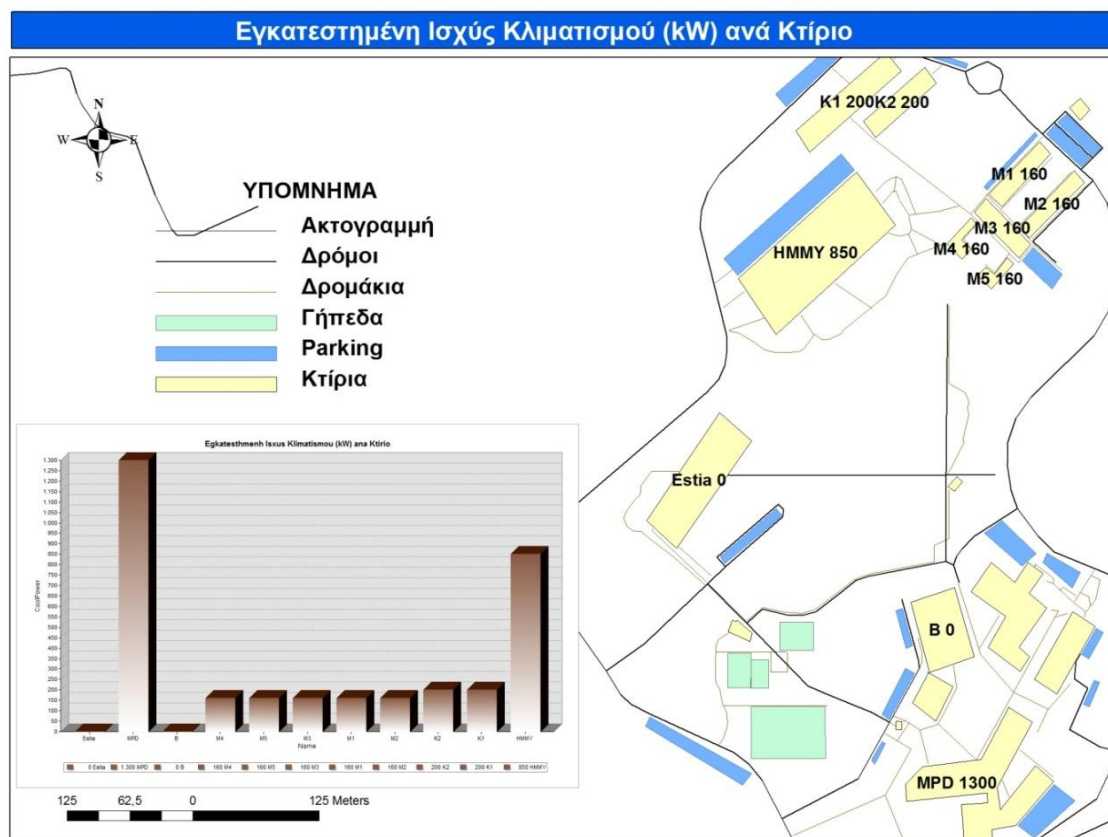
Γ) Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος 800 kW για το κτίριο ΜΗΧΟΠ

Δ) Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες και μικρά κλιματιστικά συνολικής ψυκτικής/θερμικής ισχύος 1300 kW για το κτίριο ΜΠΔ. Συγκεκριμένα αναφέρονται μια κεντρική μονάδα 55kW στο ξύλινο αμφιθέατρο Α2, κεντρική μονάδα 30 kW στο κτίριο της παλαιάς βιβλιοθήκης , κεντρική μονάδα 118,4kW στο κτίριο της καινούριας βιβλιοθήκης και 600 συνολικά μικρά κλιματιστικά ψυκτικής ισχύος 1,5 kW το κάθε ένα.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ.

ΟΜΑΔΑ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΨΥΚΤΙΚΗ/ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(kW)
ΚΤΙΡΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ(ΗΜΜΥ)	850
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΠΕΡ	400
ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΧΟΠ	800
ΚΤΙΡΙΑ ΜΠΔ	1300
ΣΥΝΟΛΟ	3350

Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύς Κλιματισμού για τα κτίρια της πολυτεχνειούπολης παρουσιάζεται συγκεντρωτικά στο παρακάτω χάρτη:



Εικόνα 4.2 Χάρτης Εγκατεστημένης Ισχύς Κλιματισμού ανά κτίριο της Πολυτεχνειούπολης¹³

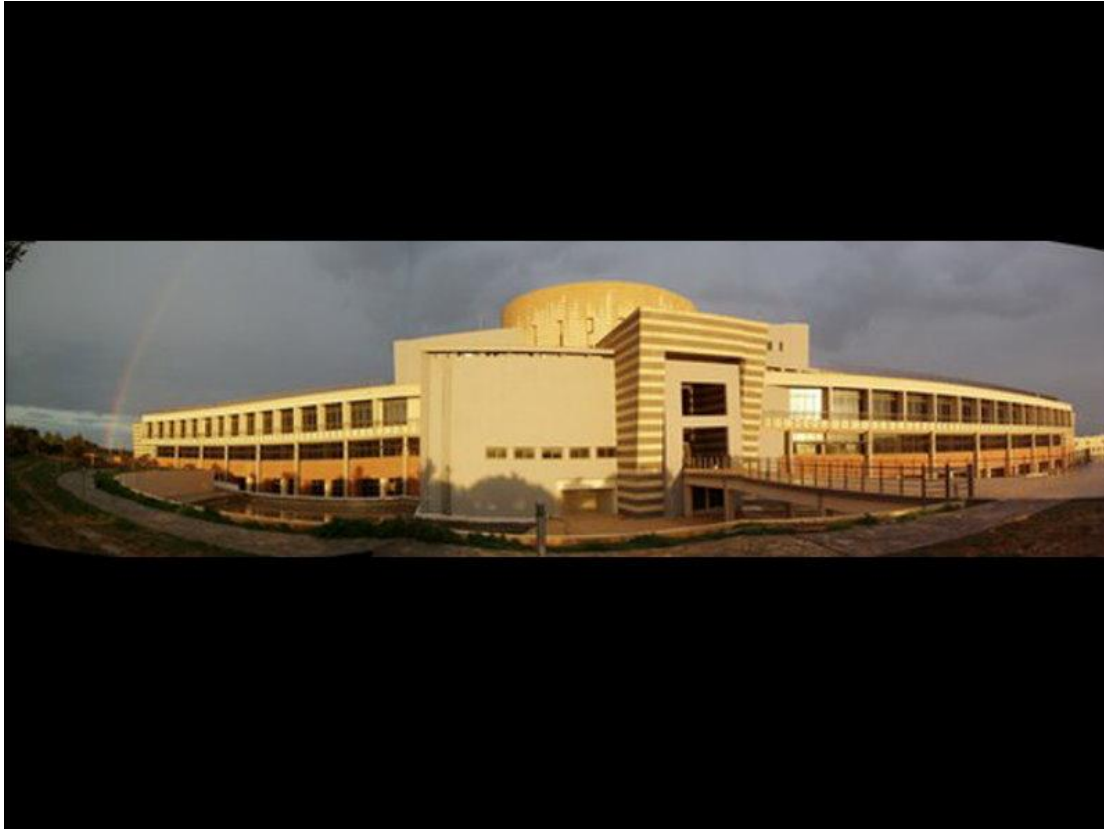
Αξίζει να σημειωθεί ότι το μόνο το κτίριο Επιστημών και τα κτίρια ΜΗΠΕΡ χρησιμοποιούν αποκλειστικά ηλεκτρισμό για τον κλιματισμό τους, ενώ τα κτίρια ΜΗΧΟΠ και ΜΠΔ καταναλώνουν τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και πετρέλαιο θέρμανσης για να καλύψουν τις θερμικές/ψυκτικές ανάγκες τους. Το κτίριο της φοιτητικής εστίας θερμαίνεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα καταναλώνοντας πετρέλαιο θέρμανσης.

4.2 Το Κτίριο Επιστημών

Το **Κτίριο Επιστημών** του Π.Κ. άρχισε να σχεδιάζεται στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και η μελέτη ολοκληρώθηκε το 1998. Η κατασκευή καθυστέρησε για οικονομικούς λόγους με αποτέλεσμα το κτίριο να είναι έτοιμο προς χρήση το 2008.

Το κτίριο στεγάζει το σύνολο των διδακτικών, ερευνητικών και διοικητικών λειτουργιών του Γενικού τμήματος και του τμήματος Ηλεκτρονικών μηχανικών και μηχανικών Η/Υ. Η συνολική του επιφάνεια είναι της τάξης των 14.000 m² και επιπλέον περιέχει προστατευόμενους χώρους στάθμευσης και άλλους συμπληρωματικούς χώρους. Το συγκρότημα του τμήματος επιστημών μπορούμε να το χωρίσουμε σε τρία τμήματα, το αμφιθέατρο, το κτίριο εισόδου και το πυρήνα. Το αμφιθέατρο έχει κάτοψη 500m² περίπου και ανοίγματα πλαισίων 16.5m. Το κτίριο έχει, εκτός της στέγης του, δύο επιπλέον εσωτερικές στάθμες. Το κτίριο εισόδου είναι μονώροφο κτίριο επιφάνειας περί τα 450m² με ένα γεφύρωμα πρόσβασης μήκους 25m και πλάτους από 7.5m έως 4.0m. Ο πυρήνας είναι το κεντρικό κτίριο του συγκροτήματος που συνίσταται από δύο ορθογώνια 40x40m² περίπου και 45x17m² τοποθετημένα κεντρικά σε ένα κυκλικό πυρήνα διαμέτρου

28m και στραμμένα κατά 22.5° . Το συνολικό εμβαδό του κτιρίου είναι 8000m^2 το οποίο αναπτύσσεται σε επτά συνολικά στάθμες.



Εικόνα 4.3 Κτίριο Επιστημών

Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τα επίπεδα του κτιρίου Επιστημών καθώς και σε ποιο όροφο αντιστοιχούν. Το νούμερο του κάθε επιπέδου αντιστοιχεί στο ύψος που έχει από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ.

Επίπεδο	Όροφος
134	Υπόγειο
137	Ισόγειο
141	1ος
145	2ος
147	3ος
151	4ος

4.3 Τομείς ελέγχου και παρακολούθησης των BMSs του κτιρίου Επιστημών

Το κεντρικό σύστημα ελέγχου BMS είναι ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, το οποίο επιτηρεί και ελέγχει τις ηλεκτρομηχανολογικές

εγκαταστάσεις του κτιρίου. Το κτίριο Επιστημών διαθέτει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων της GigaTech και ένα υποσύστημα της LG Electronics για τα κλιματιστικά VRV.

Σκοπός της επιτήρησης είναι η απρόσκοπτη λειτουργία, η ρύθμιση παραμέτρων, η ανάλυση δεδομένων και η ενεργειακή διαχείριση όλων των εγκαταστάσεων από ένα χώρο ελέγχου.

Η διασύνδεση του συνόλου των αισθητηρίων / οργάνων γίνεται ακτινικά προς το αντίστοιχο απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου (ΑΚΕ), ενώ το τελευταίο συνδέεται με τα όμοια του και με την κεντρική μονάδα ελέγχου σε ομότιμο δίκτυο ψηφιακής επικοινωνίας.

Ειδικότερα για τον έλεγχο των μονάδων fan coils χρησιμοποιούνται αυτόνομες μονάδες επεξεργασίας, οι οποίες σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα τοπικά χειριστήρια χώρου επιτρέπουν τον τοπικό έλεγχο αλλά και την μεταφορά του συνόλου των ενδείξεων λειτουργίας στον κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου. Οι συσκευές ελέγχου των FCU διασυνδέονται σε δευτερεύον δίκτυο επικοινωνίας το οποίο με την σειρά του συνδέεται με το κύριο δίκτυο επικοινωνίας μέσω κατάλληλης συσκευής. Το σύστημα ελέγχου υποστηρίζει πλήρως την κατανομημένη επεξεργασία (Distributed Digital Control), ενώ παράλληλα είναι πλήρως συμβατό με τα διεθνώς πιστοποιημένα ανοικτά πρωτόκολλα επικοινωνίας: BACnet, LonWorks και Modbus.

4.3.1 GigaTech Building Management System



Εικόνα 4.4 Κεντρική εικόνα του συστήματος GigaTech του κτιρίου Επιστημών.

Το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου της GigaTech ελέγχει και επιβλέπει τις παρακάτω μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου Επιστημών:

4.3.1.1 Κλιματισμός.

Το σύστημα διαχειρίζεται και ελέγχει τις Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες(ΚΚΜ) που υπάρχουν στο πυρήνα του κτιρίου Επιστημών. Οι ΚΚΜ είναι συστήματα κλιματισμού που λειτουργούν με νερό και αέρα. Στα συστήματα αυτά παρέχεται κλιματισμένος αέρας και ψυχρό ή θερμό νερό στα Fan-coils, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στους χώρους του πυρήνα του κτιρίου Επιστημών. Η παροχή αέρα στους χώρους γίνεται έξω από τις

θερματικές συσκευές (Fan-coils) με ανεξάρτητο δίκτυο αεραγωγών. Οι ΚΚΜ το χειμώνα είναι προγραμματισμένες να λειτουργούν στους 21,5°C ενώ το καλοκαίρι στους 23°C. Σε ακραία καιρικά φαινόμενα η δυτική πτέρυγα υποφέρει με αποτέλεσμα να ρυθμίζουμε τη ΚΚΜ που βρίσκεται στη πτέρυγα αυτή στους (28°C - 30°C) ώστε να μην αυτοματίζει ποτέ(δηλ. να μη σταματά ποτέ να ρίχνει αέρα). Επίσης το ποσοστό της υγρασίας έχει ρυθμιστεί στο 45%.

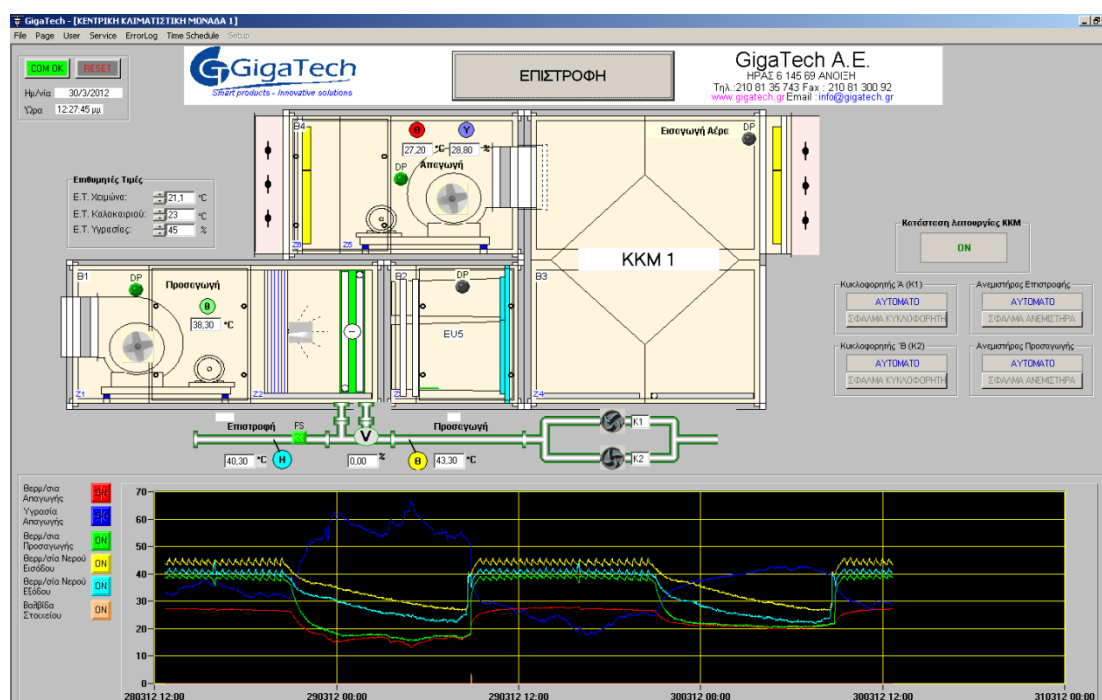
Για κάθε ΚΚΜ μπορούμε να ρυθμίσουμε:

- Τη τιμή της θερμοκρασίας.
- Τη τιμή της υγρασίας.

Για κάθε ΚΚΜ το σύστημα της GigaTech μας ενημερώνει για :

- Τη θερμοκρασία απαγωγής.
- Την υγρασία απαγωγής.
- Τη θερμοκρασία προσαγωγής.
- Τη θερμοκρασία Νερού εισόδου και εξόδου.

Το BMS καταγράφει τις παραπάνω θερμοκρασίες τις τελευταίες 48 ώρες (με βήμα 12 ωρών) και τις παρουσιάζει σε μορφή διαγράμματος.



Εικόνα 4.5 Γραφικό περιβάλλον για τη Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα 1 από το BMS του κτιρίου Επιστημών

Αναλυτικές πληροφορίες για τις κλιματιστικές μονάδες του κτιρίου Επιστημών μπορούμε να δούμε στο Κεφάλαιο 7.

4.3.1.2 Κύκλωμα Νερού

Στο κύκλωμα νερού έχουμε παραγωγή και διανομή θερμού ή ψυχρού αέρα στους κυκλοφορητές. Το σύστημα μας παρουσιάζει σε γραφικό περιβάλλον το κύκλωμα μεταξύ κλιματιστικών μονάδων – κυκλοφορητών – αντλιών θερμότητας. Στο κτίριο Επιστημών υπάρχουν 2 μεγάλες αντλίες θερμότητας πάνω στη ταράτσα που ζεσταίνουν το νερό και το κατεβάζουνε στο κολεκτέρ. Στη συνέχεια μοιράζουνε το νερό είτε στα Fan-coils που είναι

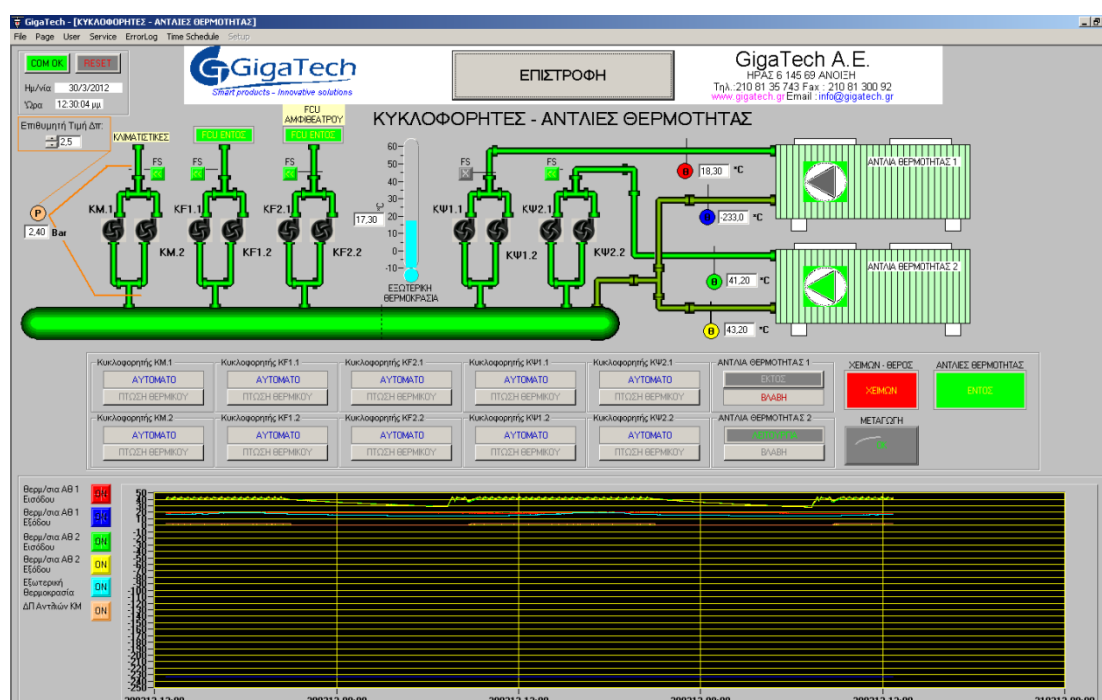
στο πυρήνα , είτε στις κλιματιστικές μονάδες (αμφιθέατρα , αίθουσες , υποβοήθηση στις πτέρυγες). Το νερό είναι σε χαμηλή θερμοκρασία (περίπου 42°C) με αποτέλεσμα να βγαίνει χλιαρός αέρας ο οποίος σε ζεσταίνει.

Μέσω του BMS της GigaTech μπορούμε να ρυθμίσουμε :

- Τη τιμή της Δυναμικής Πίεσης στις αντλίες των κλιματιστικών μονάδων.

Επίσης το BMS μας ενημερώνει για :

- Τη κατάσταση που βρίσκονται οι Κυκλοφορητές και οι Αντλίες Θερμότητας.
- Την εξωτερική θερμοκρασία.
- Τις θερμοκρασίες Εισόδου και Εξόδου την 2 Αντλιών Θερμότητας.

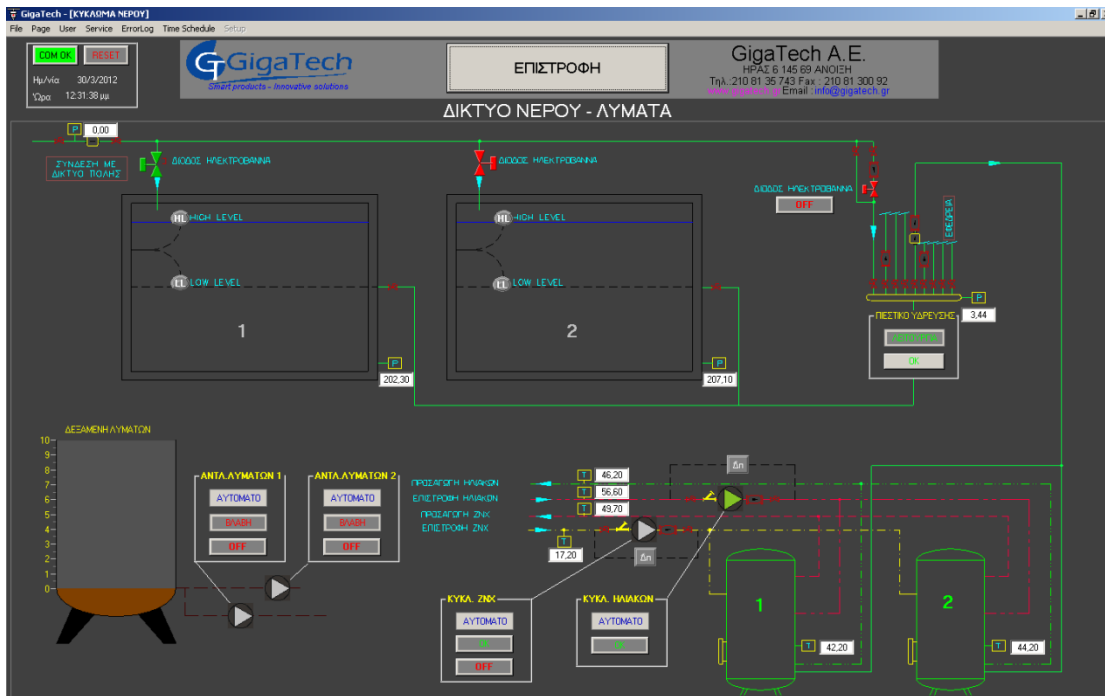


Εικόνα 4.6 Γραφικό περιβάλλον για το κύκλωμα νερού από το BMS του κτιρίου Επιστημών

Το BMS καταγράφει τις παραπάνω θερμοκρασίες τις τελευταίες 48 ώρες (με βήμα 12 ωρών) και τις παρουσιάζει σε μορφή διαγράμματος.

4.3.1.3 Δίκτυο Νερού - Λύματα.

Το σύστημα μας παρουσιάζει σε γραφικό περιβάλλον το κύκλωμα νερού.



Εικόνα 4.7 Γραφικό περιβάλλον για το δίκτυο νερού-λύματα από το BMS του κτιρίου Επιστημών

Το νερό του δικτύου της πόλης μεταφέρεται σε 2 μεγάλες δεξαμενές νερού. Όπως βλέπουμε στη παραπάνω εικόνα στις 2 δεξαμενές νερού μεταξύ του LOW LEVEL και HIGH LEVEL βρίσκεται το νερό το οποίο χρησιμοποιείται για την ύδρευση του κτιρίου. Το νερό που βρίσκεται κάτω του LOW LEVEL είναι διαθέσιμο για τη πυρασφάλεια του κτιρίου. Το νερό μεταφέρεται από τις μεγάλες δεξαμενές στον ηλιακό μέσω του πιεστικού ύδρευσης. Εκεί θερμαίνεται και αποθηκεύεται σε 2 δεξαμενές. Στη συνέχεια είναι έτοιμο για χρήση.

Οι πληροφορίες που μας δίνει το BMS για το δίκτυο νερού-λύματα είναι :

- Η πίεση που έχει το πιεστικό ύδρευσης.
- Η θερμοκρασία του νερού μέσα στις 2 δεξαμενές του ηλιακού.
- Η θερμοκρασία του νερού που προσάγεται στο κύκλωμα του ηλιακού.
- Η θερμοκρασία του νερού που επιστρέφει από το κύκλωμα του ηλιακού.
- Η θερμοκρασία του νερού που προσάγεται στο κύκλωμα του ZNX(Ζεστό Νερό Χρήσης).
- Η θερμοκρασία του νερού που επιστρέφει από το κύκλωμα του ZNX(Ζεστό Νερό Χρήσης).
- Το ποσοστό των λυμάτων που βρίσκονται μέσα στη δεξαμενή λυμάτων.

4.3.1.4 Σύστημα Πυρανίχνευσης - Πυρασφάλειας.

Μέσω του BMS μπορούμε να δούμε τους πίνακες Πυρανίχνευσης και να ελέγξουμε αν έχει ενεργοποιηθεί κάποιος συναγερμός σε κάποια ζώνη του κτιρίου. Επίσης μας παρουσιάζει σε τι κατάσταση λειτουργίας βρίσκονται το πιεστικό πυρόσβεσης , το Diesel , ο ηλεκτροκινητήρας και το jockey. Τέλος βλέπουμε τη τιμή της πίεσης νερού του πιεστικού πυρόσβεσης και του δικτύου springlers.

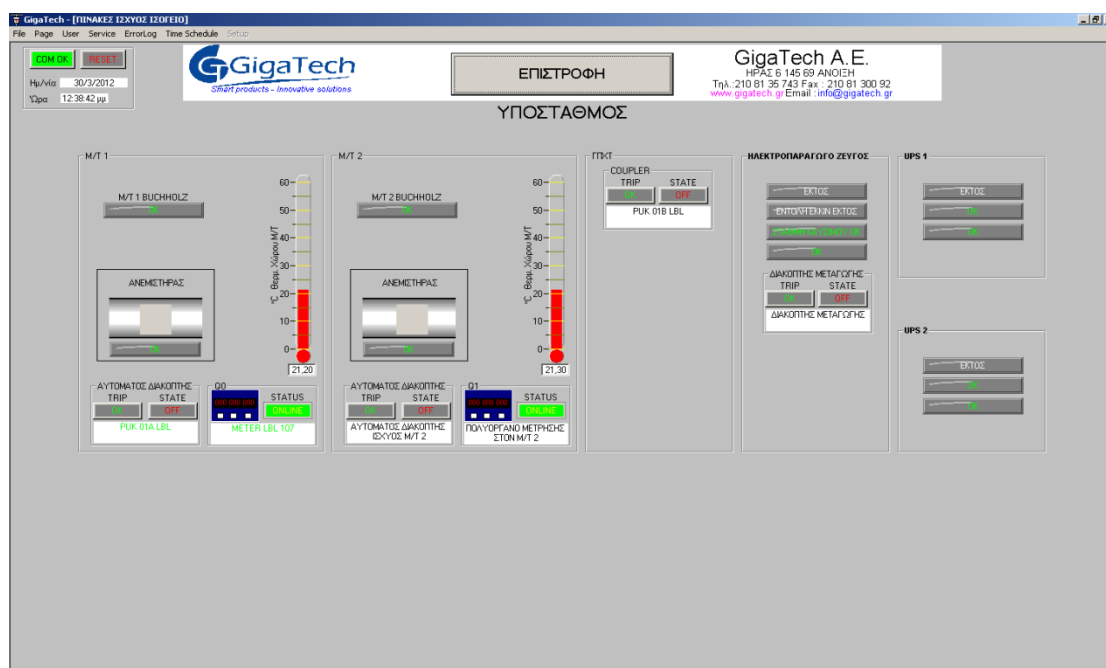
4.3.1.5 Φωτισμός.

Από το BMS μπορούμε να χειριστούμε να παρακολουθούμε και να ελέγχουμε για τυχόν

βλάβες που παρουσιάζονται στο φωτισμό του κτιρίου Επιστημών. Τα φωτιστικά σημεία των χώρων στάθμευσης αλλά και των επιπέδων 137 , 141 , 145 ακολουθούν συγκεκριμένο χρονοπρόγραμμα βάση του προγράμματος μαθημάτων αλλά και τη ζώνη ώρας. Περισσότερες πληροφορίες για τα φωτιστικά σημεία που παρακολουθούμε μέσω του BMS αλλά και το πρόγραμμα που ακολουθούν βρίσκονται στην ενότητα [5.2](#) .

4.3.1.6 Υποσταθμός.

Στο ισόγειο του κτιρίου Επιστημών υπάρχει ένα Η/Ζ όπου στεγάζεται ο υποσταθμός του κτιρίου ο οποίος τροφοδοτεί τα εγκατεστημένα φορτία φωτισμού – κίνησης του μηχανοστασίου και λειτουργεί με παροχή τάσης από τη ΔΕΗ. Στον υποσταθμό αυτό υπάρχουν 2 μετασχηματιστές ελαίου 500KVA ο καθένας . Η κατάσταση των 2 μετασχηματιστών ελέγχεται από το BMS. Μέσω του BMS ελέγχουμε τη θερμοκρασία χώρου των 2 Μ/Τ , τους ανεμιστήρες , τα UPS και το ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος.



Εικόνα 4.8 Έλεγχος του υποσταθμού του κτιρίου Επιστημών από το BMS.

Περισσότερα για τους μετασχηματιστές του κτιρίου Επιστημών μπορείτε να δείτε στο [κεφάλαιο 8](#).

4.3.1.7 Ανεμιστήρες αερισμού.

Στο κτίριο Επιστημών υπάρχουν πρόσθετοι ανεμιστήρες αερισμού οι οποίοι βρίσκονται στο επίπεδο 149. Μέσω του BMS βλέπουμε σε ποια κατάσταση βρίσκονται (κατάσταση λειτουργίας , βλάβης , απενεργοποιημένοι).

4.3.1.8 Δίκτυο Κενού (Εκτός Λειτουργίας).

Μέσω του BMS μπορούμε να δούμε σε γραφικό περιβάλλον το δίκτυο κενού.

4.3.1.9 Δίκτυο Πεπιεσμένου Αέρα (Εκτός Λειτουργίας).

4.3.1.10 Ανελκυστήρες.

Βλέπουμε τη κατάσταση που βρίσκεται κάθε ανελκυστήρας δηλαδή σε ποιο επίπεδο βρίσκεται και αν υπάρχει βλάβη ή όχι. Το κτίριο επιστημών διαθέτει εννέα (9) ανελκυστήρες.

Πίνακας 4.4 Στοιχεία Ανελκυστήρων Κτιρίου Επιστημών

Ανελκυστήρας	Kg	Άτομα	Στάσεις
No 1	900	12	0-1-2-3-4(Πυρήνας)
No 2	900	12	0-1-2-3-4(Πυρήνας)
No 3	900	12	0-1(Εξωτερικό)
No 4	900	12	0-1-2(Δυτική Πτέρυγα)
No 5	1500	20	-1-0-1-2(Δυτική Πτέρυγα)
No 6	900	12	0-1-2(Ανατολική Πτέρυγα)
No 7	1500	20	-1-0-1-2(Ανατολική Πτέρυγα)
No 8	900	12	0-1-2(Ανατολική Πτέρυγα)
No 9	900	12	0-1-2(Δυτική Πτέρυγα)

4.3.1.11 Τοξικά (Εκτός Λειτουργίας).

Υπάρχει μια δεξαμενή ουδετεροποίησης όπου μαζεύονται όλα τα χημικά από τα διάφορα εργαστήρια του κτιρίου. Εκεί τα οξέα γίνονται ουδέτερα και στη συνέχεια πέφτουνε στο βιολογικό κάδο απορριμμάτων.

Εάν υπάρξει κάποιο σφάλμα σε κάποια από τις εγκαταστάσεις του κτιρίου το σύστημα μας ενημερώνει αυτόματα.

4.3.2 LG Advanced Centralized Control System IV

Το υποσύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου της LG Electronics ελέγχει και επιβλέπει αποκλειστικά το σύστημα κλιματισμού VRV το οποίο υπάρχει στις πτέρυγες του κτιρίου Επιστημών.

Το κτίριο έχει χωριστεί σε διάφορα τμήματα ανάλογα με το επίπεδο που βρίσκεται και τη περιοχή (π.χ. 137Α Διάδρομος, 141Β Είσοδος κ.α.) . Σε κάθε τμήμα αντιστοιχεί ένα μηχανήμα εξωτερικού το οποίο μπορεί να έχει από 7 έως και 14 περίπου μονάδες εσωτερικού κλιματισμού που ονομάζονται καναλάτα. Κάθε καναλάτο έχει 2 στόμια από τα οποία το ένα ρουφάει αέρα και το άλλο ρίχνει.

Μέσω του BMS μπορούμε να δούμε ανά τμήμα κτιρίου και ανά καναλάτο τη θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή που ελέγχει το μηχανήμα και στη συνέχεια να ρυθμίσουμε τη θερμοκρασία που θέλουμε να έχουμε στη περιοχή αυτή. Εκτός από τη θερμοκρασία μπορούμε να επιλέξουμε τη λειτουργία του καναλάτου ανάμεσα σε 4 επιλογές (Cooling , Heating , Dry , Fan). Επίσης μπορούμε να ρυθμίσουμε τη ταχύτητα του ανεμιστήρα και αν θέλουμε αυτόματη κίνηση στα πτερύγια των ανεμιστήρων. Εάν υπάρξει κάποιο σφάλμα σε κάποιο καναλάτο το σύστημα μας ενημερώνει αυτόματα. Έχουμε ρυθμίσει το κλιματισμό ώστε να μην ξεπερνάει το 57% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του. Σε ισχύ το ποσοστό αυτό μεταφράζεται σε 361 kW. Οι κλιματιστικές μονάδες είναι ρυθμισμένες μέσω χρονοπρογράμματος για το πότε θα τίθενται σε λειτουργία .

Το υποσύστημα της LG Electronics δεν καταγράφει θερμοκρασίες και καταναλώσεις, παρά

μόνο παρακολουθεί και ελέγχει. Ωστόσο καταφέραμε να δημιουργήσουμε ένα σύστημα καταγραφής των καταναλώσεων του υποσυστήματος της LG με έμμεσο τρόπο. Περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να βρείτε στην ενότητα [6.3](#).

Κεφάλαιο 5 – Φωτισμός Κτιρίου Επιστημών

5.1 Εγκατεστημένη Ισχύς Κτιρίου Επιστημών

Από τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου βρήκαμε τον ακριβή αριθμό των λαμπτήρων ανά επίπεδο και περιοχή. Έτσι γνωρίζοντας και την ισχύ για κάθε φωτιστικό, υπολογίσαμε την εγκατεστημένη ισχύ που υπάρχει σε κάθε επίπεδο, καθώς και τη συνολική που υπάρχει στο κτίριο. Έτσι έχουμε:

Πίνακας 5.1 Αριθμός φωτιστικών σημείων Επιπέδου 137(Ισόγειο).

ΕΠΙΠΕΔΟ 137	Αριθμός φωτιστικών σημείων			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΔΥΤΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ
Πίνακες Φωτισμού	18	12	16	4
2 x 36W	4		4	
4 x 18W	52		64	56
2 x 18W		25		
4 x 18W	14	27	32	
1 x 36W	7	48	7	
2 x 13W				4
2 x 26W	97	103	84	18
1 x 26W	5	7	5	
1 x 150W		81		
1 x 200W		3		
1 x 70W	2	8	2	8
3 x 18W		5	112	
1 x 18W	13		12	
1 x 10W		10		
Εγκατεστημένη Ισχύς	10,84 kW	23,79 kW	18,354 kW	5,632 kW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Επιπέδου 137	58,616 kW			

Πίνακας 5.2 Αριθμός φωτιστικών σημείων Επιπέδου 141(1^{ος} Όροφος).

ΕΠΙΠΕΔΟ 141	Αριθμός φωτιστικών σημείων		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΔΥΤΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ
Πίνακες Φωτισμού	30	6	30
2 x 26W	72	124	79
2 x 36W	4		4
4 x 18W	64		104
4 x 18W	14	8	6
1 x 36W	7	136	7
1 x 20W	8		8
1 x 26W	3	11	3
1 x 150W		18	
1 x 200W		12	
3 x 18W	106		120
Εγκατεστημένη Ισχύς	15,862 kW	17,306 kW	19,286 kW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Επιπέδου 141	52,454 kW		

Πίνακας 5.3 Αριθμός φωτιστικών σημείων Επιπέδου 145(2^{ος} Όροφος).

ΕΠΙΠΕΔΟ 145	Αριθμός φωτιστικών σημείων		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΔΥΤΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ
Πίνακες Φωτισμού	36	7	36
4 x 18W			26
2 x 18W	4		4
4 x 18W	44	8	13
1 x 36W	8	76	7
2 x 26W	69	284	73
1 x 26W	9	12	9
1 x 70W	27		28
3 x 18W	174	6	118
2 x 13W	8		8
1 x 70W	1		1
Εγκατεστημένη Ισχύς	18,986 kW	18,716 kW	15,844 kW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Επιπέδου 145	53,546 kW		

Πίνακας 5.4 Αριθμός φωτιστικών σημείων Επιπέδου 149(3^{ος} Όροφος - Πυρήνας)

ΕΠΙΠΕΔΟ 149	Αριθμός φωτιστικών σημείων		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΔΥΤΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ
Πίνακες Φωτισμού		4	
2 x 36W	10		10
1 x 26W		26	
2 x 26W		51	
3 x 18W		8	
Εγκατεστημένη Ισχύς	0,720 kW	3,760 kW	0,720 kW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Επιπέδου 149	5,2 kW		

Πίνακας 5.5 Αριθμός φωτιστικών σημείων Επιπέδου 152(4^{ος} Όροφος - Πυρήνας)

ΕΠΙΠΕΔΟ 152	Αριθμός φωτιστικών σημείων
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΠΥΡΗΝΑΣ
2 x 26W	55
1 x 26W	6
3 x 18W	24
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Επιπέδου 152	4,312 kW

Πίνακας 5.6 Συγκεντρωτικός Αριθμός Φωτιστικών σημείων κτιρίου Επιστημών.

Συνολικός αριθμός φωτιστικών σημείων του Κτιρίου Επιστημών					
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΔΥΤΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΤΕΡΥΓΑ	ΕΞ. ΑΙΘΟΥΣΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ
Πίνακες Φωτισμού	84	29	82	4	199
2 x 36W	18		18		36
4 x 18W	116		194	56	366
2 x 18W	4	25	4		33
4 x 18W	72	43	51		166
1 x 36W	22	260	21		303
2 x 13W	8		8	4	4
2 x 26W	238	617	236	18	1109
1 x 26W	17	62	17		96
1 x 150W		99			99
1 x 200W		15			15
1 x 70W	3	8	3	8	22
3 x 18W	280	43	350		673
1 x 18W	13		12		25
1 x 10W		10			10
1 x 20W	8		8		16
1 x 70W	27		28		55
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς κτ. Επιστημών	174,128 kW				

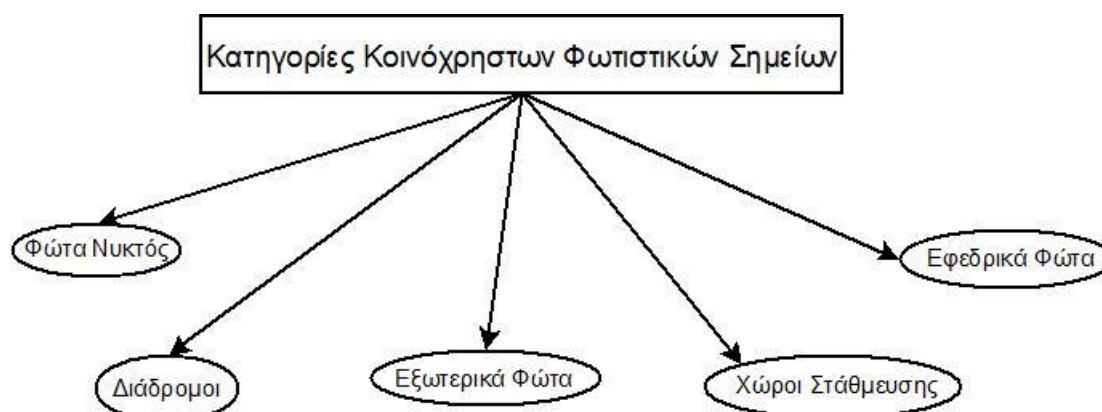
Να σημειωθεί ότι στην συνολική εγκατεστημένη ισχύ δεν συμπεριλαμβάνεται η ισχύς των μαγνητικών ballast και η παρασιτική τους ισχύ.

Πίνακας 5.7 Εγκατεστημένη Ισχύ Φωτισμού ανά επίπεδο.

Επίπεδα	Ισχύς
Επίπεδο 137	58,616 kW
Επίπεδο 141	52,454 kW
Επίπεδο 145	53,546 kW
Επίπεδο 149	5,2 kW
Επίπεδο 152	4,312 kW
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς Κτιρίου Επιστημών	174,128 kW

5.2 Κοινόχρηστος φωτισμός

Από το BMS του Κτιρίου Επιστημών μπορούμε να ελέγξουμε όλα τα κοινόχρηστα φωτιστικά σημεία που υπάρχουν μέσα αλλά και στο περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου. Μπορούμε να δούμε τις ομάδες των κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων που ελέγχει το BMS στο παρακάτω δέντρο.



Εικόνα 5.1 Ομάδες Ελέγχου φωτιστικών σημείων.

Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι ομάδες των κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων τις οποίες ελέγχει το BMS και παίρνουν ρεύμα από τη ΔΕΗ . Για κάθε ομάδα έχουμε υπολογίσει την συνολική ισχύ που έχουν τα φωτιστικά σημεία που ανήκουν σε αυτή. Στο BMS οι ομάδες των κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων είναι χωρισμένες σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο που βρίσκονται στο κτίριο. Οι κατηγορίες αυτές είναι :

- Φωτισμός Χώρου Στάθμευσης
- Φωτισμός Επιπέδου 137
- Φωτισμός Επιπέδου 141
- Φωτισμός Επιπέδου 145

Ο Φωτισμός Επιπέδου 134(Υπόγειο κτιρίου Επιστημών) δεν ελέγχεται από το BMS.



Εικόνα 5.2 Κατηγορίες Φωτισμού οι οποίες ελέγχονται μέσω του BMS .

Επίσης γνωρίζουμε το χρονοπρόγραμμα λειτουργίας των φωτιστικών σημείων. Δηλαδή ποιες μέρες και ώρες λειτουργεί κάθε ομάδα κοινόχρηστου φωτισμού. Έτσι πολλαπλασιάζοντας την ισχύ της κάθε ομάδας φωτισμού με το ποσοστό λειτουργίας της ανά ώρα , υπολογίσαμε το διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα - Παρασκευή) και τα διαγράμματα κατανάλωσης ισχύος ανά ώρα για το Σάββατο και τη Κυριακή.

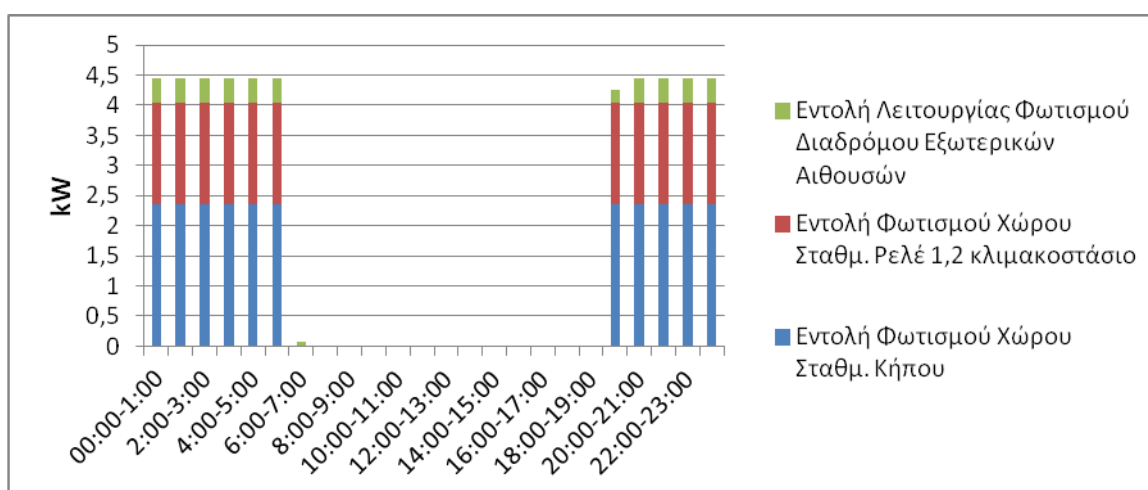
5.2.1 Φωτισμός Χώρου Στάθμευσης

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι εντολές φωτισμού για το χώρο στάθμευσης του κτιρίου Επιστημών καθώς και η συνολική ισχύς που μπορεί να ελεγχθεί από τη κάθε μια.

Πίνακας 5.8 Εντολές κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων Χώρου Στάθμευσης τροφοδοτούμενες από τη ΔΕΗ και η ισχύς τους.

Εντολές Φωτισμού Χώρου Στάθμευσης	Ισχύς(Watt)
Εντολή Φωτισμού Χώρου Στάθμευσης Κήπου	2356
Εντολή Φωτισμού Χώρου Στάθμευσης Ρελέ 1,2 κλιμακοστάσιο	1682
Εντολή Λειτουργίας Φωτισμού Διαδρόμου Εξωτερικών Αιθουσών	416

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε το διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος ανά ώρα για το φωτισμό του χώρου στάθμευσης. Να σημειώσουμε ότι η κατανάλωση ισχύος για μια καθημερινή μέρα είναι ίδια με τη κατανάλωση ισχύος για το Σαββατοκύριακο.



Εικόνα 5.3 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για όλες τις μέρες(Δευτέρα - Κυριακή) - Χώροι Στάθμευσης.

5.2.2 Φωτισμός Επιπέδου 134 (Υπόγειο)

Το επίπεδο 134 είναι το υπόγειο του κτιρίου επιστημών. Ο φωτισμός του υπογείου δεν ελέγχεται από το BMS του κτιρίου Επιστημών. Τα φώτα στο υπόγειο ανοίγουν χειροκίνητα από τους διάφορους διακόπτες που υπάρχουν. Ωστόσο υπάρχουν φωτιστικά σημεία τα οποία είναι διαρκώς αναμμένα ώστε να υπάρχει ένας ελάχιστος φωτισμός στο υπόγειο για λόγους ασφαλείας. Τα φωτιστικά σημεία τα οποία είναι σε λειτουργία περιγράφονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.9 Φωτιστικά σημεία και συνολική Ισχύς Επιπέδου 134(Υπόγειο).

ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 134	
Περιγραφή Φωτιστικού	Αριθμός φωτιστικών σημείων
2 x 36W	5
1 x 36W	10
Συνολική Ισχύς Επιπέδου 134	0,72 kW

Επομένως η Ισχύ που καταναλώνεται ανά ώρα στο υπόγειο του κτιρίου Επιστημών είναι 0,72 kW.

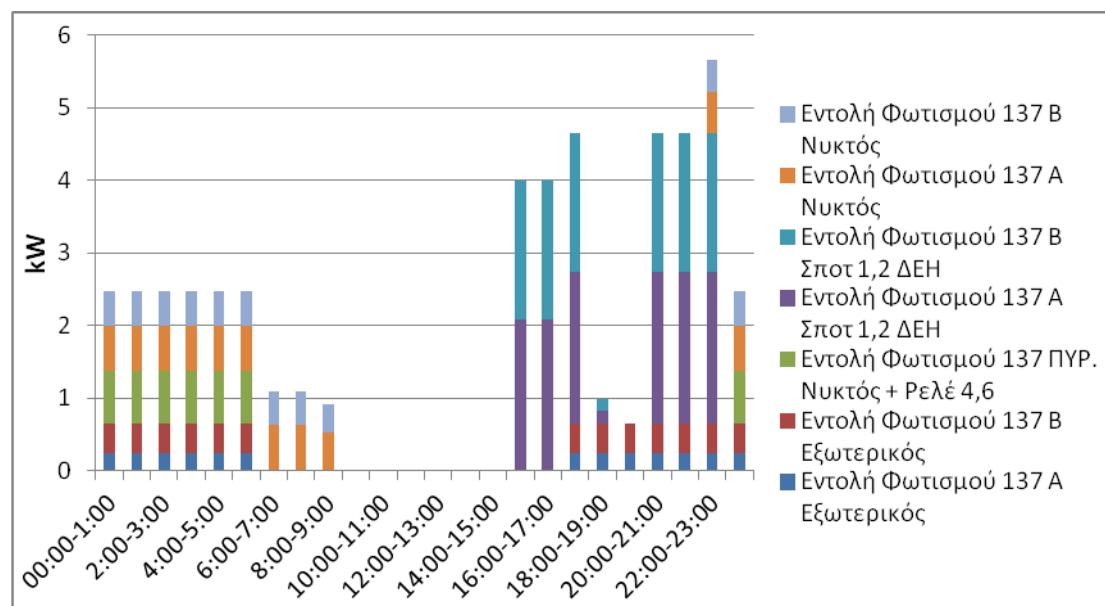
5.2.3 Φωτισμός Επιπέδου 137 (Ισόγειο)

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι εντολές φωτισμού για το επίπεδο 137 του κτιρίου Επιστημών καθώς και η συνολική ισχύς που μπορεί να ελεγχθεί από τη κάθε μια.

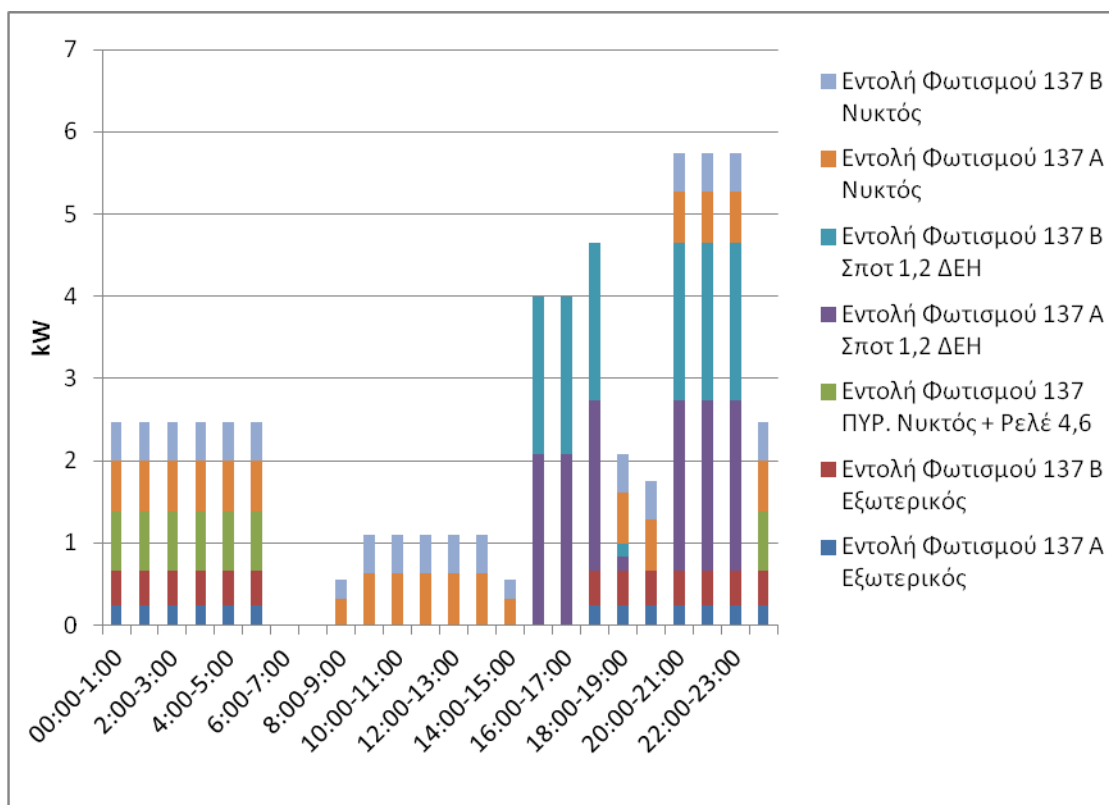
Πίνακας 5.10 Εντολές κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων Επιπέδου 137 , που ελέγχεται μέσω αυτών τροφοδοτούμενες από τη ΔΕΗ και η ισχύς τους.

Εντολές Φωτισμού Επιπέδου 137	Ισχύς(Watt)
Εντολή Φωτισμού 137 Α Εξωτερικός	234
Εντολή Φωτισμού 137 Β Εξωτερικός	424
Εντολή Φωτισμού 137 Α Νυκτός	624
Εντολή Φωτισμού 137 Β Νυκτός	468
Εντολή Φωτισμού 137 Α Σποτ 1,2 ΔΕΗ	2074
Εντολή Φωτισμού 137 Β Σποτ 1,2 ΔΕΗ	1916
Εντολή Φωτισμού 137 ΠΥΡ. Νυκτός + Ρελέ 4,6	716

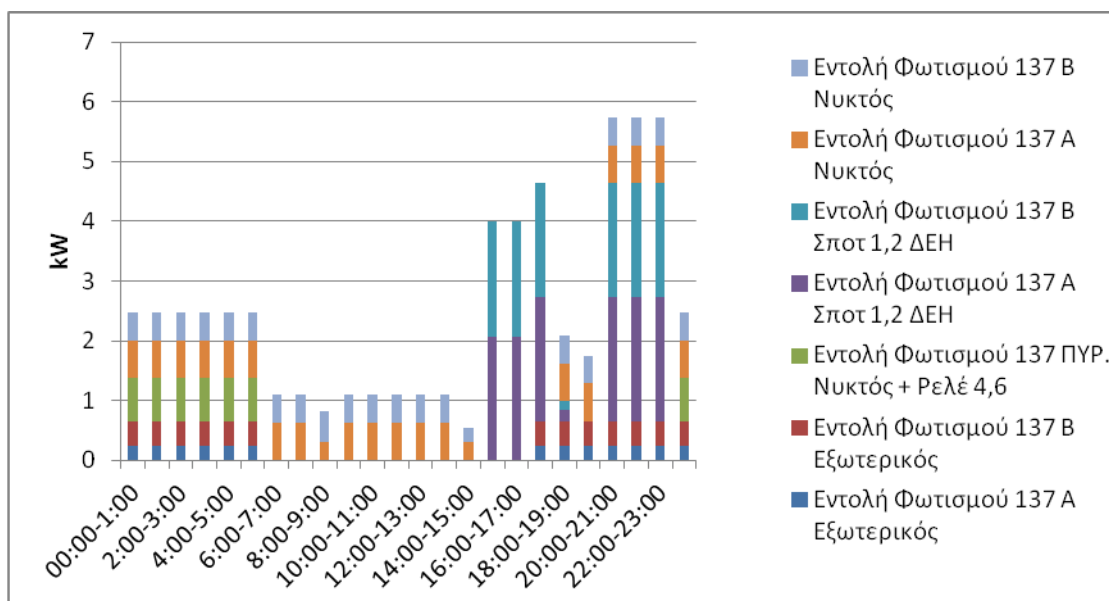
Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα διαγράμματα κατανάλωσης ισχύος ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα-Παρασκευή), για το Σάββατο και για τη Κυριακή.



Εικόνα 5.4 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα-Παρασκευή) - Επίπεδο 137.



Εικόνα 5.5 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για το Σάββατο - Επίπεδο 137.



Εικόνα 5.6 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για τη Κυριακή - Επίπεδο 137.

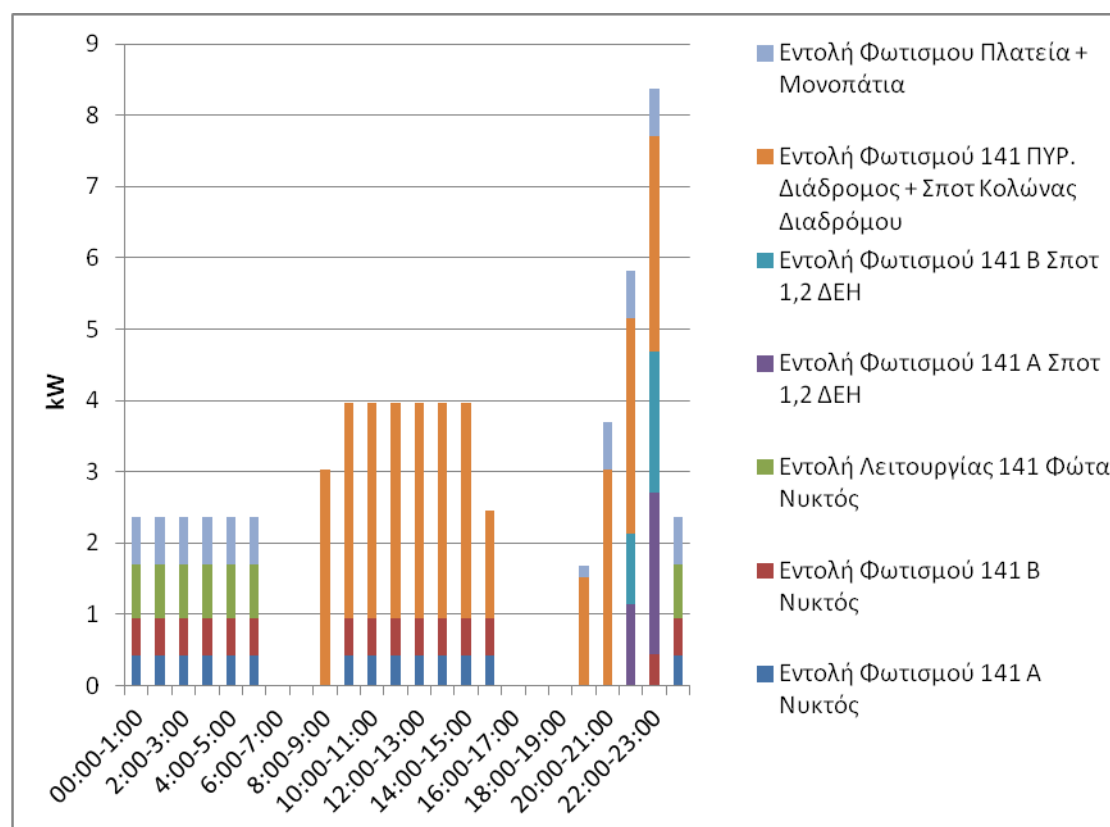
5.2.4 Φωτισμός Επιπέδου 141 (1^{ος} Όροφος)

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι εντολές φωτισμού για το επίπεδο 141 του κτιρίου Επιστημών καθώς και η συνολική ισχύς που μπορεί να ελεγχθεί από τη κάθε μια.

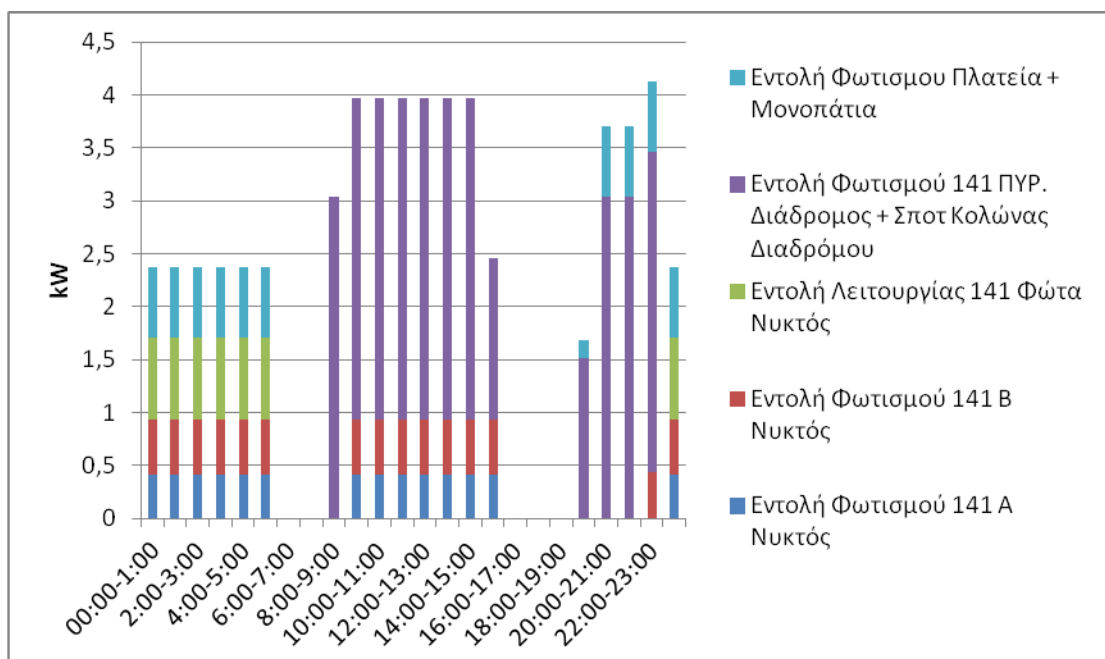
Πίνακας 5.11 Εντολές κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων Επιπέδου 141 τροφοδοτούμενες από τη ΔΕΗ και η ισχύς τους.

Εντολές Φωτισμού Επιπέδου 141	Ισχύς(Watt)
Εντολή Λειτουργίας 141 Φώτα Νυκτός	768
Εντολή Φωτισμού 141 Α Σποτ 1,2 ΔΕΗ	2280
Εντολή Φωτισμού 141 Β Σποτ 1,2 ΔΕΗ	1968
Εντολή Φωτισμού 141 ΠΥΡ. Διάδρομος + Σποτ Κολώνας Διαδρόμου	3032
Εντολή Φωτισμού 141 Α Νυκτός	416
Εντολή Φωτισμού 141 Β Νυκτός	520
Εντολή Φωτισμού Πλατεία + Μονοπάτια	666

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα διαγράμματα κατανάλωσης ισχύος ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα-Παρασκευή) και για το Σαββατοκύριακο. Να σημειώσουμε ότι Σάββατο και Κυριακή έχουμε ίδια κατανάλωση ισχύος.



Εικόνα 5.7 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα-Παρασκευή) - Επίπεδο 141.



Εικόνα 5.8 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για το Σαββατοκύριακο - Επίπεδο 141.

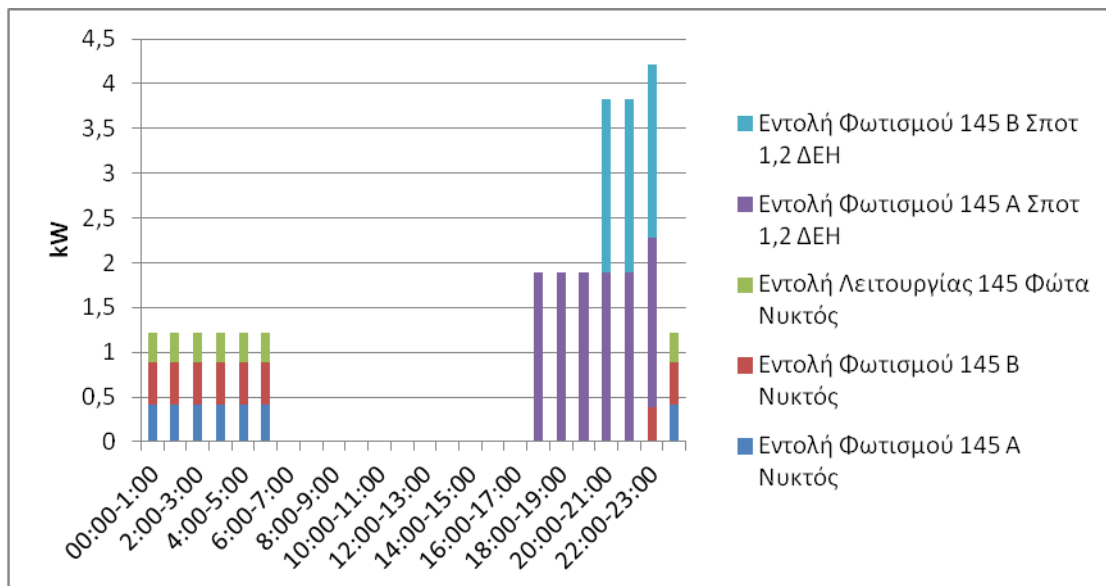
5.2.5 Φωτισμός Επιπέδου 145 (2^{ος} Όροφος)

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι εντολές φωτισμού για το επίπεδο 145 του κτιρίου Επιστημών καθώς και η συνολική ισχύς που μπορεί να ελεγχθεί από τη κάθε μια.

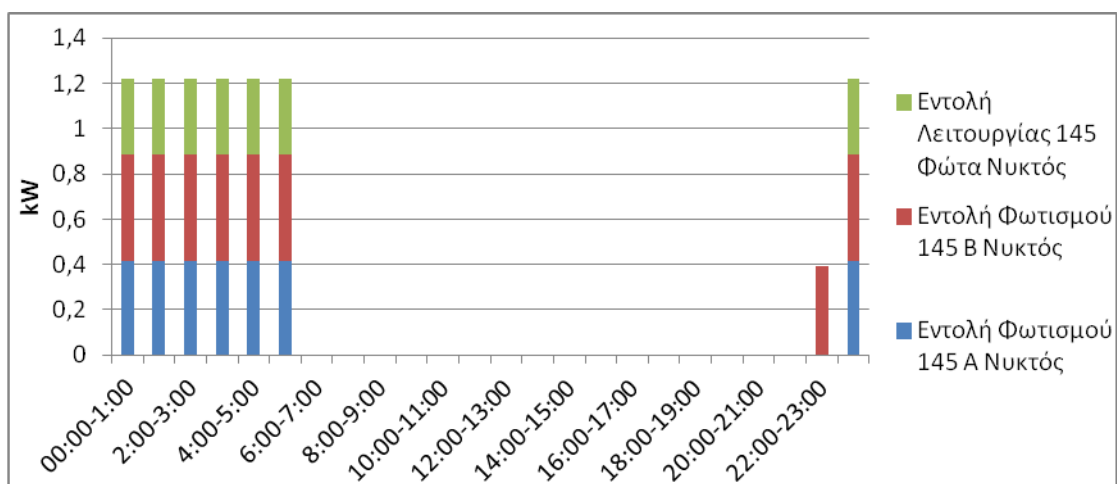
Πίνακας 5.12 Εντολές κοινόχρηστων φωτιστικών σημείων Επιπέδου 145 τροφοδοτούμενες από τη ΔΕΗ και η ισχύς τους.

Εντολές Φωτισμού Επιπέδου 145	Ισχύς(Watt)
Εντολή Φωτισμού 145 Α Σποτ 1,2 ΔΕΗ	2064
Εντολή Φωτισμού 145 Β Σποτ 1,2 ΔΕΗ	2116
Εντολή Φωτισμού 145 Α Νυκτός	416
Εντολή Φωτισμού 145 Β Νυκτός	468
Εντολή Λειτουργίας 145 Φώτα Νυκτός	336

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα διαγράμματα κατανάλωσης ισχύος ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα-Παρασκευή),και για το Σαββατοκύριακο. Να σημειώσουμε ότι Σάββατο και Κυριακή έχουμε ίδια κατανάλωση ισχύος.



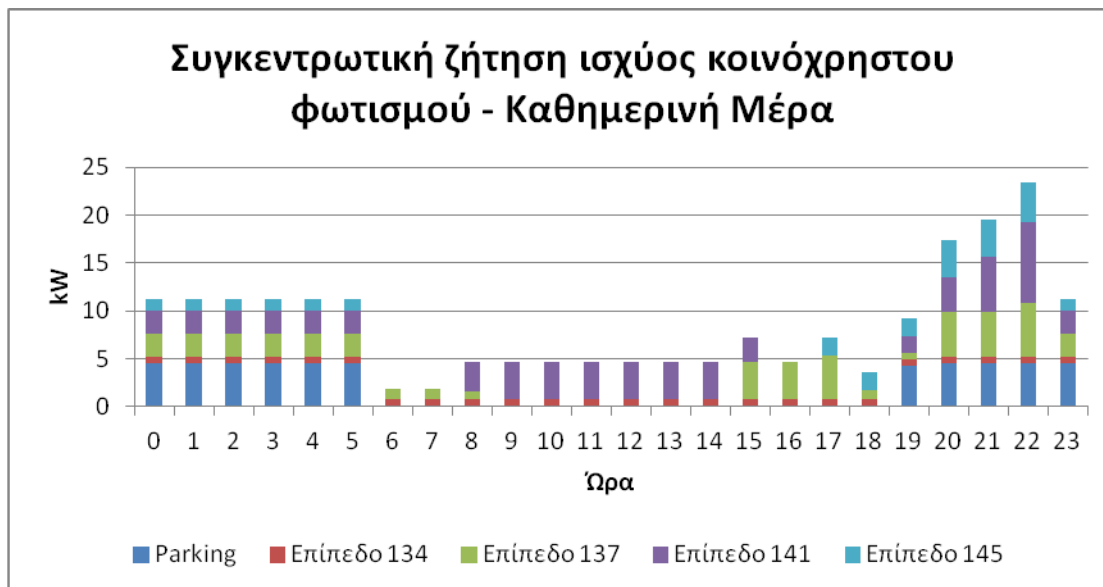
Εικόνα 5.9 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα-Παρασκευή) - Επίπεδο 145.



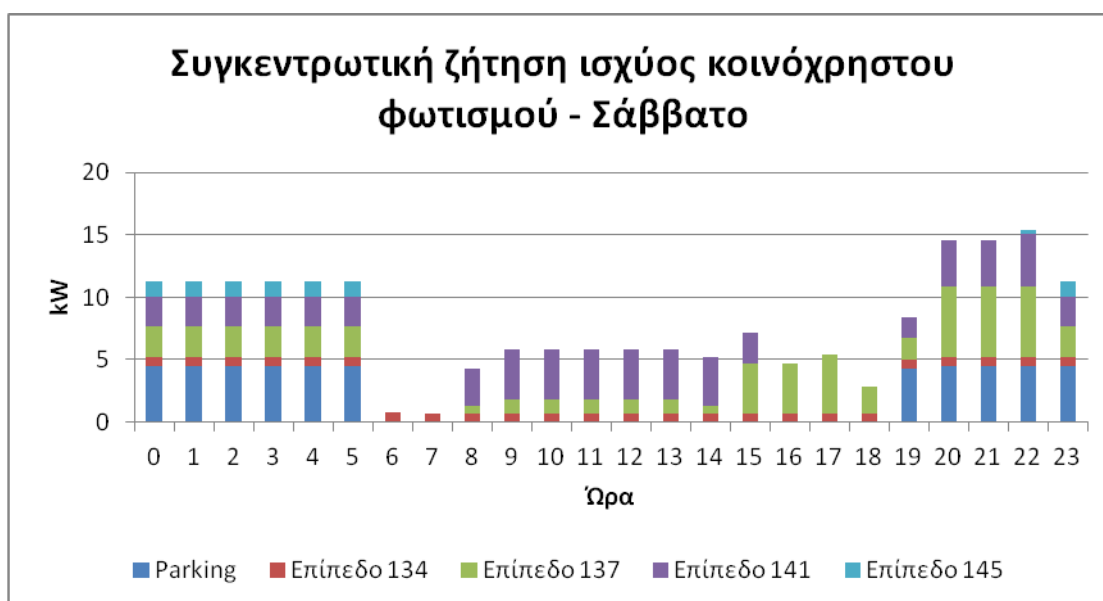
Εικόνα 5.10 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) ανά ώρα για το Σαββατοκύριακο - Επίπεδο 145.

5.2.6 Συγκεντρωτική κατανάλωση κοινόχρηστου φωτισμού.

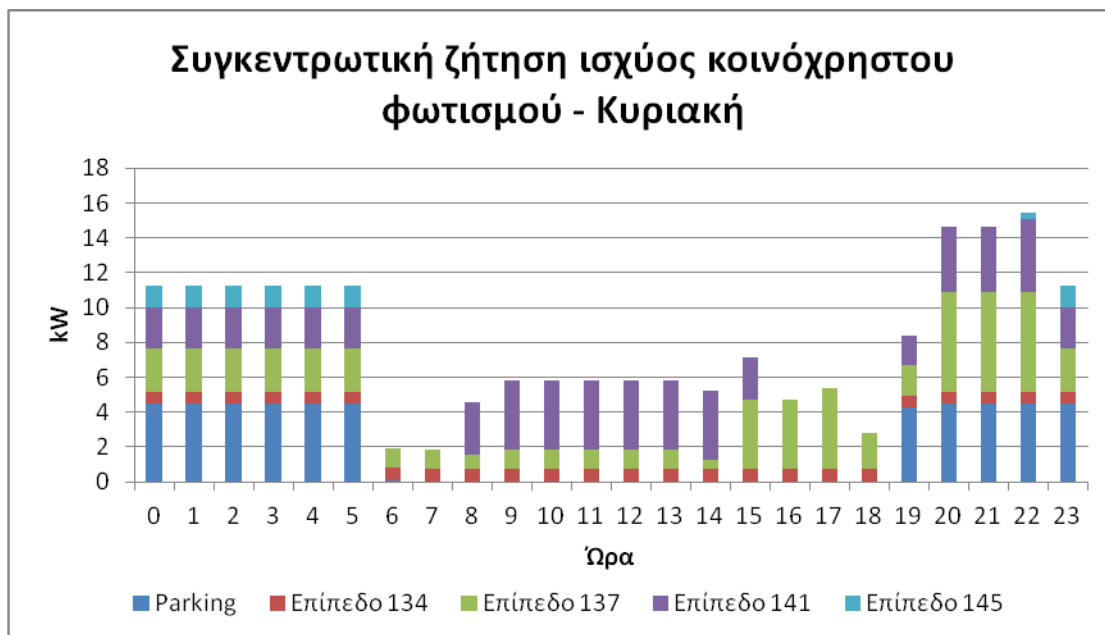
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η συνολική ζήτηση σε ισχύ του κοινόχρηστου φωτισμού ανά όροφο, για μια καθημερινή μέρα , για το Σάββατο και για τη Κυριακή.



Εικόνα 5.11 Διάγραμμα ζήτησης ισχύος κοινόχρηστου φωτισμού για μια καθημερινή μέρα.



Εικόνα 5.12 Διάγραμμα ζήτησης ισχύος κοινόχρηστου φωτισμού για το Σάββατο.



Εικόνα 5.13 Διάγραμμα ζήτησης ισχύος κοινόχρηστου φωτισμού για τη Κυριακή.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συνολική ημερήσια ζήτηση σε ενέργεια του κοινόχρηστου φωτισμού ανά όροφο αλλά και συνολικά για όλο το κτίριο για καθημερινές μέρες, Σάββατο και Κυριακή.

Πίνακας 5.13 Συνολική ημερήσια ζήτηση σε ενέργεια(kWh) κοινόχρηστου φωτισμού.

Συνολική ημερήσια ζήτηση σε ενέργεια (kWh) κοινόχρηστου φωτισμού			
	Καθημερινή	Σάββατο	Κυριακή
Parking	48,85	48,85	48,85
Επίπεδο 134	17,28	17,28	17,28
Επίπεδο 137	49,57	57,49	59,94
Επίπεδο 141	65,46	59,09	59,09
Επίπεδο 145	26,09	8,93	8,93
Σύνολο κοινόχρηστου φωτισμού	207,273	191,652	194,102

5.3 Φωτισμός Αιθουσών Διδασκαλίας και Γραμματείας τμήματος ΗΜΜΥ

Το κτίριο Επιστημών διαθέτει 5 αίθουσες διδασκαλίας των 80 ατόμων. Οι 3 αίθουσες(137Π39, 145Π42, 145Π58) βρίσκονται στον πυρήνα του κτιρίου ενώ οι άλλες 2 αίθουσες(2041, 2042) είναι εξωτερικές και βρίσκονται δίπλα στο χώρο στάθμευσης. Για κάθε μια αίθουσα υπολογίσαμε από τα σχέδια φωτισμού του κτιρίου τον ακριβή αριθμό των φωτιστικών σημείων. Οπότε πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των φωτιστικών σημείων με την ισχύ του φωτιστικού υπολογίσαμε την συνολική ισχύ φωτισμού . Να σημειώσουμε ότι οι μετρήσεις της ενότητας αυτής είναι προσωπική καταγραφή καθώς το BMS του

κτιρίου Επιστημών δε παρακολουθεί τις αίθουσες διδασκαλίας.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συνολική ισχύς φωτισμού για κάθε μια αίθουσα διδασκαλίας. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αναλυτικά τα εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα για καθεμία αίθουσα διδασκαλίας.

Πίνακας 5.14 Συνολική Ισχύς Φωτισμού ανά αίθουσα διδασκαλίας.

Αίθουσα Διδασκαλίας	Συνολική Ισχύς Φωτισμού(kW)
137Π39	1,976
145Π42	2,496
145Π58	2,548
2041	2,352
2042	2,352
Γραμματεία ΗΜΜΥ	0,936

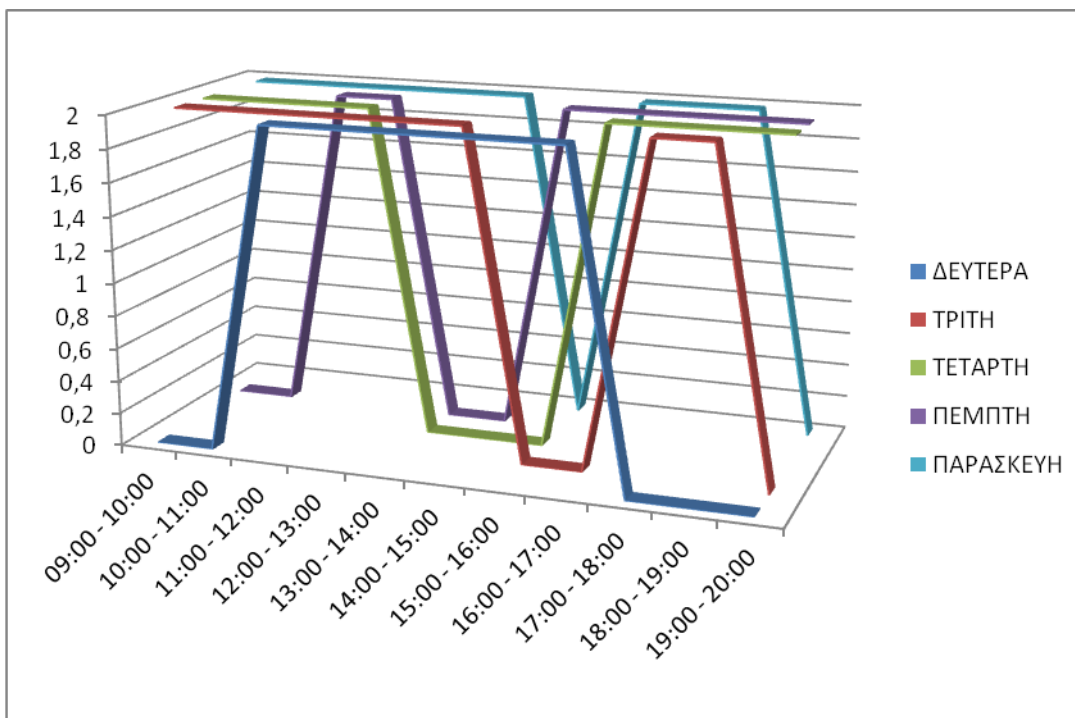
Για να υπολογίσουμε το διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για κάθε μια αίθουσα πρέπει να βρούμε το χρονικό διάστημα στο οποίο η αίθουσα βρίσκεται σε χρήση. Υπολογίσαμε τον καθημερινό χρόνο λειτουργίας κάθε αίθουσας από το ωρολόγιο πρόγραμμα μαθημάτων για κάθε εξάμηνο (χειμερινό και εαρινό). Πολλαπλασιάζοντας την ισχύ φωτισμού κάθε αίθουσας με το ποσοστό λειτουργίας της ανά ώρα υπολογίσαμε το εβδομαδιαίο διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για κάθε μια αίθουσα διδασκαλίας για το χειμερινό και το εαρινό εξάμηνο. Να σημειώσουμε ότι πρόκειται για τη μέγιστη κατανάλωση ισχύος και ότι σε κάποιες περιπτώσεις στις αίθουσες αυτές δε θα ανάβουνε όλα τα φώτα και πολύ περισσότερο στις εξωτερικές αίθουσες(2041,2041) που έχουνε και αίθριο.

Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζονται οι πίνακες με τον αριθμό των διακοπών ανά αίθουσα , τον αριθμό των φωτιστικών σημείων που ελέγχει κάθε διακόπτης καθώς και η αντίστοιχη κατανάλωση ισχύος. Επίσης παρουσιάζονται τα διαγράμματα κατανάλωσης ισχύος ανά αίθουσα και εξάμηνο.

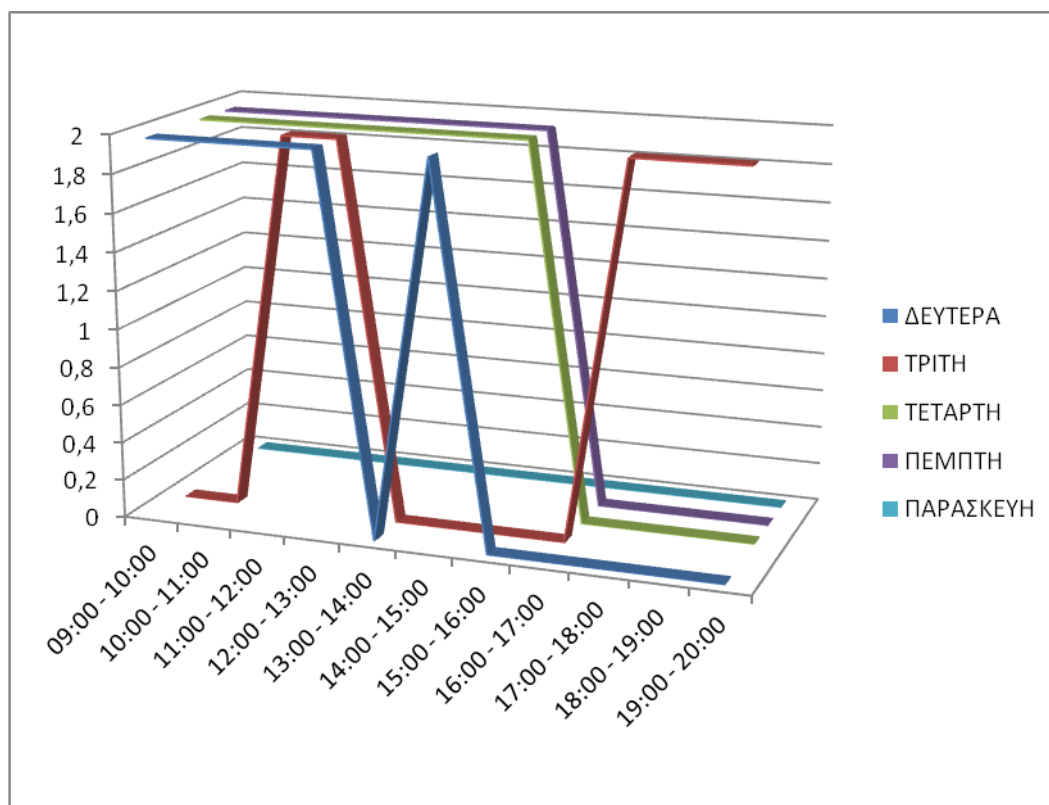
5.3.1 Αίθουσα διδασκαλίας 137Π39

Πίνακας 5.15 Αριθμός φωτιστικών σημείων και κατανάλωση ανά διακόπτη για την αίθουσα 137Π39.

Διακόπτες φωτιστικών σημείων αίθουσας 137Π39		
Αριθμός διακόπτη	Αριθμός φωτιστικών σημείων ανά διακόπτη	Κατανάλωση ισχύος(kW) ανά διακόπτη
1	4	0,208
2	17	0,884
3	17	0,884



Εικόνα 5.14 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 137Π39 για το χειμερινό εξάμηνο 2011-2012.

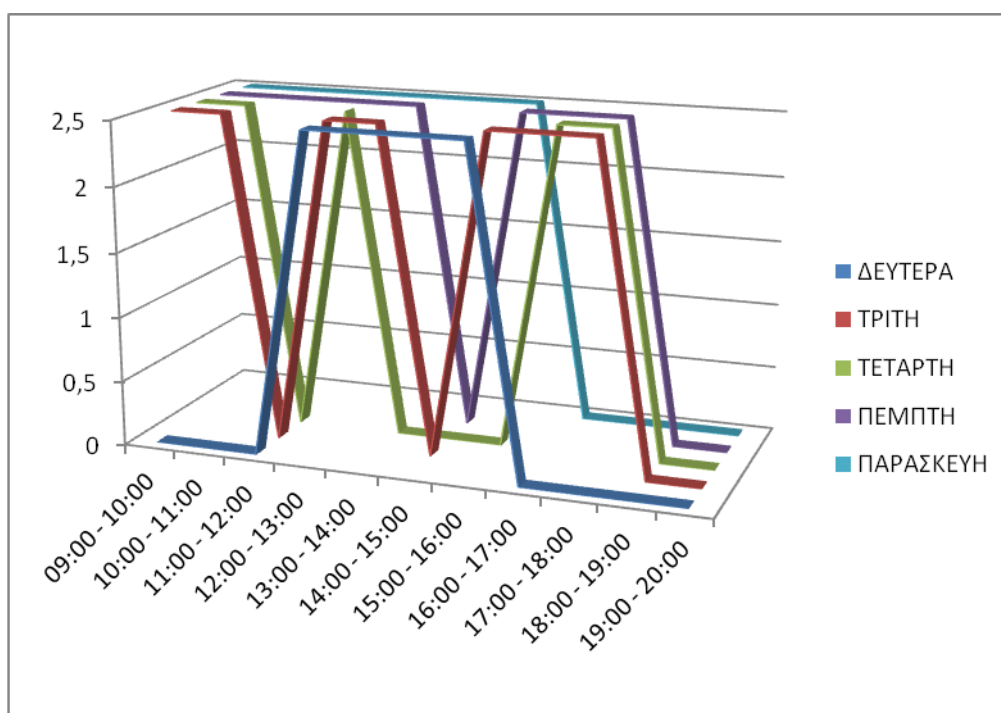


Εικόνα 5.15 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 137Π39 για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

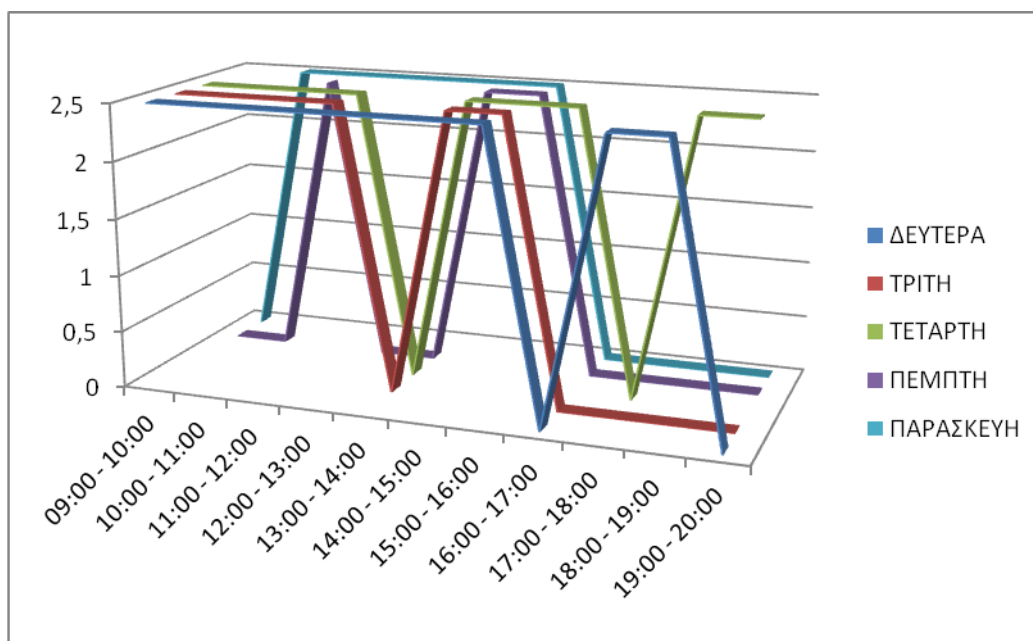
5.3.2 Αίθουσα διδασκαλίας 145Π42

Πίνακας 5.16 Αριθμός φωτιστικών σημείων και κατανάλωση ανά διακόπτη για την αίθουσα 145Π42.

Διακόπτες φωτιστικών σημείων αίθουσας 145Π42		
Αριθμός διακόπτη	Αριθμός φωτιστικών σημείων ανά διακόπτη	Κατανάλωση ισχύος(kW) ανά διακόπτη
1	20	1,04
2	15	0,78
3	13	0,676



Εικόνα 5.16 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 145Π42 για το χειμερινό εξάμηνο 2011-2012.

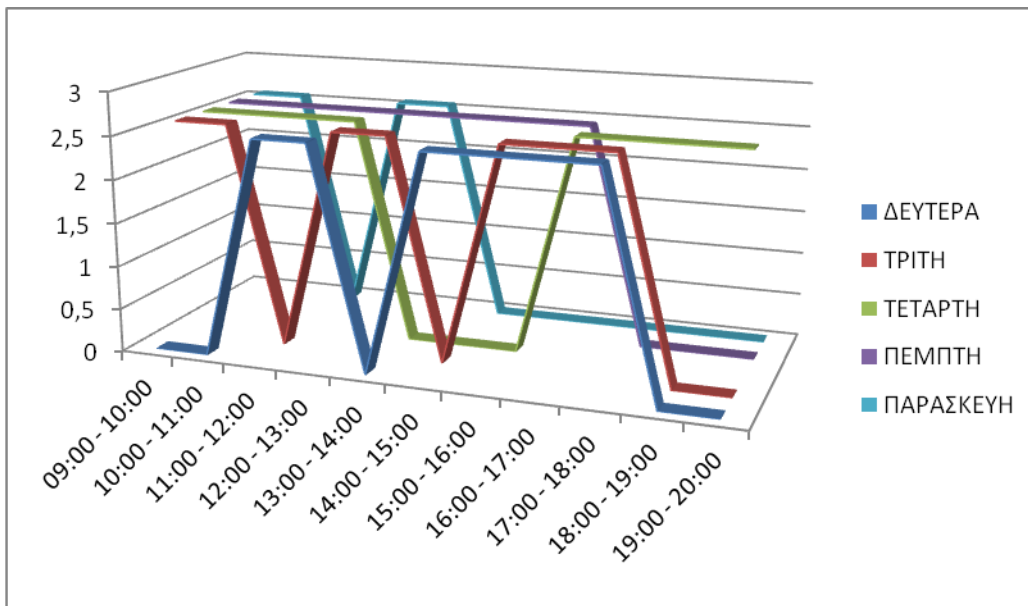


Εικόνα 5.17 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 145Π42 για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

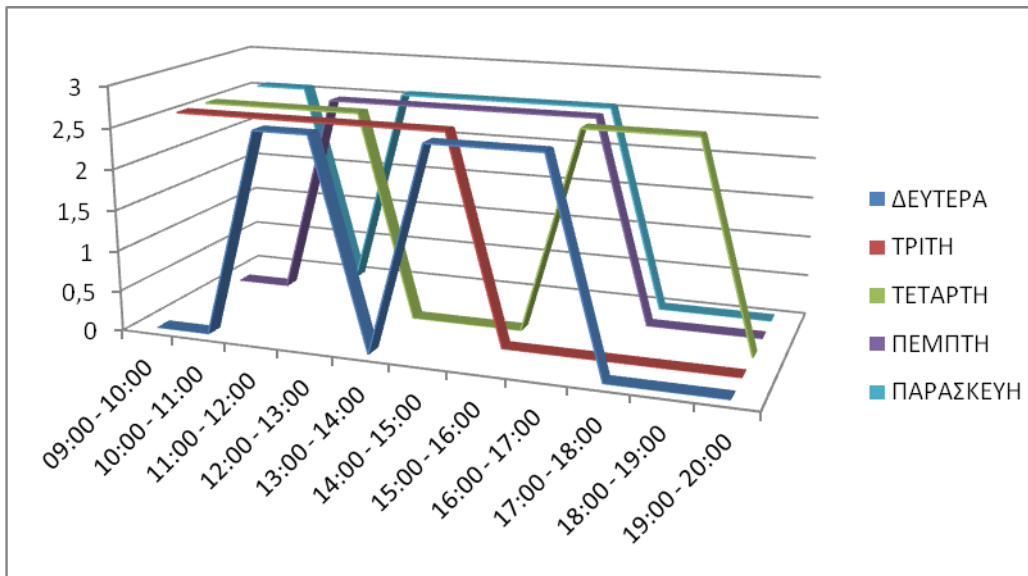
5.3.3 Αίθουσα διδασκαλίας 145Π58

Πίνακας 5.17 Αριθμός φωτιστικών σημείων και κατανάλωση ανά διακόπτη για την αίθουσα 145Π58.

Διακόπτες φωτιστικών σημείων αίθουσας 145Π58		
Αριθμός διακόπτη	Αριθμός φωτιστικών σημείων ανά διακόπτη	Κατανάλωση ισχύος(kW) ανά διακόπτη
1	20	1,04
2	20	1,04
3	9	0,468



Εικόνα 5.18 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 145Π58 για το χειμερινό εξάμηνο 2011-2012.

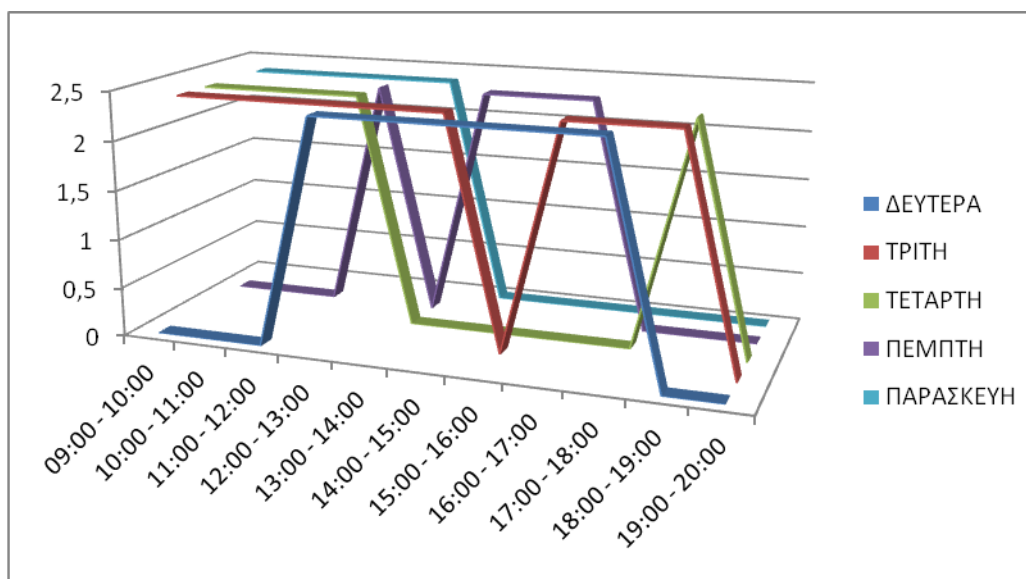


Εικόνα 5.19 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 145Π58 για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

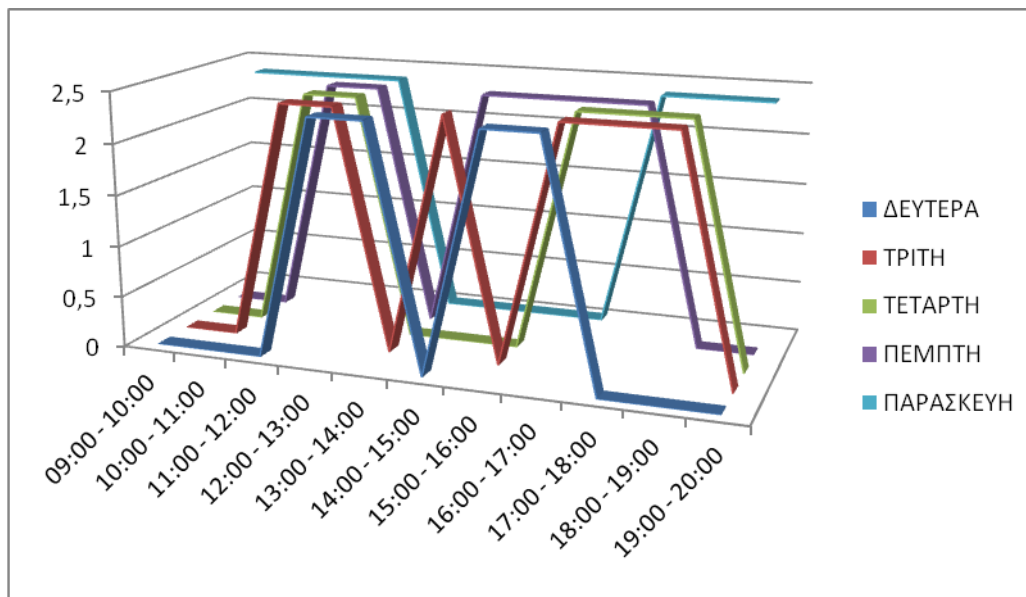
5.3.4 Αίθουσα διδασκαλίας 2041(Εξωτερική Αίθουσα)

Πίνακας 5.18 Αριθμός φωτιστικών σημείων και κατανάλωση ανά διακόπτη για την αίθουσα 2041.

Διακόπτες φωτιστικών σημείων αίθουσας 2041		
Αριθμός διακόπτη	Αριθμός φωτιστικών σημείων ανά διακόπτη	Κατανάλωση ισχύος(kW) ανά διακόπτη
1	10	0,84
2	6	0,504
3	7	0,588
4	5	0,42



Εικόνα 5.20 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 2041 για το χειμερινό εξάμηνο 2011-2012.

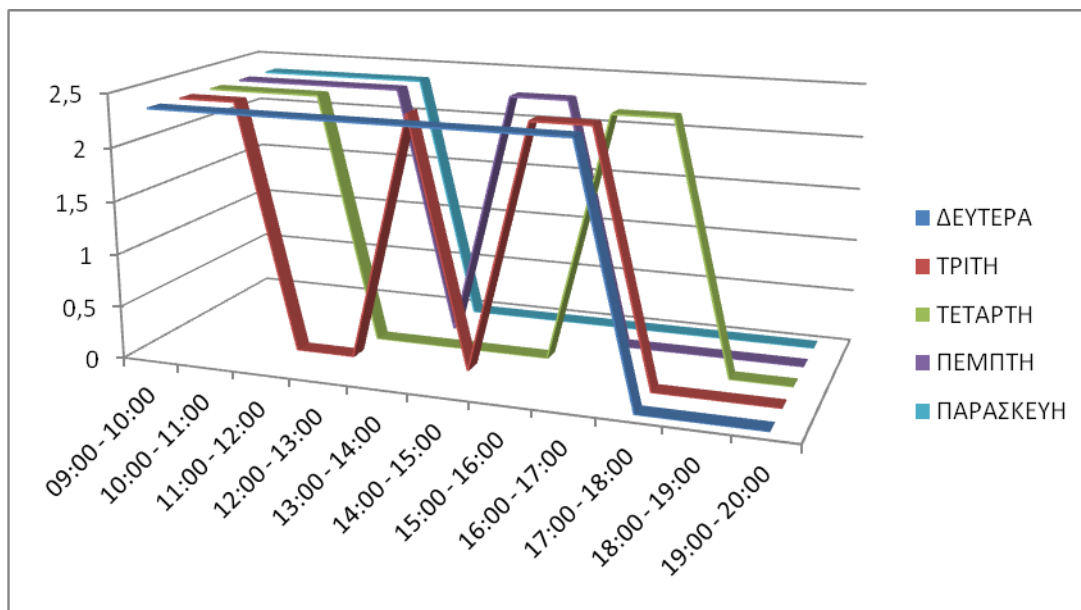


Εικόνα 5.21 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 2041 για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

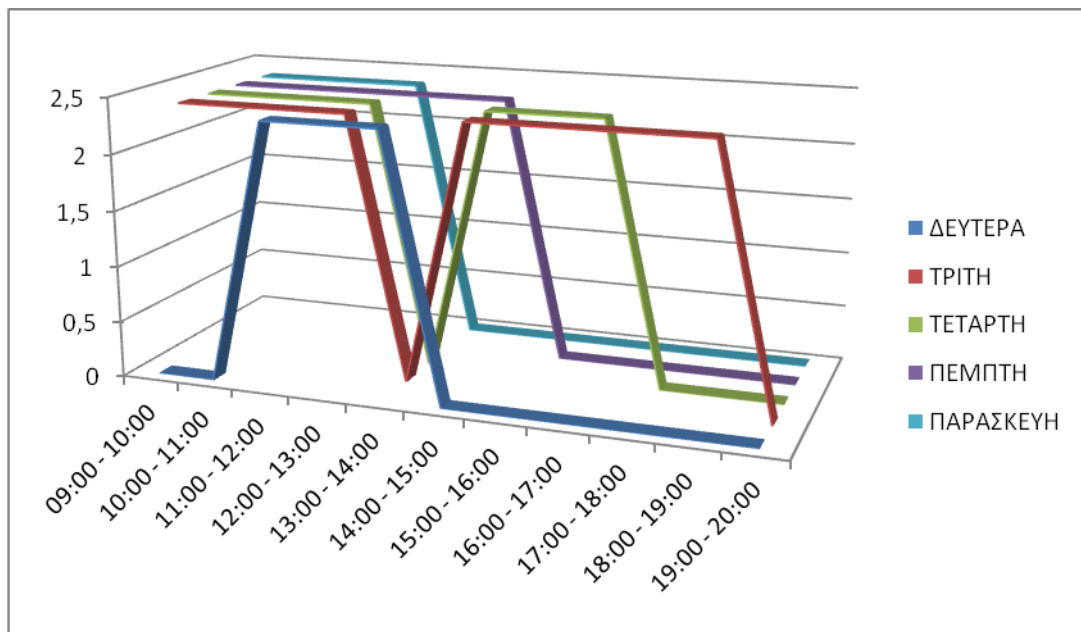
5.3.5 Αίθουσα διδασκαλίας 2042(Εξωτερική Αίθουσα)

Πίνακας 5.19 Αριθμός φωτιστικών σημείων και κατανάλωση ανά διακόπτη για την αίθουσα 2042.

Διακόπτες φωτιστικών σημείων αίθουσας 2042		
Αριθμός διακόπτη	Αριθμός φωτιστικών σημείων ανά διακόπτη	Κατανάλωση ισχύος(kW) ανά διακόπτη
1	10	0,84
2	6	0,504
3	7	0,588
4	5	0,42



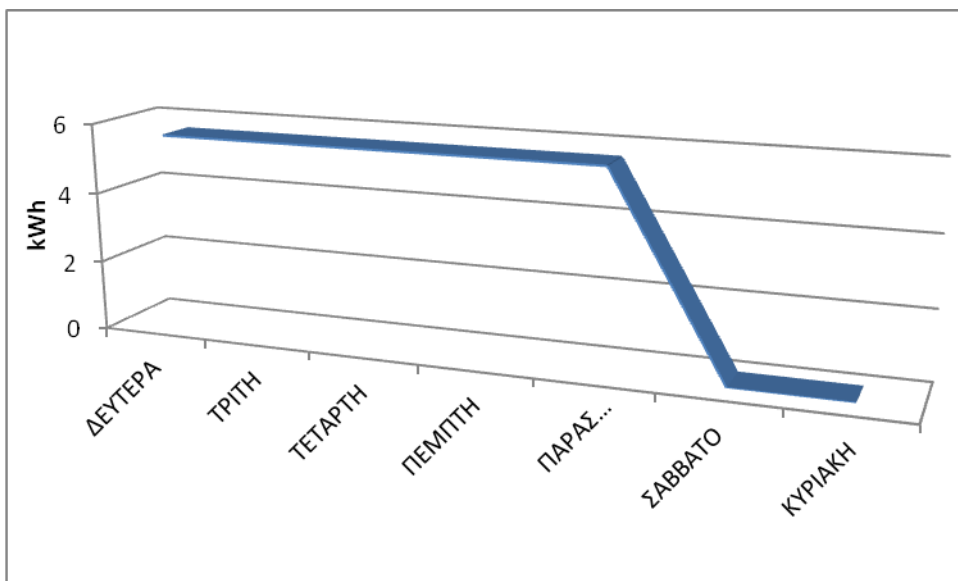
Εικόνα 5.22 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 2042 για το χειμερινό εξάμηνο 2011-2012.



Εικόνα 5.23 Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος(kW) σε φωτισμό της αίθουσας 2042 για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

5.3.6 Γραμματεία ΗΜΜΥ

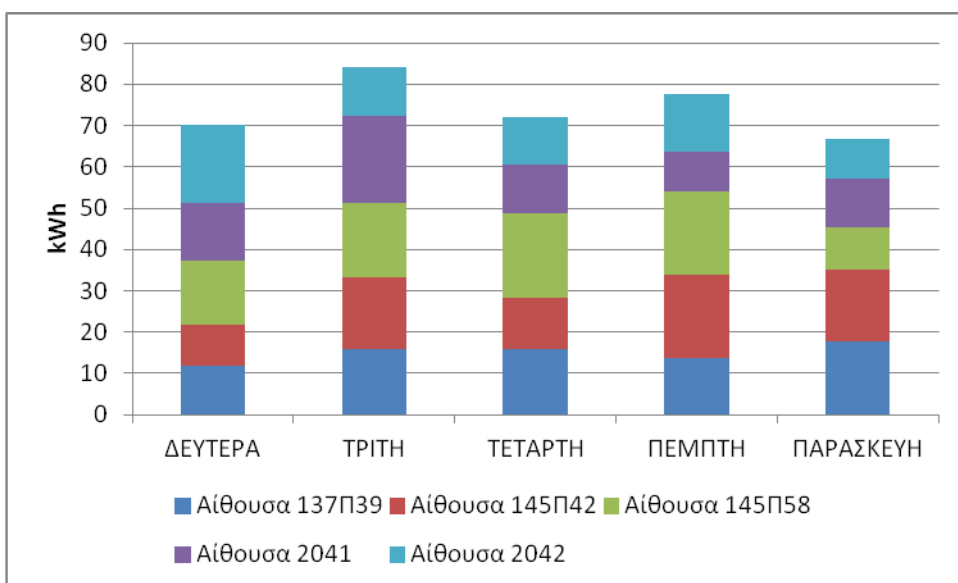
Η γραμματεία του τμήματος ΗΜΜΥ βρίσκεται στο επίπεδο 141 , στο πυρήνα του κτιρίου Επιστημών και καλύπτει τις αίθουσες:141.Π39 , 141.Π40 και 141.Π41. Η γραμματεία λειτουργεί καθημερινά από τις 9:00 το πρωί μέχρι τις 15:00 το μεσημέρι. Η καθημερινή ζήτηση σε ενέργεια για το φωτισμό των αιθουσών της γραμματείας είναι 5,626 kWh.



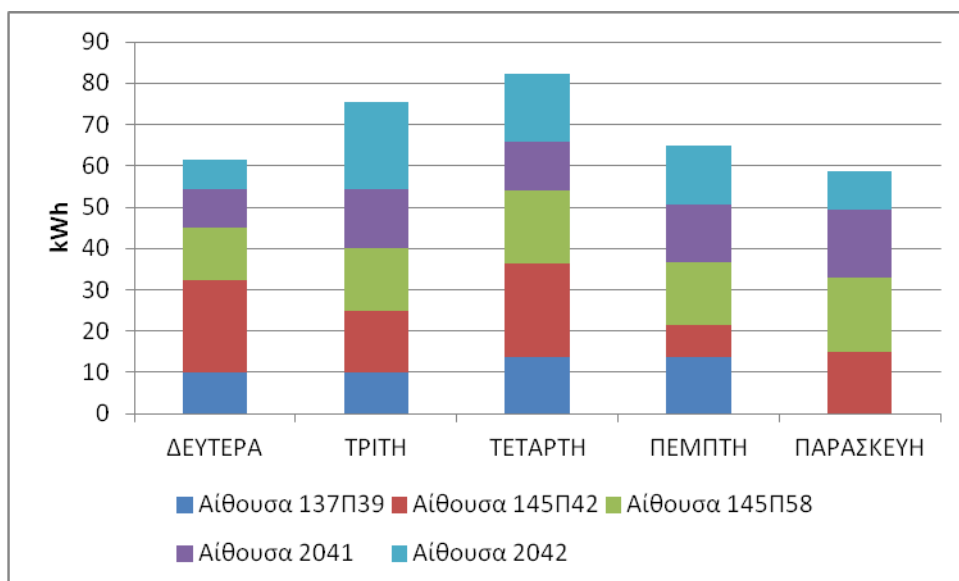
Εικόνα 5.24 Διάγραμμα εβδομαδιαίας ζήτησης σε ενέργεια(kWh) για το φωτισμό της Γραμματείας του ΗΜΜΥ .

5.3.7 Συγκεντρωτική Κατανάλωση Αιθουσών Διδασκαλίας

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η συνολική ζήτηση σε ενέργεια για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας μιας τυπικής εβδομάδας , για το χειμερινό και εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2011-2012.



Εικόνα 5.25 Συνολική ζήτηση σε ενέργεια(kWh) για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας για το χειμερινό Εξάμηνο 2011-2012.



Εικόνα 5.26 Συνολική ζήτηση σε ενέργεια(kWh) για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

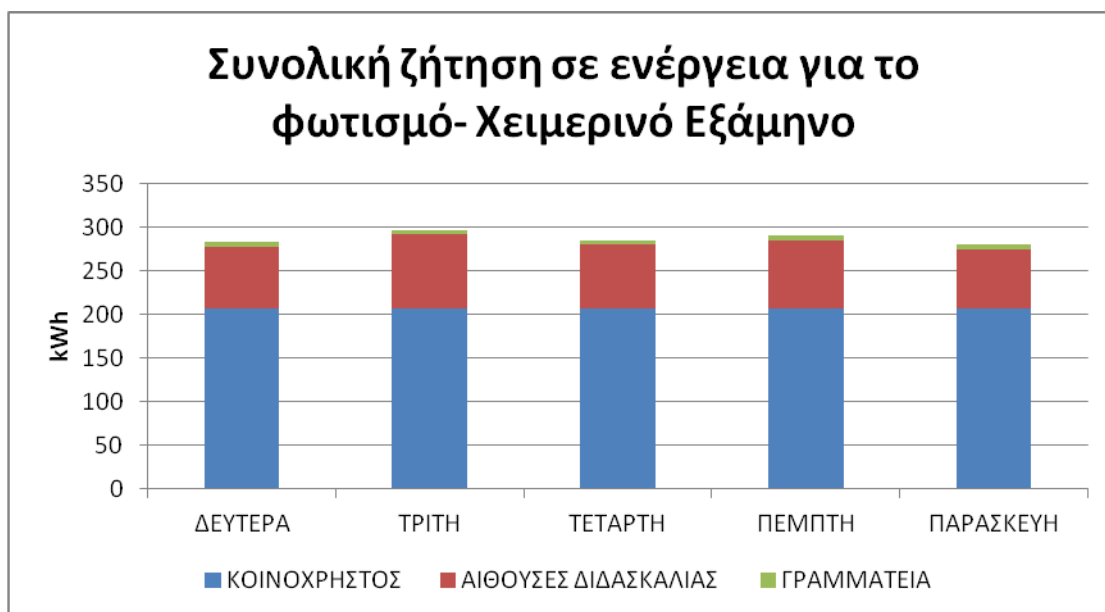
Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συνολική ζήτηση σε ενέργεια του φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας ανά αίθουσα αλλά και συνολικά για όλο το κτίριο Επιστημών για μια τυπική εβδομάδα(Δευτέρα - Παρασκευή).

Πίνακας 5.20 Συνολική ζήτηση(kWh) σε ενέργεια για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας.

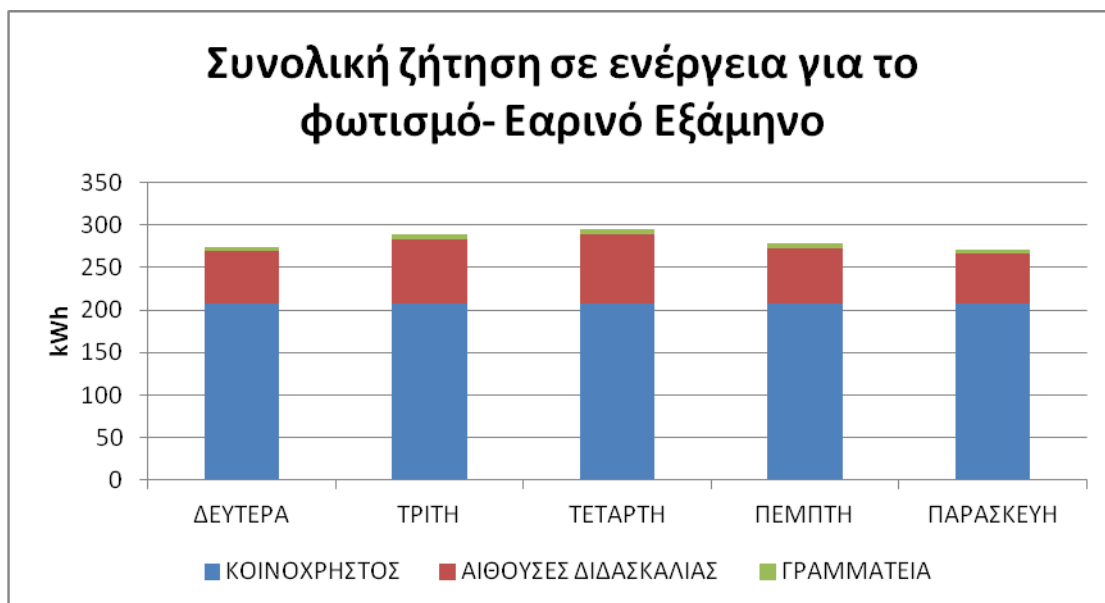
Συνολική ζήτηση(kWh) σε ενέργεια του φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας		
Ακαδημαϊκό έτος 2011-2012	Χειμερινό Εξάμηνο	Εαρινό Εξάμηνο
Αίθουσα 137Π39	75,088	47,424
Αίθουσα 145Π42	77,376	82,368
Αίθουσα 145Π58	84,084	78,988
Αίθουσα 2041	68,208	65,856
Αίθουσα 2042	65,856	68,208
Σύνολο αιθουσών διδασκαλίας	370,612	342,844

5.4 Συγκεντρωτική κατανάλωση φωτισμού (Κοινόχρηστοι χώροι, Αίθουσες, Γραμματεία)

Στη παράγραφο αυτή συγκεντρώσαμε σε γράφημα και σε πίνακα τη συνολική ζήτηση σε ενέργεια για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών για μια τυπική εβδομάδα(Δευτέρα-Παρασκευή). Στο γράφημα περιλαμβάνεται η ζήτηση σε ενέργεια για το κοινόχρηστο φωτισμό, για της αίθουσες διδασκαλίας και για τη γραμματεία.



Εικόνα 5.27 Συνολική ζήτηση σε ενέργεια (kWh) για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών για το χειμερινό εξάμηνο 2011-2012.



Εικόνα 5.28 Συνολική ζήτηση σε ενέργεια (kWh) για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών για το εαρινό εξάμηνο 2011-2012.

Πίνακας 5.21 Αναλυτικά η ζήτηση(kWh) σε ενέργεια για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών κατά το χειμερινό εξάμηνο.

Συνολική ζήτηση σε ενέργεια(kWh) για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών- Χειμερινό Εξάμηνο						
	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Κοινόχρηστος φωτισμός	207,27	207,27	207,27	207,27	207,27	1036,36
Αίθουσες Διδασκαλίας	70,05	84,04	72,19	77,7	66,61	370,61
Γραμματεία	5,62	5,62	5,626	5,62	5,62	28,13
ΣΥΝΟΛΟ	282,95	296,94	285,09	290,6	279,51	1435,1

Πίνακας 5.22 Αναλυτικά η ζήτηση(kWh) σε ενέργεια για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών κατά το χειμερινό εξάμηνο.

Συνολική ζήτηση σε ενέργεια(kWh) για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών- Εαρινό Εξάμηνο						
	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΥΝΟΛΟ
Κοινόχρηστος φωτισμός	207,27	207,27	207,27	207,27	207,27	1036,36
Αίθουσες Διδασκαλίας	61,54	75,52	82,35	64,83	58,68	342,94
Γραμματεία	5,62	5,62	5,62	5,62	5,62	28,13
ΣΥΝΟΛΟ	274,44	288,42	295,25	277,73	271,58	1407,43

Να σημειώσουμε ότι η γραμματεία και οι αίθουσες διδασκαλίας δεν λειτουργούν το σαββατοκύριακο. Σε λειτουργία βρίσκεται μόνο ο κοινόχρηστος φωτισμός. Επομένως η συνολική ζήτηση σε ενέργεια για το φωτισμό του κτιρίου Επιστημών το σαββατοκύριακο αντιστοιχεί στη συνολική ζήτηση για το κοινόχρηστο φωτισμό το σαββατοκύριακο. Η συνολική ζήτηση σε ενέργεια του κοινόχρηστου φωτισμού για το Σάββατο και τη Κυριακή παρουσιάζεται στη παράγραφο [5.2.6](#).

5.5 Σύνοψη – Συμπεράσματα

- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών σημείων του κτιρίου Επιστημών είναι 174,128 kW. Να σημειώσουμε ότι δεν συμπεριλαμβάνεται η ισχύς των μαγνητικών ballast και η παρασιτική τους ισχύ.
- Τα φωτιστικά σημεία του κτιρίου Επιστημών διακρίνονται σε 3 κατηγορίες. Στο **κοινόχρηστο φωτισμό**, στο **φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας** και στο **φωτισμό γραφείων-εργαστηρίων**.
- Στο κοινόχρηστο φωτισμό ανήκουν τα φωτιστικά σημεία που βρίσκονται: στους **διαδρόμους**, στους **χώρους στάθμευσης** και **εξωτερικά του κτιρίου**. Επίσης στο κοινόχρηστο φωτισμό ανήκουν τα **φωτιστικά σημεία νυκτός** και τα **εφεδρικά φωτιστικά σημεία**.
- Μέσω του BMS του κτιρίου Επιστημών παρακολουθούμε και ελέγχουμε μόνο το κοινόχρηστο φωτισμό. Επίσης ενημερωνόμαστε για τυχόν βλάβες που μπορεί να υπάρχουν σε διάφορα φωτιστικά σημεία.
- Τη μεγαλύτερη ημερήσια ζήτηση σε ενέργεια για το κοινόχρηστο φωτισμό ανά μέρα τις καθημερινές έχει το επίπεδο 141(1^{ος} όροφος) με 65,46 kWh. Ακολουθεί το επίπεδο 137(Ισόγειο) με 49,57 kWh, το Parking με 48,85 kWh και το επίπεδο 145 με 26,09 kWh. Τη μικρότερη ζήτηση έχει το επίπεδο 134(Υπόγειο) με 17,28 kWh.
- Το Σάββατο και τη Κυριακή η ζήτηση σε ενέργεια για το επίπεδο 137(Ισόγειο) αυξάνεται κατά 16%, ενώ για το επίπεδο 141(1^{ος} όροφος) και το επίπεδο 145(2^{ος} όροφος) μειώνεται κατά 10% και 60% αντίστοιχα. Η ζήτηση για το Parking και το υπόγειο παραμένει σταθερή.
- Η συνολική ζήτηση σε ενέργεια για το κοινόχρηστο φωτισμό ανά μέρα τις καθημερινές είναι 207,273 kWh. Το Σάββατο και τη Κυριακή η ζήτηση μειώνεται κατά 7% σε σχέση με τις καθημερινές.
- Το κτίριο Επιστημών διαθέτει 5 αίθουσες διδασκαλίας οι οποίες όμως δεν παρακολουθούνται από το BMS. Η ζήτηση σε ενέργεια για το φωτισμό των αιθουσών καθημερινά με βάση το ημερήσιο πρόγραμμα τους είναι το πολύ 75 kWh.
- Μεγαλύτερη ζήτηση σε ενέργεια έχουν οι 3 αίθουσες που βρίσκονται στο πυρήνα του κτιρίου (137Π39, 145Π42, 145Π58) με ζήτηση 16 kWh η καθεμία καθημερινά και ακολουθούν οι 2 εξωτερικές αίθουσες (2041,2042) με 13 kWh.
- Το σαββατοκύριακο βρίσκεται σε λειτουργία μόνο ο κοινόχρηστος φωτισμός. Υπάρχουν βέβαια σπάνιες περιπτώσεις όπου λειτουργούν κάποιες αίθουσες διδασκαλίας για αναπληρώσεις μαθημάτων ή παρουσιάσεις.
- Ο φωτισμός των γραφείων - εργαστηρίων δεν παρακολουθείται από το BMS και παρόλο που έχουμε στοιχεία για την ισχύ των φωτιστικών σημείων δε μπορούμε να γνωρίζουμε πότε αυτά λειτουργούν και πότε όχι.

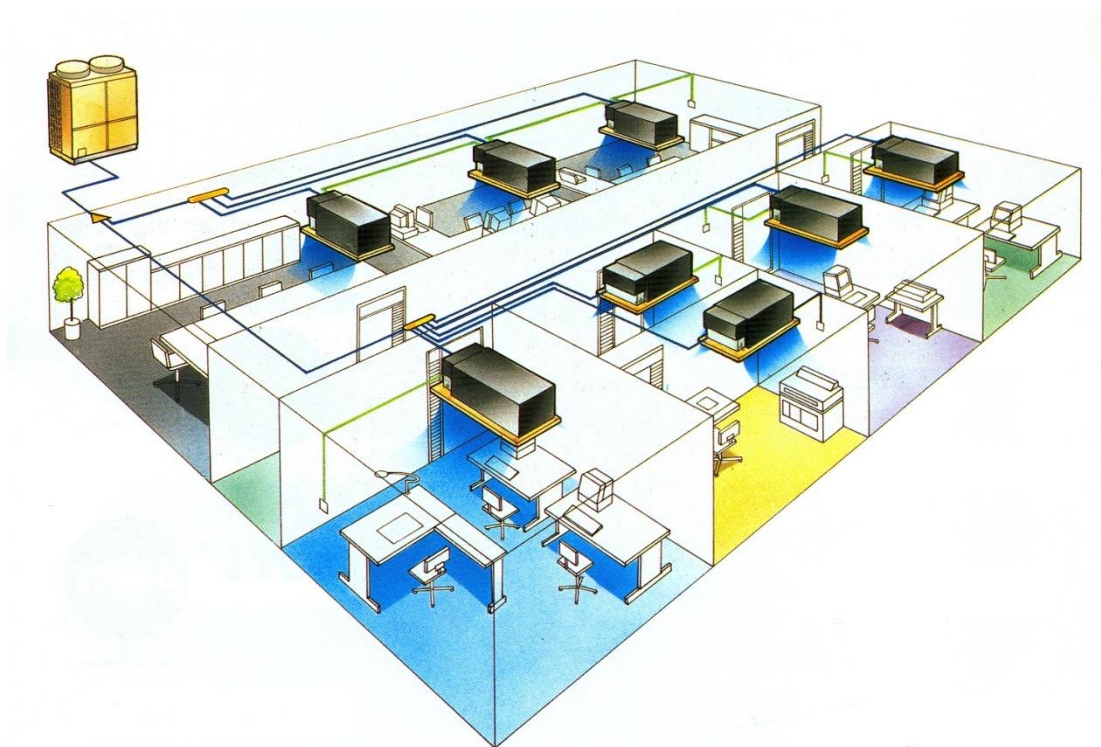
Κεφάλαιο 6 – Σύστημα κλιματισμού VRV κτιρίου Επιστημών

6.1 Σύστημα Κλιματισμού VRV

Τα συστήματα κλιματισμού VRV - VRF είναι συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου για θέρμανση και ψύξη χώρων. VRV(variable refrigerant volume) και VRF(variable refrigerant flow) είναι ονομασίες που αναφέρονται στην ίδια τεχνολογία ανάλογα με το κατασκευαστή του κλιματιστικού συστήματος. Το σύστημα κλιματισμού VRV περιλαμβάνει μία ή περισσότερες εξωτερικές μονάδες – αντλίες θερμότητας οι οποίες μπορούν να συνδεθούν με πολλαπλές εσωτερικές μονάδες μέσω ενός κεντρικού δικτύου πολλαπλών σωληνώσεων. Στο σύστημα κυκλοφορεί ψυκτικό υπό μορφή αερίου και υγρού το οποίο χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς θερμότητας βάσει του μικτού κύκλου του μοντέλου αντλίας θερμότητας.

Τα συστήματα αυτά έχουν:

- υψηλή απόδοση σε σχέση με τα συμβατικά κλιματιστικά.
- εύκολη εγκατάσταση.
- εξυπηρετούν μεγάλες αποστάσεις.
- μπορούν να εξυπηρετήσουν πολύ αποδοτικά, μεταβλητά φορτία.



Εικόνα 6.1 Σύστημα VRV (Variable Refrigerated Volume)¹⁴.

6.1.1 Τεχνολογία Inverter

Ο inverter (επίσης μετατροπέας ή αντιστροφέας) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, που μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Ο inverter είναι δυνατόν να υπάρχει ως αυτόνομη ηλεκτρονική συσκευή, ή ως βαθμίδα άλλης ηλεκτρονικής συσκευής.

Τα κλιματιστικά μηχανήματα ανήκουν στις πλέον ενεργοβόρες οικιακές συσκευές, και ως συνέπεια το βασικότερο ζητούμενο είναι η οικονομική λειτουργία, αλλά και η αθόρυβη παράλληλα λειτουργία. Στις απαιτήσεις αυτές ανταποκρίνεται η τεχνολογία inverter η

οποία είναι ενσωματωμένη στην εξωτερική μονάδα.

Σε ένα συμβατικό κλιματιστικό εάν ρυθμίσουμε τη θερμοκρασία π.χ. στους 25 βαθμούς θα αρχίσει να λειτουργεί με σταθερό αριθμό στροφών και όταν επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο θα κλείσει αυτόματα. Μόλις η θερμοκρασία ανέβει το κλιματιστικό θα επανέλθει σε λειτουργία κ.ο.κ. Αυτό έχει ως συνέπεια υψηλή ενεργειακή κατανάλωση λόγω των συνεχών μεταβολών της θερμοκρασίας, ενώ και ο θόρυβος είναι γενικά αυξημένος.

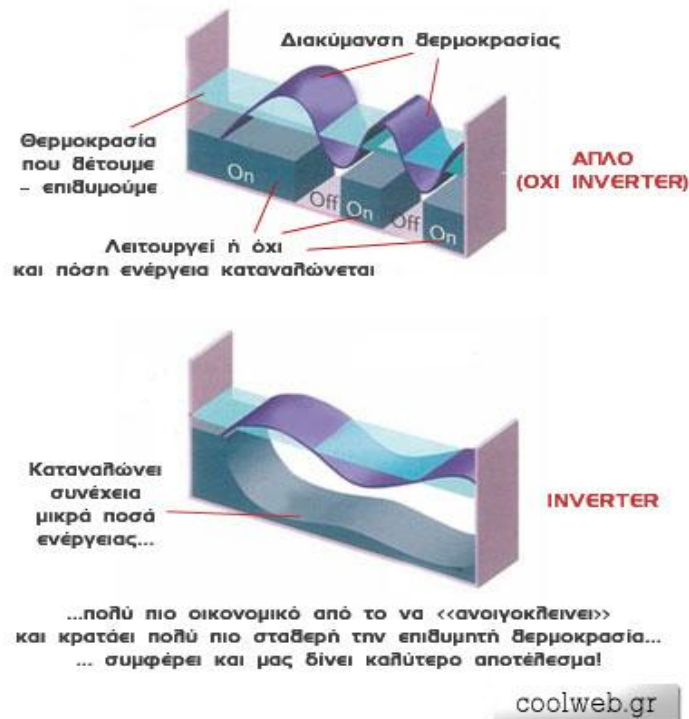
Αντίθετα ένα κλιματιστικό με τεχνολογία Inverter έχει την δυνατότητα λειτουργίας με μεταβαλλόμενο αριθμό στροφών, ανάλογα με την συχνότητα που δέχεται ο κινητήρας του, μεταβάλλοντας έτσι τη ροή του ψυκτικού μέσου freon.

Το αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου και τη διαβιβάζει στο σύστημα ελέγχου - αυτοματισμού της μονάδας που δίνει οδηγίες στο σύστημα Inverter με την επιλογή κατάλληλης συχνότητας.

Το σύστημα Inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του συμπιεστή του κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία του χώρου, δηλαδή μεταβάλλει την ψυκτική/θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες (πολλές στροφές συμπιεστή) όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες (λίγες στροφές συμπιεστή) όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Το Inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών στο συμπιεστή που έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή της ροής του ψυκτικού μέσου freon.

Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί, το Inverter ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του. Μια χαμηλής ισχύος λειτουργία του κλιματιστικού στα 30Hz, διατηρεί άνετη θερμοκρασία, αντίθετα με τις συμβατικές μονάδες που ξοδεύουν πρόσθετη ισχύ με τη επαναλαμβανόμενη ON-OFF λειτουργία τους στα 50Hz.

Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στη τεχνολογία Inverter και ενός συμβατικού κλιματιστικού είναι επίσης η ισχύς κατά την εκκίνηση. Στα παρακάτω διαγράμματα βλέπουμε τη διαφορά στη λειτουργία ανάμεσα σε ένα συμβατικό κλιματιστικό και σε ένα κλιματιστικό με τεχνολογία inverter.



Εικόνα 6.2 Διαγράμματα λειτουργίας ενός απλού (non-inverter) κλιματιστικού και ενός κλιματιστικού με τεχνολογία inverter¹⁵.

6.1.2 Συστήματα κλιματισμού VRV με τεχνολογία Inverter

Μια εγκατάσταση θέρμανσης - ψύξης χώρων με VRV αποτελείται από:

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

Η λειτουργία του συστήματος κλιματισμού VRV στηρίζεται στην δυνατότητα του Inverter συμπιεστή για τον οποίο αναφερθήκαμε στη προηγούμενη παράγραφο, να λειτουργεί με μεταβαλλόμενο αριθμό στροφών ανάλογα με τις απαιτήσεις των χώρων. Μια ηλεκτρονική θερμοεκτονωτική βαλβίδα προσαρμόζει συνεχώς τον όγκο του ψυκτικού υγρού στις μεταβολές του φορτίου των εσωτερικών μονάδων. Δηλαδή το σύστημα VRV με μία εξωτερική μονάδα επιτρέπει σε κάθε ζώνη ή χώρο να κλιματίζεται ανεξάρτητα, καταναλώνοντας ενέργεια μόνο για εκείνους τους χώρους των οποίων οι εσωτερικές μονάδες βρίσκονται σε λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι αν μία μόνο από τις εσωτερικές μονάδες του συστήματος, χρειαστεί να λειτουργήσει, θα τεθεί σε λειτουργία μόνο αυτή, με την εξωτερική μονάδα να προσαρμόζει απόλυτα την απόδοση και κατανάλωσή της στο μέγεθος αυτής της εσωτερικής. Εντυπωσιακό, αν αναλογιστεί κανείς ότι αυτή η ίδια εξωτερική μονάδα, μπορεί την άλλη στιγμή να εξυπηρετεί περισσότερες από 60 εσωτερικές μονάδες!

Αξίζει επίσης να αναφέρουμε ότι το σύστημα ανάκτησης θερμότητας του VRV επιτρέπει την ίδια χρονική στιγμή, κάποιες μονάδες να λειτουργούν σε θέρμανση και κάποιες σε ψύξη, με σημαντική μάλιστα οικονομία στη λειτουργία.

Έτσι με την ακριβή ρύθμιση της απόδοσης σε σχέση με τις διακυμάνσεις του φορτίου εξοικονομείται ενέργεια αφού αποφεύγεται η ψύξη και η θέρμανση που πλεονάζει και βελτιώνεται η ποιότητα του κλιματισμού με την διατήρηση σχεδόν σταθερής της θερμοκρασίας στους κλιματιζόμενους χώρους. Υπολογίζεται ότι για λειτουργία του συστήματος στο 50% του φορτίου, επιτυγχάνεται με το σύστημα VRV, εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 40% περίπου έναντι ενός συμβατικού συστήματος.

Τα συστήματα VRV όπως αναφέραμε και πριν, έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης πολλών εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική μονάδα. Ακόμα έχουν τη δυνατότητα για γραμμικό έλεγχο απόδοσης μέσω συμπιεστών Inverter 10-100% και δυνατότητα ανάπτυξης του κεντρικού δικτύου σωληνώσεων freon μέχρι και 100 μέτρα ανά εσωτερική μονάδα, με μέγιστη υψομετρική διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής μονάδας 50 μέτρα.

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

- Τύπου κασέτας 4 κατευθύνσεων
- Τύπου κασέτας 2 κατευθύνσεων
- Τύπου οροφής
- Τύπου κρυφού οροφής
- Τύπου τοίχου
- Τύπου δαπέδου
- Τύπου κρυφού δαπέδου

Τα εσωτερικά μηχανήματα του τύπου κρυφού οροφής έχουν επίσης την δυνατότητα να συνδεθούν με μικρό δίκτυο αεραγωγών διανομής αέρα.

Οι κατασκευαστές των συστημάτων VRV συμπληρώνουν την γκάμα των εσωτερικών μηχανημάτων με την προμήθεια εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα εξαιρισμό των χώρων.

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

- Μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας.
- Αποδοτικότερη προσαρμογή στα δεδομένα ψύξης – θέρμανσης επομένως έχουμε αποφυγή της ψύξης ή της θέρμανσης που πλεονάζει.
- Προηγμένο σύστημα ελέγχου και υψηλό βαθμό απόδοσης, ιδιαίτερα σε λειτουργία μερικό φορτίο.
- Ανανέωση αέρα με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και υγιεινότερος κλιματισμός, λόγω της δυνατότητας ρύθμισης της θερμοκρασίας του νερού και της σχετικής υγρασίας στον αέρα. Έτσι το καλοκαίρι μπορούν να αποφεύγονται τα ενοχλητικά πολύ ψυχρά ρεύματα αέρα και είναι λιγότερη η αφύγρανση, όπως και η περισσότερη σχετική υγρασία τον χειμώνα.
- Κεντρικό έλεγχο και ενεργειακή διαχείριση κλιματιστικής εγκατάστασης
-

Με λίγα λόγια το σύστημα VRV έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Αναλογική λειτουργία (κατανάλωση ανάλογη των εσωτερικών μονάδων που λειτουργούν)
- Αισθητικό πλεονέκτημα (δεν υπάρχουν πολλές εξωτερικές μονάδες αλλά μόνο μία, η οποία μπορεί να τοποθετηθεί στην οροφή του κτιρίου ή σε κήπο, σε απόσταση μέχρι και 100-150 μέτρων!)
- Συνδυασμός οποιωνδήποτε εσωτερικών μονάδων (τοίχου, δαπέδου, οροφής, ψευδοροφής, κασετών κλπ)
- Δυνατότητα κεντρικού ελέγχου ή και σύνδεσης με υπολογιστή για την παρακολούθηση του συστήματος

6.2 Σύστημα Κλιματισμού VRV Κτιρίου Επιστημών

Για τη θέρμανση/ψύξη της Ανατολικής και Δυτικής πτέρυγας του κτιρίου Επιστημών χρησιμοποιείται ένα σύστημα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης. Στο σύστημα αυτό όπως αναφέραμε και στη προηγούμενη παράγραφο ο φορέας ενέργειας είναι ένα ψυκτικό ρευστό, το οποίο χρησιμοποιείται για τη ψύξη ή τη θέρμανση του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων. Τα τοπικά και ημικεντρικά συστήματα είναι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες (τα γνωστά σε όλους κλιματιστικά), στις οποίες δεν υπάρχει κύκλωμα νερού και ο αέρας ψύχεται ή θερμαίνεται απευθείας σε εναλλάκτες θερμότητας αέρα-ψυκτικού μέσου (η εξάτμιση ψυκτικού μέσου προκαλεί ψύξη και η συμπύκνωση θέρμανση). Διακρίνονται σε μονάδες του ενός τεμαχίου (self contained) και σε διμερείς μονάδες (split units). Εκτός από τις αυτόνομες και τις διμερείς μονάδες κατασκευάζονται και κεντρικά συστήματα με μία εξωτερική μονάδα (ή συστοιχίες μονάδων) και κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου σε πολλές εσωτερικές μονάδες (VRV).

Στις 2 πτέρυγες(ανατολική και δυτική) του κτιρίου Επιστημών υπάρχουν συστοιχίες μονάδων. Από τα σχέδια του συστήματος κλιματισμού VRV του κτιρίου Επιστημών βρήκαμε τον ακριβή αριθμό των εξωτερικών και εσωτερικών κλιματιστικών μονάδων ανά όροφο και περιοχή. Στη ταράτσα έχουμε μια συστοιχία από 32 εξωτερικές μονάδες VRV. Οι 17 από αυτές είναι στην δυτική πτέρυγα και είναι οι V1-V16 που καθεμιά είναι 100.000 BTU/H και η V30 που είναι 30.000 BTU/H. Στην ανατολική πτέρυγα έχουμε 15 μονάδες(V17-V22,V23A,V23B,V24,V25A,V25B,V26-V29) των 100.000 BTU/H η καθεμιά .

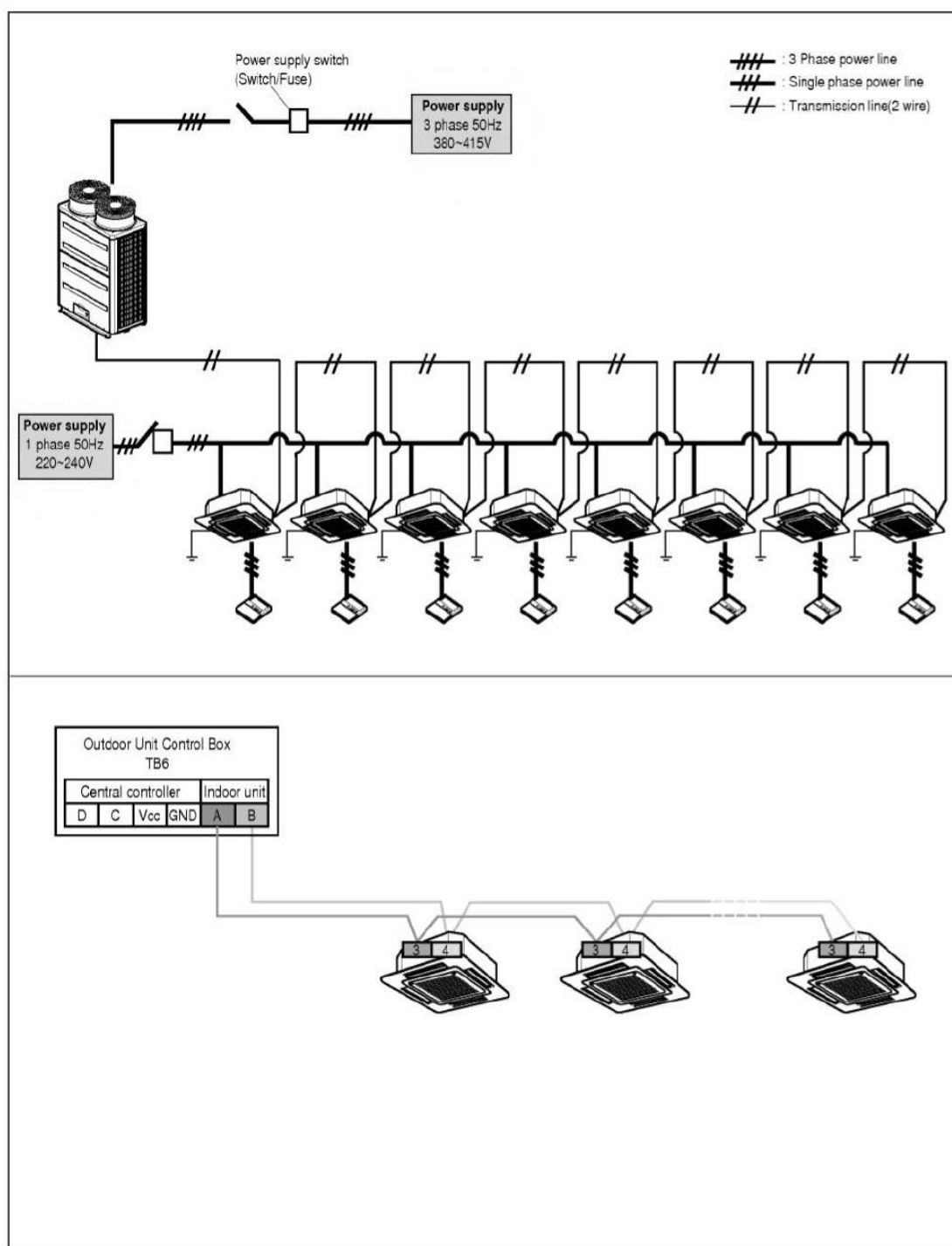
Συντελεστής απόδοσης (COP) είναι ο λόγος (Pout/Pin) της αποδιδόμενης θερμότητας ή ψύξης(Output) προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ή αέριο(Input), για συγκεκριμένη πηγή και θερμοκρασία εξόδου. Ο συντελεστής απόδοσης κλιματισμού και θέρμανσης για τη μονάδα των 100.000 BTU/H παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1 Συντελεστής απόδοσης κλιματιστικού 100.000BTU/H

Εξωτερική κλιματιστική μονάδα 100.000 BTU/H	Θέρμανση	Κλιματισμός
Είσοδος(Ηλεκτρική ισχύς εισόδου)	11 kW	10,5 kW
Έξοδος	31,5 kW	28 kW
COP(συντελεστής απόδοσης)	2,86	2,66

Η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου από κάθε εξωτερική μονάδα μεταφέρεται σε πολλές εσωτερικές μονάδες κάτι το οποίο περιγράφεται στη παρακάτω εικόνα. Το σύνολο των BTU/H των εσωτερικών μονάδων είναι λίγο περισσότερα από τα BTU/H της εξωτερικής μονάδας στην οποία αντιστοιχούν. Για παράδειγμα στο κτίριο Επιστημών μια εξωτερική μονάδα των 100.000 BTU/H αντιστοιχεί σε πολλές εσωτερικές μονάδες που έχουν σύνολο 130.000 BTU/H. Αυτό συμβαίνει για λόγους ταυτοχρονισμού , δεν πρόκειται δηλαδή να δουλέψουν ποτέ ταυτόχρονα όλες οι εσωτερικές μονάδες ώστε να υπερβούν τα 100.000 BTU/H. Η ζήτηση των εσωτερικών μονάδων δε θα είναι ποτέ μεγαλύτερη από τη προσφορά της εξωτερικής μονάδας που αντιστοιχούν. Έτσι με λίγο περισσότερες εσωτερικές μονάδες μπορούμε να καλύψουμε περισσότερους χώρους μέσα στο κτίριο.

◆ Example Connection of Transmission Cable



Εικόνα 6.3 Μεταφορά του ψυκτικού μέσου από την εξωτερική μονάδα προς τις εσωτερικές μονάδες.¹⁶

Στο παρακάτω πίνακα περιγράφεται ο τύπος και ο αριθμός των εσωτερικών μονάδων που βρίσκονται στο κτίριο Επιστημών.

Πίνακας 6.2 Αριθμός Εσωτερικών Κλιματιστικών Μονάδων ανά επίπεδο κτιρίου Επιστημών.

Επίπεδα	Επίπεδο 0		Επίπεδο 1		Επίπεδο 2		Σύνολο Μονάδων
Πτέρυγες	ΔΥΤ	ΑΝΑΤ	ΔΥΤ	ΑΝΑΤ	ΔΥΤ	ΑΝΑΤ	ΣΥΝΟΛΟ
Μονάδα 24000 BTU/H	-	-	-	-	22	27	49
Μονάδα 18000 BTU/H	20	13	23	23	16	8	103
Μονάδα 12000 BTU/H	7	8	6	4	-	-	25
Μονάδα 9000 BTU/H	12	8	9	8	-	-	37

Υπολογίσαμε το συνολικό άθροισμα Δυτικής και Ανατολικής Πτέρυγας αλλά και το άθροισμα μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ.**Πίνακας 6.3 Συνολικές Μονάδες BTU/H Δυτικής και Ανατολικής Πτέρυγας**

Πτέρυγα	Δυτική	Ανατολική
Μονάδες BTU/H	1.935.000	1.728.000
Άθροισμα BTU/H	3.663.000	

Υπολογίζουμε το άθροισμα μονάδων BTU/H ανά επίπεδο και τα παρουσιάζουμε στο παρακάτω πίνακα.

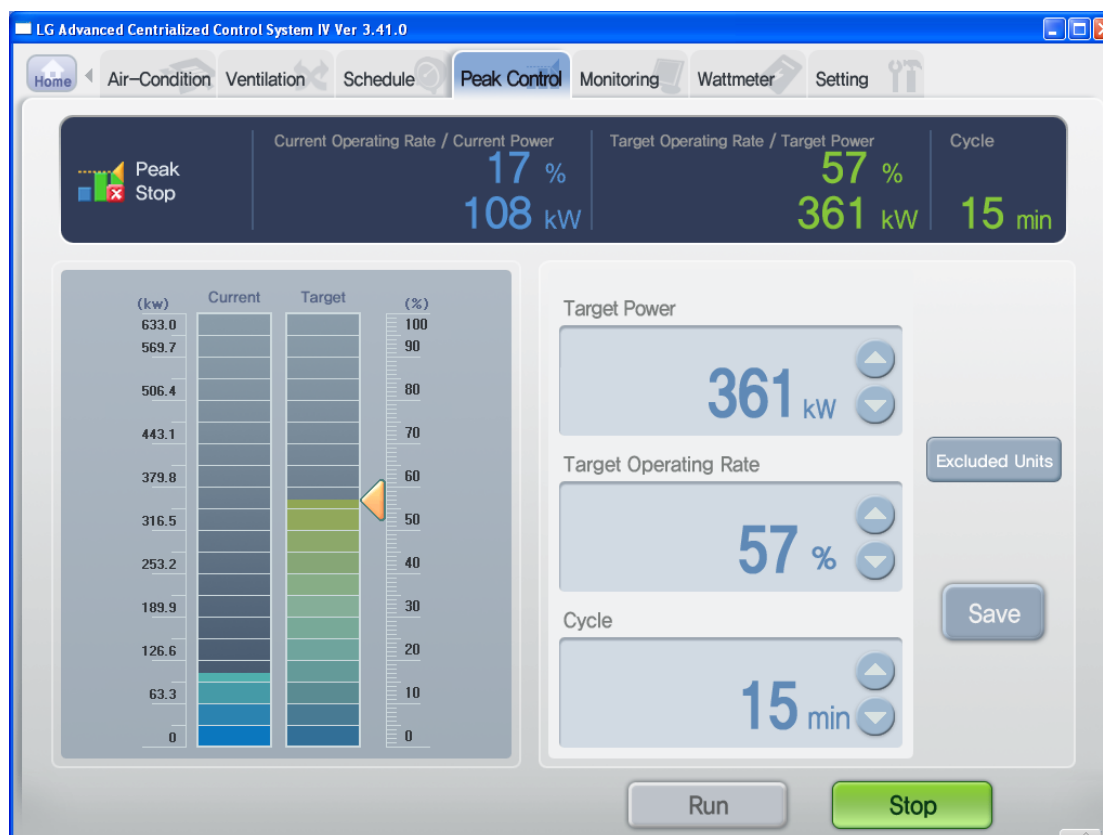
Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ.**Πίνακας 6.4 Συνολικές Μονάδες BTU/H ανά επίπεδο κτιρίου Επιστημών.**

Επίπεδα	Μονάδες BTU/H
Επίπεδο 0	954.000
Επίπεδο 1	1.101.000
Επίπεδο 2	1.608.000
Άθροισμα BTU/H Κτιρίου Επιστημών	3.663.000

6.3 Διαδικασία Εξαγωγής Κατανάλωσης Ισχύος για το Σύστημα Κλιματισμού VRV του Κτιρίου Επιστημών

Το σύστημα κλιματισμού VRV του κτιρίου Επιστημών παρακολουθείται από το BMS του κτιρίου μέσω του υποσυστήματος ενεργειακής διαχείρισης LG Advanced Centralized Control System IV. Το υποσύστημα αυτό ελέγχει και επιβλέπει αποκλειστικά το σύστημα κλιματισμού VRV το οποίο υπάρχει στις πτέρυγες του κτιρίου Επιστημών. Περισσότερα για τη λειτουργία του υποσυστήματος της LG μπορείτε να δείτε στη παράγραφο [4.3.2](#).

Δυστυχώς το LG Advanced Centralized Control System IV δεν περιέχει κάποιο σύστημα καταγραφής της κατανάλωσης ισχύος για το κλιματισμό VRV. Όμως επιλέγοντας τη καρτέλα του peak control μπορούμε να δούμε την κατανάλωση ισχύος του κλιματισμού VRV ανά 15 λεπτά (Current Power). Αφού λοιπόν έχουμε τη συνολική κατανάλωση ισχύος για το κλιματισμό VRV προσπαθήσαμε και δημιουργήσαμε ένα δικό μας σύστημα καταγραφής με έμμεσο τρόπο.



Εικόνα 6.4 Καρτέλα peak control του υποσυστήματος ενεργειακής διαχείρισης LG Advanced Centralized Control System IV. Η μέγιστη ισχύ που μπορεί να υπάρξει είναι 361 kW. Στη συγκεκριμένη εικόνα η τρέχουσα ισχύ είναι 108 kW.

Για τη δημιουργία του συστήματος καταγραφής κάναμε χρήση τριών προγραμμάτων. Αρχικά εγκαταστήσαμε το Automatically Take Screenshots Software (Version 1.0) το οποίο έχει ρυθμιστεί να ξεκινάει τη λειτουργία με το άνοιγμα του υπολογιστή και να τραβάει αυτόματα screenshot από τη καρτέλα peak control του LG Advanced Centralized Control System IV κάθε 15 λεπτά που αλλάζει και η τρέχουσα ισχύ (Current Power). Οι εικόνες από τα screenshots αποθηκεύονται σε συγκεκριμένο φάκελο. Περισσότερες πληροφορίες και κατέβασμα του προγράμματος μπορείτε να βρείτε στο ακόλουθο link: <http://freesoft80.com/products/automatically-take-screenshots-software.html>.

Στη συνέχεια κάνουμε χρήση του λογισμικού ABBYY FineReader 10 Professional Edition.

Το ABBYY FineReader είναι λογισμικό OCR(οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων) και μετατρέπει σαρωμένα έγγραφα, αρχεία PDF και ψηφιακές φωτογραφίες σε έγγραφα με δυνατότητα αναζήτησης και επεξεργασίας. Στη περίπτωση μας ανοίγουμε τις εικόνες(Peak Control) από τα screenshots που έχουμε μαζέψει με το ABBYY FineReader και οριοθετούμε τη περιοχή πάνω στην εικόνα που θέλουμε να αναγνωρίσουμε η οποία είναι η τιμή της τρέχουσας ισχύς. Στη παραπάνω εικόνα η τιμή της τρέχουσας ισχύς(Current Power) είναι 108. Επιλέγουμε τη περιοχή αναγνώρισης μόνο σε μία εικόνα και επιλέγουμε να εφαρμοστεί η ίδια περιοχή και στις υπόλοιπες εικόνες καθώς η περιοχή που αναγράφεται η τρέχουσα ισχύ είναι η ίδια σε όλες τις εικόνες. Αφού επιλέξουμε τη περιοχή αναγνώρισης στις εικόνες μας, επιλέγουμε στη συνέχεια *Αναγνώριση*. Γίνεται η αναγνώριση των αριθμών στις φωτογραφίες μας και επιλέγουμε το τύπο εγγράφου(excel) που θέλουμε να αποθηκευτούν οι τιμές αυτές. Η τιμές της τρέχουσας ισχύς αποθηκεύονται ανά γραμμή μέσα στο έγγραφο. Περισσότερες πληροφορίες και κατέβασμα του προγράμματος μπορείτε να βρείτε στο ακόλουθο link: <http://www.abbyy.com.gr/finereader/>

Για να είναι ολοκληρωμένη η καταγραφή μας χρειάζεται να προστεθεί η ημερομηνία και η ώρα στο έγγραφο δίπλα στην αντίστοιχη τρέχουσα ισχύ. Η τρέχουσα ισχύ(Current Power) που υπάρχει σε κάθε εικόνα από τα screenshots μας αντιστοιχεί με τη ημερομηνία και την ώρα που έχει δημιουργηθεί το αρχείο της εικόνας μας. Έτσι γράψαμε ένα script κώδικα σε java όπου υλοποιούνται τα εξής: διαβάζονται τα αρχεία των εικόνων μας που υπάρχουν στο φάκελο μας και εξάγεται η ημερομηνία και η ώρα που δημιουργήθηκε το αρχείο της εικόνας. Έτσι μπορούμε να πάρουμε την ημερομηνία και την ώρα και να τα βάλουμε στο αρχείο μας (excel) δίπλα στην τρέχουσα ισχύ που τους αντιστοιχεί. Με τον τρόπο αυτό έχουμε στο αρχείο excel μας 3 στήλες, ημερομηνία, ώρα και ισχύς(kW). Επίσης μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις μετρήσεις ανά μήνα, τρίμηνο κ.α.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα από οποιονδήποτε θέλει να χρησιμοποιήσει τις παραπάνω μετρήσεις για περαιτέρω μελέτη.

6.4 Κατανάλωση Ισχύος για το Σύστημα Κλιματισμού VRV του Κτιρίου Επιστημών

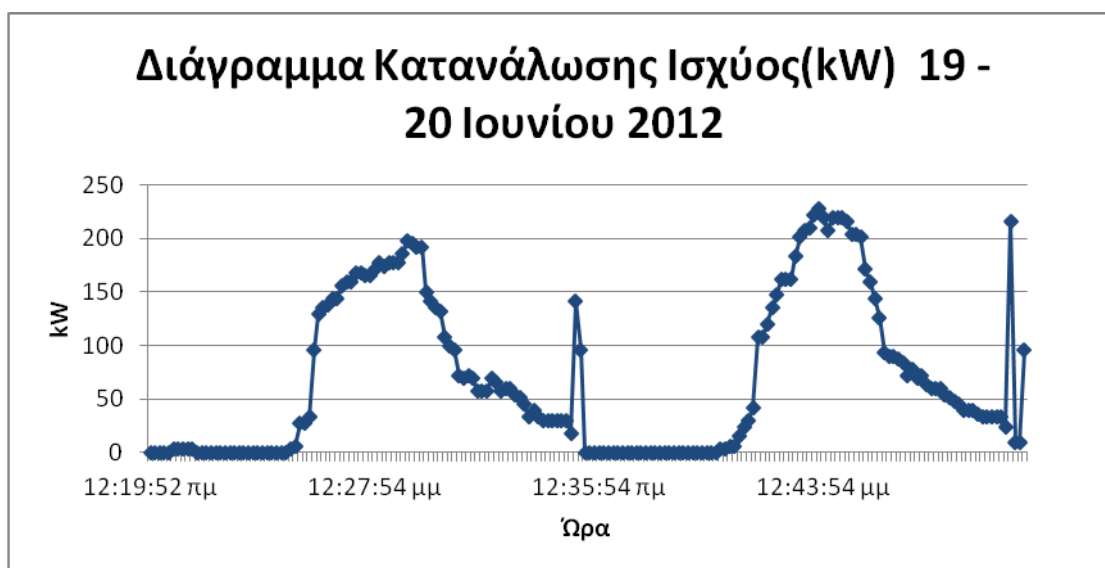
Αφού υλοποιήσαμε το σύστημα που περιγράψαμε στη προηγούμενη παράγραφο, έχουμε καταγράψει μέχρι στιγμής μετρήσεις κατανάλωσης ισχύος για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη κατανάλωση του συστήματος κλιματισμού VRV παρουσιάζουμε παρακάτω για κάθε μήνα (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο) δύο διαγράμματα. Στο πρώτο παρουσιάζουμε μια καθημερινή μέρα όπου το κτίριο Επιστημών βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία άρα και το σύστημα κλιματισμού VRV. Στο δεύτερο παρουσιάζουμε ένα σαββατοκύριακο όπου το σύστημα κλιματισμού VRV υπολειτουργεί. Οι ημερομηνίες για τα παρακάτω διαγράμματα είναι οι εξής:

- 19-20 Ιουνίου (Καθημερινές)
- 30 Ιουνίου - 1 Ιουλίου (Σαββατοκύριακο)
- 16-17 Ιουλίου (Καθημερινές)
- 14-15 Ιουλίου (Σαββατοκύριακο)
- 13-14 Αυγούστου (Καθημερινές)
- 29-30 Αυγούστου (Καθημερινές)
- 11-12 Αυγούστου (Σαββατοκύριακο)
- 19-20 Σεπτεμβρίου (Καθημερινές)
- 15-16 Σεπτεμβρίου (Σαββατοκύριακο)

Για τον Αύγουστο παρουσιάζουμε 2 διαγράμματα για καθημερινές μέρες. Στο πρώτο διάγραμμα παρουσιάζουμε το διάστημα 13-14 Αυγούστου ενώ στο δεύτερο το διάστημα 29-30 Αυγούστου. Ο λόγος είναι να δούμε τη διαφορά στη συμπεριφορά του κλιματισμού VRV όταν το κτίριο είναι άδειο από κόσμο(φοιτητές και καθηγητές βρίσκονται σε διακοπές) και όταν το κτίριο είναι γεμάτο από κόσμο και βρίσκεται σε λειτουργία (27 Αυγούστου άρχισε η εξεταστική Σεπτεμβρίου).

Επίσης μετά από κάθε διάγραμμα ακολουθεί πίνακας με τη μεγαλύτερη , τη μικρότερη και τη μέση θερμοκρασία καθώς και της ώρες που καταγράφηκαν για τις μέρες αυτές στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Οι θερμοκρασίες στη περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης έχουν καταγραφεί από το www.meteo.gr.

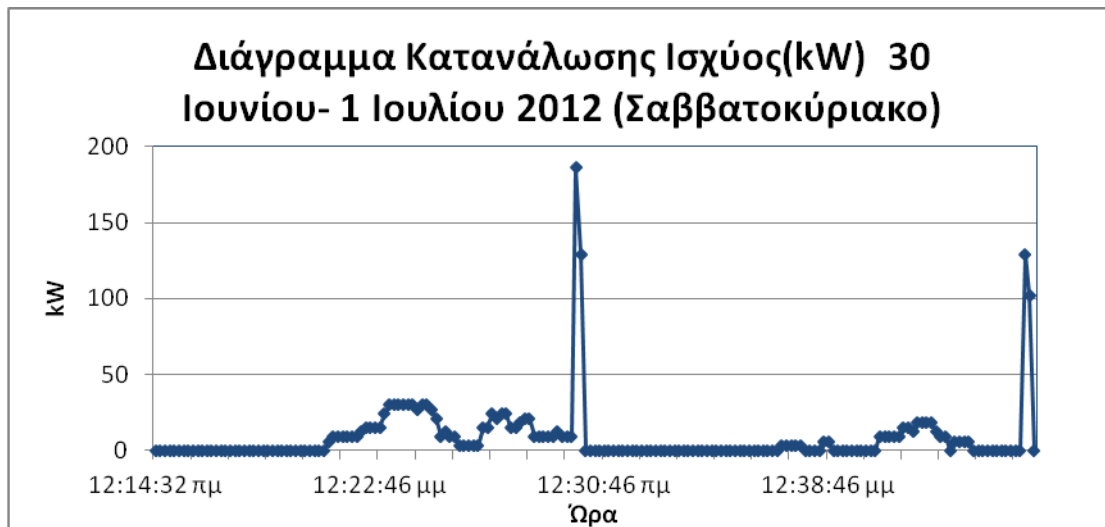
6.4.1 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούνιο



Εικόνα 6.5 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 18-20 Ιουνίου 2012(Καθημερινές).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.5 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 19-20 Ιουνίου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ώρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ώρα
19 Ιουνίου	25,2	1592,25	198	14:14	30,1	14:20
20 Ιουνίου	25,8	1710	219	13:44	29,2	19:10

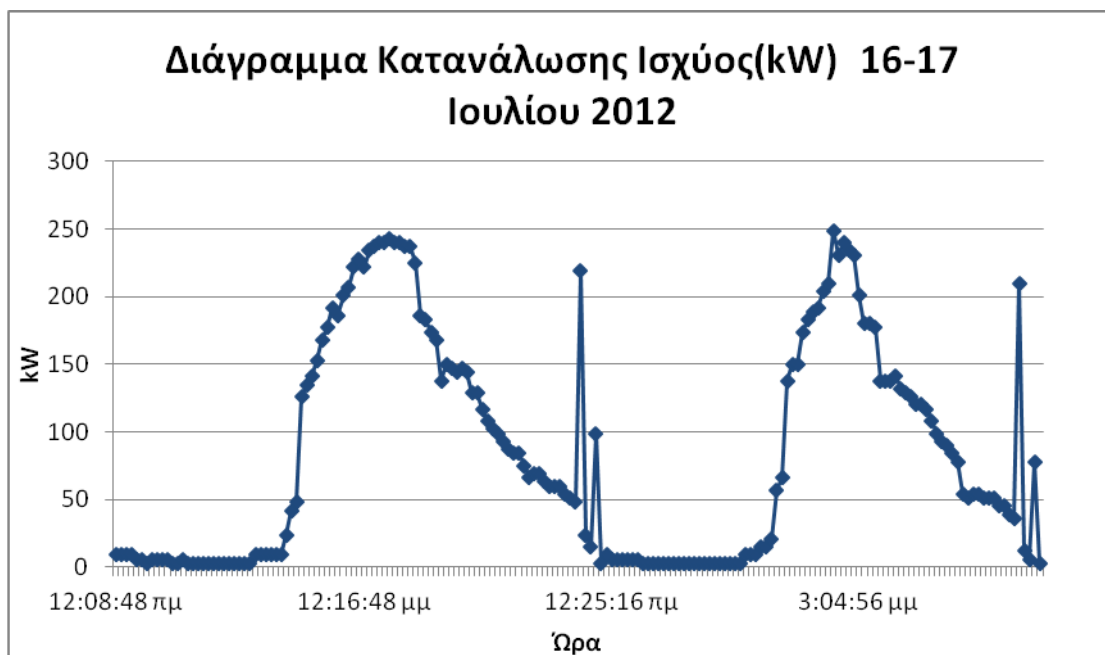


Εικόνα 6.6 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 30 Ιουνίου- 1 Ιουλίου 2012 (Σαββατοκύριακο).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.6 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 30 Ιουνίου - 1 Ιουλίου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
30 Ιουνίου	25,1	284,25	186	23:00	30,3	16:00
1 Ιουλίου	24,7	117,25	129	23:15	30,1	13:50

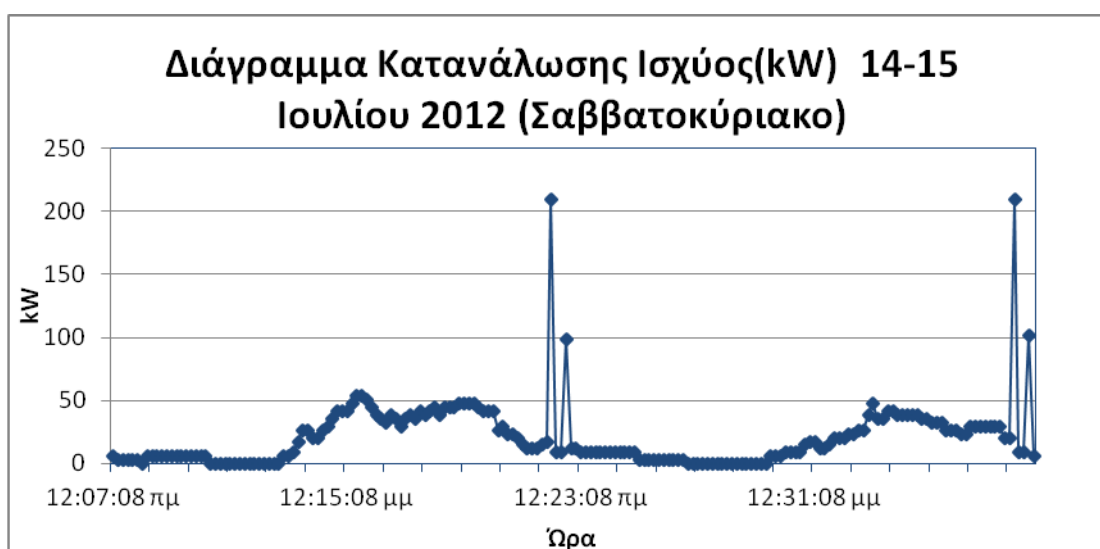
6.4.2 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούλιο



Εικόνα 6.7 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 16-17 Ιουλίου 2012(Καθημερινές).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ.Πίνακας 6.7 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 16-17 Ιουλίου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
16 Ιουλίου	31,3	2168,25	244	13:32	39,3	14:30
17 Ιουλίου	29,2	1627,5	249	13:49	33,8	14:30

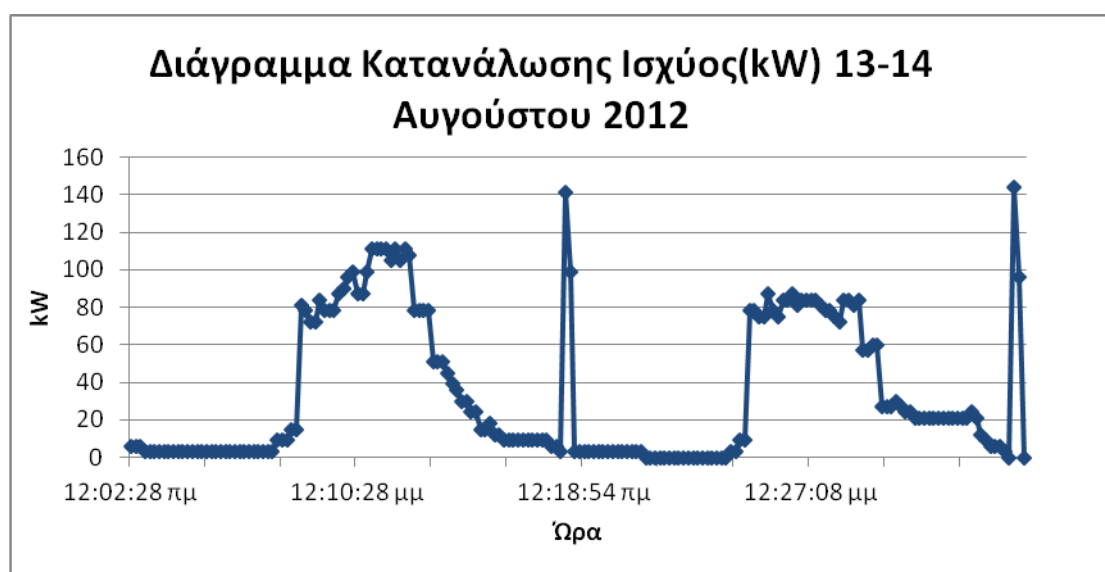


Εικόνα 6.8 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 14-15 Ιουλίου 2012 (Σαββατοκύριακο).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ.Πίνακας 6.8 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 14-15 Ιουλίου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
14 Ιουλίου	30,2	570,75	210	22:52	38,6	14:50
15 Ιουλίου	28,5	446,25	210	22:52	34,6	14:00

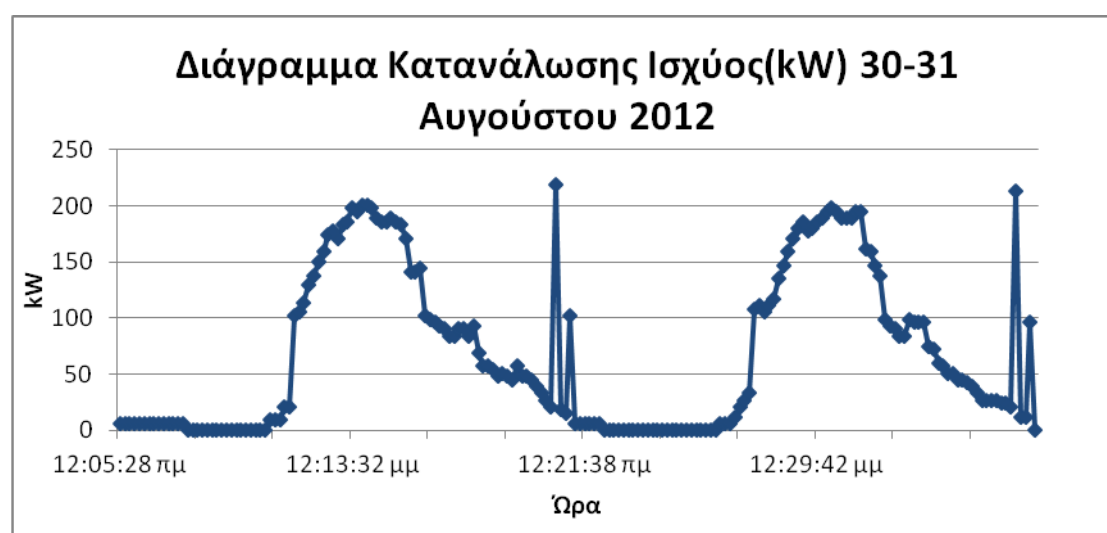
6.4.3 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Αύγουστο



Εικόνα 6.9 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 13-14 Αυγούστου 2012(Καθημερινές).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.9 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 13-14 Αυγούστου.

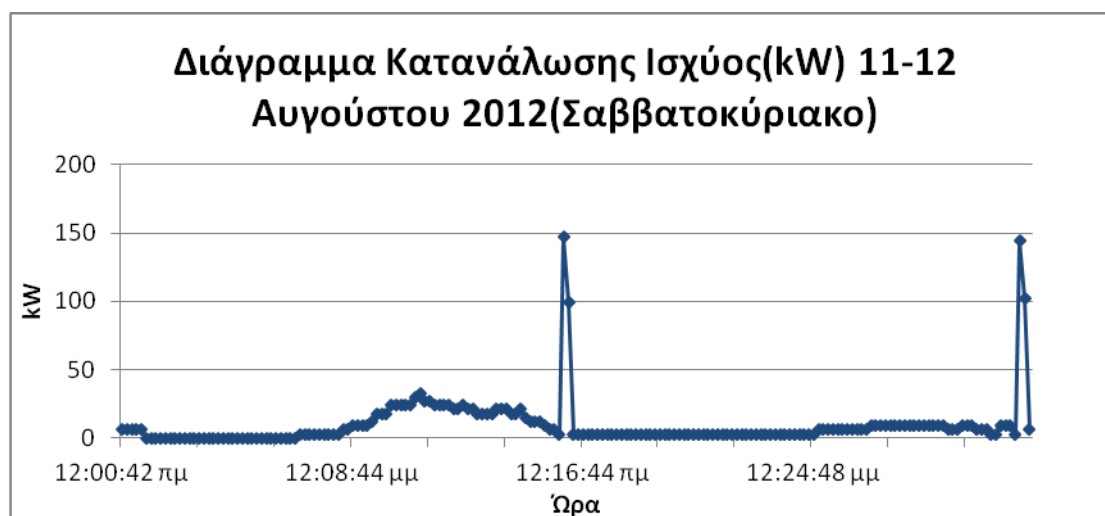
Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
13 Αυγούστου	27,3	880,5	141	23:18	33,8	14:10
14 Αυγούστου	27,1	750	144	23:19	32,4	14:40



Εικόνα 6.10 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 30-31 Αυγούστου 2012(Καθημερινές).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.10 Μικρότερη Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 30-31 Αυγούστου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
30 Αυγούστου	24,9	1690,5	219	22:50	31,2	15:00
31 Αυγούστου	25	1617,75	213	22:51	30,2	13:10

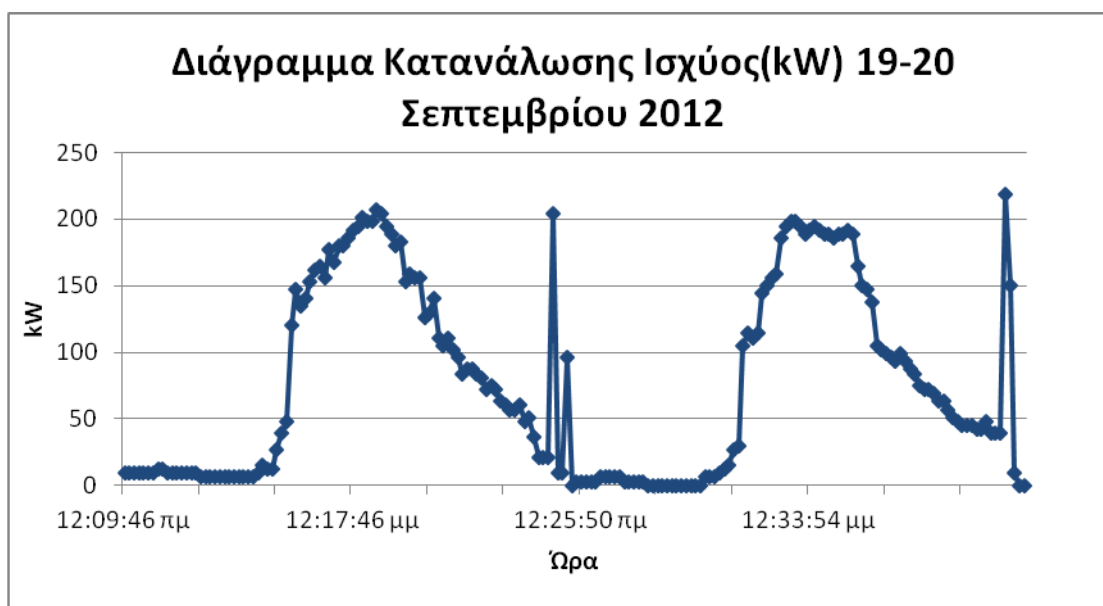


Εικόνα 6.11 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 11-12 Αυγούστου 2012 (Σαββατοκύριακο).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.11 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 11-12 Αυγούστου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
11 Αυγούστου	27,5	282	147	23:16	33,4	15:50
12 Αυγούστου	26,7	117,75	144	23:16	32,4	15:20

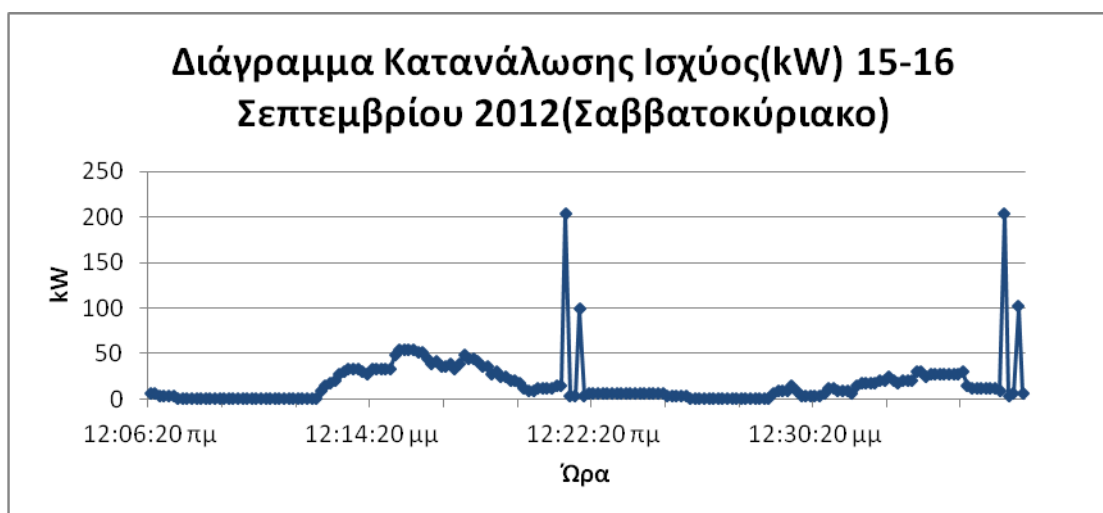
6.4.4 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος Κλιματισμού VRV για το μήνα Σεπτέμβριο



Εικόνα 6.12 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 19-20 Σεπτεμβρίου 2012(Καθημερινές).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.12 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 19-20 Σεπτεμβρίου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
19 Σεπτεμβρίου	23,5	1899	207	13:33	29,1	13:20
20 Σεπτεμβρίου	24,4	1769,25	219	22:52	29,6	13:50



Εικόνα 6.13 Διάγραμμα Κατανάλωσης Ισχύος(kW) 15-16 Σεπτεμβρίου 2012 (Σαββατοκύριακο).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να

εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.13 Μέση και Μεγαλύτερη Θερμοκρασία και συνολική ενέργεια ημερών 15-16 Σεπτεμβρίου.

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Συνολική ενέργεια ημέρας (kWh)	Αιχμή (kW)	Ωρα	Μεγαλύτερη Θερμοκρασία	Ωρα
15 Σεπτεμβρίου	26,4	494,25	204	22:51	33,1	15:40
16 Σεπτεμβρίου	23,3	306,75	204	22:52	29,1	13:10

Τα Σαββατοκύριακα η ζήτηση σε ενέργεια για το κλιματισμό VRV μπορεί να μειωθεί μέχρι και 80% σε σχέση με τις καθημερινές, κάτι το οποίο οφείλεται κατά κύριο λόγο στο πληθυσμό του κτιρίου και όχι τόσο στη θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή. Η αιχμή όμως του φορτίου παραμένει υψηλή και τα Σαββατοκύριακα λόγω της εκκίνησης των κλιματιστικών το βράδυ.

6.5 Συνολική και Μέση Κατανάλωση για το Σύστημα Κλιματισμού VRV του Κτιρίου Επιστημών

Στην ενότητα 6.3 αναλύσαμε τον τρόπο με τον οποίο καταγράφουμε τη κατανάλωση ισχύος για το σύστημα κλιματισμού VRV. Η καταγραφή για τη κατανάλωση ισχύος του συστήματος VRV γίνεται ανά 15 λεπτά οπότε και αλλάζει. Αφού καταγράψαμε τις μετρήσεις μας , υπολογίσαμε τη μέση κατανάλωση ισχύος ανά ώρα (0-1πμ, 1-2πμ κ.τ.λ.). Υπολογίσαμε επίσης τη συνολική και τη μέση καταναλισκόμενη ενέργεια αλλά και το συντελεστή φορτίου Load Factor(LF) ανά μήνα.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε ανά μήνα(Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο) τη μέση Καταναλισκόμενη Ενέργεια για μια καθημερινή μέρα , για το Σάββατο, και τη Κυριακή.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 6.14 Μέση Ημερήσια καταναλισκόμενη ενέργεια ανά μήνα(Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο).

Μέση Ημερήσια Καταναλισκόμενη Ενέργεια ανά μήνα				
	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Καθημερινή	1631,15 kWh	2173,34 kWh	1408,29 kWh	1721,81 kWh
Σάββατο	284,25 kWh	490,88 kWh	328,91 kWh	452,93 kWh
Κυριακή	117,75 kWh	376,58 kWh	294,83 kWh	311,37 kWh

Παρατηρούμε ότι κατά μέσο όρο ο Ιούλιος έχει τη μεγαλύτερη καταναλισκόμενη Ενέργεια τις καθημερινές, το Σάββατο και τη Κυριακή. Ακολουθεί ο Σεπτέμβριος , ο Ιούνιος και ο Αύγουστος. Επίσης τα Σάββατα και τις Κυριακές του Αυγούστου παρατηρείται αδικαιολόγητα ιδιαίτερα αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε ανά μήνα(Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριος) τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια(σύμφωνα με τις μετρήσεις μας), την εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ενέργεια(κατά μέσο όρο), την αιχμή(μέγιστο) του φορτίου και το συντελεστή φορτίου LF. Ο λόγος που υπολογίσαμε την εκτιμώμενη καταναλισκόμενη

ενέργεια για κάθε μήνα είναι η έλλειψη κάποιων μετρήσεων κατανάλωσης. Ειδικότερα για τον Ιούνιο μας λείπουν αρκετές μετρήσεις.

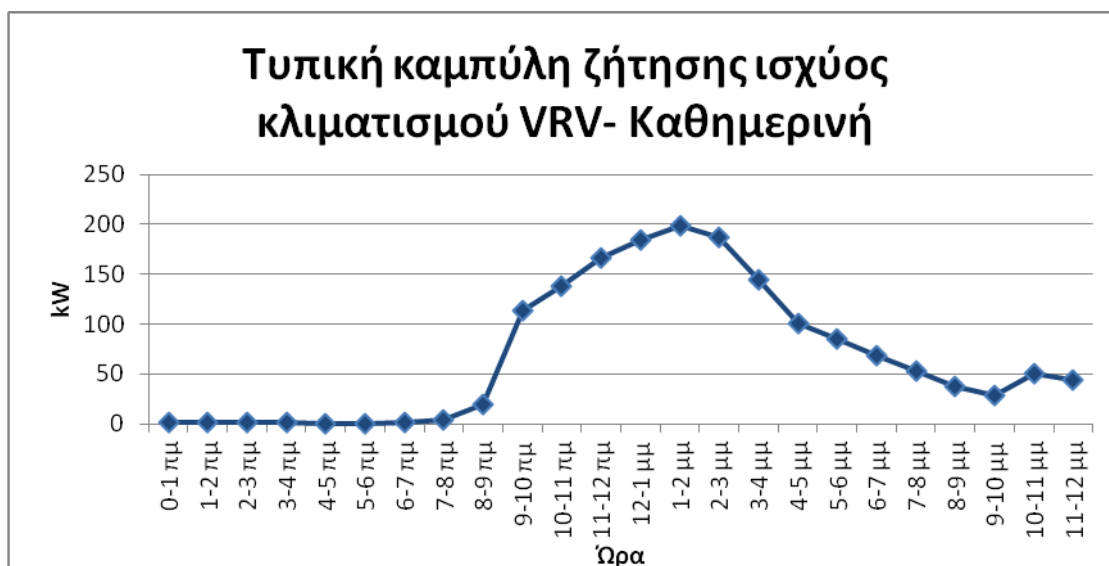
Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. **Πίνακας 6.15 Συνολική κατανалиσκόμενη ενέργεια, εκτιμώμενη κατανалиσκόμενη ενέργεια, αιχμή φορτίου και συντελεστής φορτίου LF ανά μήνα(Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο).**

	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Καταναλισκόμενη Ενέργεια(MWh)	15,69 MWh	39,36 MWh	24,95 MWh	32 MWh
Εκτιμώμενη Καταναλισκόμενη Ενέργεια(MWh)	36,146 MWh	51,654 MWh	34,885 MWh	38,257 MWh
Αιχμή Φορτίου(kW) (ημέρα- ώρα)	249 kW (14/6 -1:24μμ)	294 kW (10/7 - 12:44μμ)	222kW (21/8 - 10:56μμ)	234 kW (3/9 - 12:02μμ)
Συντελεστής φορτίου LF	26,10%	23,43%	20,98%	25,8%

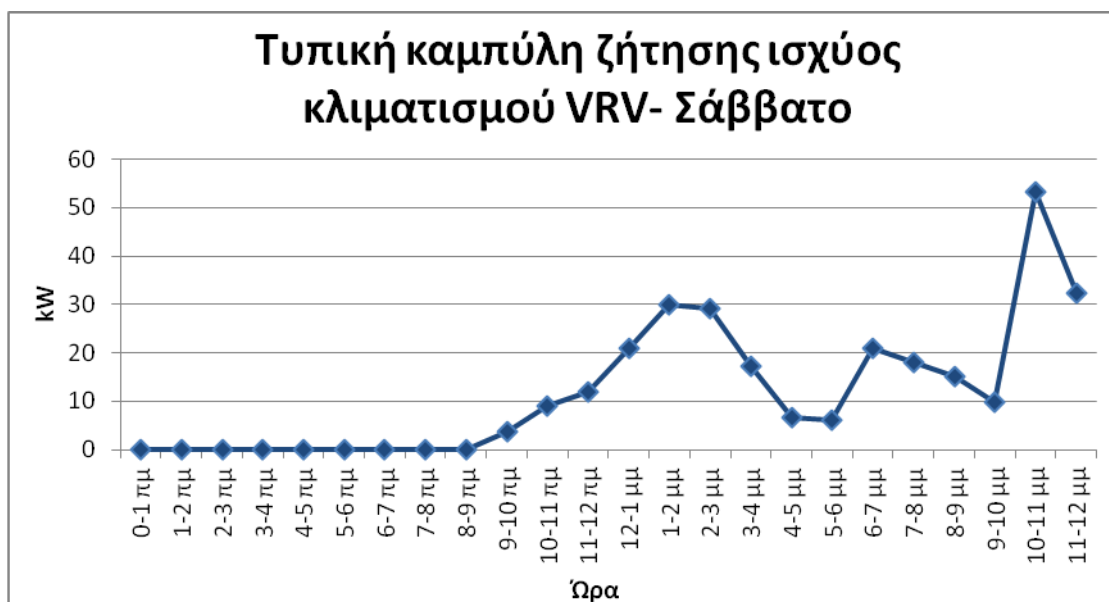
Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο κλιματιστικό φορτίο το έχει ο Ιούλιος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ο μήνας με τις υψηλότερες θερμοκρασίες αλλά και στο ότι το κτίριο εξακολουθεί να βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία καθώς η εξεταστική περίοδος τελειώνει τέλη του μήνα. Η Αιχμή του φορτίου για μία καθημερινή μέρα έχει τη τάση να παρουσιάζεται μεταξύ 1μμ - 2μμ , ενώ το Σάββατο και τη Κυριακή παρουσιάζεται μεταξύ 11μμ-12μμ. Επίσης όπως βλέπουμε και στο παραπάνω πίνακα, ο μικρότερος συντελεστής φορτίου παρατηρείται το μήνα Αύγουστο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο χαμηλό μέσο φορτίο που έχουμε το μήνα του Αυγούστου λόγω του χαμηλού πληθυσμού του κτιρίου. Το μέσο φορτίο για τον μήνα Αύγουστο είναι 46,58 kW ενώ για τους μήνες Ιούνιο , Ιούλιο , Σεπτέμβριο κυμαίνεται από 60,5 kW – 65 kW.

Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζονται για κάθε μήνα (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο) τα διαγράμματα μέσης ζήτησης σε ενέργεια(kWh) ανά ώρα για το σύστημα κλιματισμού VRV για Καθημερινές , Σάββατο και Κυριακή.

6.5.1 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Ιούνιο(Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).



Εικόνα 6.14 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούνιο (Καθημερινή).

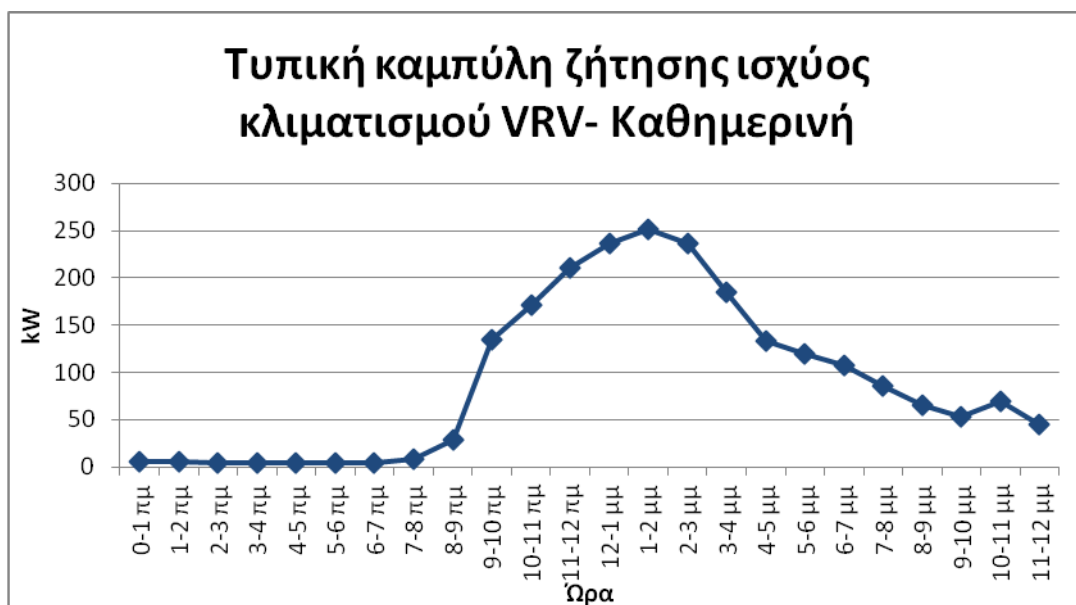


Εικόνα 6.15 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούνιο (Σάββατο).

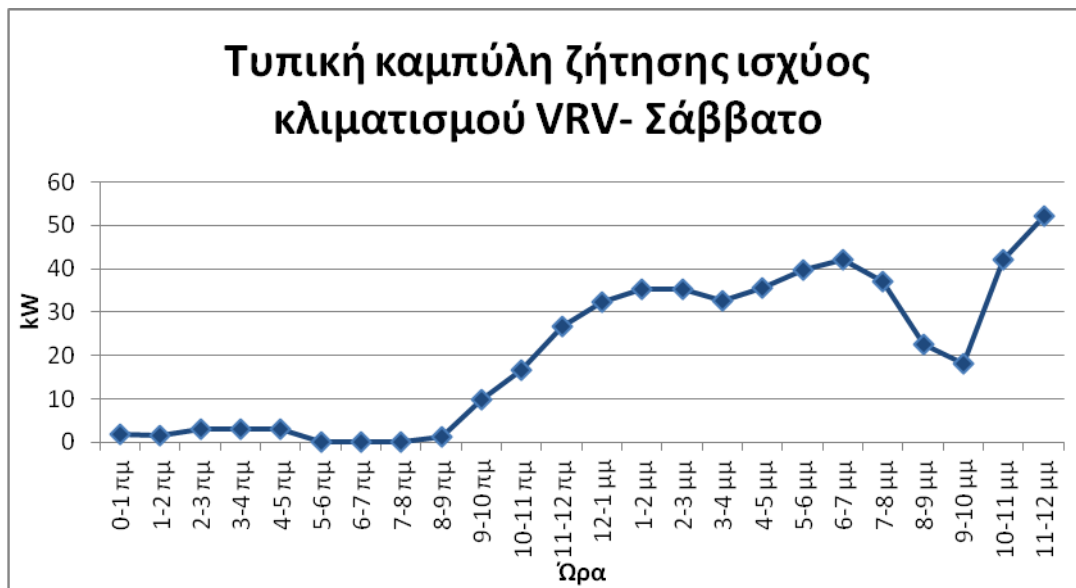


Εικόνα 6.16 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούνιο (Κυριακή).

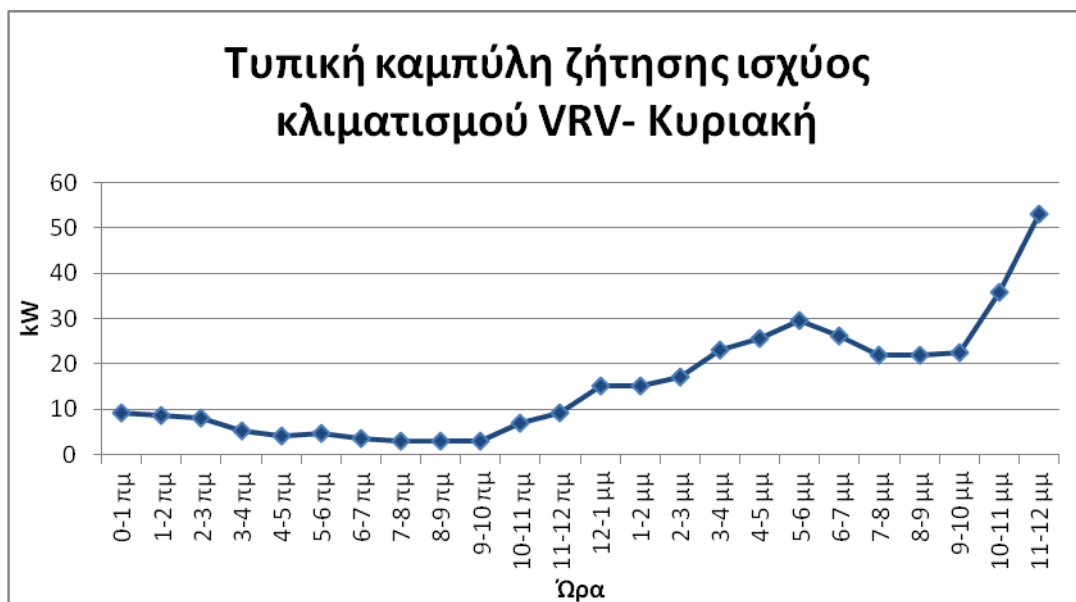
6.5.2 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Ιούλιο(Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).



Εικόνα 6.17 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούλιο (Καθημερινή).

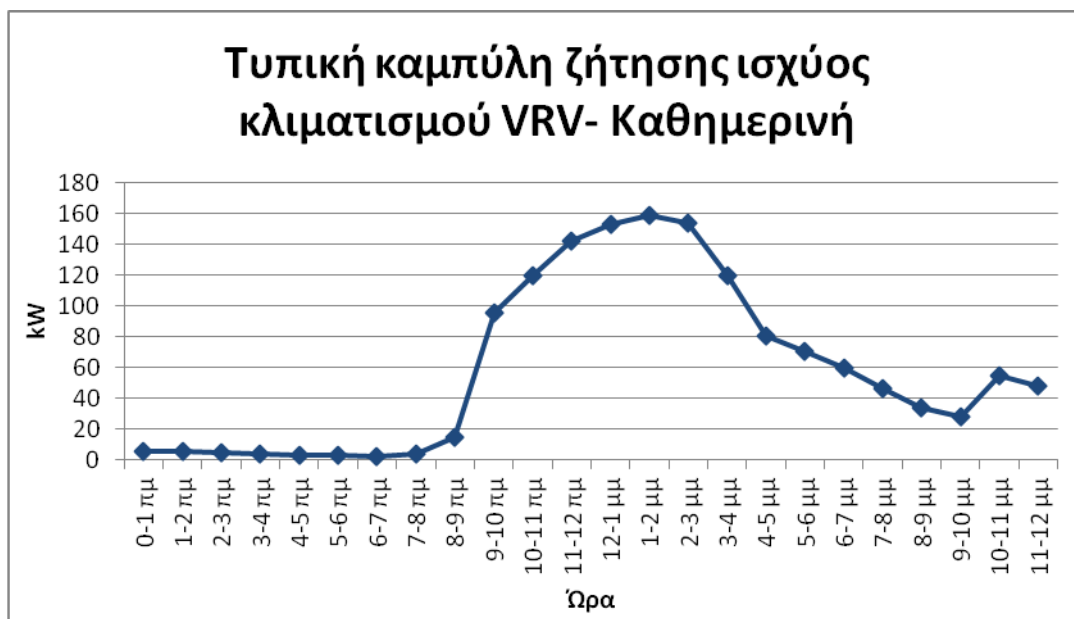


Εικόνα 6.18 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούλιο (Σάββατο).

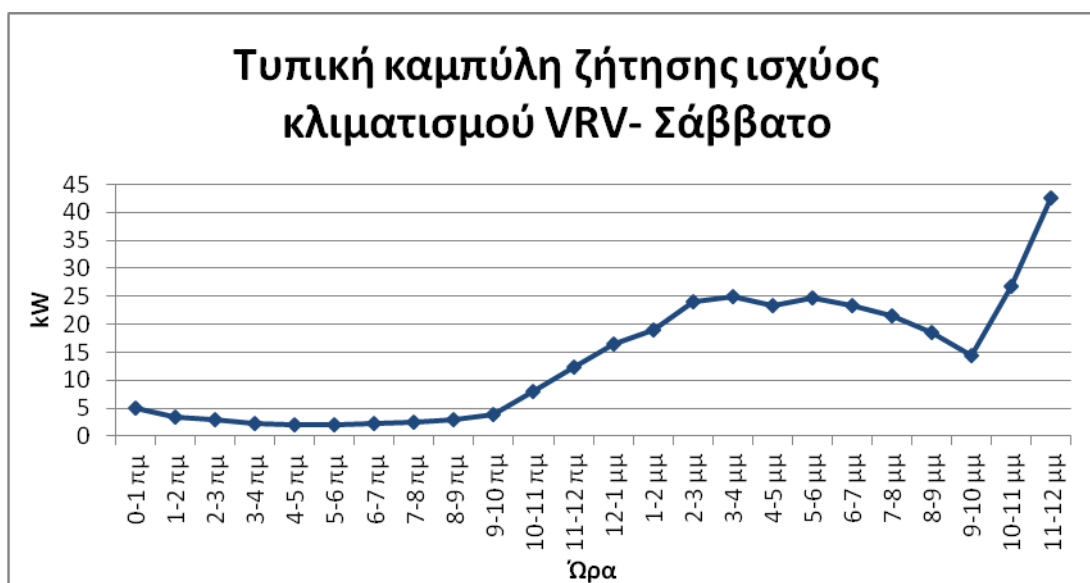


Εικόνα 6.19 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Ιούλιο (Κυριακή).

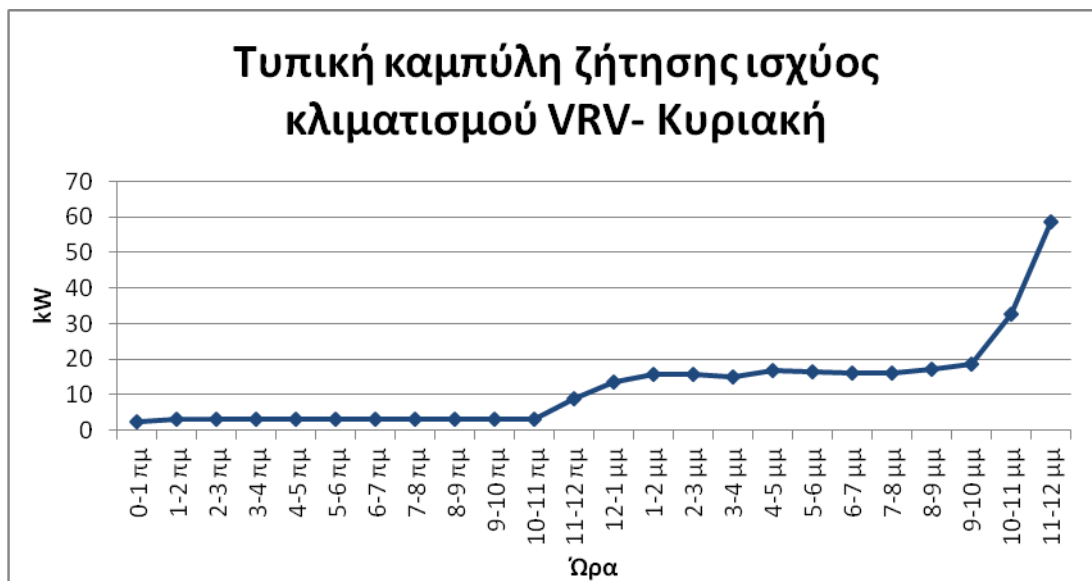
6.5.3 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Αύγουστο (Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).



Εικόνα 6.20 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Αύγουστο (Καθημερινή).

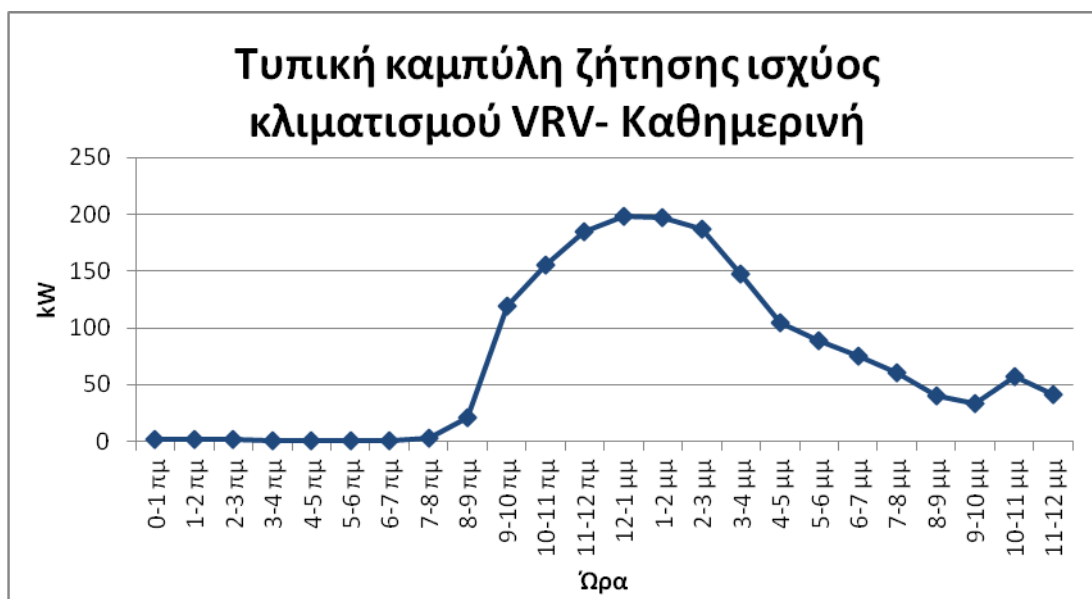


Εικόνα 6.21 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Αύγουστο (Σάββατο).

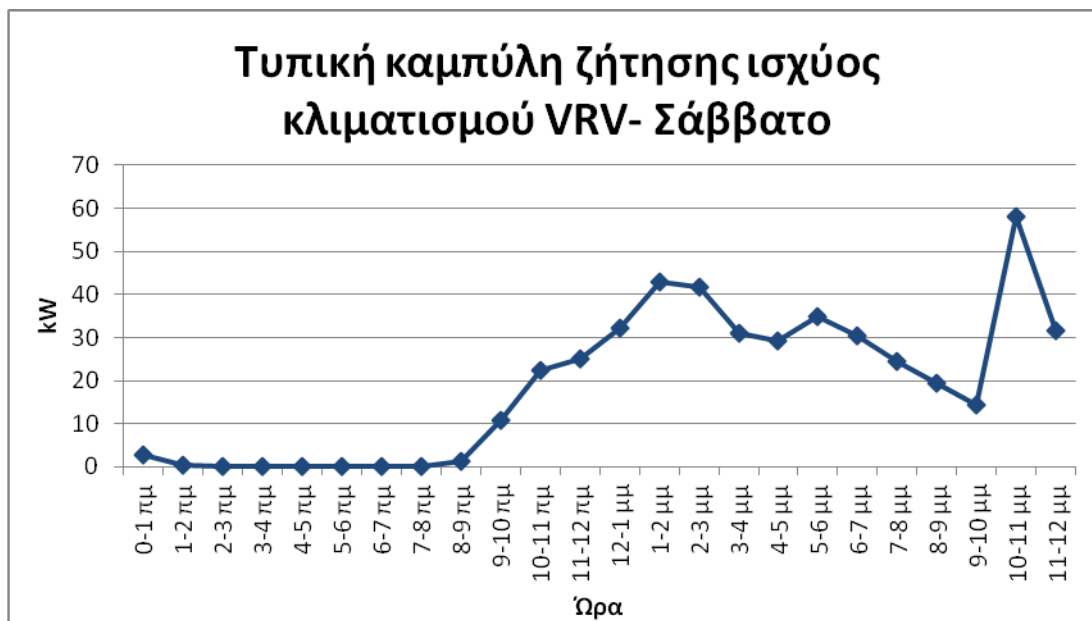


Εικόνα 6.22 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Αύγουστο (Κυριακή).

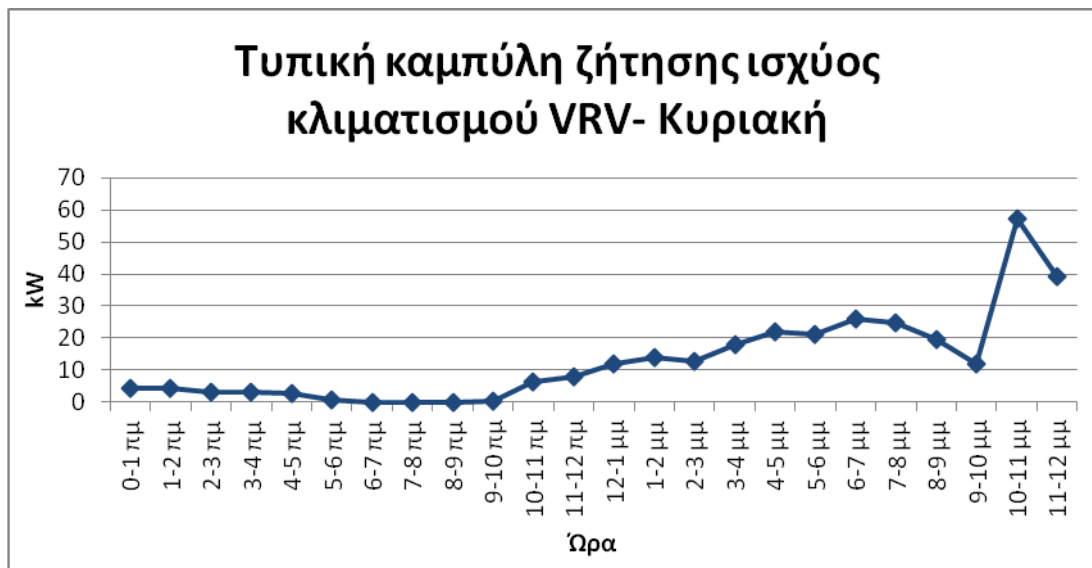
6.5.4 Τυπική καμπύλη ζήτησης για το μήνα Σεπτέμβριο (Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).



Εικόνα 6.23 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Σεπτέμβριο (Καθημερινή).



Εικόνα 6.24 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Σεπτέμβριο (Σάββατο).

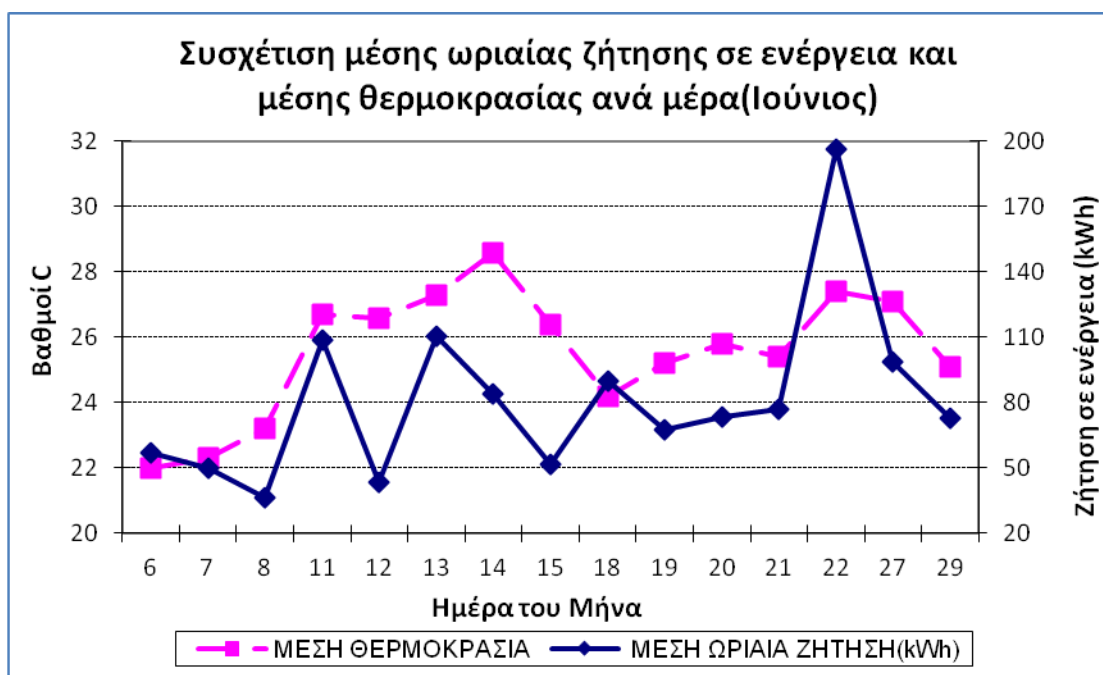


Εικόνα 6.25 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος κλιματισμού VRV για το μήνα Σεπτέμβριο (Κυριακή).

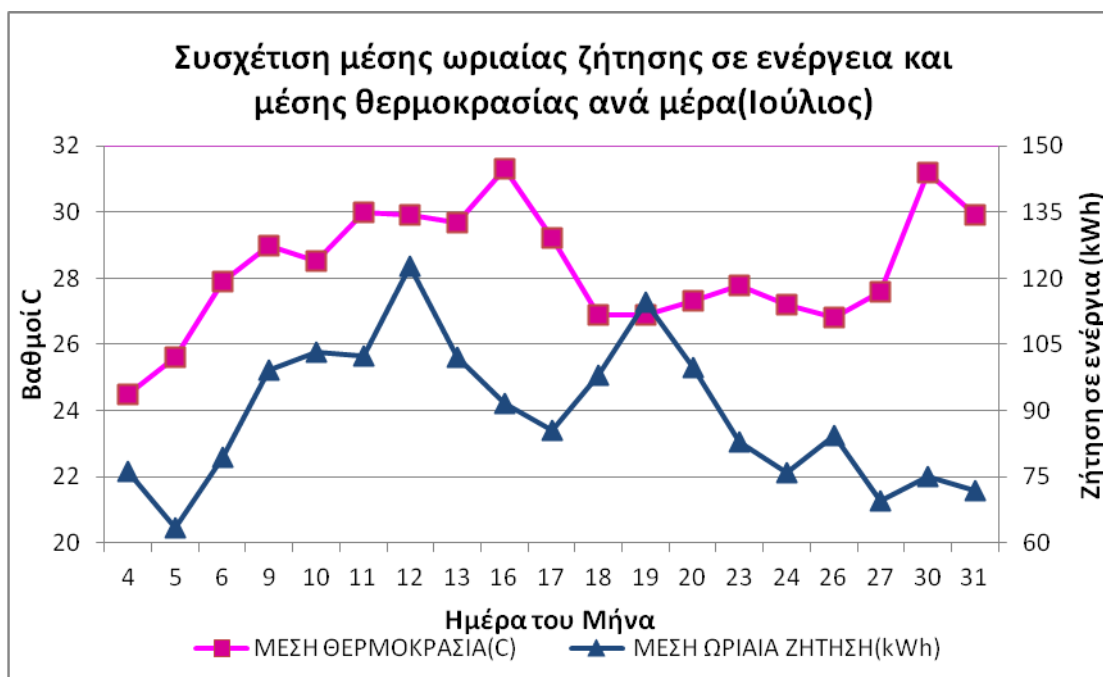
Αυτό που παρατηρήσαμε στις παραπάνω καμπύλες είναι ότι, τις καθημερινές μέρες του Ιουνίου, Ιουλίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι τις 8 το πρωί η ζήτηση σε ισχύ είναι σχεδόν μηδενική. Από τις 8:00 πμ η ζήτηση σε ισχύ αρχίζει και αυξάνεται σταδιακά. Στις 9:00πμ παρατηρείται απότομη άνοδος στη ζήτηση ισχύος ενώ στη συνέχεια η αύξηση είναι ομαλή και συνεχίζεται μέχρι τις 1:00μμ-2:00μμ όπου και έχουμε αιχμή φορτίου. Στη συνέχεια αρχίζει και μειώνεται σταδιακά μέχρι 11:00μμ περίπου. Στις 11:00μμ έχουμε μια απότομη αύξηση στη ζήτηση για ένα τέταρτο το οποίο οφείλεται στην ενεργοποίηση των κλιματιστικών VRV για 15 περίπου λεπτά. Στη συνέχεια η ζήτηση σε ισχύ μειώνεται ξανά. Τα Σάββατα και τις Κυριακές η ζήτηση αρχίζει και αυξάνεται από τις 9:00πμ-10:00πμ μέχρι το μεσημέρι περίπου και στη συνέχεια αρχίζει να μειώνεται. Η ζήτηση του Σαββάτου όπως βλέπουμε και στο πίνακα 6.14 είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή της Κυριακής. Τέλος όπως βλέπουμε στις καμπύλες για τα Σάββατα και τις Κυριακή η ζήτηση στις 11 το βράδυ αυξάνεται εντυπωσιακά (έχουμε αιχμή φορτίου) λόγω της ενεργοποίησης των κλιματιστικών VRV για 15 λεπτά.

6.6 Συσχέτιση μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια και μέσης θερμοκρασίας ανά μέρα(Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος)

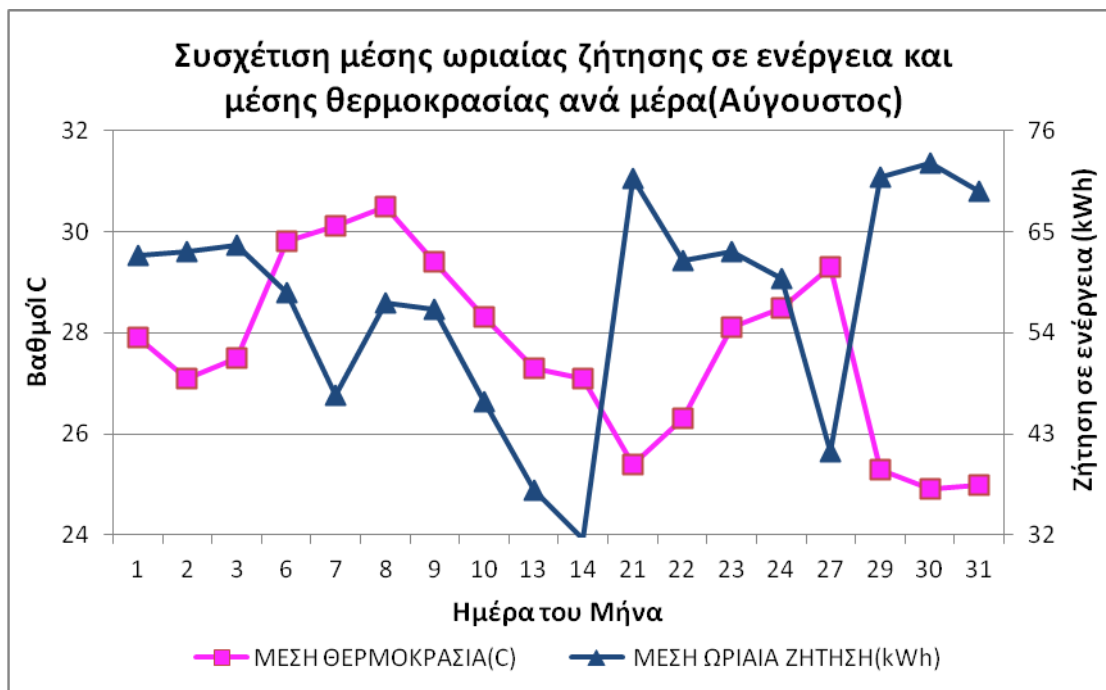
Η συνολική ζήτηση μια δεδομένη χρονική περίοδο, σε μια περιοχή εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή. Σημαντικό ρόλο παίζει η θερμοκρασία της περιοχής καθώς από αυτήν εξαρτάται κατά ένα μεγάλο βαθμό η διακύμανση της ζήτησης. Όσο πιο ακραίες θερμοκρασίες επικρατούν τόσο αυξάνεται και η ζήτηση σε ενέργεια. Επομένως μια συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και ζήτησης σε ενέργεια είναι αρκετά ενδιαφέρουσα και χρήσιμη. Παρακάτω παρουσιάζουμε σε κοινό διάγραμμα 2 αξόνων, το διάγραμμα της μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια ανά ημέρα(για να εξομαλυνθούν και οι ελλείψεις δεδομένων) και το διάγραμμα της μέσης θερμοκρασίας για τις καθημερινές μέρες του Ιουνίου, του Ιουλίου, του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου.



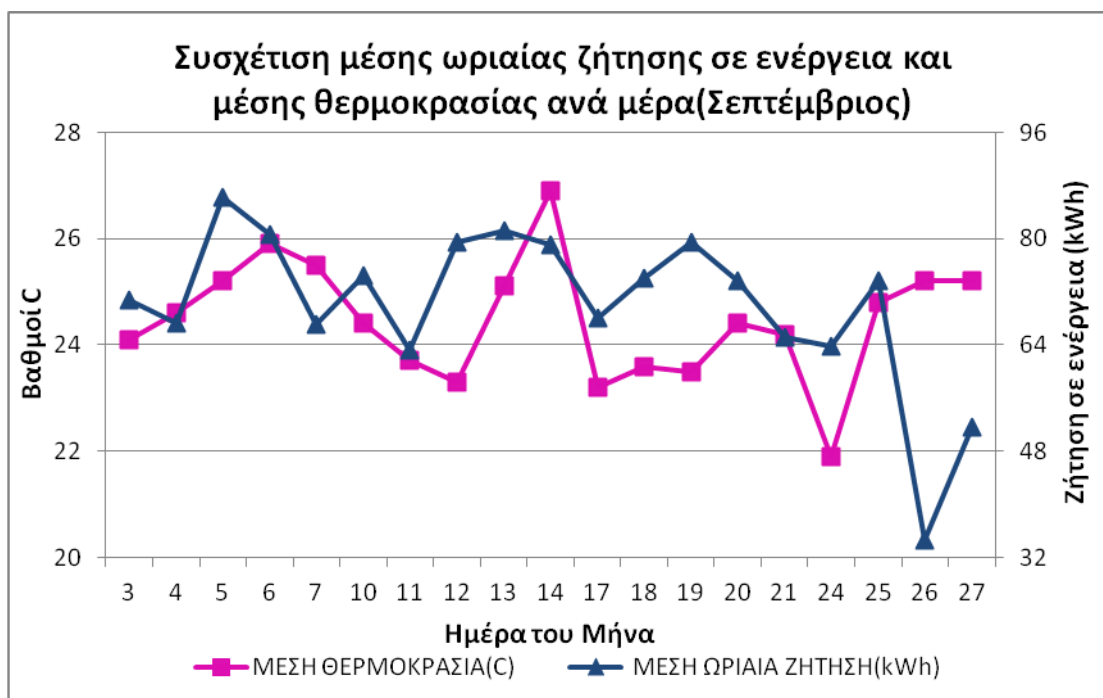
Εικόνα 6.26 Συσχέτιση μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια και μέσης θερμοκρασίας ανά μέρα για τον Ιούνιο.



Εικόνα 6.27 Συσχέτιση μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια και μέσης θερμοκρασίας ανά μέρα για τον Ιούλιο.



Εικόνα 6.28 Συσχέτιση μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια και μέσης θερμοκρασίας ανά μέρα για τον Αύγουστο.

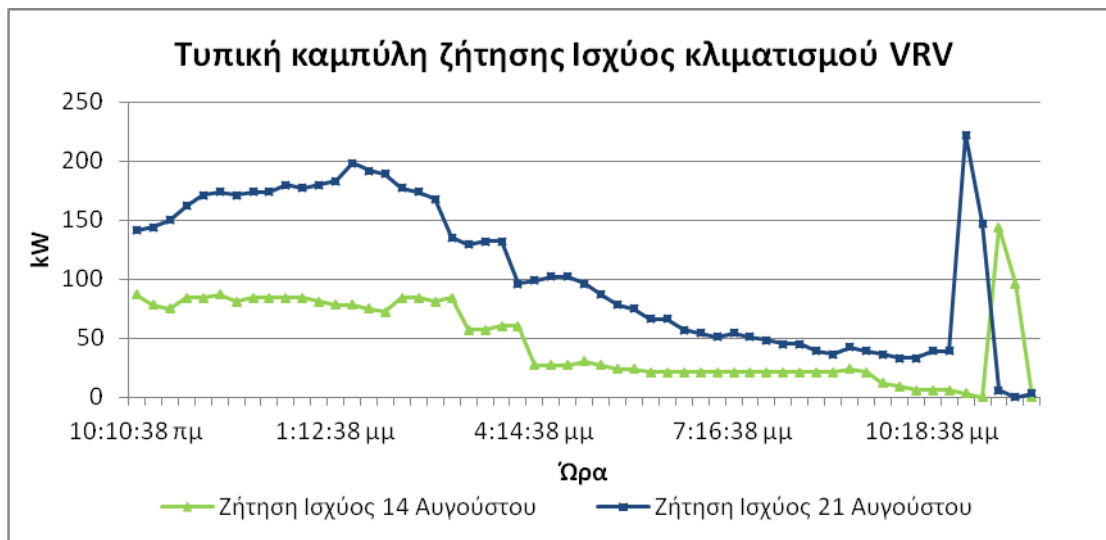


Εικόνα 6.29 Συσχέτιση μέσης ωριαίας ζήτησης σε ενέργεια και μέσης θερμοκρασίας ανά μέρα για τον Σεπτέμβριο.

Όπως αναφέραμε παραπάνω η ζήτηση σε ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή. Υπάρχει όμως ένα στοιχείο το οποίο επηρεάζει τη ζήτηση σε ενέργεια περισσότερο από τη θερμοκρασία. Το στοιχείο αυτό είναι ο πληθυσμός του κτιρίου. Πιο ιδιαίτερα αναφερόμαστε στο μήνα Αύγουστο(από τις αρχές μέχρι τις 20 περίπου του μήνα) όπου παρότι έχουμε τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες έχουμε τη μικρότερη ζήτηση σε ενέργεια. Ο λόγος είναι ότι φοιτητές και καθηγητές βρίσκονται σε διακοπές και ο πληθυσμός του κτιρίου είναι ελάχιστος εκείνες της μέρες. Ο πληθυσμός λοιπόν του κτιρίου επηρεάζει περισσότερο τη ζήτηση σε ενέργεια απ ότι η θερμοκρασία που επικρατεί

στη περιοχή.

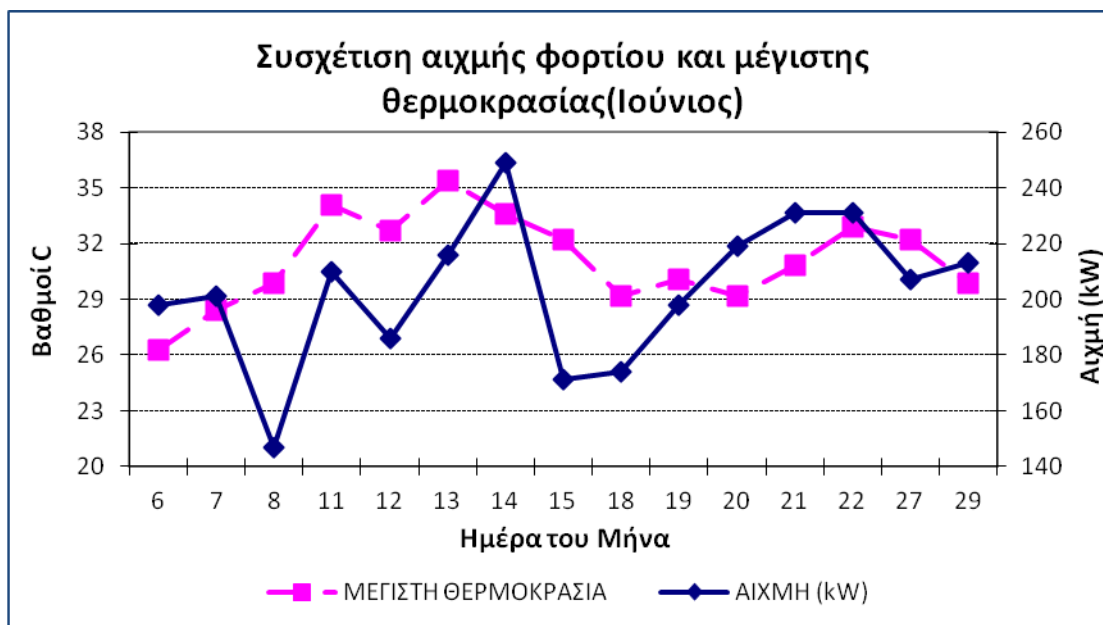
Το γεγονός αυτό φαίνεται καλύτερα στη παρακάτω τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος για τις 14 και 21 Αυγούστου. Παρόλο λοιπόν που στις 14 του μήνα είχαμε μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία(27,1°C έναντι 25,4°C) σε σχέση με τις 21 του μήνα, η ζήτηση σε ισχύ στις 21 είναι μεγαλύτερη κάτι το οποίο οφείλεται στο πληθυσμό του κτιρίου.



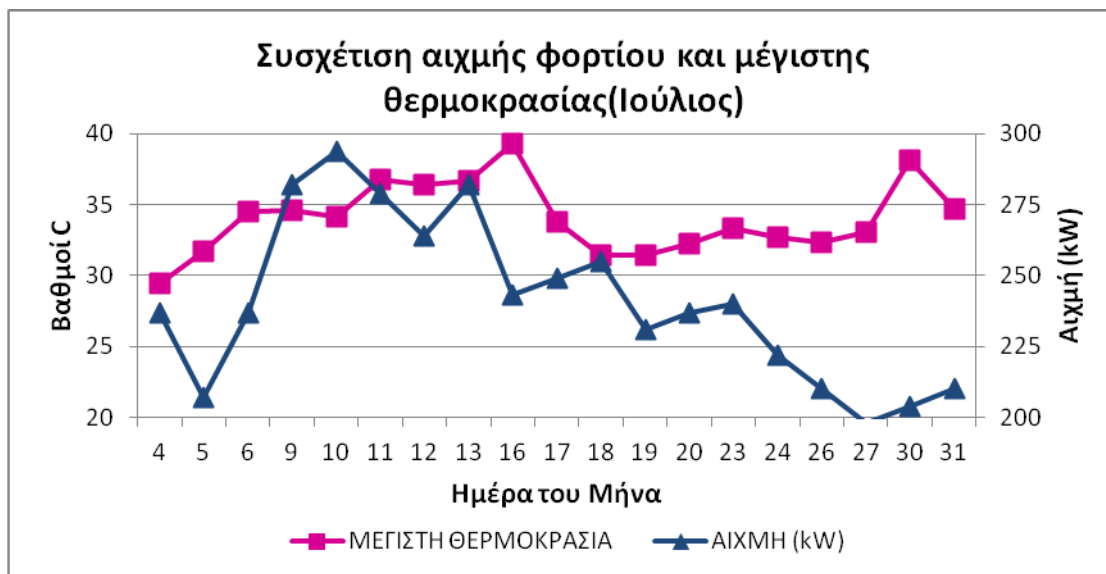
Εικόνα 6.30 Τυπική καμπύλη ζήτησης ισχύος 14 και 21 Αυγούστου.

6.7 Συσχέτιση αιχμής φορτίου και μέγιστης θερμοκρασίας(Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος)

Παρακάτω παρουσιάζουμε σε κοινό διάγραμμα 2 αξόνων, το διάγραμμα της αιχμής φορτίου και το διάγραμμα της μέγιστης θερμοκρασίας για τις καθημερινές μέρες του Ιουνίου, του Ιουλίου, του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου.

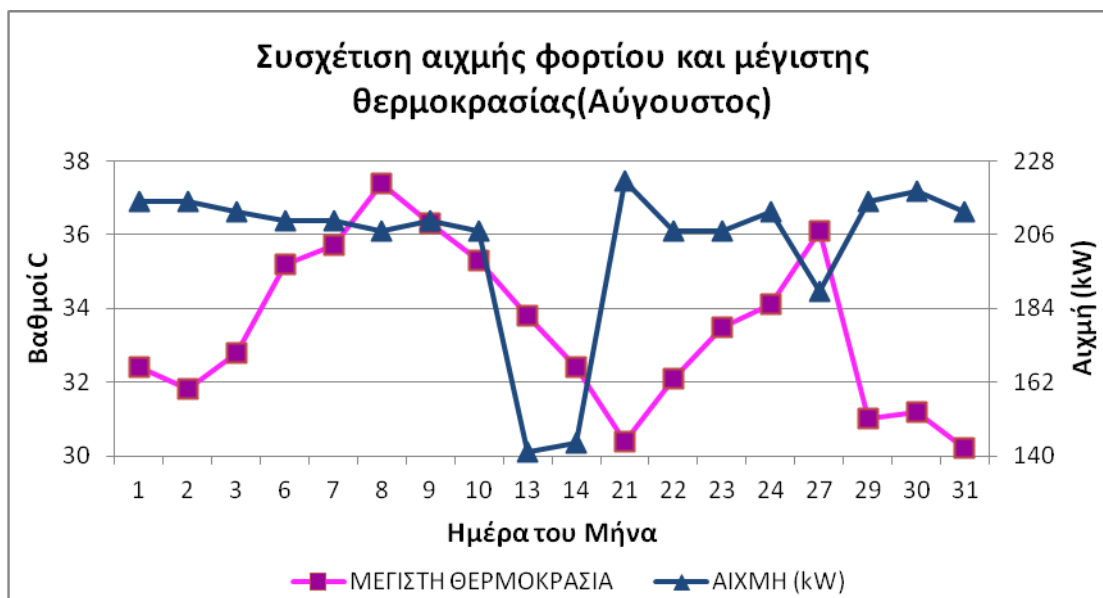


Εικόνα 6.31 Συσχέτιση αιχμής φορτίου και μέγιστης θερμοκρασίας για τον Ιούνιο.



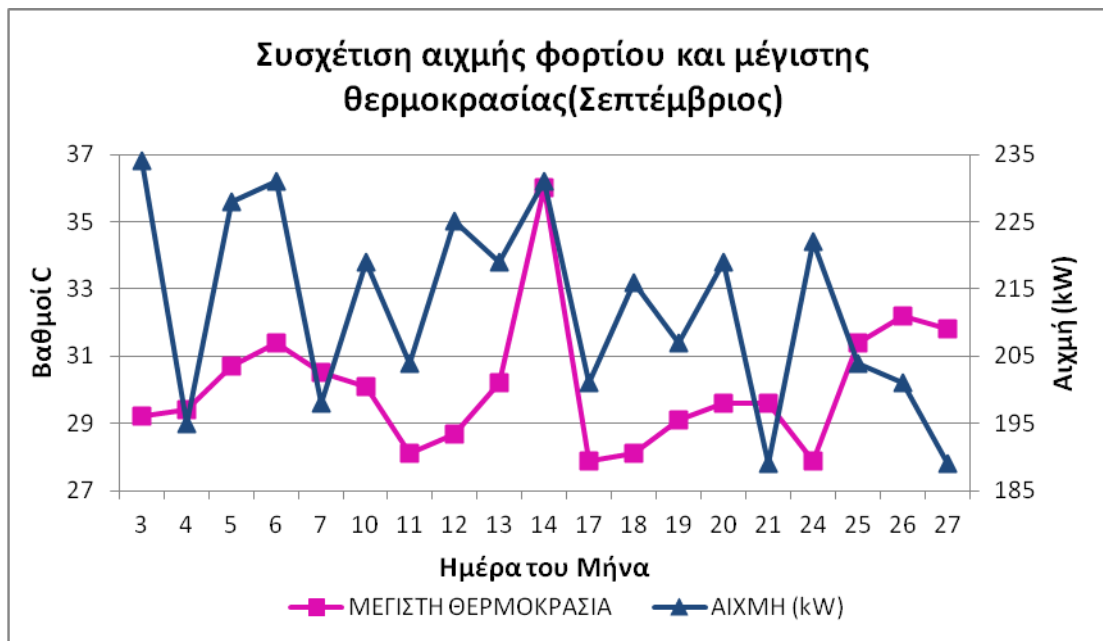
Εικόνα 6.32 Συσχέτιση αιχμής φορτίου και μέγιστης θερμοκρασίας για τον Ιούλιο.

Στις 16 Ιουλίου παρατηρούμε ότι ενώ έχουμε τη μεγαλύτερη θερμοκρασία του μήνα η ζήτηση είναι πάρα πολύ μικρή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο πληθυσμός του κτιρίου είναι ελάχιστος καθώς εκείνη τη μέρα μόλις ένα μάθημα εξετάζεται στο κτίριο επιστημών ενώ βρισκόμαστε και προς το τέλος της εξεταστικής περιόδου και πολλοί φοιτητές μπορεί να έχουν φύγει.



Εικόνα 6.33 Συσχέτιση αιχμής φορτίου και μέγιστης θερμοκρασίας για τον Αύγουστο.

Αυτό που πρέπει να επισημάνουμε είναι ότι για τις πρώτες μέρες του Αυγούστου η αιχμή φορτίου που παρουσιάζεται είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας λόγω του ελάχιστου πληθυσμού που βρίσκεται στο κτίριο. Η αιχμή φορτίου τις πρώτες μέρες του Αυγούστου οφείλεται στην ενεργοποίηση του κλιματισμού τα βράδια.



Εικόνα 6.34 Συσχέτιση αιχμής φορτίου και μέγιστης θερμοκρασίας για τον Σεπτέμβριο.

Παρακάτω παρουσιάζουμε πίνακα με τις ημερομηνίες στις οποίες η ώρα της αιχμής φορτίου συμπίπτει σε πολύ μεγάλο βαθμό με την ώρα της μέγιστης θερμοκρασίας.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. **Πίνακας 6.16 Ημερομηνίες κατά τις οποίες η ώρα αιχμής φορτίου και η ώρα της μέγιστης θερμοκρασίας συμπίπτουν.**

Ημερομηνία	Ώρα αιχμής φορτίου	Ώρα μέγιστης θερμοκρασίας
8 Ιουνίου	12:50	12:49
13 Ιουνίου	13:30	13:24
15 Ιουνίου	11:20	12:09
19 Ιουνίου	14:20	14:14
27 Ιουνίου	15:30	14:36
6 Ιουλίου	13:40	13:41
9 Ιουλίου	13:00	13:28
16 Ιουλίου	14:30	13:32
17 Ιουλίου	14:30	13:49
19 Ιουλίου	13:50	13:33
20 Ιουλίου	15:10	14:35
24 Ιουλίου	15:00	14:23
27 Ιουλίου	13:30	13:56
27 Αυγούστου	12:00	11:24
4 Σεπτεμβρίου	13:00	13:19
10 Σεπτεμβρίου	13:40	12:54
11 Σεπτεμβρίου	12:00	12:25
12 Σεπτεμβρίου	13:50	13:42
13 Σεπτεμβρίου	13:30	13:43
17 Σεπτεμβρίου	13:20	13:16
18 Σεπτεμβρίου	12:50	13:16
19 Σεπτεμβρίου	13:20	13:33
21 Σεπτεμβρίου	13:50	13:50
27 Σεπτεμβρίου	11:20	12:15

Όπως παρατηρούμε από τα διαγράμματα υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της αιχμής φορτίου και της μέγιστης θερμοκρασίας. Βλέπουμε ότι η ώρα αιχμής του φορτίου και η ώρα της

μέγιστης θερμοκρασίας συμπίπτει αρκετές φορές. Μάλιστα 25 φορές η ώρα αιχμής με την ώρα της μέγιστης θερμοκρασίας δεν έχει διαφορά πάνω από μια ώρα. Ιδιαίτερα το Σεπτέμβριο το φαινόμενο αυτό σημειώθηκε αρκετές φορές. Τον Αύγουστο δε συμπίπτει το φαινόμενο αυτό (εκτός μία φορά) καθώς ο πληθυσμός στο κτίριο ήταν ελάχιστος και η αιχμή φορτίου παρουσιαζόταν το βραδύ γύρω στις 11 οπότε και είναι προγραμματισμένο να ανοίγουν για ένα τέταρτο της ώρας όλα τα κλιματιστικά VRV.

6.8 Σύνοψη

- Υλοποιήθηκε ένα σύστημα καταγραφής των καταναλώσεων ισχύος για το κλιματισμό VRV του κτιρίου Επιστημών. Από τις μετρήσεις που καταγράφουμε στο BMS μπορούμε να βγάζουμε τις τυπικές καμπύλες κατανάλωσης ηλεκτρισμού.
- Έχουμε καταγράψει μετρήσεις κατανάλωσης ισχύος ανά 15 λεπτά για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Το μεγαλύτερο κλιματιστικό φορτίο το έχει ο Ιούλιος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ο μήνας με τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες αλλά και στο ότι το κτίριο εξακολουθεί να βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία καθώς η εξεταστική περίοδος τελειώνει τέλη του μήνα.
- Η ζήτηση τον Ιούλιο αυξήθηκε κατά 30% σε σχέση με τον Ιούνιο ενώ τον Αύγουστο μειώθηκε κατά 33% σε σχέση με τον Ιούλιο.
- Η ζήτηση σε ενέργεια του κλιματισμού VRV το σαββατοκύριακο μειώνεται στο περίπου κατά 80% σε σχέση με τις καθημερινές.
- Η ζήτηση σε ενέργεια του κλιματισμού VRV ιδιαίτερα για τις καθημερινές, αυξάνεται απότομα μετά τις 9πμ.
- Κάθε μέρα γύρω στις 11 μμ είναι προγραμματισμένο να ανοίγουν όλα τα κλιματιστικά VRV του κτιρίου και να δουλεύουν για ένα τέταρτο. Στη συνέχεια τερματίζουν. Ο λόγος είναι αν έχει μείνει κάποιο κλιματιστικό ανοιχτό να κλείσει, ώστε να μη δουλεύει όλο το βράδυ.
- Η Αιχμή του φορτίου για μία καθημερινή μέρα έχει τη τάση να παρουσιάζεται μεταξύ 1μμ - 3μμ, ενώ το Σάββατο και τη Κυριακή παρουσιάζεται μεταξύ 11μμ-12μμ.
- Ο λόγος που παρουσιάζεται αιχμή φορτίου μεταξύ 11μμ-12μμ, τα σαββατοκύριακα αλλά και τις μέρες όπου το κτίριο έχει μειωμένη κίνηση είναι η ενεργοποίηση των κλιματιστικών VRV στις 11 το βράδυ.
- Τον Αύγουστο μέχρι τις 20 περίπου του μήνα, οπότε οι φοιτητές και οι καθηγητές βρίσκονται σε διακοπές η αιχμή του φορτίου παρουσιάζεται μεταξύ 11μμ-12μμ όπως δηλαδή και τα σαββατοκύριακα. Σε περιπτώσεις όπως και αυτές η ώρα της αιχμής φορτίου δε ταυτίζεται με την ώρα της μέγιστης θερμοκρασίας.
- Παρατηρήσαμε ότι τις καθημερινές οπότε το κτίριο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία η ώρα της αιχμής φορτίου συμπίπτει κατά ένα πολύ μεγάλο βαθμό με την ώρα της μέγιστης θερμοκρασίας.
- Η ζήτηση σε ενέργεια του κλιματισμού VRV εξαρτάται πρώτα απ' όλα από το πληθυσμό του κτιρίου κάτι το οποίο φαίνεται αν συγκρίνουμε τη ζήτηση που υπάρχει ανάμεσα σε καθημερινές και σαββατοκύριακο. Εν συνεχεία εξαρτάται από τη θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή. Όσο πιο ακραίες θερμοκρασίες έχουμε τόσο η ζήτηση σε ενέργεια για το κλιματισμό VRV θα αυξάνεται.

Κεφάλαιο 7 – Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες κτιρίου Επιστημών

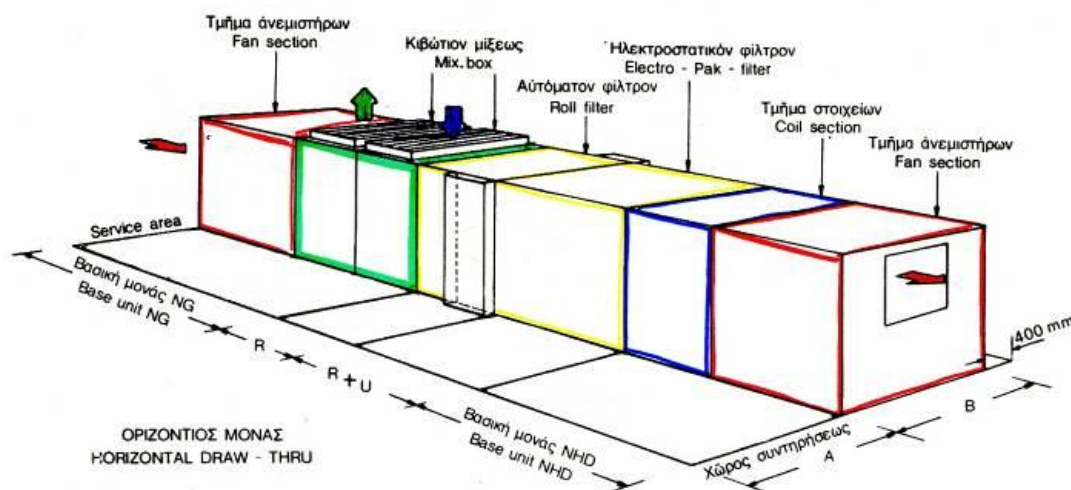
7.1 Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα

Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις κλιματισμού που μπορούν να καλύψουν μεγάλες απαιτήσεις (π.χ. ολόκληρου κτιρίου) και προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες, απαιτώντας όμως πολύπλοκες εσωτερικές εγκαταστάσεις. Η πιο απλή εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού είναι αυτή που διαθέτει ένα κεντρικό δίκτυο σωλήνων διανομής ζεστού ή/και κρύου νερού, ή ψυκτικού υγρού, που τροφοδοτεί τις διάφορες τοπικές κλιματιστικές μονάδες μέσα σε ένα κτίριο. Αυτού του τύπου οι κλιματιστικές μονάδες κλιματίζουν ολόκληρο το κτίριο στο οποίο είναι εγκατεστημένες και είναι κατά κανόνα μονάδες για όλο το χρόνο(ψύξη/ θέρμανση) και δεν παράγουν απευθείας θερμότητα ή ψύξη, αλλά συνδέονται με έναν ψύκτη και ένα λέβητα, ή με μια μεγάλη αντλία θερμότητας, που τροφοδοτούν με ζεστό και κρύο νερό ή με ψυκτικό ρευστό τους εναλλάκτες θερμότητας των μονάδων αυτών. Έτσι, οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

1. στις μονάδες ή εγκαταστάσεις ψύξης- θέρμανσης με ψύκτη νερού και κλασσικό λέβητα ζεστού νερού ή ατμού
2. στις μονάδες που δίνουν ψύξη- θέρμανση με αναστροφή του κύκλου λειτουργίας, γνωστές ως αντλίες θερμότητας (Heatpumps).

Κατασκευάζονται από τυποποιημένα τμήματα που συναρμολογούνται κατάλληλα μεταξύ τους και συνήθως συνδέονται με κεντρικό δίκτυο αεραγωγών το οποίο διανέμει τον αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Οι εναλλάκτες θερμότητας που είναι και τα κυριότερα εξαρτήματα τους, είναι διαφορετικά κατασκευασμένοι από αυτούς των κλιματιστικών μονάδων δωματίου. Αν και εκ πρώτης όψεως μοιάζουν, το στοιχείο μίας τέτοιας μονάδας έχει διαφορετικό μέγεθος και υπάρχουν διαφορές στους συλλέκτες και στο σύστημα ροής που είναι αντιρροή. Επίσης, η κατασκευή τους είναι πολύ επιμελημένη χωρίς διαφυγές αέρα. Τέλος, οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού είναι ισχυρά θερμομονωμένες κατασκευές και αποτελούνται από panels, το οποία είναι συνήθως κατασκευασμένα από δύο λεπτά φύλλα λαμαρίνας, όπου ανάμεσα τους έχει παρεμβληθεί ένα κατάλληλο θερμομονωτικό υλικό, όπως είναι η διογκωμένη πολυουρεθάνη. Η θερμομόνωση είναι απαραίτητη διότι οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού τοποθετούνται, συνήθως, σε μη κλιματιζόμενους χώρους και χωρίς την ισχυρή θερμομόνωση θα παρουσίαζαν μεγάλες απώλειες. Πιο συγκεκριμένα οι εξωτερικές μονάδες τους τοποθετούνται στην οροφή, στο περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου ή σε ειδικά διαμορφωμένο μηχανοστάσιο, ανάλογα με τον τύπο της μονάδας και πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ελεύθερης κυκλοφορίας του εξωτερικού αέρα γύρω από τις εξωτερικές μονάδες. Σε κεντρικές εγκαταστάσεις που κυκλοφορεί νερό, απαιτούνται αντλίες οι οποίες κυκλοφορούν το ζεστό και το κρύο νερό από την εξωτερική μονάδα στους διάφορους τύπους εναλλακτών, που βρίσκονται στους εσωτερικούς χώρους, για να κλιματίσουν τον αέρα.

Παρακάτω απεικονίζονται τα επιμέρους τμήματα μιας τυπικής Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας:



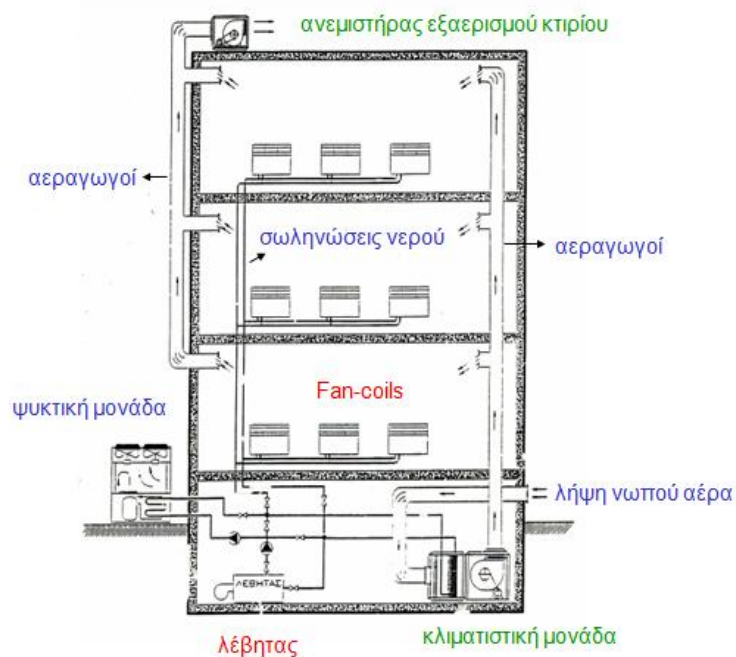
Εικόνα 7.1 Κλιματιστική Μονάδα χωρισμένη σε τμήματα¹⁷

7.2 Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες Κτιρίου Επιστημών και τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Το συμβατικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου Επιστημών στη Πολυτεχνειούπολη περιλαμβάνει τη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από το δίκτυο της ΔΕΗ χρησιμοποιώντας κλιματιστικές μονάδες οι οποίες είναι επιφορτισμένες με την κάλυψη των θερμικών αναγκών του κτιρίου.

Οι ΚΚΜ του κτιρίου Επιστημών είναι συστήματα κλιματισμού που λειτουργούν με νερό και αέρα. Στη ταράτσα του κτιρίου Επιστημών υπάρχουν 2 μεγάλες αντλίες θερμότητας που ζεσταίνουν το νερό και το κατεβάζουν στο κολεκτέρ. Στη συνέχεια μοιράζουν το νερό στα Fan-coils που είναι στο πυρήνα. Το νερό είναι σε χαμηλή θερμοκρασία (περίπου 42°C) με αποτέλεσμα να βγαίνει χλιαρός αέρας ο οποίος θερμαίνει το χώρο.

Στα συστήματα αυτά όπως αναφέραμε παρέχεται κλιματισμένος αέρας και ψυχρό ή θερμό νερό στα Fan-coils, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στους χώρους του πυρήνα του κτιρίου Επιστημών. Η παροχή αέρα στους χώρους γίνεται έξω από τις θερματικές συσκευές (Fan-coils) με ανεξάρτητο δίκτυο αεραγωγών. Οι εσωτερικοί χώροι είναι προγραμματισμένοι το χειμώνα στους 21°C και το καλοκαίρι στους 23°C. Η υγρασία είναι προγραμματισμένη στο 45%.



Εικόνα 7.2 Σύστημα κλιματισμού αέρα-νερού¹⁸

Σύμφωνα με στοιχεία της Τεχνικής Υπηρεσίας , στο κτίριο Επιστημών της Πολυτεχνειούπολης υπάρχουν εγκαταστημένες εννέα (11) Κλιματιστικές Μονάδες για την κάλυψη των θερμικών αναγκών.

Οι 7 από αυτές βρίσκονται στο πυρήνα του κτιρίου και οι 2 στις πτέρυγες. Οι ΚΚΜ 2,3 και 4 βρίσκονται στη ταράτσα του πυρήνα του κτιρίου Επιστημών. Οι ΚΚΜ 5,8 και 9 βρίσκονται στο ισόγειο(Η/Ζ) και οι ΚΚΜ 6 και 7 στο υπόγειο της πτέρυγας Α και Β αντίστοιχα του κτιρίου Επιστημών. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις περιοχές που κλιματίζει κάθε ΚΚΜ.

Πίνακας 7.1 Κλιματιστικές Μονάδες Κτιρίου Επιστημών και τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

ΚΚΜ	Περιοχή που κλιματίζουν	Ψυκτική Ικανότητα(W)	Ψυκτική Ικανότητα (BTU/hr)	Ισχύς Κινητήρα(kW)
ΚΚΜ 1	ΠΥΡΗΝΑΣ ΝΟΤΙΑ	52160	177970	1,5-4 p
ΚΚΜ 2	ΠΥΡΗΝΑΣ ΒΟΡΕΙΑ	52160	177970	1,5-4 p
ΚΚΜ 3	ΑΜΦ.145 ΝΟΤΙΑ ΠΥΡΗΝΑ	56855	193989	2,2-4 p
ΚΚΜ 4	ΑΜΦ.145 ΒΟΡΕΙΑ ΠΥΡΗΝΑ	56855	193989	2,2-4 p
ΚΚΜ 5	ΠΥΡΗΝΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	56369	192331	1,5-4 p
ΚΚΜ 6	ΠΤΕΡΥΓΑ Α' (ΠΡΟΚΛΙΜ. VRV)	246726	841829	1,1-4 p
ΚΚΜ 7	ΠΤΕΡΥΓΑ Β' (ΠΡΟΚΛΙΜ. VRV)	246726	841829	1,1-4 p
ΚΚΜ 8	ΑΜΦ. ΚΕΝΤΡΙΚΟ	101050	344782	1,5-4 p
ΚΚΜ 9	ΑΜΦ. 137 ΠΥΡΗΝΑ	53909	183937	1,1-4 p
Σύνολο		922810 (922,81 kW)	3148628	13,7-36p

Επίσης υπάρχουν άλλες 2 κλιματιστικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται εξωτερικά του κτιρίου Επιστημών , στη περιοχή του parking και οι οποίες τροφοδοτούν τις 2 εξωτερικές αίθουσες διδασκαλίας(2041,2042). Οι 2 αυτές κλιματιστικές μονάδες είναι όμοιες μεταξύ τους και έχουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά που περιγράφονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.2 Εξωτερικές Κλιματιστικές Μονάδες Κτιρίου Επιστημών και τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Εξωτερικές κλιματιστικές μονάδες			
	Watt	BTU/hr	COP (Συντελεστής Απόδοσης)
Θερμική Ικανότητα	43600	148769	3,0625
Ψυκτική Ικανότητα	50180	171221	3,0601

7.3 Ημέρες και ώρες λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών και θερμικών φορτίων του κτιρίου Επιστημών λαμβάνουμε υπ' όψιν τις ημέρες και ώρες λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων του.

Οι κλιματιστικές μονάδες λειτουργούν όλες τις ημέρες του έτους , εκτός από τις επίσημες αργίες και τις Κυριακές . Τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριο, Φεβρουάριο , Μάρτιο , Απρίλιο , Νοέμβριο, Δεκέμβριο) λειτουργούν περίπου για θέρμανση τις ώρες 08:00-14:00 και 16:00-20:00, ενώ τους καλοκαιρινούς (Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο) λειτουργούν περίπου τις ώρες 08:00-20:00 . Ειδική περίπτωση αποτελούν οι 20 τελευταίες μέρες του Ιουλίου και οι 20 πρώτες του Αυγούστου, όπου τα κλιματιστικά λειτουργούν από τις 10:00 έως τις 14:00 , καθώς αυτές οι μέρες αποτελούν την περίοδο των καλοκαιρινών διακοπών οπότε και παρατηρείται ιδιαίτερα χαμηλή συγκέντρωση πληθυσμού στο Κτίριο Επιστημών.

Οι κλιματιστικές μονάδες του κτιρίου Επιστημών παρακολουθούνται και τίθενται σε λειτουργία από το BMS. Εξάιρεση αποτελούν οι 2 εξωτερικές κλιματιστικές μονάδες, οι οποίες τίθενται σε λειτουργία και ρυθμίζονται χειροκίνητα από τα panels που βρίσκονται στις 2 αίθουσες.



Εικόνα 7.3 Εξωτερικές κλιματιστικές μονάδες των αιθουσών 2041, 2042 του κτιρίου Επιστημών .

Πίνακας 7.3 Κλιματιστικές Μονάδες Κτιρίου Επιστημών και χρονοπρόγραμμα λειτουργίας τους.

ΚΚΜ	Περιοχή	Ώρες λειτουργίας
ΚΚΜ 1	ΠΥΡΗΝΑΣ ΝΟΤΙΑ	8:50-15:50 και 16:00-21:00 (καθημερινά εκτός ΣΚ)
ΚΚΜ 2	ΠΥΡΗΝΑΣ ΒΟΡΕΙΑ	8:45-15:50 και 16:00-21:00(καθημερινά εκτός ΣΚ)
ΚΚΜ 3	ΑΜΦ.145 ΝΟΤΙΑ ΠΥΡΗΝΑ	8:30-20:00 (καθημερινά)
ΚΚΜ 4	ΑΜΦ.145 ΒΟΡΕΙΑ ΠΥΡΗΝΑ	8:40-20:00 (καθημερινά)
ΚΚΜ 5	ΠΥΡΗΝΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	-
ΚΚΜ 6	ΠΤΕΡΥΓΑ Α΄ (ΠΡΟΚΛΙΜ. VRV)	9:00-18:00(καθημερινά εκτός ΣΚ <u>σε ακραίες καιρικές περιπτώσεις</u>).
ΚΚΜ 7	ΠΤΕΡΥΓΑ Β΄ (ΠΡΟΚΛΙΜ. VRV)	9:00-18:00(καθημερινά εκτός ΣΚ <u>σε ακραίες καιρικές περιπτώσεις</u>).
ΚΚΜ 8	ΑΜΦ. ΚΕΝΤΡΙΚΟ	-
ΚΚΜ 9	ΑΜΦ. 137 ΠΥΡΗΝΑ	8:35-20:00 (καθημερινά)

Οι ΚΚΜ 1 και 2 λειτουργούν καθημερινά εκτός του σαββατοκύριακο περίπου από τις 9:00 μέχρι τις 21:00 και κλιματίζουν το πυρήνα του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα κλιματίζουν τους διαδρόμους του πυρήνα, το κυλικείο και διάφορα γραφεία που βρίσκονται στο πυρήνα όπως γραμματεία, αίθουσα συσκέψεων, αίθουσα BMS και ότι άλλο βρίσκεται στο πυρήνα του κτιρίου εκτός από τα αμφιθέατρα.

Οι ΚΚΜ 3, 4 και 9 κλιματίζουν τα 3 αμφιθέατρα του κτιρίου Επιστημών 145Π42, 145Π58, 137Π39 αντίστοιχα. Λειτουργούν καθημερινά από τις 8:30 έως τις 20:00.

Η ΚΚΜ 5 κλιματίζει τους ίδιους χώρους με ΚΚΜ 1 και 2. Η ΚΚΜ 5 είναι μόνιμα εκτός λειτουργίας καθώς αποτελεί πλεόνασμα αφού λειτουργούν οι ΚΚΜ 1 και 2.

Η ΚΚΜ 8 του μεγάλου αμφιθεάτρου δε λειτουργεί παρά μόνο όταν είναι προγραμματισμένη κάποια εκδήλωση ή παρουσίαση.

Οι ΚΚΜ 6 και 7 βρίσκονται στις 2 πτέρυγες του κτιρίου Επιστημών και υποβοηθούν το σύστημα κλιματισμού VRV όταν υπάρχει ανάγκη. Σε περιπτώσεις ακραίων καιρικών φαινομένων οι 2 αυτές κλιματιστικές μονάδες τίθενται σε λειτουργία. Συνήθως πιο πολύ λειτουργεί η ΚΚΜ 6 καθώς η δυτική πτέρυγα υποφέρει πιο πολύ τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με την ανατολική πτέρυγα. Τους καλοκαιρινούς μήνες οι ΚΚΜ 6 και 7 θα λειτουργήσουν σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις (καύσωνας) και εφόσον ο πληθυσμός στο κτίριο είναι μεγάλος.

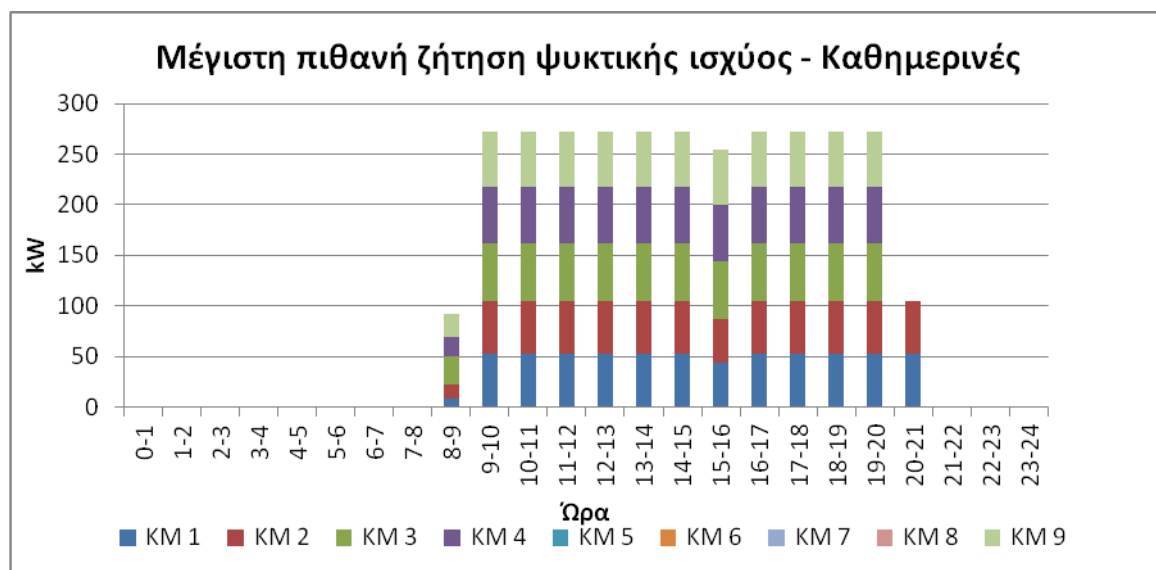
Πίνακας 7.4 Πίνακας ημερών κατά τις οποίες το Πολυτεχνείο δεν λειτουργεί.

ΑΡΓΙΕΣ / ΜΕΡΕΣ ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	
Χριστούγεννα	24/12 έως 06/01
Εορτή Τριών Ιεραρχών	30/01
Καθαρά Δευτέρα	27/02
Εθνικές Εορτές	25/03 και 28/10
Πάσχα	09/04 έως 20/04
Πρωτομαγιά	01/05
Δεκαπενταύγουστος	15/08
Πολυτεχνείο	17/11
Όλες οι Κυριακές του έτους	

7.4 Μέγιστη πιθανή ζήτηση ισχύος των Κλιματιστικών Μονάδων του Κτιρίου Επιστημών

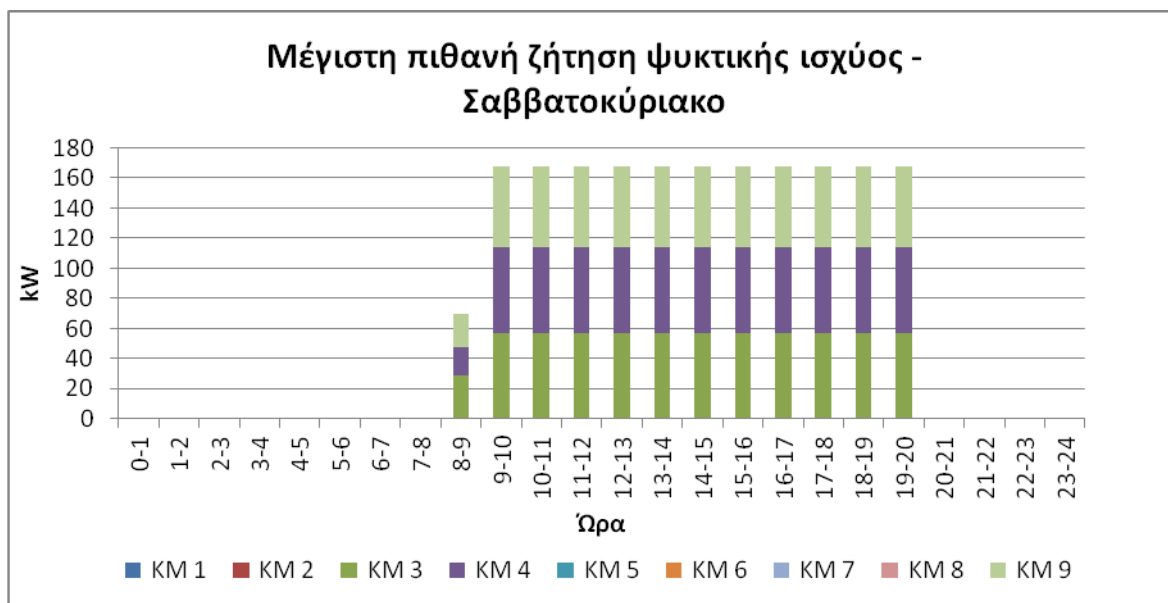
Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες παρακολουθούνται και προγραμματίζονται από το BMS του κτιρίου Επιστημών. Το BMS του κτιρίου Επιστημών δε μας ενημερώνει για τη ζήτηση σε ισχύ των κλιματιστικών μονάδων. Έτσι δε μπορέσαμε να καταγράψουμε για κάποιο χρονικό διάστημα τη ζήτηση ισχύος των κλιματιστικών μονάδων. Το μόνο που μπορέσαμε να υπολογίσουμε για τις ΚΚΜ είναι η μέγιστη πιθανή ζήτηση ψυκτικής ισχύος τους. Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζουμε τις τυπικές καμπύλες μέγιστης πιθανής ζήτησης σε ισχύ(ψυκτική) των ΚΚΜ.

7.4.1 Τυπική καμπύλη μέγιστης πιθανής ζήτησης ψυκτικής Ισχύος Κλιματιστικών Μονάδων για μια καθημερινή μέρα



Εικόνα 7.4 Διάγραμμα μέγιστης πιθανής ζήτησης ψυκτικής Ισχύος(kW) των Κλιματιστικών Μονάδων για μια καθημερινή μέρα(Δευτέρα - Παρασκευή).

7.4.2 Τυπική καμπύλη μέγιστης πιθανής ζήτησης ψυκτικής Ισχύος Κλιματιστικών Μονάδων για το Σαββατοκύριακο



Εικόνα 7.5 Διάγραμμα μέγιστης πιθανής ζήτησης ψυκτικής Ισχύος(kW) των Κλιματιστικών Μονάδων για το Σαββατοκύριακο.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τη μέγιστη πιθανή ζήτηση ψυκτικής ισχύος(kW) των κλιματιστικών μονάδων για καθημερινές και σαββατοκύριακο.

Πίνακας 7.5 Μέγιστη πιθανή κατανάλωση ψυκτικής ισχύος(kW) των κλιματιστικών μονάδων .

Μέγιστη Πιθανή Ζήτηση Ψυκτικής Ισχύος(kW) Κλιματιστικών Μονάδων		
	Καθημερινή	Σάββατο , Κυριακή
ΚΚΜ 1	626,09	0
ΚΚΜ 2	630,09	0
ΚΚΜ 3	653,83	653,83
ΚΚΜ 4	644,35	644,35
ΚΚΜ 5	0	0
ΚΚΜ 6	0	0
ΚΚΜ 7	0	0
ΚΚΜ 8	0	0
ΚΚΜ 9	615,46	615,461
Συνολικά	3169,83	1913,65

Όπως παρατηρούμε έχουμε πλήρη ταυτοχρονισμό των φορτίων των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων.

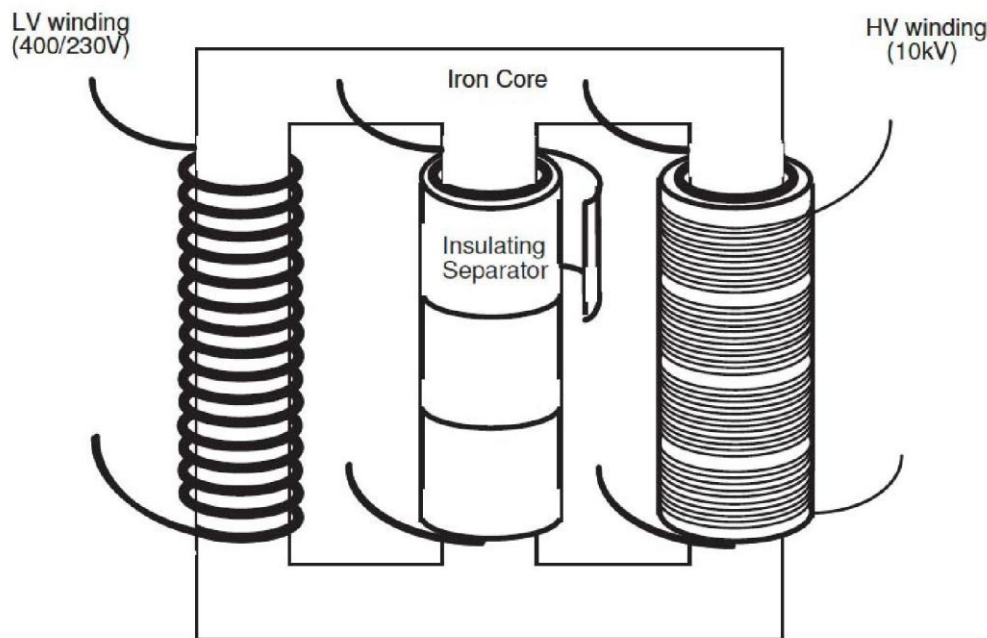
Κεφάλαιο 8 – Μετασχηματιστές διανομής κτιρίου Επιστημών

8.1 Μετασχηματιστές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

8.1.1 Βασικές αρχές λειτουργίας

Οι μικρότεροι μετασχηματιστές σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στους υποσταθμούς διανομής και τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τους καταναλωτές, περιγράφονται ως μετασχηματιστές διανομής. Οι μετασχηματιστές διανομής είναι συσκευές οι οποίες μετατρέπουν ηλεκτρική ενέργεια από το επίπεδο μέσης τάσης (συνήθως από 10 kV έως 36 kV) σε επίπεδα τάσης κατάλληλα για οικιακά, εμπορικά και εν μέρει βιομηχανικά φορτία.

Οι πολύ μεγάλης ισχύος μετασχηματιστές κατασκευάζονται συνήθως από τρεις ξεχωριστούς τριφασικούς μονοφασικούς μετασχηματιστές που συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλες συνδεσμολογίες. Ένας τριφασικός μετασχηματιστής διανομής αποτελείται από έναν πυρήνα σιδήρου με ένα σκέλος για κάθε μία από τις φάσεις. Γύρω από κάθε σκέλος βρίσκονται δύο τυλίγματα: ένα με μεγάλο αριθμό ελιγμάτων (N_1), που είναι συνδεδεμένο στη πλευρά της υψηλής τάσης και ένα με μικρό αριθμό ελιγμάτων (N_2), συνδεδεμένο στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Τα τυλίγματα διαχωρίζονται από μονωτικό υλικό, όπως φαίνεται στο σχήμα. Όταν εφαρμόζεται μια εναλλασσόμενη τάση στους ακροδέκτες του ενός τυλίγματος, μια τάση με την ίδια συχνότητα παράγεται στους ακροδέκτες του άλλου. Ο λόγος των τάσεων ισούται με το λόγο των ελιγμάτων: $V_1/V_2 = N_1/N_2$. Συνεπώς, με κατάλληλη επιλογή του αριθμού ελιγμάτων του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος είναι δυνατό να προκύψει οποιοσδήποτε επιθυμητός λόγος τάσεων.



Εικόνα 8.1 Διάγραμμα τριφασικού μετασχηματιστή διανομής.

Οι μετασχηματιστές λοιπόν αυξάνουν την τάση της παραγόμενης ενέργειας για τη μεταφορά της και μετά την υποβιβάζουν στο απαιτούμενο από τους χρήστες επίπεδο. Για το λόγο αυτό αποτελούν βασικό στοιχείο του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης καθιστούν δυνατή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην πλέον οικονομική τάση γεννήτριας, τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας στην πλέον οικονομική τάση μεταφοράς και

την χρησιμοποίηση της στην πλέον κατάλληλη τάση για κάθε καταναλωτική συσκευή.

8.1.2 Ψύξη μετασχηματιστών

Η θερμότητα η οποία παράγεται στους μετασχηματιστές πρέπει να απάγεται, για να μην αυξηθεί η θερμοκρασία τους πέρα από τα επιτρεπόμενα όρια. Ανάλογα με τη μέθοδο ψύξης που χρησιμοποιείται, οι μετασχηματιστές διακρίνονται στους **μετασχηματιστές λαδιού**, οι οποίοι είναι πιο αποδοτικοί και τους **μετασχηματιστές ξηρού τύπου**. Οι ελαιόψυκτοι μετασχηματιστές είναι οι πιο συνηθισμένοι και αποτελούν το 80% του συνολικού πληθυσμού των μετασχηματιστών διανομής στη βιομηχανία και το 99% του συνολικού πληθυσμού των μετασχηματιστών διανομής των εταιρειών διανομής στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

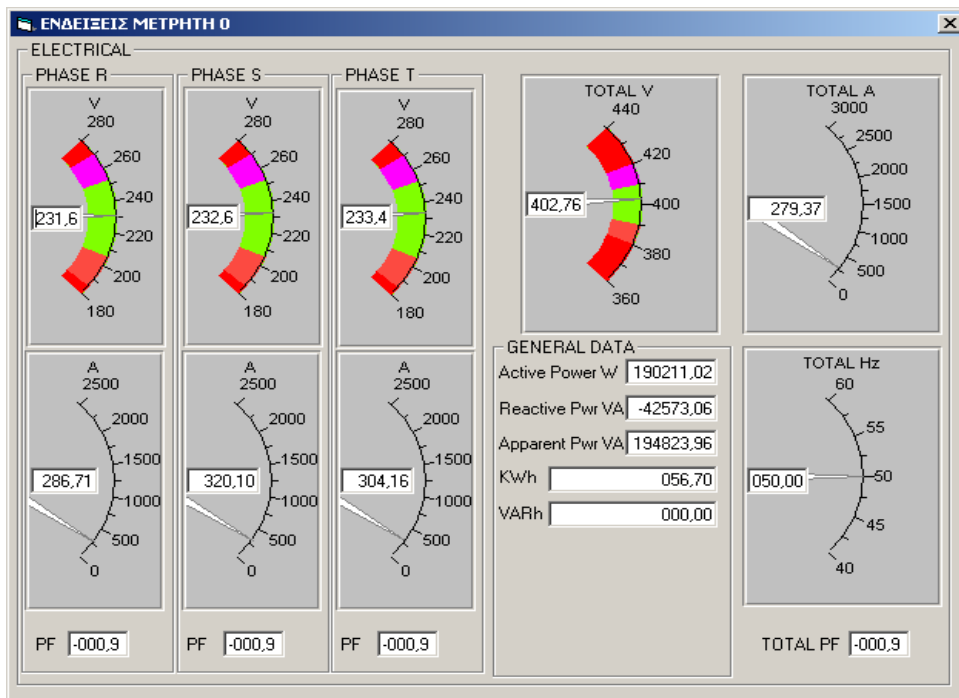
Οι μετασχηματιστές λαδιού είναι εμβαπτισμένοι σε λάδι, το οποίο ψύχει τα τυλίγματα και ταυτόχρονα λειτουργεί ως ηλεκτρική μόνωση. Παλιότερα το πολυχλωροδιφαινύλιο (PCB) εθεωρείτο ως ένα από τα πιο αξιόπιστα μονωτικά υγρά για μετασχηματιστές λόγω των ηλεκτρικών του ιδιοτήτων και της πυραντοχής του. Ωστόσο διασπάται δύσκολα και συσσωρεύεται στην τροφική αλυσίδα, με αποτέλεσμα να αποτελεί απειλή για τη δημόσια υγεία. Επιπλέον η καύση του προκαλεί εκπομπή αερίων που μπορεί να περιέχουν διοξίνες. Για αυτούς τους λόγους σήμερα τα λάδια από πολυχλωροδιφαινύλιο έχουν ως επί τω πλείστον αντικατασταθεί από ορυκτέλαια και συνθετικά λάδια.

Οι μετασχηματιστές ξηρού τύπου χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις στις οποίες η χρήση των μετασχηματιστών λαδιού θεωρείται επισφαλής λόγω κινδύνου πυρκαγιάς ή όταν υπάρχουν απαιτήσεις για αποφυγή μόλυνσης τους περιβάλλοντος. Στους μετασχηματιστές αυτούς το ψυκτικό μέσο είναι ο αέρας, ενώ χρησιμοποιούνται επιπλέον για ηλεκτρική μόνωση εποξειδική ρητίνη ή χαρτιά, διαποτισμένα με κατάλληλες ουσίες.

8.2 Μετασχηματιστές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου Επιστημών

Όπως αναφέραμε στη παράγραφο [4.3.1.6](#) στο πυρήνα του επιπέδου 137(Ισόγειο) του βρίσκεται το μηχανοστάσιο όπου είναι στεγασμένος ο υποσταθμός του κτιρίου Επιστημών. Ο υποσταθμός αυτός περιλαμβάνει τους 2 μετασχηματιστές διανομής, το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης, το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και τα UPS των μετασχηματιστών. Ο υποσταθμός του κτιρίου παίρνει τάση από το κεντρικό υποσταθμό της Πολυτεχνειούπολης ο οποίος λειτουργεί με παροχή μέσης τάσης 20kV από τη ΔΕΗ. Από τον υποσταθμό του κτιρίου Επιστημών φτάνουμε στον υποσταθμό του πολυτεχνείου με 3 καλώδια χαλκού των 95mm. Οι μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι στο κτίριο Επιστημών ανήκουν στην κατηγορία των μετασχηματιστών λαδιού καθώς χρησιμοποιείται λάδι για τη ψύξη των τυλιγμάτων τους. Επίσης το λάδι λειτουργεί και ως μονωτικό. Οι μετασχηματιστές διανομής είναι τριφασικοί δηλαδή αποτελούνται από τρεις ξεχωριστούς μονοφασικούς μετασχηματιστές που συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλες συνδεσμολογίες. Οι μετασχηματιστές έχουν ενιαίο πυρήνα και για τις 3 φάσεις (R-S-T). Κάθε τριφασικός μετασχηματιστής του κτιρίου Επιστημών έχει ονομαστική ισχύ 500 kVA και η λειτουργία τους είναι παράλληλη. Η τάση που έχει κάθε Μ/Σ είναι 20/0,4 kV. Αυτό σημαίνει ότι η τάση στο πρωτεύων είναι 20kV και η τάση στο δευτερεύον είναι 400V. Η συχνότητα λειτουργίας των μετασχηματιστών είναι 50 Hz. Η μέγιστη ανύψωση θερμοκρασίας τυλίγματος είναι ίση με 65 K και η μέγιστη ανύψωση θερμοκρασίας πάνω στρώματος λαδιού είναι ίση με 60 K.

Οι 2 μετασχηματιστές παρακολουθούνται από το BMS του κτιρίου Επιστημών. Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζουμε τη κατάσταση του 1^{ου} μετασχηματιστή όπως αυτή απεικονίζεται από το BMS του κτιρίου Επιστημών.



Εικόνα 8.2 Κατάσταση του 1^{ου} Μετασχηματιστή .

Πιο συγκεκριμένα για το καθένα από τους 2 μετασχηματιστές του κτιρίου Επιστημών γνωρίζουμε:

- τη κατάσταση στην οποία βρίσκεται (ONLINE, OFFLINE).
- τη θερμοκρασία χώρου στον οποίο βρίσκεται.
- τη πολική τάση (Total V) αλλά και τη τάση που υπάρχει σε κάθε φάση.
- το ρεύμα λειτουργίας (Total A) αλλά και το ρεύμα που υπάρχει σε κάθε φάση.
- το συντελεστή ισχύος (Total PF).
- τη συχνότητα(Hz) δικτύου.
- την ενεργό ισχύ(P) του (Active Power).
- την άεργο ισχύ(Q) του (Reactive Power).
- τη φαινόμενη ισχύ του S (Apparent Power).
- τη κατανάλωση του(kWh).

Το BMS επίσης μας ενημερώνει για τη κατάσταση της γεννήτριας - ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να γνωρίζουμε:

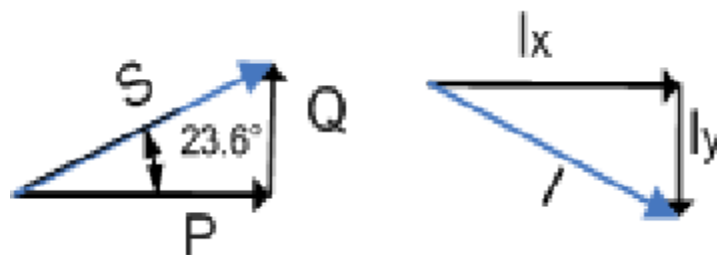
- αν το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι Εντός ή Εκτός.
- αν η εντολή αυτόματης εκκίνησης είναι ενεργοποιημένη ή όχι.
- αν η στάθμη καυσίμου είναι εντάξει.
- αν ο διακόπτης μεταγωγής είναι σε κατάσταση μεταγωγής ή όχι.
- αν ο διακόπτης μεταγωγής βρίσκεται σε θέση απόπλισης(trip).

Η ενεργός ισχύς(P) είναι η ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που παράγει πραγματικό έργο και μετριέται σε kW. Είναι δηλαδή το σύνολο της ενέργειας το οποίο μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο.

Η άεργος ισχύς(Q) μετριέται σε kVar. Ονομάζεται άεργος ισχύ γιατί σε αντίθεση με την ενεργό ισχύ δε μετατρέπεται σε έργο , αλλά αντανακλάται και επιστρέφει στο ηλεκτρικό

δίκτυο με διαφορετική μορφή. Η άεργος ισχύς είναι ανεπιθύμητη αφού δεν παράγει κανένα έργο και ακόμα χειρότερα επιβαρύνει τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με μια επιπλέον ποσότητα ενέργειας που αναλογεί απλά σε αντίστοιχες θερμικές απώλειες. Επίσης αλλοιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η φαινόμενης ισχύς χωρίζεται στα 2 παραπάνω υποσύνολα: την ενεργό ισχύ(P) και την άεργο ισχύ(Q). Η αριθμητική της τιμή ισούται με τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων της Ενεργής και της Άεργης ισχύος. Η φαινόμενη ισχύς(S) είναι η συνολική ισχύς που κάθε μετασχηματιστής του κτιρίου Επιστημών τραβάει από το δίκτυο της ΔΕΗ. Είναι δηλαδή η ενέργεια που καταναλώνεται από μια συσκευή ανά μονάδα χρόνου και μετριέται σε kVA.



Εικόνα 8.3 Τρίγωνο ισχύος.

Η γωνία που σχηματίζεται απ' το γεωμετρικό άθροισμα της ενεργής και φαινόμενης ισχύς ονομάζεται συντελεστής ισχύος (PF) ή συνημίτονο ϕ ($\cos\phi$).

Μέσω του BMS του κτιρίου Επιστημών καταγράψαμε τα στοιχεία των μετασχηματιστών ώστε να δούμε τη συμπεριφορά τους. Η καταγραφή έγινε σε ώρες όπου το κτίριο βρίσκεται σε πλήρη χρήση, δηλαδή καθημερινές από τις 10:00 πμ έως τις 2:30 μμ. Παρακάτω παρουσιάζουμε τη συμπεριφορά των μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών τη Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012 τις ώρες 10:00πμ έως 2:30μμ.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε διάφορα στοιχεία που θα μας βοηθήσουν στη κατανόηση της λειτουργίας των 2 μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών. Παρουσιάζουμε για κάθε Μ/Σ αλλά και συγκεντρωτικά την ενεργός κατανάλωση(kWh), τα παραγόμενα άεργα(kVArh), το χωρητικό συντελεστή ισχύος, την μέγιστη φαινόμενη ισχύ και τη μέγιστη ενεργό ισχύ στο χρονικό διάστημα το οποίο μελετήσαμε(Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012, 10πμ-2:30μμ).

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. Πίνακας 8.1 Ενεργός, άεργη κατανάλωση, $\cos\phi$ και max φαινόμενη και ενεργή ισχύ - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012(10πμ-2:30μμ).

	Ενεργός κατανάλωση (kWh)	Παραγόμενα Άεργα (kVArh)	Χωρητικό $\cos\phi$	Μέγιστη φαινόμενη ισχύς(kVA)	Μέγιστη ενεργός ισχύς(kW)
Μ/Σ 1	702,86	255,89	0,93	194,82	190,21
Μ/Σ 2	443,41	343,16	0,79	133,46	115,76
ΣΥΝΟΛΟ	1146,28	599,05	0,88	327,67	301,77

Παρατηρούμε άνισα κατανεμημένα φορτία μεταξύ των 2 μετασχηματιστών. Ο συντελεστής ισχύος ($\cos\phi$) του μετασχηματιστή είναι χαμηλός. Όπως μπορούμε να δούμε στην εικόνα 8.2 το BMS μας ενημερώνει (με το - μπροστά από το συντελεστή ισχύος RF) ότι έχουμε χωρητικό φορτίο κάτι το οποίο σημαίνει ότι το ρεύμα προπορεύεται της τάσης. Επίσης με το (-) μπροστά από την άεργο ισχύ (Reactive Power) μας ενημερώνει ότι παράγουμε άεργο

ισχύ τοπικά. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε σύστημα αντιστάθμισης πυκνωτών, οι οποίοι τοποθετούνται σε συστοιχίες στο πίνακα χαμηλής τάσης.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε το μέγιστο ρεύμα ανά φάση (S-R-T) των μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών καθώς και την ώρα που παρατηρήθηκε.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. **Πίνακας 8.2 Μέγιστο Ρεύμα ανά φάση των Μ/Σ του κτιρίου Επιστημών - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012.**

Μέγιστο Ρεύμα(A) ανά φάση των Μ/Σ του κτιρίου Επιστημών						
	Φάση R	Ωρα	Φάση S	Ωρα	Φάση T	Ωρα
M/Σ 1	289,3	11:46πμ	321,21	1:34πμ	306,26	11:46πμ
M/Σ 2	220,82	1:04μμ	199,54	12:01μμ	282,3	2:15μμ

Αυτό που παρατηρήσαμε είναι ότι ο 2^{ος} μετασχηματιστής είναι περισσότερο ασύμμετρος καθώς τα ρεύματα των φάσεων του είναι ασύμμετρα.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε το συντελεστή φορτίου (load factor) για κάθε μετασχηματιστή για το χρονικό διάστημα που καταγράψαμε. Επίσης υπολογίσαμε και το συγκεντρωτικό συντελεστή φορτίου.

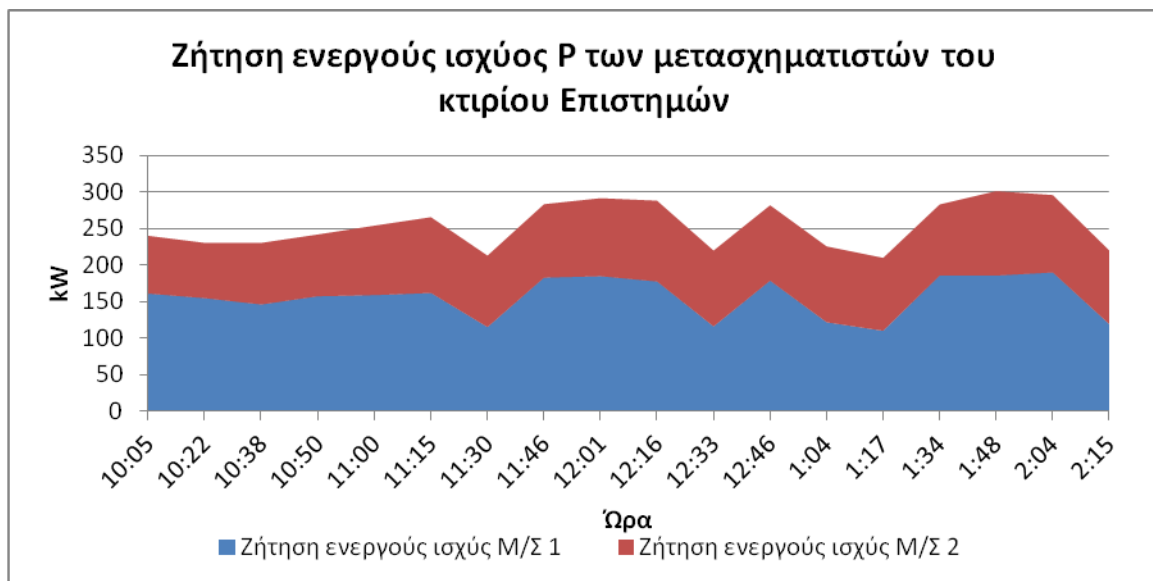
Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. **Πίνακας 8.3 Συντελεστής φορτίου LF των Μ/Σ του κτιρίου Επιστημών.**

Συντελεστής φορτίου (LF) των μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών	
Μετασχηματιστής 1	0,8211
Μετασχηματιστής 2	0,8511
Συγκεντρωτικά	0,844

Ο συντελεστής φορτίου για το κλιματισμό VRV το ίδιο χρονικό διάστημα είναι 0,92 .

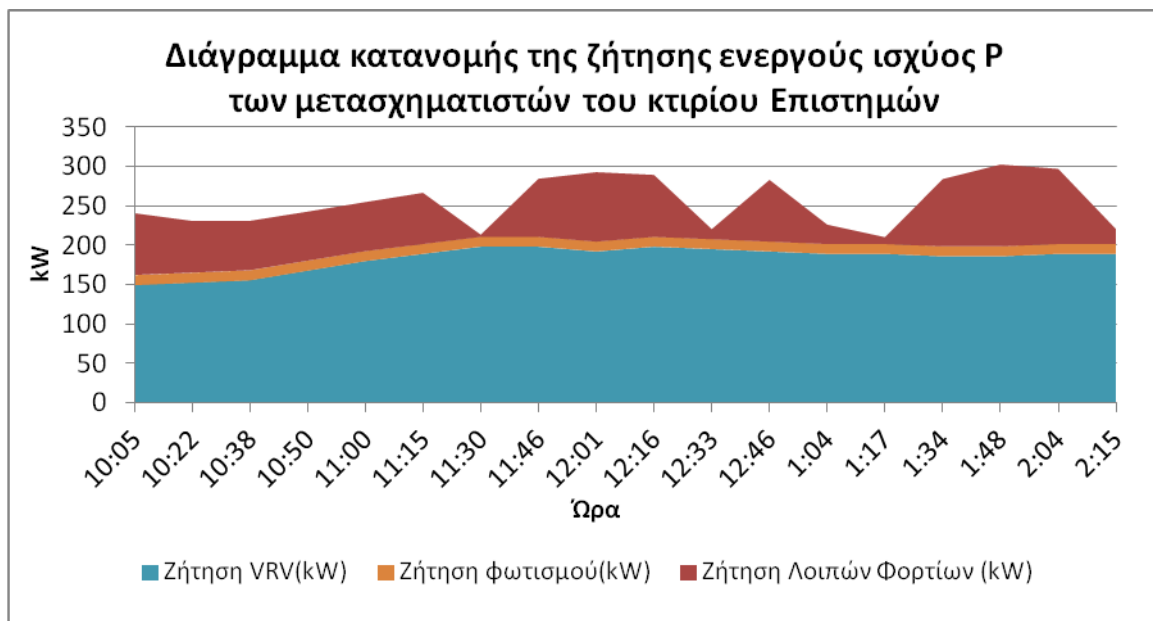
Ο συντελεστής ετεροχρονισμού για τη περίοδο που καταγράψαμε είναι σχεδόν μονάδα (1,013). Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι αυτή τη μικρή χρονική διαφορά έχουμε ταυτοχρονισμό ηλεκτρικών φορτίων συγκεντρωτικά των μετασχηματιστών.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζουμε τη συνολική ζήτηση σε ενεργό ισχύ των 2 μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών τη χρονική περίοδο που εξετάζουμε (20 Σεπτεμβρίου , 10πμ-2:30μμ). Υπολογίσαμε τη συνολική ζήτηση σε ενεργό ισχύ αθροίζοντας τις ενεργούς ισχύς των 2 μετασχηματιστών. Εκτός από τη συνολική ζήτηση μπορούμε να δούμε και τη ζήτηση σε ενεργό ισχύ ξεχωριστά για κάθε μετασχηματιστή.



Εικόνα 8.3 Διάγραμμα συνολικής ζήτησης ενεργούς ισχύος των μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012.

Επίσης παρουσιάζουμε το διάγραμμα κατανομής της συνολικής ζήτησης σε ενεργό ισχύ των μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών. Βλέπουμε τη κατανομή της ζήτησης που έχουμε για το κοινόχρηστο φωτισμό, το κλιματισμό VRV και για άλλα φορτία την ίδια περίοδο.



Εικόνα 8.4 Διάγραμμα κατανομής της συνολικής ζήτησης σε ενεργό ισχύ των μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012.

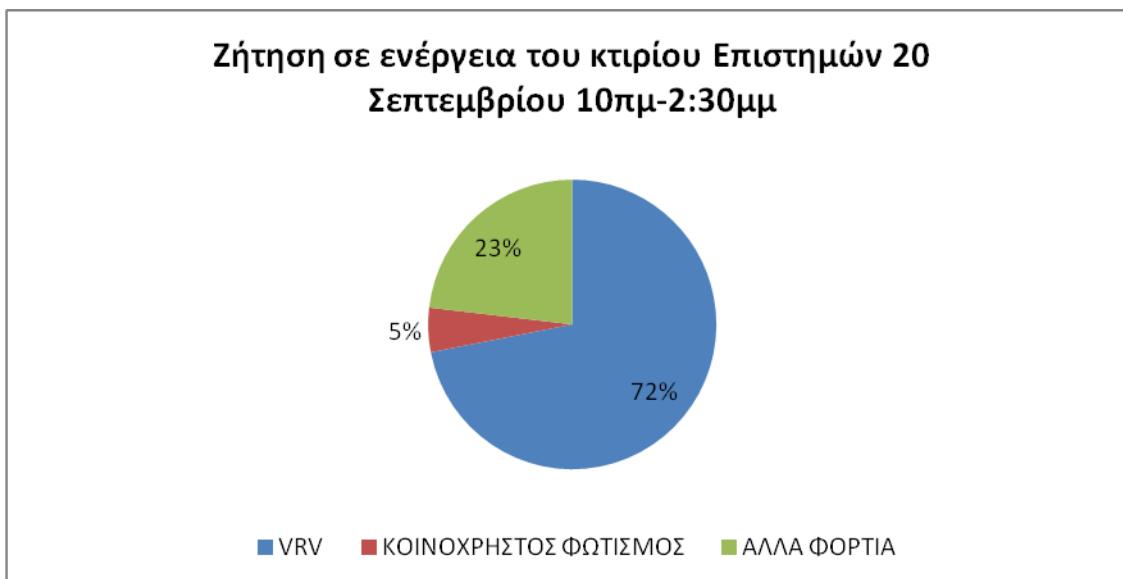
Αιχμή στην ενεργό ζήτηση των μετασχηματιστών παρουσιάζεται όπως βλέπουμε και στο διάγραμμα στις 1:48 μμ και είναι 301,76 kW. Την ίδια στιγμή η ζήτηση σε ισχύ του κλιματιστικού VRV είναι 186kW. Δηλαδή το ποσοστό με το οποίο συμμετέχει ο κλιματισμός VRV στο μέγιστο είναι 61,6%. Η μέγιστη ζήτηση σε ισχύ για το κλιματιστικό VRV τη χρονική περίοδο που εξετάσαμε είναι 198 kW και σημειώθηκε στις 11:30πμ, 11:45πμ και 12:16μμ. Το ποσοστό με το οποίο συμμετείχε ο κλιματισμός VRV στη συνολική ζήτηση εκείνες τις στιγμές (αιχμή VRV) είναι 92,76% , 69,72% και 68,5% αντίστοιχα.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τη συνολική ζήτηση σε ενέργεια των μετασχηματιστών , του φωτισμού και του κλιματισμού VRV για τη Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012 (10:00πμ–2:30μμ). Επίσης παρουσιάζουμε τι ποσοστό από τη συνολική ζήτηση σε ενέργεια ανήκει σε κοινόχρηστο φωτισμό και κλιματισμό VRV αντίστοιχα. Στα άλλα φορτία περιλαμβάνεται ο φωτισμός γραφείων-εργαστηρίων, οι κλιματιστικές μονάδες, τα ασανσέρ και άλλες ηλεκτρικές συσκευές ,τα όποια όμως δε καταγράφονται μέσω του BMS.

Σφάλμα! Χρησιμοποιήστε την καρτέλα "Κεντρική σελίδα", για να εφαρμόσετε το 0 στο κείμενο που θέλετε να εμφανίζεται εδώ. **Πίνακας 8.4 Συνολική Ζήτηση σε ενέργεια, Ζήτηση σε ενέργεια κλιματισμού VRV και φωτισμού, ποσοστό της ζήτησης που ανήκει σε κλιματισμό VRV και φωτισμό - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012.**

Ωρα	Συνολική Ζήτηση σε ενέργεια (kWh)	Ζήτηση σε ενέργεια κλιματισμού VRV(kWh)	Ζήτηση σε ενέργεια κοινόχρηστου φωτισμού (kWh)	Ποσοστό(%) της ζήτησης το οποίο ανήκει στο Φωτισμό	Ποσοστό(%) της ζήτησης το οποίο ανήκει στο VRV κλιματισμό	Ποσοστό(%) της ζήτησης το οποίο ανήκει σε άλλα φορτία
10:05πμ	60,12	37,5	3,161	5,25	62,36	32,37
10:22πμ	57,7	38,25	3,161	5,47	66,28	28,24
10:38πμ	57,71	39	3,161	5,47	67,56	26,95
10:50πμ	60,6	42	3,161	5,21	69,29	25,48
11:00πμ	63,62	45	3,161	4,96	70,72	24,3
11:15πμ	66,54	47,25	3,161	4,75	71	24,24
11:30πμ	53,36	49,5	3,161	5,92	92,76	1,31
11:46πμ	70,99	49,5	3,161	4,45	69,72	25,82
12:01μμ	73,04	48	3,161	4,32	65,71	29,95
12:16μμ	72,18	49,5	3,161	4,37	68,57	27,04
12:33μμ	55,09	48,75	3,161	5,73	88,48	5,77
12:46μμ	70,62	48	3,161	4,47	67,96	27,55
1:04μμ	56,51	47,25	3,161	5,59	83,61	10,79
1:17μμ	52,58	47,25	3,161	6,01	89,85	4,13
1:34μμ	70,89	46,5	3,161	4,45	65,59	29,94
1:48μμ	75,44	46,5	3,161	4,18	61,63	34,17
2:04μμ	74,09	47,25	3,161	4,26	63,76	31,96
2:15μμ	55,13	47,25	3,161	5,73	85,69	8,56
ΣΥΝΟΛΟ	1146,28	824,25	56,89	4,96	71,9	23,13

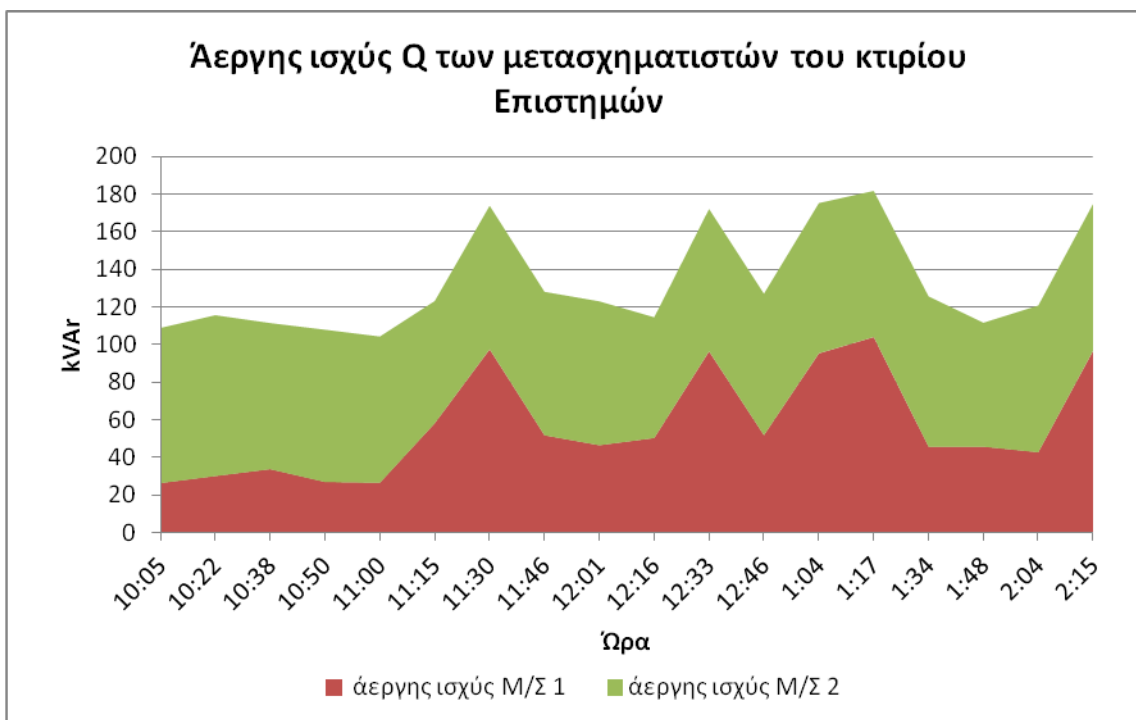
Παρακάτω παρουσιάζουμε σε διάγραμμα πίτας, που κατανέμεται η ζήτηση σε ενέργεια του κτιρίου Επιστημών τη Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012 (10:00πμ – 2:30μμ).



Εικόνα 8.5 Κατανομή Ζήτησης σε ενέργεια κτιρίου επιστημών - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012, 10:00 πμ – 14:30 μμ.

Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια του κτιρίου Επιστημών τη Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου στο διάστημα 10:00πμ-2:30μμ είναι 1146,28 kWh. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας ανήκει στο κλιματισμό VRV με 72% (824,25 kWh). Το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας που ανήκει στο κοινόχρηστο φωτισμό είναι μόλις 5% (56,89 kWh), ενώ αυτό που αντιστοιχεί σε άλλα φορτία είναι 23% (265,14 kWh).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζουμε τη συνολική παραγωγή άεργης ισχύς των 2 μετασχηματιστών του κτιρίου Επιστημών την ίδια χρονική περίοδο(20 Σεπτεμβρίου) που παρουσιάσαμε τη ζήτηση σε ενεργή ισχύ παραπάνω. Εκτός από τη συνολική, μπορούμε να δούμε και την άεργη ισχύ που παράγεται στο δευτερεύον του κάθε μετασχηματιστή.



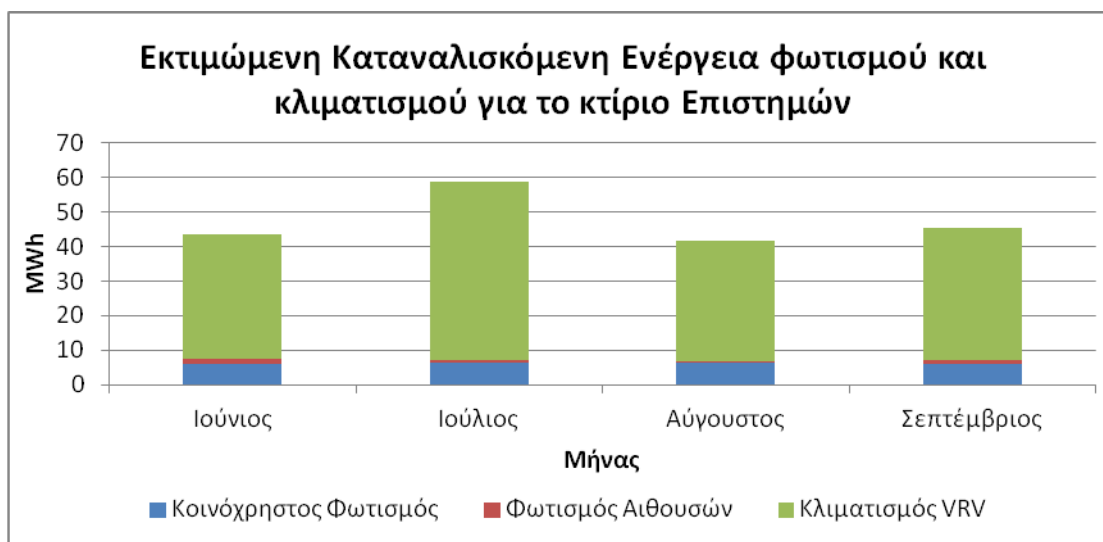
Εικόνα 8.6 Διάγραμμα παραγωγής άεργης ισχύς των Μ/Σ του κτιρίου επιστημών - Πέμπτη 20 Σεπτεμβρίου 2012, 10:00 πμ – 14:30 μμ.

Παρατηρούμε ότι η παραγωγή άεργης ισχύς για το δεύτερο μετασχηματιστή είναι μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο συντελεστή ισχύος. Ο πρώτος μετασχηματιστής έχει μέσο συντελεστή 0,93 ενώ ο δεύτερος 0,79. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής ισχύος ($\cos\phi$) τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγόμενη άεργος ισχύς.

Κεφάλαιο 9 - Συμπεράσματα

9.1 Εκτιμώμενη ζήτηση σε ενέργεια για κλιματισμό VRV και φωτισμό του κτιρίου Επιστημών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζουμε την εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ενέργεια του κτιρίου Επιστημών για τους μήνες Ιούνιο , Ιούλιο , Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Σε αυτή περιλαμβάνεται η εκτιμώμενη ζήτηση σε ενέργεια για το κοινόχρηστο φωτισμό, το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας και το κλιματισμό VRV.



Εικόνα 9.1 Διάγραμμα εκτιμώμενης καταναλισκόμενης ενέργειας κλιματισμού VRV και Φωτισμού για το Κτίριο Επιστημών τους μήνες Ιούνιο , Ιούλιο , Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

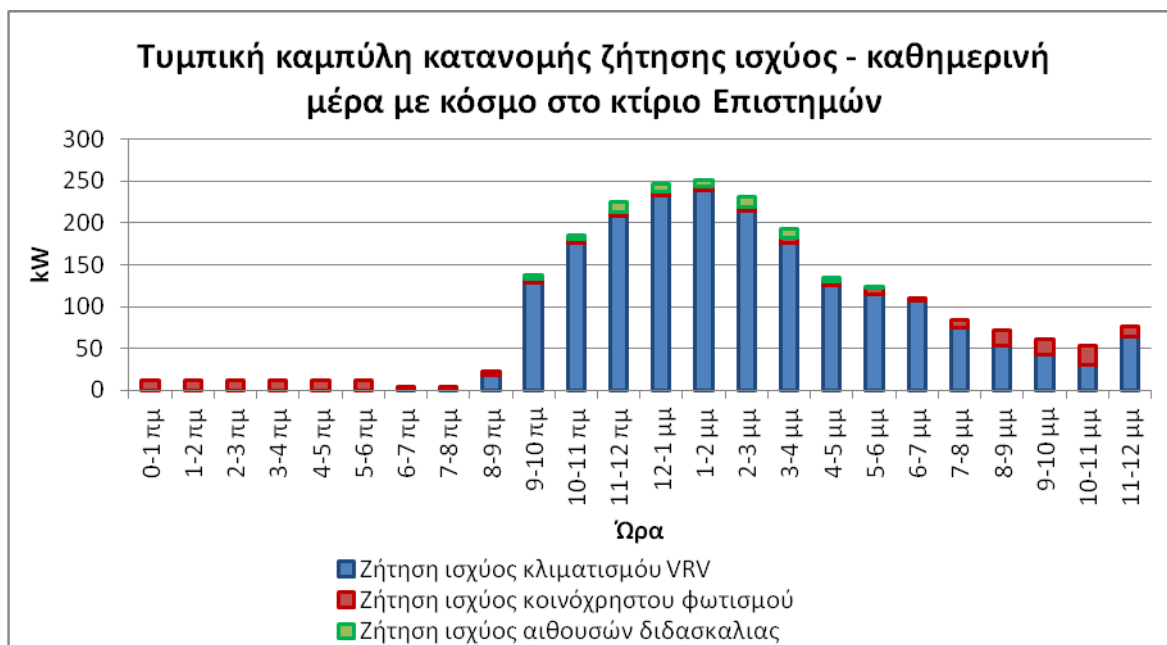
Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε την εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ενέργεια για το κλιματισμό VRV, το κοινόχρηστο φωτισμό και το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας. Η ζήτηση σε ενέργεια για το κοινόχρηστο φωτισμό εκτιμήθηκε βάσει του χρονοπρογράμματος λειτουργίας του που έχει προγραμματιστεί από το BMS. Η ζήτηση για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας εκτιμήθηκε υπολογίζοντας τις ώρες λειτουργίας των αιθουσών βάσει του προγράμματος διδασκαλίας και εξεταστικής ενώ η εκτίμηση για το κλιματισμό VRV υπολογίστηκε βάσει των όσων περιγράψαμε στη παράγραφο 6.5 .

Πίνακας 9.1 Εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ενέργεια(MWh) ανά μήνα(Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο).

Εκτιμώμενη καταναλισκόμενη ενέργεια (MWh) κτιρίου Επιστημών				
	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Κοινόχρηστος Φωτισμός	6,08	6,29	6,31	6,07
Φωτισμός αιθουσών διδασκαλίας	1,43	0,64	0,29	0,97
Κλιματισμός VRV	36,14	51,65	34,88	38,25
Σύνολο	43,66	58,60	41,49	45,31

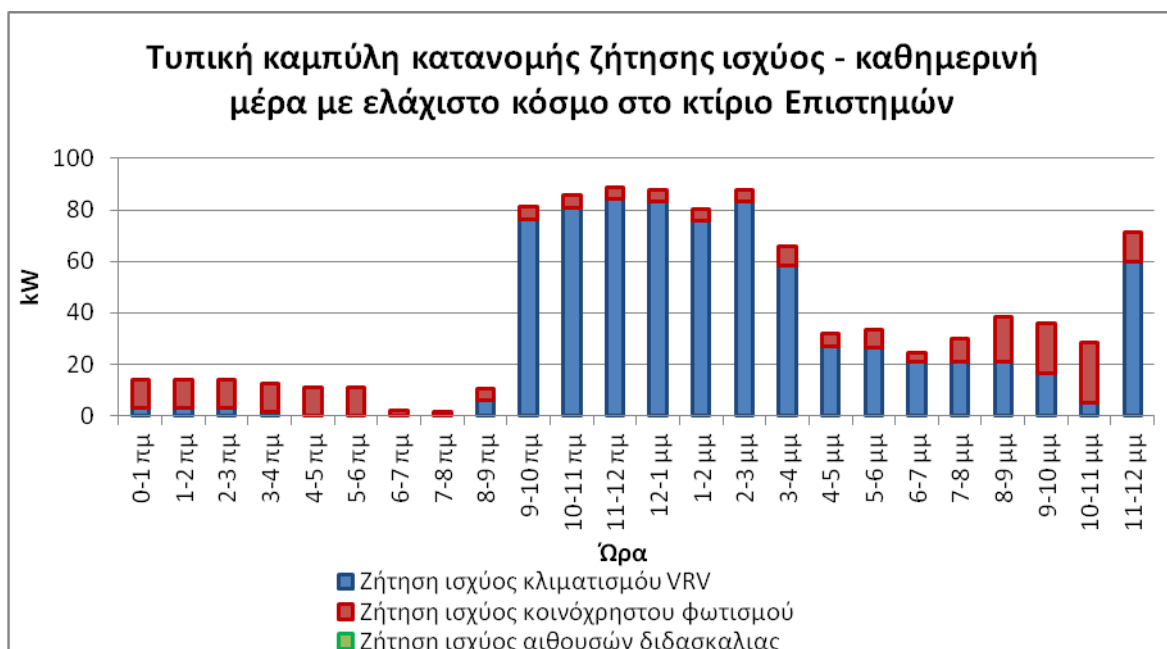
9.2 Κατανομή ζήτησης ισχύος (Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζουμε πως κατανέμεται η ζήτηση σε ισχύ για μία καθημερινή μέρα κατά τη διάρκεια του εξαμήνου όπου το κτίριο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία (διδάσκονται μαθήματα, εργαστήρια κ.λπ.) και ο πληθυσμός στο κτίριο Επιστημών είναι αρκετά μεγάλος.



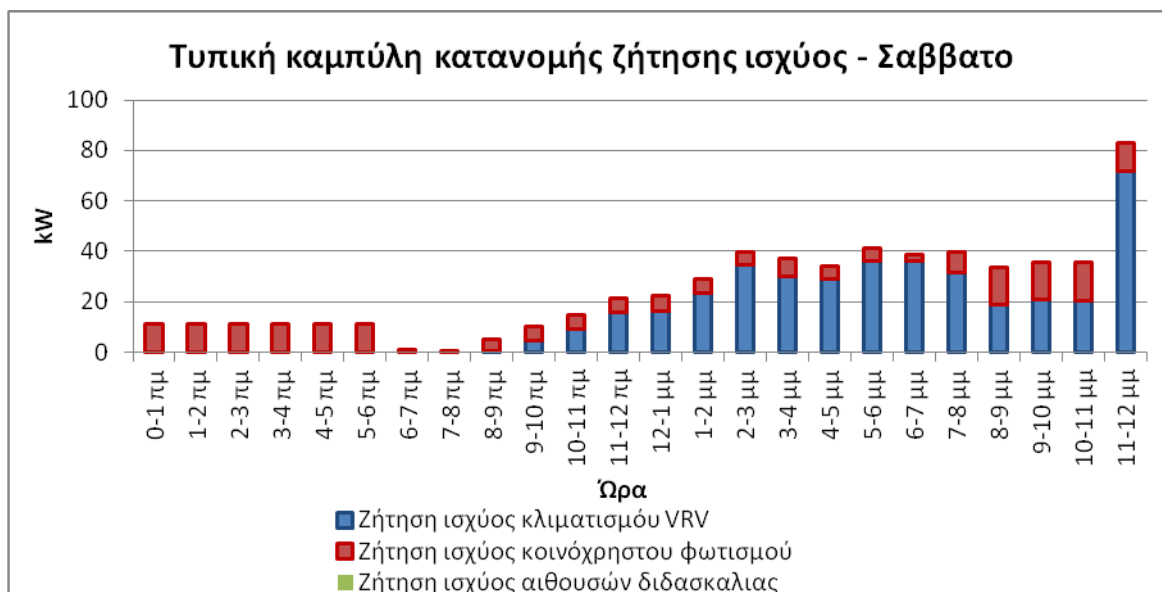
Εικόνα 9.2 Διάγραμμα κατανομής της ζήτησης ισχύος για μια καθημερινή μέρα(Πέμπτη 14/6/2012) με αρκετό κόσμο στο κτίριο Επιστημών.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζουμε πως κατανέμεται η ζήτηση σε ισχύ για μία καθημερινή μέρα όπου οι φοιτητές βρίσκονται σε διακοπές(Χριστούγεννα, Πάσχα, Καλοκαίρι) και ο πληθυσμός στο κτίριο Επιστημών είναι ελάχιστος.

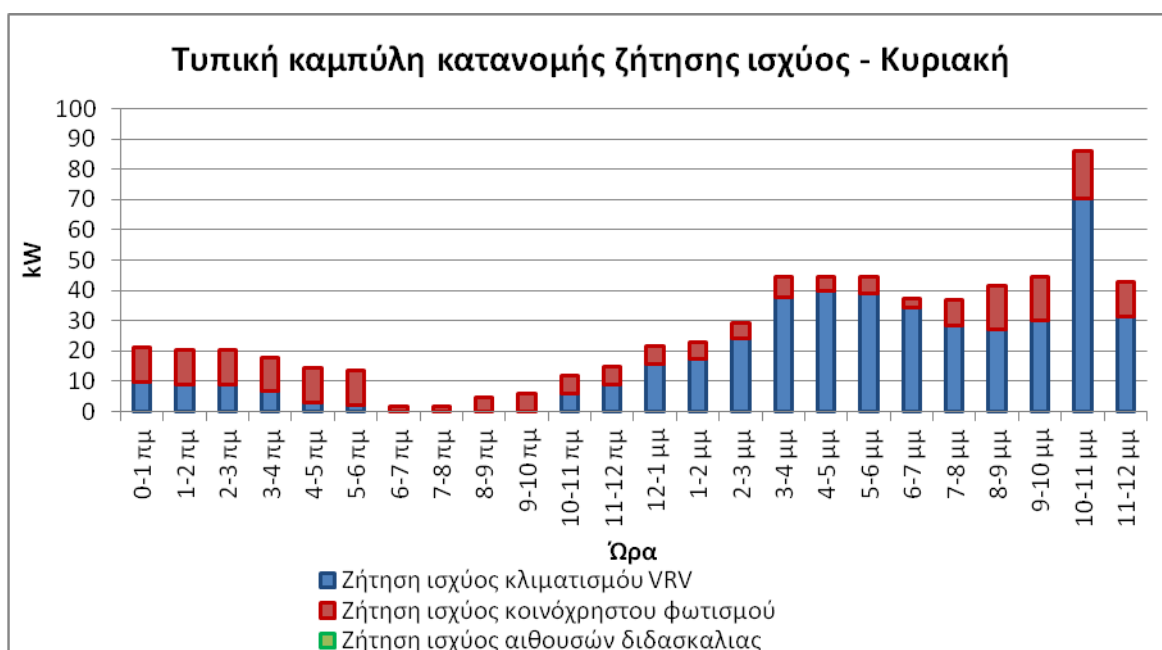


Εικόνα 9.3 Διάγραμμα κατανομής της ζήτησης ισχύος για μια καθημερινή μέρα(Τρίτη 14/8/2012) με ελάχιστο κόσμο στο κτίριο Επιστημών.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε πως κατανέμεται η ζήτηση σε ισχύ τα Σάββατα και τις Κυριακές.



Εικόνα 9.4 Διάγραμμα κατανομής της ζήτησης ισχύος για το Σάββατο(7 Ιουλίου) στο κτίριο Επιστημών.



Εικόνα 9.5 Διάγραμμα κατανομής της ζήτησης ισχύος για τη Κυριακή(15 Ιουλίου) στο κτίριο Επιστημών.

Όπως παρατηρούμε η ζήτηση σε ισχύ για το κλιματισμό VRV μειώνεται κατά 60% περίπου τις καθημερινές όπου ο πληθυσμός του κτιρίου είναι ελάχιστος σε σχέση με τις με τις καθημερινές όπου το κτίριο είναι γεμάτο από κόσμο. Τα σαββατοκύριακα η μείωση μπορεί να φτάσει μέχρι και 80% σε σχέση με τις καθημερινές.

Η ζήτηση σε ισχύ για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας τα σαββατοκύριακα και τις καθημερινές όπου ο πληθυσμός του κτιρίου είναι ελάχιστος (δεν έχουμε μαθήματα ή εξεταστική) εκτιμούμε ότι είναι μηδενική. Η ζήτηση για κοινόχρηστο φωτισμό ανεξαρτήτως του πληθυσμού στο κτίριο είναι σταθερή για καθημερινές, Σάββατα και Κυριακές.

9.3 Συμπεράσματα

- Το κτίριο Επιστημών στεγάζει το σύνολο των διδακτικών , ερευνητικών και διοικητικών λειτουργιών του Γενικού τμήματος και του τμήματος Ηλεκτρονικών μηχανικών και μηχανικών Η/Υ. Η συνολική του επιφάνεια είναι της τάξης των 14.000 m² και επιπλέον περιέχει προστατευόμενους χώρους στάθμευσης και άλλους συμπληρωματικούς χώρους. Το συνολικό εμβαδό του κτιρίου είναι 8000m² το οποίο αναπτύσσεται σε επτά συνολικά στάθμες.
- Πλέον για ένα τέτοιο κτίριο, όπως το κτίριο Επιστημών ο KENAK απαιτεί την εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης κτιρίου(BMS) με σκοπό τη μείωση της ενεργειακής του κατανάλωσης και την αποτελεσματικότερη συντήρηση του.
- Το BMS παρακολουθεί και παραμετροποιεί όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις του κτιρίου Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα παρακολουθεί και παραμετροποιεί το κοινόχρηστο φωτισμό, το σύστημα κλιματισμού VRV, τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες, το κύκλωμα νερού , το δίκτυο νερού – λύματα, το σύστημα πυρανίχνευσης και πυρασφάλειας, τον υποσταθμό, τους ανελκυστήρες και τους ανεμιστήρες αερισμού.
- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών σημείων του κτιρίου Επιστημών είναι 174,128 kW. Να σημειώσουμε ότι δεν συμπεριλαμβάνεται η ισχύς των μαγνητικών ballast και η παρασιτική τους ισχύ που μπορεί να φτάσει μέχρι και το 15%.
- Το χρονοπρόγραμμα λειτουργίας του κοινόχρηστου φωτισμού εξαρτάται από τη ζώνη ώρας (θερινή ή χειμερινή) και την ημέρα(Καθημερινή, Σάββατο, Κυριακή).
- Η συνολική ζήτηση σε ενέργεια για το κοινόχρηστο φωτισμό ανά μέρα τις καθημερινές είναι 207,273 kWh. Το Σάββατο και τη Κυριακή η ζήτηση μειώνεται κατά 7% σε σχέση με τις καθημερινές.
- Η αιχμή φορτίου για το κοινόχρηστο φωτισμό (23,4kW), καθημερινές και σαββατοκύριακα παρουσιάζεται 10μμ – 11μμ.
- Το υποσύστημα του BMS για το κλιματισμό VRV απεικονίζει καταναλώσεις ισχύος αλλά μέχρι τώρα δεν κατέγραφε. Πλέον με τα όσα περιγράψαμε στη παράγραφο 6.3 έχουμε καταγραφή καταναλώσεων ισχύος για το σύστημα κλιματισμού VRV.
- Η ζήτηση σε ενέργεια του κλιματισμού VRV εξαρτάται πρώτα απ' όλα από το πληθυσμό του κτιρίου κάτι το οποίο φαίνεται αν συγκρίνουμε τη ζήτηση που υπάρχει ανάμεσα σε καθημερινές και σαββατοκύριακο. Εν συνεχεία εξαρτάται από τη θερμοκρασία που επικρατεί στη περιοχή.
- Κάθε μέρα γύρω στις 11 μμ είναι προγραμματισμένο να ανοίγουν όλα τα κλιματιστικά VRV του κτιρίου και να δουλεύουν για ένα τέταρτο. Στη συνέχεια τερματίζουν. Ο λόγος είναι αν έχει μείνει κάποιο κλιματιστικό ανοιχτό να κλείσει , ώστε να μη δουλεύει όλο το βράδυ.
- Το μεγαλύτερο κλιματιστικό φορτίο παρουσιάζεται τον Ιούλιο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ο μήνας με τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες αλλά και στο ότι το κτίριο εξακολουθεί να βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία καθώς η εξεταστική περίοδος τελειώνει τέλη του μήνα.

- Η ζήτηση τον Ιούλιο αυξήθηκε κατά 30% σε σχέση με τον Ιούνιο ενώ τον Αύγουστο μειώθηκε κατά 33% σε σχέση με τον Ιούλιο.
- Η ζήτηση σε ενέργεια του κλιματισμού VRV το σαββατοκύριακο μειώνεται στο περίπου κατά 80% σε σχέση με τις καθημερινές.
- Η ζήτηση σε ενέργεια του κλιματισμού VRV ιδιαίτερα για τις καθημερινές, αυξάνεται απότομα μετά τις 9πμ.
- Η Αιχμή του φορτίου(200kW) για μία καθημερινή μέρα έχει τη τάση να παρουσιάζεται μεταξύ 1μμ - 3μμ , ενώ το Σάββατο και τη Κυριακή παρουσιάζεται μεταξύ 11μμ-12μμ.
- Η αιχμή φορτίου συσχετίζεται με τη μέγιστη θερμοκρασία της ημέρας. Στις μετρήσεις κατανάλωσης ισχύος που καταγράψαμε, το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε γύρω στις 25 φορές.
- Η μεγαλύτερη τιμή της ισχύος που καταγράψαμε ήταν 294 kW και σημειώθηκε στις 10 Ιουλίου.
- Ο κλιματισμός VRV σε ώρες αιχμής για το κτίριο (10πμ – 2:30) καταλαμβάνει περίπου ένα 70% της συνολικής ζήτησης .
- Οι κλιματιστικές μονάδες οι οποίες βρίσκονται σε λειτουργία καθημερινά είναι οι KKM 1,2,3,4 και 9.
- Το σύστημα BMS παρακολουθεί τους 2 μετασχηματιστές του κτιρίου Επιστημών. Παρακολουθήσαμε τη λειτουργία των μετασχηματιστών σε ώρες αιχμής για το κτίριο (10πμ – 2:30 μμ).
- Στο διάστημα αυτό το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας το οποίο ανήκει στο κλιματισμό VRV είναι 72% ενώ το αντίστοιχο για το κοινόχρηστο φωτισμό είναι 5%. Για άλλα φορτία αντιστοιχεί ένα ποσοστό γύρω στο 23%.
- Επίσης στο διάστημα αυτό βρίσκονταν σε λειτουργία οι KKM 1,2,3,4 και 9.
- Παρατηρούμε λοιπόν ότι ο κλιματισμός αποτελεί βασικό στοιχείο για το κτίριο.

9.4 Προτάσεις

- Θα είχαμε καλύτερη εικόνα για το φωτισμό του κτιρίου εάν είχαμε αισθητήρες τοποθετημένους στα γραφεία , στα εργαστήρια και στις αίθουσες διδασκαλίας . Έτσι θα ενημερωνόμασταν για το πότε τα φωτιστικά σημεία των παραπάνω χώρων βρίσκονται σε λειτουργία και πότε όχι.
- Η αναβάθμιση των λαμπτήρων κάποιων φωτιστικών σε λαμπτήρες T5 και η χρήση αισθητήρων παρουσίας θα εξοικονομούσε ενέργεια.
- Κατά τις 11μμ όπως αναφέραμε είναι προγραμματισμένο να ανοίγουν όλα τα κλιματιστικά VRV του κτιρίου και να κλείνουν μετά από 15 λεπτά. Το γεγονός αυτό επηρεάζει την αιχμή του κλιματιστικού φορτίου. Θα μπορούσαμε να τα προγραμματίσουμε ώστε να μην ανοίγουν και να κλείνουν όλα ταυτόχρονα. Εάν τα χωρίσουμε σε 4 τμήματα και ανά ένα τέταρτο να ανοίγουμε και να κλείνουμε διαφορετικό τμήμα θα ήταν πιο ορθό.
- Ένα σύστημα καταγραφής καταναλώσεων ισχύος σε βάση, για το κλιματισμό VRV(με πιο μεγάλη ακρίβεια), τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες , το φωτισμό και των μετασχηματιστών θα ήταν πολύ χρήσιμο για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

- Επίσης θα μπορούσαμε να έχουμε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα το οποίο ανά τα τακτά χρονικά διαστήματα (εβδομάδα ή μήνα) να μας έβγαζε τυπικές καμπύλες κατανάλωσης, συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια και άλλα χαρακτηριστικά ανά κατηγορίες(κλιματισμός, φωτισμός) αλλά και συγκεντρωτικά.
- Γενικά η αποτελεσματικότερη καταγραφή δεδομένων ενός κτιρίου μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά στην επιλογή των πλέον κατάλληλων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

¹ Energy Management Systems ,2nd Edition , G.J.Levermore.

² Energy Management Systems ,2nd Edition , G.J.Levermore.

³ Οδηγός KENAK.

⁴ BEMS , αρχή βιώσιμης ενέργειας της Ιρλανδίας (Sustainable Energy Authority of Ireland).

⁵ Επιλογές φωτισμού για το επίπεδο 141 από το BMS του κτιρίου Επιστημών στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

⁶ Διαδικτυακός τόπος www.bacnet.org

⁷ Διαδικτυακός τόπος www.echelon.com

⁸ Διαδικτυακός τόπος www.smar.com/profibus

⁹ Διαδικτυακός τόπος www.can-sia.org

¹⁰ Διαδικτυακός τόπος www.bitbus.org

¹¹ Πηγή από ηλεκτρονική σελίδα της CONTROLINE στο διαδίκτυο.

¹² Κεντρική ιστοσελίδα Πολυτεχνείου Κρήτης.

¹³ Διπλωματική εργασία Ρούτση Δημήτρη με τίτλο " Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και εφαρμογές τους στο σχεδιασμό συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας [πολυμέσα] : εφαρμογή σε χωροθέτηση διεσπαρμένης παραγωγής στο Πολυτεχνείο Κρήτης" , έτος 2011.

¹⁴ Διάλεξη Συστημάτων Κλιματισμού , τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών ΑΠΘ .

¹⁵ Διαγράμματα λειτουργίας ενός απλού (non-inverter) κλιματιστικού και ενός κλιματιστικού με τεχνολογία inverter, coolweb.gr

¹⁶ LG Multi V CRUN Series Outdoor Unit Installation Manual.

¹⁷ Διάλεξη Συστημάτων Κλιματισμού , τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών ΑΠΘ .

¹⁸ Διάλεξη Συστημάτων Κλιματισμού , τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών ΑΠΘ .