



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ
ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ (BEMS)**

Μπέλλος Λάμπρος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Φούντη Μαρία

ΑΘΗΝΑ 2018

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετώνται ζητήματα που αφορούν την εφαρμογή των συστημάτων αυτοματισμού (BEMS) σε κτίρια τριτογενούς τομέα, με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Αρχικά, γίνεται μία εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα συστήματα BEMS και τον υπάρχον σχεδιασμό κτηρίων τόσο για τα χαρακτηριστικά τους όσο και για τις τεχνικές κατασκευής τους. Η μελέτη επικεντρώνεται στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζοντας τις πιο διαδεδομένες εμπορικές λύσεις αλλά και την πρόοδο σε επίπεδο έρευνας, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα από συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης ενός κτηρίου τριτογενούς τομέα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το σύστημα και οι αυτοματισμοί που αναπτύχθηκαν προκειμένου να μπορέσουν να ελεγχθούν τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου. Πρώτα, αναλύεται η αρχιτεκτονική του συστήματος και των αυτοματισμών. Τέλος, περιγράφονται οι εφαρμογές του συστήματος, τα σενάρια που εφαρμόστηκαν, οι μετρήσεις και η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε στην κάθε περίπτωση.

Λέξεις – κλειδιά: Συστήματα Διαχείρισης Κτηρίων (ΣΔΚ) (**BMS**), Εξοικονόμηση Ενέργειας, Συστήματα Αυτοματισμού, Κτήρια Τριτογενούς Τομέα, Ελεγκτές, Αισθητήρες

Abstract

In this thesis we study issues related to the application of automation systems (BEMS) in tertiary sector buildings with the aim of saving energy. Initially, a comprehensive bibliographic review of BEMS systems and existing building design is made for both their features and their construction techniques. The study focuses on the field of energy saving by presenting the most widespread commercial solutions and research progress, presenting the results from a specific case study of a tertiary building. Next, the system and the automations that were developed, in order to be able to control the electromechanical systems of the building, are presented. First, the architecture of the system and the automations are analyzed. Finally, we describe the system's applications, the scenarios applied, the measurements and the energy savings achieved in each case.

Keywords: Building Management Systems (**BMS**), Energy Saving, Automation Systems, Tertiary Sector Buildings, Controllers, Sensors

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια και επιβλέπουσα της εργασίας μου Δρ. Μ. Φούντη καθώς και τον Δρ. Γ. Ζαννή για τις γνώσεις που μου χάρισαν απλόχερα κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον Δρ Μηχ/γο Μηχ/κο Σωφρόνη Ηλία, ιδρυτή της εταιρείας Thelcon και τον Μηχ/γο Μηχ/κο Μητροφάνη Νικόλαο, μηχανικό της εταιρείας Thelcon, οι οποίοι μου παρείχαν με τεράστια προθυμία το απαραίτητο υλικό για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, κρίνω απαραίτητο να ευχαριστήσω την σύντροφό μου, Μπαρώ Βικτώρια, καθώς και τους γονείς μου, Μπέλλο Ευάγγελο και Τριάντη Φωτεινή, που είναι συνεχώς δίπλα μου και ήταν, είναι και θα είναι η κατάλληλη ψυχολογική υποστήριξη για τη διεκπεραίωση της παρούσης εργασίας αλλά και στην επαγγελματική μου πορεία ως Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Η/Υ.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
Abstract.....	4
Ευχαριστίες	6
Κατάλογος Σχημάτων.....	10
Κατάλογος Πινάκων	12
Κατάλογος Συντημήσεων	14
1. Εισαγωγή.....	16
1.1 Σκοπός.....	17
1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα.....	17
1.3 Δομή Εργασίας.....	17
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	19
2.1. Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτηρίων.....	19
2.2 Ενεργειακή Πολιτική Ε.Ε.....	21
2.2.1 Εφαρμογές σε πολεοδομικά σύνολα	23
2.3 Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτηρίων στην Ελλάδα	24
2.3.1 Το νέο θεσμικό πλαίσιο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων	27
2.3.2 Κίνητρα για εξοικονόμηση ενέργειας.....	30
2.4 Συστήματα Αυτοματισμού BEMS	31
2.4.1 Τα Οφέλη του συστήματος	35
2.4.2 Οι κύριες λειτουργίες του συστήματος	36
2.4.3 Η δομή του συστήματος	37
2.4.4 Το λογισμικό του συστήματος.....	39
2.4.5 Πλεονεκτήματα συστημάτων BEMS	40
2.4.6 Μειονεκτήματα συστημάτων BEMS.....	41
2.5 Εμπορικές Λύσεις.....	43
2.5.1 SIEMENS – Instabus	43
2.5.2 ABB – i-Bus.....	44
2.5.3 SCHNEIDER ELECTRIC – KNX	45
2.5.4 ELCO – Inels.....	45

2.5.5 CARLO GAVAZZI – Smart House	46
3. Τεχνική Περιγραφή Συστήματος BEMS Εξεταζόμενου κτηρίου.....	47
3.1 Βασικά Στάδια Υλοποίησης Συστήματος BMS	47
3.2 Κατανομή Σημείων Συστήματος.....	50
3.3 Ελεγκτές Συστήματος	54
3.4 Περιφερειακά Όργανα Συστήματος.....	64
3.5 Διαδικασία Λειτουργικής Παραλαβής Συστήματος (Commissioning)	83
4. Αποτίμηση Εξοικονόμησης Ενέργειας	86
4.1 Ανάλυση ενεργειακών δεδομένων	87
4.2 Μελέτη Περίπτωσης.....	88
4.2.1 Ανάλυση έτους 2016	93
4.2.2 Σύγκριση 2007-2016	96
4.3 Αναβάθμιση υπό εξέταση κτηρίου.....	98
4.3.1 Κλιματισμός.....	98
4.3.1.1 Αποτελέσματα επέμβασης.....	100
4.3.2 Φωτισμός.....	102
4.3.3 Κλιματισμός – Αερισμός	103
4.3.4 Σύστημα Ελέγχου (BEMS)	104
4.3.5 Αποτελέσματα.....	105
5. Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία.....	106
5.1 Συμπεράσματα	106
5.2 Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία.....	108
6. Βιβλιογραφία	111

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Ποσοστά Ενέργειας σε Βιομηχανία, Κτηριακό Τομέα και Μεταφορές στις Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης αντίστοιχα.	25
Σχήμα 2.2 "Έξυπνο" Κτήριο με σύστημα BEMS	33
Σχήμα 2.3 Συνδεσμολογία Συστημάτων BEMS σε επίπεδα	38
Σχήμα 3.4 Δίκτυο Συσκευών BEMS.....	48
Σχήμα 3.5 PXC12.D Ψηφιακός ελεγκτής με 12 σημεία ελέγχου.....	54
Σχήμα 3.6 PXC22.D Ψηφιακός ελεγκτής με 22 σημεία ελέγχου.....	54
Σχήμα 3.7 PXC36.D Ψηφιακός ελεγκτής με 36 σημεία ελέγχου.....	55
Σχήμα 3.8 PXC00.D Ψηφιακός ελεγκτής επικοινωνίας BACnet/LonTalk.....	57
Σχήμα 3.9 PXX-L11 Κάρτα επέκτασης για σύνδεση με μέχρι 60 Lonworks συσκευές Siemens RXC ή τρίτου κατασκευαστή	58
Σχήμα 3.10 PXG80-N Δρομολογητής BACnet, BACnet Ethernet/IP σε BACnet/Lontalk.....	60
Σχήμα 3.11 TXM 1.16D Μονάδα (Module) 16 Δυαδικών εισόδων (Digital Inputs).....	61
Σχήμα 3.12 TXM 1.6R Μονάδα (Module) 6 Δυαδικών εξόδων (Digital Outputs)	62
Σχήμα 3.13 TXM 1.8U Μονάδα (Module) 8 Αναλογικών/Δυαδικών Εισόδων/Εξόδων (Universal Inputs/Outputs)	63
Σχήμα 3.14 SIEMENS QAX34.1 Μονάδα χώρου με αισθητήριο θερμοκρασίας, επιλογή επιθυμητής τιμής και τρόπου λειτουργίας, οθόνη LCD και επικοινωνία PPS2	64
Σχήμα 3.15 SIEMENS QAE2120.010 Εμβαπτιζόμενο αισθητήριο θερμοκρασίας 100 mm LG-Ni1000, με θήκη προστασίας	65
Σχήμα 3.16 SIEMENS QAM2120.040 Αισθητήριο θερμοκρασίας αεραγωγού 400 mm LG-Ni1000	66
Σχήμα 3.17 SIEMENS QFA2060 Αισθητήριο χώρου για υγρασία (DC 0..10V) και θερμοκρασία (DC 0..10V).....	67
Σχήμα 3.18 SIEMENS QPA2002 Αισθητήρας ποιότητας αέρα χώρου CO_2 και VOC.....	68
Σχήμα 3.19 SIEMENS QFA3160 Αισθητήριο χώρου για υγρασία (DC 0..10V) και θερμοκρασία (DC 0..10V) για απαίτηση ακρίβειας.....	69
Σχήμα 3.20 SIEMENS AQF3100 Προστατευτικό ακτινοβολίας για τοποθέτηση σε εξωτερικό τοίχο σε συνδυασμό με τα QFA31.. αισθητήρια χώρου	70
Σχήμα 3.21 SIEMENS QBE2001-P10U Αισθητήριο πίεσης για υγρά και αέρια -1 9 bar	70
Σχήμα 3.22 SIEMENS QBM81-5 Διαφορικός πρεσοστάτης, 50.... 500 bar	71

Σχήμα 3.23 SIEMENS UH50-C65-00 Θερμιδομετρητής υπερήχων θερμικής/ψύκτικής ενέργειας 15 m ³ /h, Ø 6 mm L = 100 mm, DN50.....	72
Σχήμα 3.24 Endress & Hauser Flowphant T DTT31 Μετρητής ταχύτητας ροής υγρών 0.03 με 3 m/s.....	73
Σχήμα 3.25 Greystone CS-451-1 Αισθητήριο μέτρησης έντασης εναλλασσόμενου ρεύματος, 0-50 Amp	74
Σχήμα 3.26 Gossen Metrawatt U1389 Ηλεκτρονικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας (1-3 φάσεις)	75
Σχήμα 3.27 SIEMENS VBF21.150 3-οδική περιστροφική βάνα, φλαντζωτή, DN150, PN6	76
Σχήμα 3.28 SIEMENS VBF21.100 3-οδική περιστροφική βάνα, φλαντζωτή, DN100, PN6	77
Σχήμα 3.29 SIEMENS VXF21.90 3-οδική βάνα έδρας, φλαντζωτή, DN100, PN6	78
Σχήμα 3.30 SIEMENS SKC60 Ηλεκτροϋδραυλικός κινητήρας, 2800 N, 40mm, AC 24V, DC 0-10V / 4-20 mA.....	79
Σχήμα 3.31 SIEMENS SQX62 Ηλεκτρομηχανικός κινητήρας, 700 N, 20mm, AC 24V, DC 0-10V / 4-20 mA	80
Σχήμα 3.32 SIEMENS SSC61 Ηλεκτρομηχανικός κινητήρας, 300 N, 5.5mm, AC/DC 24V, DC 0-10V	81
Σχήμα 3.33 Υπό Κατασκευή Πίνακας BMS εξεταζόμενου κτηρίου	82
Σχήμα 4.1 Φωτογραφία Κτηρίου υπό Εξέταση	88
Σχήμα 4.2 Κατανομή Κατανάλωσης Ενέργειας Εξεταζόμενου Κτηρίου έτους 2016.....	89
Σχήμα 4.3 Μέση Θερμοκρασία ανά μήνα για τα έτη 2007 - 2016.....	91
Σχήμα 4.4 Βαθμοημέρες – Βαθμοώρες 2009 -2016.....	93
Σχήμα 4.5 Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία έτους 2016.....	95
Σχήμα 4.6 Μηνιαία Κατανάλωση Συνολικής Ενέργειας και Κλιματισμού έτους 2016	95
Σχήμα 4.7 Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία ετών 2007 - 2016.....	97
Σχήμα 4.8 Μέση Ετήσια κατανάλωση Συνολικής Ενέργειας και Κλιματισμού 2007 – 2016	97
Σχήμα 4.9 Υδροψυκτοι ψύκτες εξεταζόμενου κτηρίου.....	98
Σχήμα 4.10 Ζήτηση ενέργειας κλιματισμού 2008 – 2016	99
Σχήμα 4.11 Τύποι φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανακατασκευή του κτηρίου.....	103

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας στην Ελλάδα ανά είδος καυσίμου.	27
Πίνακας 3.1 Κατανομή σημείων ελέγχου ελεγκτών PXC12.D, PXC22.D και PXC36.D	56
Πίνακας 3.2 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά των Ελεγκτών	56
Πίνακας 3.3 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά PXC00.D	59
Πίνακας 3.4 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά PXX-L11	59
Πίνακας 3.5 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά PXG80-N	61
Πίνακας 3.6 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά TXM 1.16D	61
Πίνακας 3.7 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά TXM 1.6R	62
Πίνακας 3.8 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά TXM 1.8U	63
Πίνακας 3.9 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QAX34.1	64
Πίνακας 3.10 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QAE2120.010	65
Πίνακας 3.11 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QAM2120.040	66
Πίνακας 3.12 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QFA2060	67
Πίνακας 3.13 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QPA2002	68
Πίνακας 3.14 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QFA3160	69
Πίνακας 3.15 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QBE2001-P10U	70
Πίνακας 3.16 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QBM81-5	71
Πίνακας 3.17 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS UH50-C65-00	72
Πίνακας 3.18 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Endress & Hauser Flowphant T DTT31	73
Πίνακας 3.19 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Greystone CS-451-1	74
Πίνακας 3.20 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Gossen Metrawatt U1389	75
Πίνακας 3.21 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS VBF21.150	76
Πίνακας 3.22 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS VBF21.100	77
Πίνακας 3.23 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS VXF21.90	78
Πίνακας 3.24 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS SKC60	79
Πίνακας 3.25 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS SQX62	80
Πίνακας 3.26 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS SSC61	81
Πίνακας 4.1 Μετρήσεις Εξωτερικής Θερμοκρασίας 2007 - 2016	90
Πίνακας 4.2 Καταναλώσεις Συνολικής Ζήτησης και Κλιματισμού έτους 2016	94

Πίνακας 4.3 Καταναλώσεις Συνολικής Ενέργειας και Κλιματισμού ετών 2007 - 2016	96
Πίνακας 4.4 Καταναλώσεις συνολικής ενέργειας και κλιματισμού παράλληλα με το κόστος ενέργειας κλιματισμού για το χρονικό διάστημα Μαρτίου – Δεκεμβρίου των ετών 2007 – 2016	100
Πίνακας 4.5 Κόστος ενέργειας Κλιματισμού ετών 2008 – 2015 εν συγκρίσει με το έτος 2016.	101

Κατάλογος Συντμήσεων

<u>Συντομογραφία</u>	<u>Περιγραφή</u>
AI	Analog Input
AO	Analog Output
BACnet	Building Automation and Control network
BBMD	BACnet Broadcast Management Device
BEMS	Building Energy Management Systems
BMS	Building Management Systems
DDC	Direct Digital Control
DI	Digital Input
DO	Digital Output
EER	Energy Efficiency Ratio
FBMS	Future Building Management System
HVAC	Heating – Ventilation – Air Condition
IP	Internet Protocol
IRC	Independent room Controller
PI	Pulse Input
PLC	Programmable Logic Controller
ppm	particles per minute
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio
UI	Universal Input
A/Θ	Αντλία Θερμότητας
ΑΚΕ	Απομακρυσμένο Κέντρο Ελέγχου
ΑΜΕΔ	Αποκεντρωμένη Μονάδα Επεξεργασίας Δεδομένων
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΑ	Δάνειο Ενεργειακής Απόδοσης
ΔΕΤΑ	Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας Κτηρίου
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΣΣ	Ελεγκτής Συντονισμού Συστημάτων

ZNX	<i>Ζεστά Νερά Χρήσης</i>
ΚΑΠΕ	<i>Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας</i>
ΚΕΝΑΚ	<i>Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων</i>
ΚΜΕ	<i>Κεντρική Μονάδα Ελέγχου</i>
ΚΟΧΕΕ	<i>Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης</i>
ΚΣΕ	<i>Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου</i>
ΛΕΔΑΕ	<i>Λογισμικό Ενεργειακής Διαχείρισης και Αυτομάτου Ελέγχου</i>
ΠΕΑ	<i>Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης</i>
ΠΜΔ	<i>Προσαρμογέας Μεταφοράς Δεδομένων</i>
ΠΜΕ	<i>Περιφερειακή Μονάδα Ελέγχου</i>
ΤΙΠ	<i>Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου</i>

1. Εισαγωγή

Στη σημερινή εποχή επιβάλλεται να αντιμετωπίζεται η κατοικία μας ως ζωντανός οργανισμός εξαιτίας των σύγχρονων αναγκών για την εξασφάλιση άνετης και ασφαλούς διαβίωσης καθώς και της εξοικονόμησης ενέργειας. Ένας “σκεπτόμενος” οργανισμός, ο οποίος απαρτίζεται και λειτουργεί όπως τα τμήματα του ανθρώπινου σώματος, αντιλαμβάνεται οτιδήποτε χρειαζόμαστε λειτουργώντας από μόνος του είτε βρισκόμαστε είτε όχι στην οικία μας παρέχοντας μας ασφάλεια, άνεση και οικονομία στην ενέργεια δίχως την υποχρέωση της προσωπικής μας παρέμβασης ή της φυσικής μας παρουσίας. Η Ελλάδα προσαρμόστηκε στις Ευρωπαϊκές Οδηγίες που αφορούν την ενεργειακή ταυτότητα των κτιρίων θέτοντας σε ισχύ το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης από 01.10.2010, (ΦΕΚ 177/06/10/2010, ΦΕΚ 1387/02/09/2010, ΦΕΚ 407/09/04/2010, νόμος 3661). Βάσει των οδηγιών ΤΟΤΕΕ οι αυτοματισμοί διακρίνονται στις κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ, ενώ η ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων γίνεται μέσω του λογισμικού ΤΕΕ-KENAK. Με τους αυτοματισμούς ενισχύεται η ενεργειακή κλάση μιας κατοικίας επομένως επέρχεται αύξηση της αξίας σε ποσοστό 3% αν διατίθεται βιοκλιματικός σχεδιασμός έως 12% στην περίπτωση που δεν διατίθεται. Δεν υπάρχει η δυνατότητα πώλησης ακινήτου αν δεν αναφέρεται η ενεργειακή του κλάση και επομένως το ανθρακικό του αποτύπωμα.

Το BEMS (Building Energy Management System) είναι τύπος συστήματος για τον ενεργειακό έλεγχο και χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτιρίου. Θεωρείται εξαιρετικό σύστημα με τη δυνατότητα που παρέχει να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες συνθήκες άνεσης των χρηστών καθώς επίσης και η λειτουργικότητα των συσκευών με τη βέλτιστη ενεργειακή κατανάλωση. Βασική προϋπόθεση για να επιτευχθεί το προσδοκώμενο αποτέλεσμα από το σύστημα BEMS είναι να μελετηθεί και να σχεδιαστεί κατάλληλα πριν ξεκινήσει να κατασκευάζεται το κτήριο, να προγραμματισθεί όπως αρμόζει όταν ξεκινήσει τη λειτουργία του κι έπειτα να υπάρχει παρακολούθηση και αξιολόγηση της λειτουργίας του κτηρίου από ειδικούς χωρίς να γίνεται παράλειψη των επισταμένων ρυθμίσεων του συστήματος ελέγχου. Η εφαρμογή των συστημάτων BEMS λαμβάνει χώρα τοπικώς στα ευμεγέθη κτήρια ή με τηλεφωνική ή με διαδικτυακή επικοινωνία σε ομαδικά κτήρια καθώς και σε κτήρια τα οποία βρίσκονται μακριά. Μέσω αυτών των συστημάτων γίνεται ο χειρισμός για τον φωτισμό, οι ρυθμίσεις των λειτουργιών για την θέρμανση, τον κλιματισμό, τη διανομή του ηλεκτρισμού, του αντλιοστασίου

καθώς επίσης και η επίβλεψη για τις ηλεκτρογεννήτριες, τους ανελκυστήρες, την πυρόσβεση και την ασφάλεια. Η διαδικασία ενεργειακής εξοικονόμησης δεν έχει δικαιωθεί ιστορικά, η απόδοση των κτισμάτων σε ενεργειακά θέματα, πέρα από τις επιλογές μας που σχετίζονται με την θωράκιση τους, οφείλει να είναι της μεγαλύτερης δυνατής κλίμακας με στόχο την εξοικονόμηση αυτής για λόγους οικονομικούς, νομικούς, εφόσον στις μέρες μας οι εγκαταστάσεις συστημάτων αυτοματισμού είναι έμμεσα υποχρεωτικές σε παλαιότερα ή νεότερα κτίρια.

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της εφαρμογής συστημάτων BEMS σε κτίρια τριτογενούς τομέα και η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν, αναλύοντας μελέτες περιπτώσεων. Με σκοπό την επίτευξη του σκοπού της παρούσας μελέτης θα διεξαχθεί ανάλυση διεθνούς βιβλιογραφίας σε ζητήματα που αφορούν την εφαρμογή των συστημάτων αυτοματισμού (BEMS) σε κτήρια τριτογενούς τομέα για εξοικονόμηση ενέργειας, παρουσιάζοντας, συγκρίνοντας και αναλύοντας τις πιο διαδεδομένες εμπορικές λύσεις αλλά και την πρόοδο σε επίπεδο έρευνας.

1.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εν λόγω μελέτης είναι τα ακόλουθα:

- i. Τι είναι ο Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων και ποια είναι η εφαρμογή του στην Ελλάδα?
- ii. Ποια είναι τα Συστήματα αυτοματισμού BEMS, οι λειτουργίες τους, οι δυνατότητες τους και η εφαρμογή τους?
- iii. Τι ποσοστό ενέργειας εξοικονομείται με την εφαρμογή συστημάτων BEMS σε κτίρια τριτογενούς τομέα, και κατά πόσο είναι συμφέρον η εφαρμογή τους?

1.3 Δομή Εργασίας

Τα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιγράφονται ως εξής:

Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μια εισαγωγή στα συστήματα αυτοματισμού και ειδικά στα BEMS, αναλύεται ο σκοπός της εργασίας και παρατίθενται ορισμένα βασικά ερευνητικά ερωτήματα.

Στο **Κεφάλαιο 2** παρατίθεται το γνωστικό υπόβαθρο το οποίο χρειάζεται να έχει ένας μηχανικός για να είναι δυνατή η κατανόηση των εννοιών και διαδικασιών οι οποίες περιγράφονται στην εργασία. Αναλύεται, αρχικά, το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τα συστήματα αυτοματισμού, γίνεται μία γενική ανάλυση στα Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας (**BEMS**) και παρουσιάζονται ορισμένες εμπορικές λύσεις.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται ανάλυση της Τεχνικής Περιγραφής του συστήματος BMS του κτηρίου το οποίο εξετάζεται στην παρούσα διατριβή. Γίνεται διεξοδική ανάλυση σε όλα τα στοιχεία του συστήματος, στην κατανομή των σημείων, στους ελεγκτές και στα περιφερειακά όργανα που το διέπουν. Στο τέλος του συγκεκριμένου κεφαλαίου, αναλύεται η διαδικασία λειτουργικής παραλαβής του συστήματος (**commissioning**) που διετελέστηκε στο κτήριο προς εξέταση.

Στο **Κεφάλαιο 4** εισαγόμαστε στο βασικό μέρος της διπλωματικής εργασίας όπου γίνεται αποτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας που έχει διετελεστεί στο κτήριο μέσω συγκριτικών στατιστικών αναλύσεων από τα δεδομένα του συστήματος BMS. Στη συνέχεια, μετά την αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού, φωτισμού αλλά και του συστήματος ελέγχου γίνεται σύγκριση μέσω πινάκων και διαγραμμάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας και την ελαχιστοποίηση του κόστους του εξεταζόμενου κτηρίου.

Τέλος, στο **κεφάλαιο 5** ακολουθεί το μέρος με τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν με την ολοκλήρωση της εργασίας, όπως επίσης και το μέρος στο οποίο προτείνονται θέματα για μελλοντική ενασχόληση και περαιτέρω έρευνα.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1. Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτηρίων

Η ενεργειακή μελέτη ενός κτηρίου ή οικιστικού συνόλου στοχεύει στη βελτίωση της απόδοσης, στην επίτευξη ενεργειακού οφέλους και την παροχή άνετης διαβίωσης αφού εφαρμοστεί ο ενεργειακός σχεδιασμός βάση του οποίου αποτελούν: η επίτευξη της βέλτιστης ενεργειακής αρχιτεκτονικής και η ένταξη συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε καινούρια και παλαιά κτήρια [9].

Τα παραπάνω σχετίζονται με το κέλυφος του κτηρίου και την μέθοδο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του, την εγκατάσταση του ηλεκτρονικού και μηχανολογικού τμήματος του κτηρίου, τη διαχείριση της ενέργειας και τις τεχνολογίες ΑΠΕ για την ικανοποίηση της ανάγκης του κτηρίου σχετικά με τη θέρμανση και την λεκτική ενέργεια [2].

Ένα ποσοστό κοντά στο 40% του συνόλου της καταναλισκόμενης ενέργειας στις Ευρωπαϊκές χώρες αφορά την δαπανώμενη ενέργεια με σκοπό την ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού και του χώρου, καθώς και του φωτισμού του οικιακού και τριτογενή κτηριακού τομέα.

Το παραπάνω ποσοστό είναι διαφορετικό από χώρα σε χώρα. Ωστόσο, τα τελευταία δέκα έτη είναι σταδιακά αυξανόμενο κατά 4%. Στην Πορτογαλία παρουσιάζεται ένα μικρό ποσοστό παρουσιάζεται στην Πορτογαλία (20%) ενώ στην Ιρλανδία αγγίζει το 45%. Αρκετά υψηλά είναι και τα ελληνικά ποσοστά, τα οποία αγγίζουν το 35% [9].

Με βάση το παραπάνω ποσοστό τα κτήρια του τριτογενούς τομέα, καθώς και αυτά που αφορούν κατοικίες (σχολικά κτήρια, νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, γυμναστήρια, καταστήματα, γραφεία κλπ.) καταλαμβάνουν την δεύτερη θέση στην ενεργειακή κατανάλωση στον Ελλαδικό χώρο, ενώ στην υπόλοιπη Ευρωπαϊκή κοινότητα καταλαμβάνουν την πρώτη θέση.

Η κάλυψη της ανάγκης για ενέργεια στην Ευρώπη για κάθε Ευρωπαίο πολίτη, κάθε χρόνο είναι κατά προσέγγιση αντίστοιχη με ένα τόνο ισοδύναμου πετρελαίου (1ΤΙΠ = 11630 kWh). Το παραπάνω στατιστικό στοιχείο μας θέτει αντιμέτωπους με ένα στοίχημα που πρέπει να κερδηθεί πάση θυσία. Αυτό αφορά την προώθηση απαραίτητων μέτρων με σκοπό την εγκαθίδρυση νέων μορφών ανάπτυξης έτσι ώστε να μην αξιοποιούνται σε υπερβολικό βαθμό οι πλουτοπαραγωγικές πηγές και παράλληλα να προστατευθεί η φυσική και πολιτιστική κληρονομιά με την πάροδο του χρόνου [2].

Με βάση τις σύγχρονες απαιτήσεις και στοχεύοντας στην εξασφάλιση του καλύτερου δυνατού μέλλοντος κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη αιεφόρων κτηρίων σε αιεφόρες πόλεις, κτήρια

δηλαδή που η κατασκευαστική τους δομή να στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών καταστροφών, εντός πόλεων των οποίων η ανάπτυξη και η εξέλιξη θα συμβαδίζει με τις περιβαλλοντικές ανάγκες [9].

Ο πολεοδομικός σχεδιασμός των κτηρίων θεωρείται κομβικής σημασίας για την ικανοποίηση του στόχου αυτού, καθώς είναι γνωστή η συμβολή του στην περιβαλλοντική προστασία και στη δημιουργία προϋποθέσεων για την εφαρμογή των παραπάνω.

Η διαδικασία κατασκευής των κτηριακών εγκαταστάσεων όπως και η ρυμοτομία των πόλεων οφείλουν να ακολουθούν νέα πρότυπα και να είναι σύμφωνες με τις ανάγκες που παρουσιάζονται για την ορθολογική χρήση και διαχείριση των περιβαλλοντικών και πολιτισμικών πόρων καθώς και να ανταποκρίνονται στις σημερινές ανάγκες υγιεινής και ασφάλειας των ενοίκων, χωρίς ο πλανήτης να επιφορτίζεται περιβαλλοντικά.

Με τη σύγχρονη τεχνολογική πρόοδο, καθώς και την ποικιλία επιλογών κατασκευής, δίνεται η επιλογή του σχεδιασμού και κατασκευής κτηρίων λειτουργικών, αισθητικά άρτιων, θερμικά αποδοτικών για όλες τις εποχές του χρόνου, ηλεκτρικά οικονομικών, με μικρές απαιτήσεις καυσίμων κ.λπ. Κτήρια με δυνατότητα συμβολής στη κατασκευή αρμονικών οικιστικών συνόλων ενταγμένων στο φυσικό περιβάλλον με βάση τη μορφολογία [9].

Λαμβάνοντας υπόψη πως περίπου το 80% των Ευρωπαίων είναι κάτοικοι πόλεων και το γεγονός πως για να καλυφθούν οι ανάγκες τους σε θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX), οι πόλεις αυτές χρειάζονται ένα ποσοστό ενέργειας κοντά στο 30%, παράγοντας ταυτόχρονα το 40% του διοξειδίου του άνθρακα, γίνεται κατανοητό πως είναι άμεσα αναγκαίο να ληφθούν μέτρα με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών.

Είναι αναγκαίο να δημιουργηθούν καινούρια παραγωγικά και καταναλωτικά πρότυπα προς αυτή την κατεύθυνση, ώστε στο άμεσο μέλλον τόσο η στάση όσο και η συμπεριφορά των πολιτών εντός και εκτός Ελλάδας να αλλάξει ουσιαστικά σταδιακά.

Στην χώρα μας είναι αναγκαίο να κάνουμε χρήση της γνώσης, αλλά και της πλούσιας εμπειρίας μας πάνω στην παραδοσιακή μας αρχιτεκτονική, η οποία παρουσιάζει εξαιρετικά προτερήματα και να διδαχτούμε εκ νέου από τον τρόπο που αυτή αναπτύχθηκε στην πορεία των χρόνων.

Η γνώση και η μελέτη των στοιχείων της μορφής και της λειτουργίας, των υλικών που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή καθώς και της τεχνικής που χαρακτηρίζει την παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι στοιχεία καθοριστικής εμπειρίας για τον αρχιτεκτονικό κλάδο και η αποτύπωση τους μπορεί να γίνει με εξαιρετικό τρόπο σε νέες κατασκευές.

Στις μέρες μας, μέσω της ανάδειξης του σημαντικού ρόλου της πολεοδομίας και της αρχιτεκτονικής, καθώς και της επίδρασης των κτηρίων στη φύση, οι προσπάθειες βελτίωσης στην ποιότητα των κατασκευών με στόχο την αναβαθμισμένη ποιότητα ζωής είναι διαρκείς. Δημιουργείται, έτσι, η ελπίδα πως στο μέλλον τα κτηριακά συγκροτήματα θα είναι εντελώς φιλικά με το περιβάλλον.

Τόσο ο σχεδιασμός όσο και η κατασκευαστική διαδικασία των νέων κτηρίων έχουν πλέον ως στόχο την καλύτερη δυνατή οικονομία σε φυσικούς πόρους. Έτσι, τα κτήρια τελευταίας τεχνολογίας, έχουν τη δυνατότητα να επιδείξουν ώριμο και μεστό αρχιτεκτονικό έργο συνδυάζοντας ταυτόχρονα τη γνώση και την εμπειρία της παράδοσης με τις νέες τεχνολογίες.

Με τη συμβολή και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών καθίσταται δυνατή η προσφορά στους ενοίκους άριστων στοιχείων για τη διαβίωση τους, σε συνδυασμό με την άριστη ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση και αισθητική από τα νέα κτήρια. Τα σύγχρονα κτήρια οφείλουν να εξυπηρετούν τη δημιουργία αειφόρων πόλεων που θα ενσωματώνουν οικολογικές αρχές με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και του πολιτισμού.

2.2 Ενεργειακή Πολιτική Ε.Ε.

Με βάση τα παραπάνω, εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο η ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ η οποία αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτισμάτων και ισχύει από τις 4 Ιανουαρίου 2006 [3].

Σκοπός της εν λόγω Οδηγίας είναι η ορθή χρήση των ενεργειακών πόρων των κτηρίων, η αξιοποίηση των ΑΠΕ, η χρήση κατάλληλων υλικών μη επιβλαβών για το περιβάλλον και τους κατοίκους με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων [11].

Με βάση το εσωτερικό και εξωτερικό κλίμα των κτισμάτων αλλά και τη σχέση ανάμεσα σε κόστος και όφελος θεσπίζονται από την Οδηγία οι εξής 6 απαιτήσεις:

- Η μέθοδος βάσει της οποίας υπολογίζεται η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Για να γίνει ο υπολογισμός συμπεριλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά του κτηρίου, οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού, ο φωτισμός καθώς και οι εσωτερικές και εξωτερικές φυσικές συνθήκες. Ακόμη, λαμβάνεται θετικά υπόψη η επίδραση των θερμικών εγκαταστάσεων που βασίζονται σε ΑΠΕ και των εγκαταστάσεων φυσικού φωτισμού των κτηρίων.
- Η θέσπιση των βασικών προϋποθέσεων ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτήρια [11].

- Η θέσπιση των βασικών προϋποθέσεων ενεργειακής απόδοσης μεγάλων παλαιότερων κτηρίων (άνω των 1000 m²), τα οποία ανακαινίζονται σε κλίμακα άνω του 25% [11].

- Οι ανά τακτά χρονικά διαστήματα επιθεωρήσεις των λεβήτων των κτισμάτων. Αναλυτικά, οφείλει να γίνεται επιθεώρηση κάθε ένα έτος σε λέβητα ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος 20-100kW, κάθε δύο έτη σε λέβητα άνω των 100kW και κάθε τέσσερα έτη σε λέβητες φυσικού αερίου. Σε περιπτώσεις αντικατάστασης παλαιών συστημάτων όταν αυτά είναι άνω των 15 ετών απαιτείται να επιθεωρηθεί ολόκληρη η εγκατάσταση.

- Η επιθεώρηση ανά έτος σε συστήματα κλιματισμού με ισχύ μεγαλύτερη από 12kW, καθώς και η γενικότερα τακτική επιθεώρηση όλων των συστημάτων υπεύθυνων για τον κλιματισμό των χώρων [11].

- Η ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων, η οποία θα αναλαμβάνεται από πιστοποιημένους ενεργειακούς επιθεωρητές που θα φέρουν την κατάλληλη εξειδίκευση και θα είναι καταχωρημένοι σε ειδικά μητρώα. Οι ενεργειακές πιστοποιήσεις πραγματοποιούνται με κατάλληλα όργανα (θερμόμετρα, ανεμόμετρα, υγρόμετρα, φωτόμετρα, πυρόμετρα, αναλυτές καυσαερίων και ηλεκτρικής ενέργειας, θερμοκάμερες κλπ.) κατά τη λειτουργία του κτηρίου με σκοπό την καταγραφή της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας αυτού, καθώς και των παραγόντων που τις επηρεάζουν αλλά και τις πιθανές δυνατότητες για την εξοικονόμηση ενέργειας [11].

Η καταγραφή των αποτελεσμάτων γίνεται σε ειδικά έντυπα που ονομάζονται Δελτία Ενεργειακής Ταυτότητας Κτηρίου (ΔΕΤΑ) με βάση τα οποία το κτήριο κατατάσσεται σε συγκεκριμένη κατηγορία απόδοσης με βάση τα χαρακτηριστικά του. Τα ΔΕΤΑ εκδίδονται για όλα τα καινούρια και παλαιά κτήρια, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, και θεωρούνται απαραίτητο στοιχείο για την οικοδομική άδεια. Χωρίς το ΔΕΤΑ η οποιαδήποτε δικαιοπραξία που αφορά το κτήριο είναι αδύνατο να ολοκληρωθεί [3].

2.2.1 Εφαρμογές σε πολεοδομικά σύνολα

Για τα πολεοδομικά σύνολα που είτε προϋπήρχαν είτε η ανέγερση τους γίνεται σήμερα υπάρχει πρόβλεψη ρυθμίσεων που στοχεύουν στην προώθηση των μέτρων της Ε.Ε. και στη χρήση ΑΠΕ.

Με γνώμονα την ορθή χρήση των φυσικών πόρων, τη χρησιμοποίηση ΑΠΕ και την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων σε Ελληνικές πόλεις και οικισμούς υπάρχει πρόβλεψη για κατάλληλα μέτρα, με πρωτοβουλία του ΟΤΑ (με ιδιαίτερη προσοχή σε τομείς όπως αυτοί του νερού, των απορριμμάτων και της ενέργειας), για τις εκάστοτε κατηγορίες προγραμμάτων στέγασης, για τα προγράμματα που στοχεύουν στην ανάπτυξη πυκνοκατοικημένων περιοχών, για την πολεοδόμηση περιοχών με οικοδομικούς συνεταιρισμούς κ.α. Με αυτόν τον τρόπο επιχειρείται ο περιορισμός της κατανάλωσης των συμβατικών μορφών ενέργειας και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Πιο εξειδικευμένα και για όλες τις κατηγορίες οι προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληρούνται για τη σύνταξη πολεοδομικής μελέτης θα αφορούν [7]:

- i. τον ενεργειακό σχεδιασμό των οικισμών, καθώς και μελέτες σχετικές με την ενεργειακή ζήτηση συσχετιζόμενες με τους διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους, ώστε να αποτελεί προτεραιότητα η χρήση ΑΠΕ (κατά την διαδικασία σχεδιασμού των έργων υποδομής οικισμών),
- ii. τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού ενός πολεοδομικού συνόλου,
- iii. την εφαρμογή μέτρων με σκοπό την εξασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σε ικανοποιητικά επίπεδα και τη χρήση κατάλληλων τεχνικών με σκοπό την εξοικονόμηση του πόσιμου νερού και της προστασίας της ποιότητας του, καθώς και του υδροφόρου ορίζοντα,
- iv. την εφαρμογή μέτρων για την διαχείριση των απορριμμάτων σε ορθολογικά πλαίσια, όπως προγράμματα ανακύκλωσης και επεξεργασίας τους,
- v. τον σχεδιασμό των δικτύων υποδομής σε ορθολογικά πλαίσια, καθώς και τη διαμόρφωση ενός κατάλληλου μικροκλίματος [11].

Λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα προαναφέρθηκαν είναι άμεσα αντιληπτό πως τα μέτρα της Ε.Ε. και του Υπουργείου Περιβάλλοντος σχετίζονται με τα αστικά κέντρα και τα μεμονωμένα κτήρια και πως ο συνδυασμός τους είναι άμεσος. Τα παραπάνω ενισχύονται από την Εθνική Πολιτική σχετική με την ενέργεια και αφορούν στην ενίσχυση των ΑΠΕ, στην ανάπτυξη

δραστηριότητας της τοπικής οικονομίας, καθώς και στην καλυτέρευση τυχόν περιβαλλοντικά και κοινωνικά ευαίσθητων περιοχών της χώρας (ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ).

2.3 Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτηρίων στην Ελλάδα

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που συμβάλλουν στην εφαρμογή λύσεων με σκοπό την βελτιωμένη ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων, καθώς και την αξιοποίηση ηπιότερων ενεργειακών μορφών. Ο πολλαπλασιασμός της ανάγκης σε ενέργεια για την κτηριακή λειτουργία αποτελεί αποτέλεσμα της ανάπτυξης της οικονομίας, της τεχνολογίας και της διαρκούς βελτίωσης στο βιοτικό επίπεδο [1]. Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας αλλά και η χρήση της για την κάλυψη διαφόρων αναγκών καθιστά αναγκαία την αναζήτησή της τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποιότητα [9].

Από το 1990-1994 η ενεργειακή κατανάλωση στον Ελλαδικό χώρο κυμαινόταν σε σταθερά επίπεδα κοντά στα 15 Mtoe (με αφαίρεση των μη ενεργειακών χρήσεων), ενώ στην περίοδο 1995-1996 παρατηρήθηκε αύξηση κατά 6,5%. Από εκείνη την περίοδο παρουσιάζεται μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της τάξης του 2,5%, ενώ από το 1990 έως το 2006 η ενεργειακή κατανάλωση που αφορά στην τελική ενέργεια παρουσίασε συνολική αύξηση κατά 50%, ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης της οικονομίας [1].

Η αύξηση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας από το 1990 και μετά αφορούσε κυρίως τα κτήρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα. Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός πως τα κτήρια του οικιακού τομέα το 2006 παρουσίασαν την μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, της τάξης των 177 TWh ανά έτος [9].

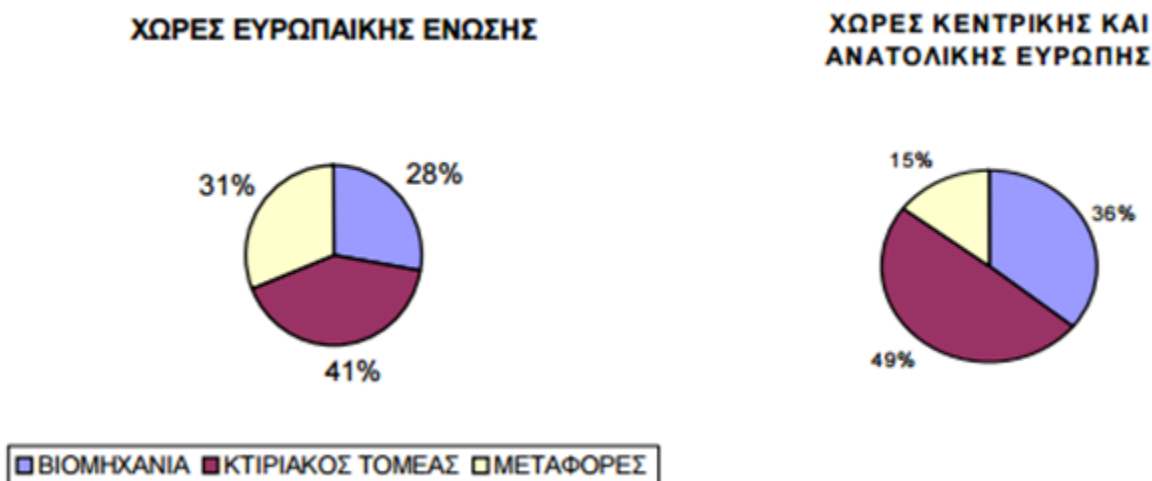
Το παραπάνω στοιχείο επιτρέπει να υπολογιστεί ένα ποσοστό αυξημένο κατά 94% σε σχέση με το 1990 όπου η ενεργειακή δαπάνη του οικιακού τομέα έφτανε τις 91 TWh. Εκείνη την εποχή τις μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες παρουσίαζαν τα κτήρια του βιομηχανικού τομέα με κατανάλωση 121 TWh, αριθμός που το 2006 ήταν της τάξης των 150 TWh παρουσιάζοντας αυξημένα ποσοστά κατά 24% σε σχέση με το 1990 κατατάσσοντας τα όμως στην τρίτη θέση ενεργειακών δαπανών στη χώρα μας [3] [1].

Σήμερα τα κτήρια του τριτογενούς τομέα έχουν μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες από αυτά του βιομηχανικού. Συγκεκριμένα, το 2006 σημείωσαν συνολική κατανάλωση στις 175 TWh παρουσιάζοντας συνολική αύξηση των αναγκών τους κατά 215% και μέσο ρυθμό αύξησης της τάξης του 77% ανά έτος, σε σχέση με το 1990 όπου οι ενεργειακές τους ανάγκες καλύφθηκαν με συνολική κατανάλωση 56 TWh [9].

Η πρωτογενής ενέργεια στο ευρύτερο μέρος της έχει ως προέλευση το πετρέλαιο και τον άνθρακα, τα οποία αποτελούν μη συμβατικές πηγές αυτής, καθώς δεν είναι ανανεώσιμες και υπάρχουν περιορισμένα αποθέματα αυτών. Η χρήση των παραπάνω πηγών οδηγεί σε αυξημένη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο ασκεί σημαντική επιρροή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας στην ατμοσφαιρική ρύπανση και επηρεάζοντας αρνητικά τις κλιματολογικές συνθήκες καθιστώντας την αντιμετώπιση τους ιδιαίτερα δύσκολη [1].

Το πετρέλαιο αποτελεί την πρώτη επιλογή στην χώρα μας αναφορικά με την κτηριακή θέρμανση, ενώ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται ο λιγνίτης σαν καύσιμη ύλη με ποσοστά της τάξης του 69%. Με βάση τα στοιχεία του 1996, η συμμετοχή του πετρελαίου στην ηλεκτρική ενέργεια ήταν της τάξης του 20%. Επίσης, ένα ποσοστό κοντά στο 11% για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται μέσω υδατοπτώσεων στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια [1].

Οι απαιτήσεις του κτηριακού τομέα σε ενέργεια με σκοπό την λειτουργία του είναι αυξημένες. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ένα ποσοστό της τάξης του 41% επί του συνόλου της ενέργειας χρησιμοποιείται για να καλύψει τις κτηριακές ανάγκες ψύξης και θέρμανσης, ενώ στις χώρες της Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης οι αριθμοί αυτοί ανέρχονται στο ποσοστό του 49% [1]. Τα παραπάνω ποσοστά υποδεικνύονται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Ποσοστά Ενέργειας σε Βιομηχανία, Κτηριακό Τομέα και Μεταφορές στις Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης αντίστοιχα.

Στην χώρα μας ο συνδυασμός της τεχνολογικής εξέλιξης με την αδιάφορη στάση απέναντι στις μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας οδήγησε σε υπερβολικές απαιτήσεις ενέργειας από τις κτηριακές εγκαταστάσεις. Ενδεικτικά, το 1995 οι απαιτήσεις του τριτογενούς και οικιακού κτηριακού τομέα για την θερμορύθμιση και την ύπαρξη ζεστού νερού καλύφθηκαν από την ποσότητα των 4.4 ΤΙΠ (τόνους ισοδύναμου πετρελαίου) [1].

Παρά το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, η θερμορύθμιση των κτηριακών εγκαταστάσεων στον οικιακό και τριτογενή τομέα αφορά το 69% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ένα ποσοστό κοντά στο 13% αφορά την κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση του νερού και το 18% αφορά την κάλυψη των αναγκών ενέργειας σχετικές με τις απαιτήσεις ηλεκτρικών συσκευών, ψύξης και φωτισμού. Από τα παραπάνω στοιχεία, που παρουσιάζονται σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προκύπτει πως η εύρεση μεθόδων για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι επιτακτική ανάγκη, καθώς τα παραπάνω ποσοστά αφορούν το 36% των συνολικών ενεργειακών αναγκών της χώρας μας [1].

Ο κτηριακός τομέας στην Ελλάδα είναι υπεύθυνος για ένα ποσοστό μεγαλύτερο του 45% της συνολικής εκπομπής σε διοξείδιο του άνθρακα, αέριο το οποίο τροφοδοτεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αντίθετα, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα συμβατικά καύσιμα, που χρησιμοποιούνται από τις κτηριακές εγκαταστάσεις θερμορύθμισης, συμμετέχουν στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα μόλις κατά 25% [1].

Στις μέρες μας εναλλακτική λύση αποτελεί η «βιώσιμη ανάπτυξη», η οποία έχει την βάση της στην περιβαλλοντική συνείδηση, καθώς κύριος άξονάς της αποτελεί η φιλικότητα προς το περιβάλλον και η αποκατάσταση του οικοσυστήματος του πλανήτη [1].

Βάσει αυτών των αρχών παρατηρείται η διαμόρφωση νέων πολιτικών και νομοθετικών πλαισίων στις χώρες με στόχο την ενεργειακή οικονομία, την χρήση ήπιας τεχνολογίας και μορφών ενέργειας, που έχουν ως τελικό σκοπό τον περιορισμό της περιβαλλοντικής καταστροφής. Εξάλλου, για αυτόν τον λόγο υιοθετούνται μέτρα προκειμένου να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η βιομάζα, η γεωθερμία, η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια ανήκουν στις ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το δυναμικό των οποίων είναι ευμέγεθες στην χώρα μας. Τα παραπάνω έχουν ως κύριο στοιχείο την ανανέωση τους μέσω του κύκλου της φύσης κάτι το οποίο τις καθιστά πρακτικά ανεξάντλητες. Βάσει αυτού θα μπορούσαν να θεωρούνται ως μια ικανότατη λύση για την κάλυψη της χώρας σε ενεργειακές ανάγκες.

Όσον αφορά την προερχόμενη από τον ήλιο ενέργεια, η χρήση της από την χώρα μας θα μπορούσε να ικανοποιήσει ένα ποσοστό έως το 33% των ενεργειακών απαιτήσεων αφού είναι

ικανή για την παραγωγή έως 150.00 ΤΙΠ. Λόγω αυτού νομοθετήθηκε βάσει του Ν.3468/06, ΦΕΚ 129Α, 27-06-2006 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών με στόχο οι τελευταίες να καλύπτουν το 20% του πρωτογενούς συνόλου της ενέργειας [1]. Στον Πίνακα 2.1 υποδεικνύεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα ανά είδος καυσίμου.

Πίνακας 2.1 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας στην Ελλάδα ανά είδος καυσίμου.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ						
(ΤΟΝΟΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ * 10 ³)						
Είδος καυσίμου	1985	%	1995	%	2005	%
Πετρέλαιο	10.475	58,6	13.805	59,6	18.400	52,8
Λιγνίτης	6.200	34,7	8.435	36,4	11.350	32,5
Φυσικό αέριο					2.450	7,0
Ανανεώσιμες πηγές	870	4,8	720	3,1	1.925	5,5
Εισαγωγές	335	1,9	205	0,9	750	2,2
Σύνολο	17.880		23.165		34.875	

2.3.1 Το νέο θεσμικό πλαίσιο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων

Βάσει της 21475/4707 απόφασης (ΦΕΚ 880/Β/19-08-98) σχετικά με την εφαρμογή μέτρων για την βελτίωση των κτηριακών εγκαταστάσεων σε θέματα ενεργειακής απόδοσης καθώς και τη μείωση του επιπέδου εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, εφαρμόζονται τροποποιήσεις με σκοπό την βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στο μέλλον [7].

Τόσο στα παλαιά όσο και στα νέα κτήρια βάσει της απόφασης αυτής θα εφαρμόζονται οι βασικές αρχές της αστικής οικολογίας και της δόμησης σε οικολογικά πρότυπα όπως αυτές που προαναφέρθηκαν. Βασικοί άξονες της ανωτέρω απόφασης είναι οι εξής:

- i. Η μελέτη και κατασκευή των νέων κτηρίων θα ακολουθεί τον Κανονισμό Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ), η έκδοση του οποίου είναι σύμφωνη με το άρθρο 26 του ΓΟΚ και έρχεται προς αντικατάσταση του προηγούμενου κανονισμού θερμομόνωσης, με σκοπό την ικανοποίηση ορισμένων ορίων ενεργειακής δαπάνης. Αυτό θα επιτυγχάνεται μέσω της ελάχιστης δυνατής χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας.
- ii. Τα κτηριακά συγκροτήματα θα ενταχθούν σε σύστημα, σύμφωνα με το οποίο θα βαθμονομούνται ενεργειακά. Βάσει του συστήματος αυτού θα ορίζεται η κατάταξη

των κτηρίων σε κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης ανάλογα με την κατανάλωση που αυτό παρουσιάζει. Η διαδικασία πιστοποίησης θα πραγματοποιείται από αρμόδιους ενεργειακούς επιθεωρητές [7].

- iii. Το ΠΕΑ (**Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης**) θα συνοδεύει τις οικοδομικές άδειες κτηρίων υπό ανέγερση και θα προσδιορίζει τα ενεργειακά χαρακτηριστικά, την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης και την κατάταξη του κτηρίου σε ενεργειακές κατηγορίες. Σε αυτό θα περιλαμβάνονται και τα αποτελέσματα της ενεργειακής πιστοποίησης η οποία θα διενεργείται ένα έτος μετά την έναρξη λειτουργίας του νέου κτηρίου.
- iv. Εφαρμογή επεμβάσεων ενεργειακής απόδοσης βάσει χρονοδιαγράμματος με συγκεκριμένους τρόπους για τα παλαιότερα κτήρια και στεγαστικά προγράμματα του ευρύτερου δημοσίου τομέα. Για την πραγμάτωση των ανωτέρω θα είναι υπεύθυνος ο δημόσιος φορέας στον οποίο ανήκει το εκάστοτε κτήριο.
- v. Ορίζεται ως απαραίτητη η χρήση μηχανισμών χρηματοδότησης οι οποίοι βασίζονται στην απόσβεση των κεφαλαίων με βάση το ποσό εξοικονόμησης ενέργειας που επιτεύχθηκε. Παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών αποτελούν η Χρηματοδοτική Μίσθωση, η Χρηματοδότηση εκ Μέρους Τρίτων κ.α. [7].
- vi. Αναφορικά με τα παλαιότερα κτηριακά συγκροτήματα που ανήκουν στον ιδιωτικό τομέα θα εφαρμόζεται η παροχή θεσμικών, διοικητικών και οικονομικών κινήτρων με σκοπό την εφαρμογή μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Με το πέρας έξι ετών από την εφαρμογή του νόμου θα θεωρείται υποχρεωτική η ένταξη τους στα συστήματα ενεργειακής βαθμονόμησης μετά την έκδοση ΠΕΑ και ενεργειακής πιστοποίησης.

Οι περιβαλλοντικοί και ενεργειακοί στόχοι των ρυθμίσεων επιτυγχάνονται μέσω:

- i. της κατασκευής των νεόδμητων κτηρίων και πολεοδομικών συνόλων με τεχνικές τέτοιες ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή ενεργειακή απόδοση.
- ii. του ορισμού προδιαγραφών σύμφωνα με τις οποίες θα διαμορφώνεται κατάλληλα το μικροκλίμα του περιβάλλοντα χώρου και του ορισμού μηχανισμών που θα αποσκοπούν στον έλεγχο και στην πιστοποίηση με στόχο την σωστή και αποτελεσματική εφαρμογή των επιμέρους δράσεων.
- iii. της πρωτοβουλίας των ιδιωτών, με σκοπό τη βελτίωση σε απόδοση των ενεργειακών εγκαταστάσεων των κτηριακών συγκροτημάτων που αφορούν τα συστήματα θερμορύθμισης, φωτισμού, νερού κλπ [7].

- iv. της μεγιστοποίησης της ανταγωνιστικότητας της καθαρής σχετικά με τη δόμηση τεχνολογίας, καθώς και την αναπροσαρμογή των θεσμών σχετικών με τη χρηματοδότηση σε επενδύσεις με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ΑΠΕ, αλλά και την ψήφιση κανονισμών σχετικών με τις ενεργειακές επιθεωρήσεις.

Με βάση την 21475/4707 απόφαση ο ισχύων κανονισμός θερμομόνωσης θα συμπληρώνεται με τον κανονισμό ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΟΧΕΕ), ώστε να εισάγονται περιβαλλοντικοί και ενεργειακοί δείκτες, με ανάλογα πρότυπα και προδιαγραφές, για τον σχεδιασμό και την κατασκευή νέων κτισμάτων, καθώς και διαδικασίες και μέθοδοι με σκοπό τον έλεγχο (π.χ. ΔΕΤΑ, ενεργειακή κατάταξη)

Η κατασκευή νέων κτηρίων θα συμφωνεί με τον ΚΟΧΕΕ με σκοπό την εξασφάλιση:

- i. της ορθολογικής ενεργειακής χρήσης και τον συνυπολογισμό του κέρδους από την χρήση ηλιακής ενέργειας,
- ii. του υπολογισμού της ενεργειακής ταυτότητας και την πλήρωση του ΠΕΑ,
- iii. της κατάταξη του κτηρίου σε αντίστοιχη κατηγορία σύμφωνα με την κατανάλωση και την απόδοση ενέργειας,
- iv. της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον υλών με σκοπό την δόμηση των κτηρίων,
- v. του προσδιορισμού των ορίων εκπομπών των υλικών κατασκευής των οποίων έγινε χρήση,
- vi. του προσδιορισμού ορίων σχετικών με τη θερμική άνεση και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα,
- vii. των διαδικασιών και τρόπων βάσει των οποίων θα εκτελούνται οι ενεργειακές επιθεωρήσεις, καθώς και των ενεργειακών κατηγοριών και του τρόπου ένταξης των κτισμάτων σε αυτές ανεξάρτητα από την παλαιότητα τους [7].

Η εισαγωγή της διαδικασίας της Ενεργειακής Πιστοποίησης αποσκοπεί στον έλεγχο για την εφαρμογή της νομοθεσίας και στον έλεγχο του αναγραφόμενου στα ΠΕΑ βαθμού ενεργειακής απόδοσης των κτισμάτων. Η διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης είναι απαραίτητη έπειτα από έναν κατ' ελάχιστο χρόνο λειτουργίας του κτηρίου για όλα τα νέα κτήρια, ενώ για τα παλαιότερα έπειτα από έξι έτη με σκοπό τη διευκόλυνση των ιδιοκτητών σχετικά με τις επεμβάσεις που αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτισμάτων τους [7].

Με εγκύκλιο που εξέδωσε το Υπουργείο Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, έκανε γνωστό στους υπεύθυνους φορείς πως είναι αναγκαία η δημιουργία των γραφείων ενεργειακής διαχείρισης, καθώς και ο ορισμός υπευθύνων στα θέματα ενέργειας. Τα παραπάνω στοχεύουν στην καλύτερη διαχείριση των κτηριακών εγκαταστάσεων που ανήκουν

στο δημόσιο τομέα και στην εφαρμογή μέτρων για τη βελτίωση της απόδοσης των κτηρίων ενεργειακά, με τη βοήθεια χρηματοδότησης από τρίτα πρόσωπα ή μηχανισμούς. Επίσης, επιβάλλονται επιθεωρήσεις και έλεγχοι σχετικά με τις πιστοποιήσεις και την κατάταξη των κτηρίων σε κατηγορίες σύμφωνα με το ενεργειακό τους προφίλ, καθώς και προδιαγραφές, σχετικές με την καταναλισκόμενη ενέργεια και τις ενεργειακές εγκαταστάσεις. Ακόμη, υπάρχει πρόβλεψη για τη βελτίωση του κανονισμού κατανομής δαπανών σχετικά με τη θέρμανση με σκοπό τον καθορισμό του τρόπου βάσει του οποίου αυτές θα κατανέμονται και την εφαρμογή τους στην ψύξη και την θερμορύθμιση του νερού, με τέτοιο τρόπο ώστε να σχετίζεται με τις πραγματικές τιμές κατανάλωσης [7].

2.3.2 Κίνητρα για εξοικονόμηση ενέργειας

Με βάση τις διατάξεις του άρθρου 6 του ν. 1512/85 που σχετίζονται με τα κίνητρα για εξοικονόμηση ενέργειας, αναμένεται η έκδοση εκτελεστικού προεδρικού διατάγματος που θα αφορά την εφαρμογή εξειδικευμένων μέτρων και επεμβάσεων, την περιγραφή τεχνικών και συστημάτων σχετικών με την εξοικονόμηση ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών αυτής, με την ικανότητα άμεσης ενσωμάτωσης τους στο κέλυφος ή στις εγκαταστάσεις που αφορούν τη θερμορύθμιση, τον φωτισμό και το ΖΝΧ στα παλαιά κτήρια, ανεξάρτητα από τον τύπο χρήσης τους ή την κατηγορία στην οποία ανήκουν, δίνοντας έμφαση ώστε η μορφολογία τους να είναι τέτοια που να επιτρέπει να ενταχθούν στην αρχιτεκτονική των κτισμάτων [13].

Με γνώμονα την όσο το δυνατόν ευρύτερη εφαρμογή των μέτρων υπάρχει πρόβλεψη, για ανάλογη εξειδίκευση των θεσμικών, οικονομικών και διοικητικών κινήτρων με βάση τα οποία θα αντιμετωπίζονται οι ιδιοκτήτες ή διαχειριστές των κτισμάτων στα οποία θα γίνονται επεμβάσεις με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Γίνεται προώθηση κινητήριου πακέτου με σκοπό την ευκολότερη εφαρμογή των μέτρων του Υπουργείου Περιβάλλοντος για την ενεργειακή οικονομία. Πέρα από τις ήδη υπάρχουσες ευνοϊκές διατάξεις (όπως π.χ. έκπτωση 75% επί του φορολογούμενου εισοδήματος στην περίπτωση αγοράς και εγκατάστασης συστημάτων ΑΠΕ και ΦΑ) η ύπαρξη επιπλέον κινήτρων έχει θεωρηθεί απαραίτητη. Αυτή θα επιτυγχάνεται μέσω Δανείων Ενεργειακής Απόδοσης (ΔΕΑ), με σκοπό την εφαρμογή ενεργειακών επεμβάσεων στα κτηριακά συγκροτήματα του ιδιωτικού τομέα, φοροαπαλλαγής ή δανειοδότησης χαμηλών επιτοκίων σε περίπτωση αγοράς υλικών ή συστημάτων που στοχεύουν στην ενεργειακή οικονομία, διάκρισης ή βράβευσης μελετητών ή ιδιοκτητών κτηριακών συγκροτημάτων οι οποίοι θα επιτυγχάνουν τη βελτίωση του ενεργειακού

προφίλ των κτισμάτων ή θα προβαίνουν σε επιτυχημένες Βιοκλιματικές Μελέτες Κτηρίων και Πολεοδομικών συνόλων [13].

Ακόμα ένα μέσο επίτευξης αποτελεί η ενημέρωση των πολιτών και των φορέων σχετικά με τους στόχους, τις προτεραιότητες, τα οικονομικά οφέλη, τις τεχνικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και Ο.Χ.Ε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, το ΚΑΠΕ και τα λοιπά περιφερειακά ενεργειακά κέντρα. Τέλος, ο ΓΟΚ (Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός) έχει τροποποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται πρώτον, η άρση των μέχρι τώρα νομοθετικών εμποδίων για την χρήση συστημάτων που στοχεύουν στην ενεργειακή οικονομία και δεύτερον, διευκολύνοντας την εφαρμογή μέτρων της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο κτηριακό κέλυφος [13].

2.4 Συστήματα Αυτοματισμού BEMS

Η παρακολούθηση και ο αυτοματοποιημένος έλεγχος των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιριακού συγκροτήματος επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος που διαχειρίζεται την ενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατή η διαδικασία ρύθμισης των παραμέτρων, καθώς και αυτής της ανάλυσης των δεδομένων των εγκαταστάσεων από το σύστημα ελέγχου. Επιπρόσθετα, καθίσταται εφικτή η καταγραφή και η είσοδος των ανωτέρω δεδομένων σε αρχεία στατιστικής που δημιουργούνται από το σύστημα. Η βάση του συστήματος αποτελείται από πληθώρα πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Τα πλέον σημαντικά συστήματα μηχανολογικών και ηλεκτρολογικών κτηριακών εγκαταστάσεων που μπορούν να ελεγχθούν από τα συστήματα BEMS αφορούν τον κλιματισμό και τη θέρμανση, τα παθητικά συστήματα, τα ανοίγματα και τα σκίαστρα, τις εγκαταστάσεις σχετικές με τον φωτισμό, τα συστήματα ψύξης, τα συστήματα ελέγχου της ποιότητας του αέρα, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τα συστήματα σχετικά με την ασφάλεια.

Αναλυτικά, ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίων αποτελείται από:

- i. Τον Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου ή Κεντρική Μονάδα Ελέγχου (ΚΜΕ), που είναι το σημείο παρακολούθησης και ελέγχου του συστήματος από τους χρήστες.
- ii. Τα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ), τα οποία είναι οι σταθμοί συλλογής και επεξεργασίας των σημάτων των αισθητήρων.
- iii. Το δίκτυο Περιφερειακών Μονάδων Ελέγχου (ΠΜΕ), οι οποίες είναι πλήρως προγραμματιζόμενες μονάδες ψηφιακού ελέγχου και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των ΑΚΕ.

- iv. Τα δίκτυα των συστημάτων και τα ανοιχτά πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- v. Τα όργανα λήψεως πληροφοριών (π.χ. αισθητήρες) ή εκτέλεσης εντολών (π.χ. βαλβίδες, ρελέ εκκίνησης), τα οποία είναι συσκευές που πληροφορούν με τις τιμές ή καταστάσεις των επιτηρούμενων παραμέτρων τις περιφερειακές μονάδες ελέγχου ή οδηγούνται κατάλληλα από αυτές, έτσι ώστε να υλοποιηθούν οι προγραμματιζόμενες στρατηγικές ελέγχου.

Η διασύνδεση του συνόλου των αισθητήρων και των λοιπών οργάνων λήψης πληροφοριών ή εκτέλεσης εντολών γίνεται με ακτινικό τρόπο προς το αντίστοιχο απομακρυσμένο ΑΚΕ, ενώ το τελευταίο συνδέεται με τα όμοιά του και με την κεντρική μονάδα ελέγχου σε ομότιμο δίκτυο ψηφιακής επικοινωνίας.

Η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος περιλαμβάνει τέσσερα στάδια. Αυτά είναι η ανίχνευση, η μέτρηση, ο έλεγχος, η επίβλεψη και η παρεμβολή του χρήστη. Στο πρώτο στάδιο ανιχνεύονται ή μετρώνται, με τη βοήθεια αισθητήρων, οι τιμές των παραμέτρων του εσωκλίματος των κτηρίων (θερμοκρασία, υγρασία, κτλ.). Στο δεύτερο στάδιο γίνονται οι κατάλληλες διορθωτικές και ρυθμιστικές κινήσεις, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων που ανιχνεύονται ή μετρώνται και τη στρατηγική ελέγχου που έχει επιλεχθεί. Στο επόμενο στάδιο καταγράφονται οι εφαρμοζόμενες στρατηγικές ελέγχου και οι αποδόσεις τους, ώστε να είναι εφικτή η αξιολόγηση και η βελτιστοποίησή τους. Τέλος, στο στάδιο της παρεμβολής, ο χρήστης παρεμβαίνει και βελτιώνει τη στρατηγική ελέγχου [4]. Στο Σχήμα 2.2 υποδεικνύεται παράδειγμα «έξυπνου» κτηρίου που χρησιμοποιεί σύστημα BEMS.



Σχήμα 2.2 "Εξυπνο" Κτήριο με σύστημα BEMS

Μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας με τη σωστή διαχείριση της από τις κτηριακές εγκαταστάσεις μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητες που δίνονται στον άνθρωπο από την τεχνολογική πρόοδο με σκοπό τον περιορισμό της ενεργειακής και κατ' επέκταση της χρηματικής σπατάλης, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας παρατηρείται κατά τη διάρκεια της εργασίας του ή κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο σπίτι για την ικανοποίηση των απαραίτητων λειτουργιών του χώρου από τον οποίο περιβάλλεται.

Προς αυτήν την κατεύθυνση έχει παρατηρηθεί μεγάλη εξέλιξη που έχει ως επακόλουθο τις προτάσεις επιστημόνων και μηχανικών διαφόρων κλάδων για καινοτόμες τεχνικές με σκοπό την δημιουργία πολύ-επίπεδων, περιβαλλοντικά φιλικών και ενεργειακά οικονομικών «πράσινων κτηρίων». Παρόλα αυτά, ο σύγχρονος άνθρωπος χρειάζεται περισσότερο κτήρια, των οποίων ο χειρισμός των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων να είναι εύκολος και προσιτός και να γίνεται

με έξυπνο τρόπο μέσω συστημάτων αυτοματισμού, των οποίων η χρήση να είναι άνετη και εργονομική.

Η τεχνολογική εξέλιξη του σήμερα προσφέρει σημαντικές διευκολύνσεις σε αυτήν την κατεύθυνση μέσω εφαρμογών που λαμβάνοντας ως γνώμονα τα αυτοματοποιημένα κτήρια του παρελθόντος, οδηγούν στη δημιουργία «έξυπνων κτιρίων». Τα εν λόγω κτήρια είναι ικανά να ρυθμίζουν και να αποφασίζουν τη λειτουργία των συστημάτων τους μέσω των αποτελεσμάτων από αναλύσεις μετρήσεων σχετικές με το περιβάλλον και τη χρήση τους.

Είναι προφανές πως η σωστή λειτουργία ενός συστήματος BEMS εξαρτάται άμεσα από την άψογη επικοινωνία μεταξύ των επιμέρους συστημάτων του. Θα πρέπει λοιπόν, όλα αυτά τα διαμορφωμένα συστήματα λειτουργίας να μιλούν την ίδια γλώσσα επικοινωνίας. Επομένως, ένα σύστημα BEMS πρέπει να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο λογισμικό, το οποίο θα επιτρέπει τη σύνδεση και συνεργασία μεταξύ συσκευών που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και δεν είναι απόλυτα συμβατές μεταξύ τους, απεγκλωβίζοντας το χρήστη-αγοραστή από την ανάγκη προμήθειας όλου του συστήματος από ένα μόνο κατασκευαστή. Τα λογισμικά που επιτελούν αυτήν τη λειτουργία είναι τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Διεθνώς αναγνωρισμένα και ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι το BACnet, το Echelon LonWorks, το Instabus και το Profibus.

Τα σημαντικότερα ενεργειακά συστήματα που παρακολουθούνται και ελέγχονται από ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης είναι όλα τα ενεργειακά συστήματα που εξετάζονται στο παρόν κεφάλαιο, οι εγκαταστάσεις ασφαλείας (συστήματα πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης και συναγερμού), οι συσκευές ηλεκτρικής κατανάλωσης και όσα παθητικά συστήματα κάνουν χρήση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ή συστημάτων ελέγχου (υβριδικά συστήματα).

Ένα σύστημα BEMS έχει επίσης τις παρακάτω δυνατότητες:

- i. Χρονική καταγραφή των γεγονότων με στόχο την ορθολογική λειτουργία και τη διενέργεια προληπτικής συντήρησης των εγκαταστάσεων.
- ii. Επιτήρηση της κατανάλωσης καυσίμου και της απόδοσης καύσης με συνεχή ανάλυση των καυσαερίων και υπολογισμό του βαθμού απόδοσης.
- iii. Έλεγχο συχνότητας εκκίνησης πολλών μονάδων παραγωγής θερμότητας και ψύξης.
- iv. Μελλοντική επέκταση για κάλυψη και άλλων αναγκών.
- v. Έλεγχο και επιτήρηση του κτηρίου μέσω Η/Υ ή υπολογιστή παλάμης (palmtop), χρησιμοποιώντας ασύρματη σύνδεση προς το Διαδίκτυο και μία ή περισσότερες κάμερες μέσα στο κτήριο.

- vi. Εγκατάσταση κατάλληλης εξωτερικής θύρας ασφαλείας, η οποία θα μπορεί να ανοίγει από μακριά μέσω τηλεφώνου.
- vii. Διαχείριση του συστήματος μέσω ενός τηλεχειριστηρίου, το οποίο μπορεί να αντιγράψει και να αντικαταστήσει τα τηλεχειριστήρια της τηλεόρασης, του dvd-player, του ηχοσυστήματος, κτλ.

Ο ρυθμός εγκατάστασης συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης σε κτήρια είναι συνεχώς αυξανόμενος, ενώ μετρήσεις και θεωρητικές μελέτες έχουν αποδείξει πως η χρήση αυτών των συστημάτων μπορεί να οδηγήσει αφενός σε εξοικονόμηση ενέργειας που να υπερβαίνει το 20% και αφετέρου σε σημαντική βελτίωση του εσωκλίματος των κτηρίων.

Τα συστήματα BEMS αποτελούν τη μοναδική λύση για τη συντονισμένη και ορθολογική λειτουργία των σύγχρονων εγκαταστάσεων σε κτηριακά συγκροτήματα μεσαίων και μεγάλων διαστάσεων, τα οποία συναντώνται πολύ συχνά στον τριτογενή τομέα και στις παραγωγικές μονάδες [4].

2.4.1 Τα Οφέλη του συστήματος

Μέσω των συστημάτων BEMS για την ενεργειακή διαχείριση των κτισμάτων επιτυγχάνεται ενεργειακή κατανάλωση μειωμένη κατά 15-20% όσο αφορά τη θερμορύθμιση και τον αερισμό. Αναφορικά με τα συστήματα φωτισμού η μείωση της ενεργειακής δαπάνης μπορεί να αγγίξει ένα ποσοστό κοντά στο 50-60%. Ακόμα, το σύστημα παρέχει δυνατότητες σχετικά με την περικοπή φορτίων που καθιστούν το κτήριο ενεργειακά επιζήμιο. Συνέπεια των παραπάνω είναι ο περιορισμός του ενεργειακού κόστους που οδηγεί σε περιορισμένες δαπάνες σχετικές με τη λειτουργία (κατ' επέκταση και την οικονομία), καθώς και η εμφανής βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης ειδικά στους εργασιακούς χώρους [13].

Επιπρόσθετα, τα νέα τεχνολογικά συστήματα BEMS είναι εξαιρετικά ευέλικτα και προσαρμοστικά στις απαιτήσεις του χρήστη παρέχοντας κατάλληλα εργαλεία για τη διευκόλυνση του χωρίς να απαιτούν την προσαρμογή του χρήστη στις δικές τους απαιτήσεις. Μέσω του περιβάλλοντος και της αρχιτεκτονικής τους παρέχουν τη δυνατότητα πραγμάτωσης αλληλοεξαρτώμενων λειτουργιών, αποκατάστασης βλαβών και συντήρησης με εύκολο και απλό τρόπο. Λαμβάνουν λειτουργικές αποφάσεις με βάση τη λογική αξιοποίηση των δεδομένων και παρέχουν τη δυνατότητα χειρισμού τους μέσω τηλεχειρισμού, διαδικτύου ή τηλεφώνου. Παρέχουν άμεσα και πλήρη αρχεία μετρητικών δεδομένων, με ακριβείς υπολογισμούς, αυτόματη ανάλυση τους, δυνατότητα πρόβλεψης ενεργειακών απαιτήσεων, καθώς και

δυνατότητα στον χρήστη να τα επεξεργαστεί ταυτόχρονα μέσω των γραφικών αναφορών που υπάρχουν διαθέσιμες. Προσφέρουν συνεχή καταγραφή ενεργειακών παραμέτρων με πληθώρα ενδείξεων και δυνατότητα αποθήκευσής τους σε αρχεία ιστορικού, κάτι που τα καθιστά εργαλεία βάσει των οποίων ο ενεργειακός διαχειριστής του κτηρίου μπορεί να λάβει κρίσιμες αποφάσεις σχετικές με την ενεργειακή απόδοση των συστημάτων του, αλλά και την ενεργειακή συμπεριφορά των χρηστών του. Παρέχονται με εργονομικό σχεδιασμό που πληροί τους κανόνες αισθητικής κάτι που επιτρέπει στην τοποθέτησή τους χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά η εικόνα του κτηρίου.

Τα οφέλη που ακολουθούν τη χρήση και εγκατάσταση ενός συστήματος για την ενεργειακή διαχείριση των κτισμάτων αφορούν:

- i. τις παρεχόμενες πληροφορίες στον διοικητικό φορέα του κτηριακού συγκροτήματος με σκοπό την λήψη αποφάσεων για την αξιοποίηση του,
- ii. την εκλογικευμένη κατανομή των ενεργειακών τιμολογίων και την διευκόλυνση του υπολογισμού μελλοντικών προϋπολογισμών μέσω της δυνατότητας για ακριβείς μετρήσεις οικονομικών οφελών από την εξοικονόμηση ενέργειας,
- iii. τον προσδιορισμό νέων στόχων ενεργειακής διαχείρισης με βάση την εξοικονόμηση ενέργειας του κτηρίου που καθίστανται εφικτοί,
- iv. τη διαρκή ενημέρωση των υπευθύνων του κτηρίου αναφορικά με την ενεργειακή συμπεριφορά του και την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας και συντήρησης του και
- v. την ευαισθητοποίηση των ενοίκων ή χρηστών του κτηρίου μέσω της γνωστοποίησης σε αυτούς της ενεργειακής συμπεριφοράς του με βάση τις αναφορές του συστήματος [13].

2.4.2 Οι κύριες λειτουργίες του συστήματος

Η λειτουργία αυτόματου ελέγχου καθιστά δυνατό τον έλεγχο της λειτουργίας και τις ρυθμίσεις σχετικά με την απόδοση του εκάστοτε ενεργειακού συστήματος που ελέγχεται καθώς και τη συνολική ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου που σχετίζεται με τα φορτία. Η εκτέλεση του ελέγχου πραγματοποιείται από μονάδες πολλαπλών δράσεων και σκοπών που επιτρέπουν τον προγραμματισμό και τη σύνδεση τους με μεγάλο αριθμό αισθητήρων και ρυθμιστικών στοιχείων μέσω δικτύων υψηλής απόδοσης [13].

Σχετικά με τις λειτουργίες για τη συλλογή και επίδειξη των δεδομένων είναι δυνατή η μέτρηση και παρουσίαση με μορφή αναφοράς για διάφορες παραμέτρους σχετικά με την

απόδοση και κατάσταση των συστημάτων που υποβάλλονται σε έλεγχο αναφορικά με την ενεργειακή τους απόδοση. Ακόμα, η ζήτηση ενός κτηρίου σε ενέργεια καθίσταται προβλεπόμενο μέγεθος βάσει της ανάλυσης των αρχείων ιστορικού που αποθηκεύονται στο σύστημα. Για τη συλλογή και αποθήκευση των δεδομένων, καθώς και την επίδειξη τους γίνεται χρήση τερματικών Η/Υ. Η λειτουργία ασφαλείας των συστημάτων έχει ως στόχο τον έλεγχο του συστήματος για τυχόν βλάβες ή δυσλειτουργίες των επιμέρους τμημάτων με σκοπό τον εντοπισμό τους, για την άμεση απενεργοποίηση των δυσλειτουργικών τμημάτων ως μέτρο ασφάλειας αλλά και την ενεργοποίηση διορθωτικών τμημάτων με σκοπό την αποκατάσταση των εγκαταστάσεων [13].

Η εκτέλεση των παραπάνω λειτουργιών πληροί τα εξής χαρακτηριστικά:

- i. τη χρήση σημάτων ψηφιακής εισόδου (DI) με σκοπό την ανίχνευση της κατάστασης λειτουργίας επιμέρους τμημάτων (on/off),
- ii. τη χρήση σημάτων ψηφιακής εξόδου (DO) για τον έλεγχο έναρξης ή παύσης λειτουργίας των επιμέρους τμημάτων (συστήματα φωτισμού, air condition κλπ.),
- iii. τη χρήση σημάτων αναλογικού τύπου εισόδου (AI) με σκοπό τον έλεγχο τιμών μεταβλητών, όπως αυτές της θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ.
- iv. τη χρήση σημάτων αναλογικού τύπου εξόδου (AO) με σκοπό την προσαρμογή απομακρυσμένων διατάξεων και σημείων ρύθμισης, όπως π.χ. τη θέση διαφράγματος του σκιάστρου ενός κτηρίου,
- v. τη χρήση σημάτων παλμικού τύπου (PI) που στοχεύουν στη καταμέτρηση μεγεθών, όπως αυτό της ηλεκτρικής κατανάλωσης,
- vi. τη χρήση συστημάτων για την καταγραφή των ωρών λειτουργίας του εξοπλισμού, καθώς και τον προγραμματισμό στη μονάδα του χρόνου για τη καταγραφή ειδικών δραστηριοτήτων,
- vii. την αυτόματη διασύνδεση λειτουργίας των σημείων ελέγχου σε σχέση με άλλα σημεία.

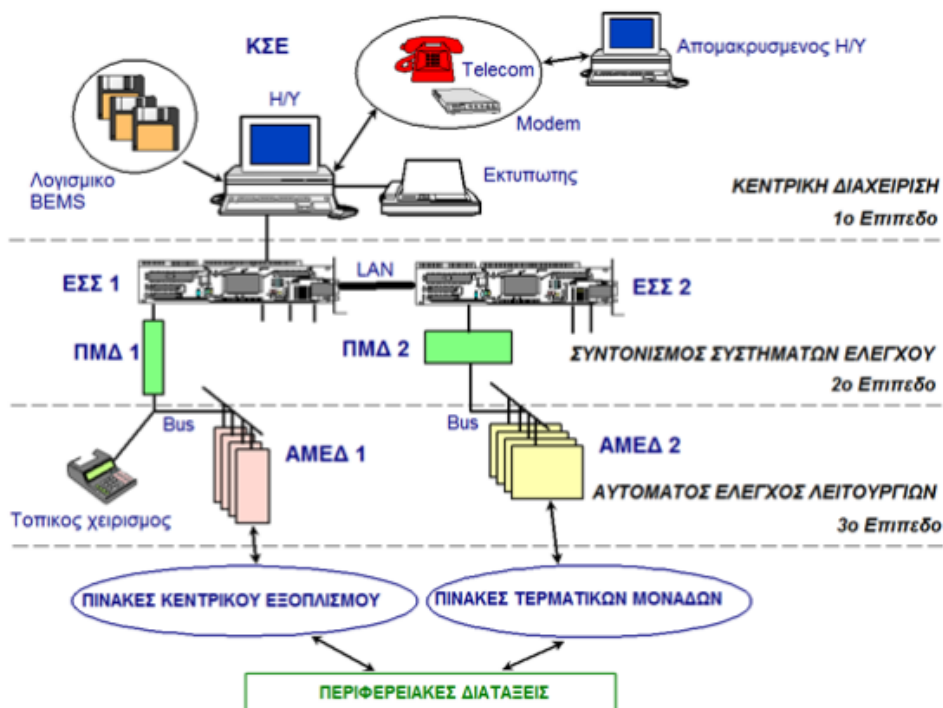
Τέλος, σε περίπτωση που ξεπεραστούν τα όρια φυσιολογικής λειτουργίας του κτηρίου ενεργοποιείται οπτικοακουστική μονάδα συναγερμού (alarm) με προειδοποιητικό σήμα [13].

2.4.3 Η δομή του συστήματος

Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν ένα σύστημα BEMS που εναρμονίζεται στα σύγχρονα τεχνολογικά πρότυπα έχει ως βάση έναν Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ), ο οποίος είναι

συνδεδεμένος με έναν αριθμό Αποκεντρωμένων Μονάδων Επεξεργασίας Δεδομένων (ΑΜΕΔ). Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω Ελεγκτών Συντονισμού Συστημάτων (ΕΣΣ), Προσαρμογέων Μεταφοράς Δεδομένων (ΠΜΔ) των οποίων η λειτουργία είναι αυτοδύναμη και ενός δικτύου επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων.

Ο ΚΣΕ μέσω των ΑΜΕΔ συνδέεται με όλα τα τελικά συστήματα ελέγχου όπως αυτά της θερμοκρασίας ή της υγρασίας, της στάθμης φωτός, τους ηλεκτρονόμους τηλεχειρισμού κινητήρων κλπ. Στους ΑΜΕΔ περιλαμβάνονται προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLC), ανεξάρτητοι ελεγκτές χώρων (IRC), μονάδες που προβαίνουν σε άμεσο ψηφιακό έλεγχο (DDC). Οι ΑΜΕΔ έχουν δυνατότητα προσαρμογής στους πίνακες που σχετίζονται με τον αυτοματισμό των εκάστοτε ενεργειακών υποσυστημάτων. Στο Σχήμα 2.3 φαίνεται η σύνδεση των προαναφερθέντων συστημάτων.



Σχήμα 2.3 Συνδεσμολογία Συστημάτων BEMS σε επίπεδα

Ο τρόπος με τον οποίο ένα σύγχρονο σύστημα BEMS διαχειρίζεται την ενέργεια αναλύεται σε τρία επίπεδα τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα. Όμως, κατά γενικό κανόνα, τα εν λόγω επίπεδα διατάσσονται το ένα πάνω από το άλλο με προτεραιότητα λειτουργικής κυριαρχίας από πάνω προς τα κάτω.

Τα τρία επίπεδα διαχείρισης είναι:

- 1) η Κεντρική Διαχείριση (ΚΣΕ)
- 2) ο Συντονισμός Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου (ΕΣΣ,ΠΜΔ)
- 3) ο Αυτόματος Έλεγχος λειτουργιών (ΑΜΕΔ)

2.4.4 Το λογισμικό του συστήματος

Το λογισμικό ενεργειακής διαχείρισης και αυτόματου ελέγχου (ΛΕΔΑΕ) αποτελεί τη βάση ενός σύγχρονου συστήματος BEMS, το οποίο στηρίζεται σε προγράμματα σχετικά με την πρόσβαση στο σύστημα, διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων που αποτελούν το σύστημα, παρακολουθεί την κατάσταση του κτηρίου και προβαίνει στην ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνει με βάση την ενεργειακή τους απόδοση. Αναλυτικά, στα επιμέρους προγράμματα του λογισμικού περιλαμβάνονται τα εξής:

- i. η διαχείριση των σημείων εποπτείας του συστήματος που βρίσκονται σε απόσταση, των αλγορίθμων που βρίσκουν την εφαρμογή τους στο περιβάλλον του συστήματος, καθώς και η διαχείριση της επιλεκτικής προσβασιμότητας του συστήματος μέσω κωδικών από συγκεκριμένους χρήστες στα συστήματα και στις λειτουργίες ελέγχου,
- ii. η ταξινόμηση των δεδομένων που συλλέγονται από το σύστημα,
- iii. ο χειρισμός της επικοινωνίας μεταξύ των επιμέρους τμημάτων αυτού μέσω προγραμμάτων υπεύθυνων για τη συνεχή παρακολούθηση και ανάλυση τα οποία αφορούν:
 - a. την ανάλυση και επίδειξη των δεδομένων που συλλέγονται,
 - b. την εμφάνιση μηνυμάτων σε μενού κυλιόμενων παραθύρων, σχετικών με την κατάσταση των τυχόν βλαβών, των συναγερμών και της συντήρησης του συστήματος,
 - c. την επίδειξη εξειδικευμένων μηχανογραφικών αναφορών, σχεδιασμένων από τον διαχειριστή του συστήματος ή σε εργοστασιακή μορφή, σε προκαθορισμένη χρονική περίοδο, διαγραμμάτων σχετικών με την τάση των δεδομένων καθώς και τη στατιστική ανάλυση που αφορούν τα σημαντικότερα εξ αυτών,
 - d. την παροχή δυνατότητας για το σχεδιασμό διαγράμματος ροής που αφορά συγκεκριμένα σημεία του συστήματος,
 - e. την διαχείριση των ωρών λειτουργίας και της προληπτικής συντήρησης του εξοπλισμού καθώς και του συστήματος βάσει προγράμματος [13].

Οι περίοδοι εκκίνησης του συστήματος και ο τρόπος λειτουργίας του προσαρμόζονται διαρκώς από το ΛΕΔΑΕ με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας. Ο έλεγχος της ενεργειακής απόδοσης έρχεται εις πέρας με τη χρήση του ιστορικού που αποθηκεύεται στο σύστημα και αφορά τις τιμές των παραμέτρων που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση (π.χ. ποσότητα καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος), καθώς και τους παράγοντες που ασκούν επιρροή σε αυτές, όπως π.χ. η αποδοτικότητα των μηχανολογικών εγκαταστάσεων [13].

Οι τιμές του ιστορικού αυτού συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές που έχουν στοχοθετηθεί σχετικά με την ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου και ακολούθως το σύστημα προβαίνει σε παρουσίαση τους δημιουργώντας ενεργειακές αναφορές σε εβδομαδιαία, μηνιαία και ετήσια βάση. Στις εβδομαδιαίες αναφορές παρουσιάζονται οι σημαντικότερες πληροφορίες (π.χ. χρήση καυσίμων, ώρες λειτουργίας) και η σχέση τους με τις τιμές που είχαν στοχοθετηθεί ως επιθυμητοί δείκτες απόδοσης. Στις μηνιαίες αναφορές το σύστημα δημιουργεί πίνακες και γραφικές αναφορές για την παρουσίαση των δεδομένων ενέργειας. Στη συνέχεια προβαίνει σε αξιολόγηση των ενεργειακών τιμολογίων και της κατανάλωσης ενέργειας βάσει ορισμένων παραμέτρων (π.χ. συσχέτιση με τη θερμοκρασία). Στις ετήσιες αναφορές συμπεριλαμβάνονται τα στοιχεία που αφορούν το σύνολο των δεδομένων που σχετίζονται με τη λειτουργία του κτηρίου σε σύγκριση με τα κλιματολογικά στοιχεία του περιβάλλοντος του, καθώς και οι ανοιγμένες τιμές της κατανάλωσης ενέργειας (π.χ. kWh/m^2) [13].

2.4.5 Πλεονεκτήματα συστημάτων BEMS

Ορισμένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα των συστημάτων BEMS θεωρούνται η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου/συγκροτήματος, καθώς και η μείωση της συνολικής ενέργειας λόγω χρήσης συστήματος BEMS, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ανάγκης δημιουργίας πρόσθετων σταθμών ενέργειας, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην πτώση της ζήτησης εισαγωγής ενέργειας. Ένα κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι παρέχει σε πραγματικό χρόνο εκτενή στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας στην Κεντρική Μονάδα Ελέγχου και τον Χειριστή. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του συνολικού συστήματος. Επιπρόσθετα, το ίδιο το σύστημα BEMS βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση με τον εξορθολογισμό της λειτουργίας των μηχανημάτων

που παρακολουθεί και ελέγχει (αυτόματη περικοπή φορτίων που επιβαρύνουν το συνολικό ενεργειακό κόστος). Η εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση BEMS μπορεί να φτάσει το 30% [5].

Επίσης, μέσω του συστήματος BEMS επιτυγχάνεται η ενοποίηση των συστημάτων καθώς και η εποπτεία και η διαχείριση διαφορετικών συστημάτων, τα οποία παραδοσιακά ήταν ανεξάρτητα μεταξύ τους. Επιπρόσθετα, αυξάνεται η προστασία του περιβάλλοντος που απορρέει απ' την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της μειωμένης ζήτησης πόρων. Για παράδειγμα, η βελτιωμένη απόδοση στην ηλεκτρική απαίτηση του κτηρίου καταλήγει άμεσα σε μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Όταν η τεχνολογία εφαρμόζεται σε εμπορικά κτήρια ή βιομηχανίες, μπορεί να συμβάλλει στην κοινωνική ανάπτυξη καθιστώντας τους εργασιακούς χώρους πιο άνετους και υγιεινούς (καλύτερο εργασιακό περιβάλλον). Έτσι, ελέγχοντας το σύστημα, παράγοντες όπως η ποιότητα αέρα, νερού κλπ, μπορεί να αντιδράσει όταν κρίνει ότι μια τιμή έχει φτάσει στα ανώτατα όρια. Για παράδειγμα, το σύστημα μπορεί σ' ένα βιομηχανικό περιβάλλον ν' αυξήσει τον εξαερισμό, όταν τα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα ξεπεράσουν το επίπεδο το οποίο θεωρείται ασφαλές για το ανθρώπινο δυναμικό. Αντίστοιχα, στις κατοικίες, εξασφαλίζει καλύτερη ποιότητα ζωής [5].

Επιπρόσθετα, ένα σύστημα BEMS μπορεί να εξασφαλίσει σωστή διαχείριση πολλών διαφορετικών λειτουργιών του συστήματος ελέγχου αλλά και χρονομέτρηση λειτουργίας μηχανών και προσδιορισμός του χρόνου συντήρησης. Η κεντρική ενοποίηση συμβάλλει στην πιο γρήγορη και βέλτιστη πολιτική επεμβάσεων που πρέπει να ακολουθηθεί στη συντήρηση και αποκατάσταση βλαβών. Με τη χρήση δικτύων επικοινωνίας, εξασφαλίζεται η άμεση πρόσβαση σε οποιονδήποτε Απομακρυσμένο Σταθμό Ελέγχου από ένα εξωτερικό κεντρικό σταθμό ελέγχου, όταν δεν υπάρχει δυνατότητα χειρισμού απ' το Κεντρικό Σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομείται χρόνος σε περίπτωση πυρκαγιάς ή άλλου σοβαρού προβλήματος. Συμπερασματικά, αξίζει να διατυπωθεί ότι μέσω ενός συστήματος BEMS εξοικονομείται τόσο χρόνος όσο και χρήμα [5].

2.4.6 Μειονεκτήματα συστημάτων BEMS

Το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος κεντρικής διαχείρισης είναι αρκετά υψηλότερο από το αντίστοιχο μιας συμβατικής εγκατάστασης. Το μεγάλο κόστος εγκατάστασης, ειδικά στην Ελλάδα σήμερα, μπορεί να καταστήσει απαγορευτική την ιδέα εφαρμογής του συστήματος σε μεγάλο τμήμα του πληθυσμού και κυρίως σε κατοικίες. Ωστόσο, η εφαρμογή του σε σύγχρονα επαγγελματικά κτήρια αποσβένει το κόστος της σε λογικό χρονικό διάστημα, καθιστώντας την

επένδυση συμφέρουσα. Η συνεχιζόμενη διείσδυση των BEMS σε κτήρια και βιομηχανίες καθώς και η συνεπαγόμενη αύξηση των πωλήσεων δύναται να μειώσει περαιτέρω το κόστος τους και το χρόνο απόσβεσης [5].

Ένα επιπρόσθετο μειονέκτημα των συστημάτων BEMS αποτελεί η σχετική έλλειψη προσαρμοστικότητας (flexibility), για εφαρμογές σε μια ευρεία περιοχή δυνητικών χρήσεων που ποικίλουν με την ηλικία, το μέγεθος και τον τύπο ιδιοκτησίας του κτιρίου. Τα συστήματα BEMS αναπτύχθηκαν με τους πρώτους υπολογιστές. Αυτό που κάνει όμως τα σύγχρονα συστήματα BEMS πολύ πιο αποτελεσματικά είναι το γεγονός πως βασίζονται λειτουργικά πάνω σε καινούργια συστήματα αισθητήρων, καθώς και σε συστήματα ελέγχου τελευταίας γενιάς, τα οποία είναι αυτορυθμιζόμενα και (πολλές φορές) αυτόνομα από τον ανθρώπινο παράγοντα. Τα περισσότερα πολυώροφα πράσινα κτήρια σήμερα είναι σχεδιασμένα, ώστε να μπορούν να συνδεθούν μ' ένα σύστημα BEMS [5].

Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί πως ο βαθμός ευφυΐας ποικίλλει ανάμεσα στα διάφορα συστήματα κεντρικής διαχείρισης που κυκλοφορούν σήμερα. Τα εξελιγμένα BEMS συλλέγουν διαρκώς πληροφορίες για τα διάφορα συστήματα ενός κτηρίου, τις οποίες συνδυάζουν με πρόσθετες πληροφορίες (πρόγνωση καιρού, τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας). Οι πληροφορίες αυτές τροφοδοτούνται στην κεντρική υπολογιστική μονάδα με το κατάλληλο λογισμικό μέσω του οποίου σχεδιάζεται κι εφαρμόζεται το πρόγραμμα ελέγχου των συστημάτων HVAC, φωτισμού – καθώς και πιθανά επιπρόσθετα συστήματα (όπως π.χ. πυρασφάλεια, κτηριακό κέλυφος κλπ). Με τον καιρό, το σύστημα βελτιστοποιεί τη λειτουργία του έτσι ώστε να μπορεί να προβλέπει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το κτήριο κάτω από οποιεσδήποτε περιστάσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κτήριο να λειτουργεί με τον πλέον βέλτιστο τρόπο ή τουλάχιστον να προσεγγίζει τη βέλτιστη λειτουργία τον περισσότερο χρόνο. Έτσι, το σύστημα αναζητά συνεχώς κι επιδιώκει βέλτιστες λειτουργικές συνθήκες για το κτήριο. Εξάλλου, βασικό στοιχείο των εξελιγμένων BEMS αποτελεί η διαρκής παρακολούθηση των παραμέτρων του – η συνεχόμενη, δηλαδή, βελτιστοποίηση των λειτουργιών του κτηρίου. Λόγω του μεγάλου βαθμού ευαισθησίας του συστήματος στις μεταβολές διαφόρων παραμέτρων και στην αντίστοιχη «πρωτοβουλία» του να παίρνει αποφάσεις για τη βέλτιστη ενεργειακή διαχείριση, το σύστημα BEMS/BAS αναφέρεται συχνά ως «έξυπνο» σύστημα διαχείρισης. Τον ίδιο χαρακτηρισμό αποκτούν και τα κτήρια που βασίζονται μερικώς ή ολικώς τη λειτουργία τους στα εν λόγω συστήματα [5].

2.5 Εμπορικές Λύσεις

Η εξέλιξη των διαθέσιμων προϊόντων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή έξυπνων κτηρίων είναι διαρκής και σύμφωνη με την τελευταία τεχνολογία στον τομέα των αυτοματισμών. Επίσης, λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης στον τομέα της πληροφορικής, δίνεται η δυνατότητα σε εταιρίες που ασχολούνται με την κατασκευή πράσινων κτηρίων να παρέχουν προϊόντα πολλών δυνατοτήτων και υψηλού επιπέδου.

Τα παρεχόμενα συστήματα για τη διαχείριση των κτηρίων (BEMS) έχουν τη δυνατότητα συνεργασίας με ένα ευρύ φάσμα προϊόντων καλύπτοντας με αυτό τον τρόπο όλες τις ανάγκες των «πράσινων κτηρίων». Στη συνέχεια, ακολουθεί παρουσίαση ορισμένων εκ των πιο δημοφιλών προϊόντων BMS.

2.5.1 SIEMENS – Instabus

Το Instabus αποτελεί ένα αποκεντρωμένο σύστημα ευρωπαϊκής προέλευσης που μεταφέρει και επεξεργάζεται δεδομένα με σκοπό τη διαχείριση των λειτουργιών των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στα έξυπνα κτήρια. Με τις δυνατότητες που παρέχει το σύστημα μπορεί να υλοποιηθεί η διαδικασία κατασκευής έξυπνων κτηρίων.

Τα αισθητήρια όργανα του συστήματος (διακόπτες, ρελέ κλπ.), οι εντολές και οι έξοδοι (δυναμικές έξοδοι, ρυθμιστές κλπ.) συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου-Bus, με τη χρήση ενός διπολικού καλωδίου, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα προγραμματισμού και τεχνητής νοημοσύνης των οργάνων. Οι παραπάνω συσκευές ονομάζονται συνδρομητές του δικτύου.

Το διπολικό καλώδιο είναι τηλεφωνικού τύπου (YCYM 2x2x0,8mm²) και το ελεύθερο ζεύγος του χρησιμοποιείται ως εφεδρικό. Μέσω αυτού γίνεται μεταφορά των πληροφοριών και των δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα χρησιμεύει και στην παράλληλη σύνδεση των συνδρομητών και την τροφοδοσία τους με τάση 24V DC. Οι γραμμές με ισχύ 230/400V καταλήγουν στις καταναλώσεις μέσω των εντολέων στους οποίους φτάνουν από τον πίνακα διανομής του συστήματος.

Η ρύθμιση των παραμέτρων και ο προγραμματισμός των συνδρομητών πραγματοποιείται μέσω Η/Υ που χρησιμοποιεί λειτουργικό Windows μέσα από το λογισμικό ETS 3 (EIBA Tool Software).

Η αρχική ρύθμιση του συστήματος συνδρομητών πραγματοποιείται κατά την εγκατάσταση μέσα από τον Η/Υ, με σειριακό τρόπο μέσω θύρας RS232, USB ή Ethernet, η οποία

τοποθετείται στον πίνακα ή οπουδήποτε αλλού εντός δικτύου. Πέρα από την εγκατάσταση, η χρήση Η/Υ δεν είναι υποχρεωτική για τη λειτουργία του συστήματος, ενώ σε περίπτωση διακοπής ρεύματος προς το σύστημα ο προγραμματισμός δεν αλλοιώνεται καθώς το αρχείο παραμένει αποθηκευμένο στη μνήμη του συστήματος.

Το Instabus EIB/KNX περιέχει συσκευές, των οποίων η τοποθέτηση γίνεται είτε εξωτερικά είτε «χωνευτά», καθώς και συσκευές ράγας που τοποθετούνται στους πίνακες του συστήματος. Η μεταξύ τους επικοινωνία εξασφαλίζεται μέσω μιας αυτοκόλλητης ράγας που χρησιμεύει στην τροφοδοσία και στη μεταφορά δεδομένων. Οι παραπάνω συσκευές έχουν την ίδια σχεδίαση και είναι συμβατές με όλα τα υλικά ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων της εταιρίας Siemens (διακόπτες, πρίζες κλπ.) [15].

2.5.2 ABB – i-Bus

Το σύστημα ABB – i-Bus αφορά τον ολιστικό και έξυπνο έλεγχο των μηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτηρίων, καθώς όλες οι των πληροφορίες και οι εντολές σχετικά με τον έλεγχο των εγκαταστάσεων μεταδίδονται μέσω ενός μόνο διαύλου δεδομένων (bus), ο οποίος προσομοιάζει με δίκτυο υπολογιστών. Η δημιουργία του διαύλου γίνεται με τη χρήση ενός καλωδίου το οποίο χρησιμεύει ως συνδετικός κρίκος μεταξύ των συσκευών (όπως π.χ. οι Busch-priOn και Busch ComfortTouch της εταιρείας Busch – Jaeger).

Με τη χρήση των παραπάνω συσκευών δίνεται η δυνατότητα λειτουργικού ελέγχου για τις περισσότερες κτηριακές λειτουργίες από τη θερμορύθμιση ως και τις μουσικές επιλογές. Με αυτόν τον τρόπο, όλα τα επιμέρους συστήματα του κτιρίου παρακολουθούνται και ελέγχονται από τον χρήστη του συστήματος [8].

Το λειτουργικό περιβάλλον των συσκευών προσαρμόζεται στον εκάστοτε χρήστη του συστήματος, διαθέτοντας εύχρηστο και προσαρμοστικό πολύγλωσσο μενού (διατίθενται και στην Ελληνική γλώσσα), το οποίο κάνει χρήση εικονιδίων αλλά και χρωματικού κώδικα.

Η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία λειτουργεί παρασκηνιακά χωρίς να απασχολεί τον χρήστη, ο οποίος επεξεργάζεται μόνο τα απαραίτητα στοιχεία ελέγχου προσαρμόζοντας τη λειτουργία του συστήματος στις απαιτήσεις του [8].

2.5.3 SCHNEIDER ELECTRIC – KNX

Το KNX βασίζεται στη μετάδοση σειριακών πακέτων πληροφορίας μέσω ενός δικτύου διαύλων και αποτελεί σύστημα που προβαίνει στον απομακρυσμένο έλεγχο των συσκευών του, οι οποίες μέσω των διαύλων ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους (π.χ. ένας αισθητήρας ανταλλάσει πληροφορίες με έναν ή περισσότερους ενεργοποιητές).

Με τη χρήση του συστήματος επιτυγχάνεται η αλληλεπίδραση εντολών μεγάλου εύρους, γεγονός που οδηγεί στην δημιουργία ενός έξυπνου συστήματος, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τον τρόπο λειτουργίας των συμβατικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων καθιστώντας δυνατή και εύκολη κάθε επιθυμητή αλλαγή σε οποιαδήποτε ρύθμιση αυτού χωρίς να χρειάζεται προσθήκη επιπλέον εξοπλισμού.

Μέσω του συστήματος, το σύνολο των λειτουργιών που παλαιότερα απαιτούσαν ξεχωριστό έλεγχο συγκεντρώνεται στο ίδιο ρυθμιστικό περιβάλλον, μέσω του οποίου γίνεται εκτέλεση όλων των απαιτούμενων λειτουργιών, όπως αυτές του φωτισμού, της θέρμανσης κλπ. Το σύνολο των συσκευών του KNX προγραμματίζεται μέσω του λογισμικού ETS [14].

2.5.4 ELCO – Inels

Ο σχεδιασμός του Inels βασίζεται στη διαχείριση των διαδικασιών έναρξης και παύσης λειτουργίας, ελέγχου, ρύθμισης και απεικόνισης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του κτηριακού συγκροτήματος. Οι απαραίτητες πληροφορίες για τη λειτουργία του μεταδίδονται μέσω διαύλου δεδομένων που εκτείνονται σε όλο το κτήριο. Η σύνδεση των στοιχείων του διαύλου (π.χ. ενεργοποιητές, αισθητήριες συσκευές) πραγματοποιείται στον ίδιο δίαυλο ο οποίος χρησιμεύει στην μεταφορά πακέτων δεδομένων με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συνδεδεμένων συσκευών. Μέσω της μεταφοράς των πακέτων καθίσταται δυνατή η ρύθμιση των συνθηκών αντίδρασης του συστήματος και η διαχείριση των λειτουργιών και παραμέτρων όλων των στοιχείων που το αποτελούν (φώτα, συναγερμός κλπ.). Ο δίαυλος επικοινωνίας χρησιμεύει και ως τροφοδοτικό των συνδεδεμένων συσκευών του συστήματος με τάση 24 V DC / 27,2 V DC [10].

2.5.5 CARLO GAVAZZI – Smart House

Το Smart House Controller αποτελεί τη βάση του Smart House και θεωρείται ένα εξελιγμένο εργαλείο που λειτουργεί με χρήση περιβάλλοντος Microsoft Windows και χρησιμοποιείται για τη διαχείριση όλων των λειτουργιών του συστήματος ελέγχου των εγκαταστάσεων. Ο δίαυλος του συστήματος κάνει χρήση 256 διευθύνσεων (128 για την είσοδο και 128 για την έξοδο δεδομένων). Σε περίπτωση μη επάρκειας αυτών μπορεί να γίνει χρήση τριών εξωτερικών επεκτάσεων του διαύλου κάτι που ανεβάζει τον αριθμό των διευθύνσεων στις 1024 (512 για την είσοδο και 512 για την έξοδο δεδομένων). Επιπροσθέτως, αναλαμβάνει την τροφοδοσία των απομακρυσμένων μονάδων (π.χ. διακόπτες, θερμοστάτες). Αξίζει να σημειωθεί ότι η οργάνωση των δεδομένων επικοινωνίας στον δίαυλο γίνεται από τον Controller [6].

Η τροφοδότηση του Ελεγκτή γίνεται με τάσεις 230 V-AC και 12V-DC με τη βοήθεια εξωτερικής μπαταρίας, η φόρτιση της οποίας γίνεται από τον ίδιο τον Controller κάτι που εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του συστήματος ακόμα και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Ακόμη, διατίθεται και θύρα Ethernet που χρησιμεύει στην επισκόπηση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος, καθώς και θύρες σύνδεσης με οθόνες αφής και τηλεχειριστήρια ήχου και εικόνας. Τέλος, το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης με GSM modem για τον έλεγχο του με αποστολή γραπτού μηνύματος αλλά και την ειδοποίηση του χρήστη για τυχόν δυσλειτουργίες ή βλάβες [6].

3. Τεχνική Περιγραφή Συστήματος BEMS

Εξεταζόμενου κτηρίου

3.1 Βασικά Στάδια Υλοποίησης Συστήματος BMS

Η όλη διαδικασία από το σημείο της λήψης των προδιαγραφών μέχρι και την τελική παράδοση οποιουδήποτε συστήματος BMS μπορεί να διαχωριστεί στα εξής βασικά στάδια:

1. Σχεδιασμός του συστήματος
2. Δημιουργία του προγράμματος των ελεγκτών και του προγράμματος του σταθμού διαχείρισης
3. Δημιουργία των ΑΚΕ (Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου)
4. Εγκατάσταση και καλωδίωση
5. Θέση συστήματος σε λειτουργία

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Σε κάθε έργο που περιλαμβάνει σύστημα BMS υπάρχει ξεχωριστό τμήμα των προδιαγραφών στο οποίο περιγράφονται οι απαιτήσεις του μελετητή του έργου από το σύστημα BMS και το οποίο συνήθως αποτελεί μέρος των μηχανολογικών προδιαγραφών του έργου. Ένα μέρος των προδιαγραφών αφιερώνεται στη περιγραφή των γενικών απαιτήσεων από το σύστημα. Σε αυτό το μέρος περιγράφονται τα πρότυπα που πρέπει να τηρούνται, η ζητούμενη ποιότητα των ελεγκτών και όλων των περιφερειακών υλικών που θα ελέγχονται ή θα είναι συνδεδεμένα με το σύστημα, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που είναι αποδεκτά κτλ. Στις υπόλοιπες προδιαγραφές περιγράφονται ποιοτικά και ποσοτικά οι απαιτήσεις που αφορούν το συγκεκριμένο σύστημα. Με άλλα λόγια, τι ακριβώς θα ελέγχεται από το σύστημα καθώς και με ποιο ακριβώς τρόπο.

Ο μηχανικός που είναι υπεύθυνος για το σύστημα BMS οφείλει σε αυτό το στάδιο να σχεδιάσει το σύστημα βάσει των προδιαγραφών. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει τη δημιουργία της γενικότερης αρχιτεκτονικής του συστήματος, την επιλογή όλων των ελεγκτών και περιφερειακών υλικών που θα αποτελούν το σύστημα και τη δημιουργία των σχεδίων των ελεγκτών βάσει των

οποίων θα εγκατασταθούν και θα καλωδιωθούν στα ΑΚΕ. Το Σχήμα 3.1 υποδεικνύει ένα υποτιθέμενο δίκτυο συσκευών τις οποίες απαρτίζει ένα σύστημα ΒΕΜΣ.



Σχήμα 3.4 Δίκτυο Συσκευών ΒΕΜΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει όλη τη προεργασία που πρέπει ο υπεύθυνος μηχανικός να κάνει στο γραφείο, αφού έχει σχεδιαστεί το σύστημα και πριν επισκεφτεί το χώρο του έργου για να θέσει σε λειτουργία το σύστημα. Οφείλει να ετοιμάσει όλα τα προγράμματα που θα εκτελέσουν οι ελεγκτές του συστήματος βάσει των σεναρίων που ζητούνται από τις προδιαγραφές. Επίσης, σε περίπτωση που υπάρχουν ολοκληρώσεις με τρίτα συστήματα οφείλει να συλλέξει όλη τη πληροφορία που χρειάζεται από τους προμηθευτές των συστημάτων αυτών, ώστε να δημιουργήσει τα προγράμματα που θα εκτελέσουν οι ελεγκτές που είναι υπεύθυνοι για τη μεταφορά των συστημάτων αυτών στο ΒΜΣ. Τέλος, πρέπει να δημιουργήσει το γραφικό περιβάλλον που θα χρησιμοποιεί ο χρήστης ώστε να ελέγχει το σύστημα και να το εγκαταστήσει στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος θα αποτελεί το σταθμό διαχείρισης του συστήματος.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΚΕ

Τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου (ΑΚΕ) είναι ουσιαστικά οι πίνακες μέσα στους οποίους εγκαθίστανται οι ελεγκτές οι οποίοι απαρτίζουν το σύστημα. Σε πολλές περιπτώσεις ως ΑΚΕ χρησιμοποιούνται οι μηχανολογικοί πίνακες της εγκατάστασης, δηλαδή οι πίνακες που είναι υπεύθυνοι για τη τροφοδοσία και τον έλεγχο των μηχανολογικών στοιχείων του έργου. Αυτό καθιστά την καλωδίωση πολύ πιο εύκολη, καθώς πολλά από τα στοιχεία που κάθε σύστημα BMS ελέγχει, βρίσκονται εντός των μηχανολογικών πινάκων. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που λόγω τοπολογίας (π.χ. ένα σύνολο απομακρυσμένων αισθητήρων) χρειάζεται να δημιουργηθούν πίνακες ειδικά για τους ελεγκτές, οι οποίοι εγκαθίστανται σε σημεία που καθιστά πιο εύκολη τη καλωδίωση των στοιχείων που ελέγχονται από κάθε πίνακα. Ο υπεύθυνος μηχανικός του BMS οφείλει να συνεργαστεί με τον προμηθευτή των μηχανολογικών πινάκων της εγκατάστασης, ώστε να γίνει σωστά η εγκατάσταση και καλωδίωση των ελεγκτών εντός των μηχανολογικών πινάκων καθώς και να δημιουργηθούν εντός του πίνακα οι πρόνοιες για την καλωδίωση όλων των στοιχείων που βρίσκονται εκτός των πινάκων.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ

Η εγκατάσταση και καλωδίωση των ΑΚΕ καθώς και όλων των στοιχείων που βρίσκονται εκτός των ΑΚΕ και είναι συνδεδεμένα με το σύστημα (αισθητήρες, κινητήρες κτλ) εκτελείται συνήθως από την εταιρεία που είναι υπεύθυνη για την μηχανολογική εγκατάσταση του έργου. Σε κάθε περίπτωση όμως, ο προμηθευτής του συστήματος BMS έχει τη τεχνογνωσία όσον αφορά τη καλωδίωση του συστήματος αλλά και την σωστή εγκατάσταση όλων των στοιχείων που ελέγχονται από το σύστημα. Οφείλει να συνεργαστεί με τον υπεύθυνο εγκαταστάτη αλλά και να επισκέπτεται το έργο στο στάδιο της εγκατάστασης, ώστε να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία όλων των στοιχείων του συστήματος.

ΘΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Αυτό το στάδιο αποτελεί και το τελευταίο στην διαδικασία δημιουργίας ενός συστήματος BMS, αλλά ίσως το πιο σημαντικό. Για να τεθεί το σύστημα σε λειτουργία το έργο θα πρέπει προηγουμένως να έχει τροφοδοτηθεί με ηλεκτρισμό και να έχει ελεγχθεί η σωστή λειτουργία των μηχανολογικών στοιχείων της εγκατάστασης (αντλίες, ανεμιστήρες κτλ) χειροκίνητα μέσω των

μηχανολογικών πινάκων. Ο υπεύθυνος μηχανικός του BMS οφείλει κατά τη διάρκεια της θέσης του συστήματος σε λειτουργία να ελέγξει όλες τις φυσικές εισόδους και εξόδους του συστήματος και κατά συνέπεια τη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία όλων των στοιχείων που είναι συνδεδεμένα με το σύστημα. Επίσης, πρέπει να ελέγξει τη σωστή λειτουργία των δικτύων που απαρτίζουν το σύστημα και τη σωστή λειτουργία της ολοκλήρωσης με τρίτα συστήματα (integration). Μέσα από τον έλεγχο οφείλει να εντοπίσει όλα τα λάθη στη καλωδίωση και εγκατάσταση του συστήματος και να υποδείξει στους υπεύθυνους τις ενέργειες στις οποίες πρέπει να προβούν για την αποκατάσταση τους. Κατά τη θέση του συστήματος σε λειτουργία πρέπει να εκτελεστούν ή να εξομοιωθούν όλα τα σενάρια ελέγχου που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία της εγκατάστασης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία θα διαφανούν τα όποια λάθη στον προγραμματισμό των ελεγκτών και πιθανά προβλήματα στη μηχανολογική εγκατάσταση του έργου, καθώς αυτή μπαίνει σε πλήρη λειτουργία κατά τη διάρκεια της θέσης σε λειτουργία του συστήματος BMS.

3.2 Κατανομή Σημείων Συστήματος

Η γεωγραφική κατανομή των σημείων που θα ελεγχθούν μέσα στο χώρο της εγκατάστασης κατέχει βασικό ρόλο στη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος BMS. Επίσης, τα προτεινόμενα από τις προδιαγραφές σημεία εγκατάστασης των μηχανολογικών πινάκων της εγκατάστασης, πρέπει να ληφθούν υπόψη για δύο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι ο έλεγχος αρκετών εκ των σημείων που ελέγχει κάθε σύστημα BMS γίνεται δια μέσου των μηχανολογικών πινάκων από ελεγκτές που είναι εγκατεστημένοι εντός των πινάκων. Για παράδειγμα, η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση όλων των αντλιών και ανεμιστήρων. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν κέντρα ελέγχου για στοιχεία που ελέγχονται από το σύστημα (αισθητήρες, κινητήρες βαλβίδων κτλ) και βρίσκονται σε απόσταση τέτοια που να επιτρέπει τη καλωδίωση τους στους συγκεκριμένους μηχανολογικούς πίνακες. Με αυτό τον τρόπο, ο αριθμός των επιπρόσθετων πινάκων που θα πρέπει να κατασκευαστούν ελαχιστοποιείται, ώστε να χρησιμοποιηθούν σαν ΑΚΕ για να καλύψουν τα σημεία που δεν μπορούν να καλωδιωθούν στους υφιστάμενους μηχανολογικούς πίνακες. Η ελαχιστοποίηση του αριθμού των επιπρόσθετων πινάκων έχει διπλό όφελος. Πρωτίστως, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού κόστους της εγκατάστασης και δευτερευόντως την εξοικονόμηση του χώρου που θα καταλάμβαναν οι επιπρόσθετοι πίνακες.

Στόχος του σχεδιαστή του συστήματος, όταν διαμορφώνει την αρχιτεκτονική, είναι να συγκεντρώσει (ομαδοποιήσει) στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό τα σημεία που πρέπει να ελεγχθούν σε όσο το δυνατόν λιγότερα ΑΚΕ. Η μεγαλύτερη ομαδοποίηση και συγκέντρωση των σημείων που πρέπει να ελεγχθούν σε λιγότερα ΑΚΕ έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού αριθμού των ελεγκτών που απαιτούνται και ως συνέπεια τη μείωση του συνολικού κόστους του συστήματος BMS. Αυτό συμβαίνει διότι ο κάθε κατασκευαστής συστημάτων BMS διαθέτει στο εύρος των προϊόντων του ελεγκτές διαφόρων “μεγεθών” που μπορούν να ελέγξουν πεπερασμένο αριθμό σημείων με συγκεκριμένη κατανομή (αναλογική ή ψηφιακή είσοδος ή έξοδος).

Στη συγκεκριμένη έκδοση (V4) του Desigo της Siemens υπάρχουν οι εξής επιλογές όσον αφορά ελεγκτές με φυσικές εισόδους και εξόδους:

Compact Series (Σταθμοί αυτοματισμού με προκαθορισμένο αριθμό εισόδων/εξόδων)

1. PXC12.D (4 Universal inputs, 2 Digital inputs, 2 Digital outputs, 4 Analogue outputs)
2. PXC22.D (12 Universal inputs, 6 Digital outputs, 4 Analogue outputs)
3. PXC36.D (18 Universal inputs, 4 Digital inputs, 8 Digital outputs, 6 Analogue outputs)

* Τα Universal inputs μπορούν να είναι είτε ψηφιακές είτε αναλογικές είσοδοι.

Modular Series (Σταθμοί αυτοματισμού στους οποίους ο συνολικός αριθμός και το είδος των εισόδων/εξόδων εξαρτάται από τα modules που εγκαθίστανται)

1. PXC100.D (Μέχρι 200 σημεία)
2. PXC200.D (Μέχρι 350 σημεία)

Κατά κανόνα όσο πιο μεγάλος σε μέγεθος ελεγκτής χρησιμοποιείται (νοουμένου ότι χρησιμοποιούνται όλα τα διαθέσιμα σημεία του) το συνολικό κόστος ανά σημείο μειώνεται. Αυτό είναι λογικό εφόσον στην ουσία ένας επεξεργαστής χειρίζεται μεγαλύτερο αριθμό σημείων σε κάθε περίπτωση. Για παράδειγμα, το κόστος για τον έλεγχο 36 σημείων θα είναι πολύ μικρότερο αν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας PXC36.D στη θέση τριών PXC12.D. Αναλόγως, αν υπάρχουν σε ένα ΑΚΕ συγκεντρωμένα 150 σημεία ελέγχου το κόστος θα είναι πολύ μικρότερο αν χρησιμοποιηθεί ένας modular ελεγκτής PXC100.D με τον κατάλληλο συνδυασμό TX-I/O modules παρά οποιοσδήποτε συνδυασμός compact ελεγκτών για να τα καλύψει.

Παράλληλα, όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος των σημείων σε ένα ΑΚΕ τόσο μεγαλύτερη ευελιξία μπορεί να υπάρξει κατά την επιλογή των ελεγκτών ανάλογα με τη κατανομή των σημείων σε ψηφιακές και αναλογικές εισόδους και εξόδους. Για αυτούς τους λόγους, η όσο το

δυνατόν μεγαλύτερη συγκέντρωση των φυσικών εισόδων και εξόδων σε μικρότερο αριθμό ΑΚΕ μειώνει το συνολικό κόστος του συστήματος BMS.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η ομαδοποίηση των σημείων του συστήματος από τον σχεδιαστή της αρχιτεκτονικής του δεν μπορεί να είναι ανεξέλεγκτη. Αλλιώς θα καταλήγαμε σε συστήματα όπου όλα τα σημεία ελέγχονται από ένα και μοναδικό κέντρο ελέγχου. Ο πρώτος λόγος είναι το κόστος της καλωδίωσης των σημείων που βρίσκονται εκτός των πινάκων στους ελεγκτές. Ο σχεδιαστής του συστήματος θα πρέπει να κατανέμει με τέτοιο τρόπο τα ΑΚΕ στο χώρο της εγκατάστασης ώστε οι αποστάσεις των καλωδιώσεων των σημείων που εξυπηρετούνται από κάθε ΑΚΕ να είναι σε λογικά επίπεδα. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να μελετήσει τα σχέδια των προδιαγραφών καθώς σε οποιαδήποτε κτηριακή εγκατάσταση υπάρχουν συγκεκριμένα προκαθορισμένα σημεία από όπου θα διέρχονται τα καλώδια ελέγχου.

Ο δεύτερος λόγος αφορά την λειτουργία του συστήματος. Όπως αναφέρθηκε και στην περιγραφή του συστήματος Desigo, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι η κατανομή της υπολογιστικής νοημοσύνης στους σταθμούς αυτοματισμού (ελεγκτές) που το απαρτίζουν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα αποκεντρωμένο σύστημα. Για παράδειγμα, αν ο σταθμός διαχείρισης (ηλεκτρονικός υπολογιστής) είναι εκτός λειτουργίας, οι ελεγκτές του συστήματος συνεχίζουν να εκτελούν κανονικά τα σενάρια ελέγχου με βάση τις τελευταίες εντολές που είχαν λάβει από τον χειριστή του συστήματος. Αναλόγως, αν ένας ελεγκτής βγει εκτός λειτουργίας για οποιοδήποτε λόγο η λειτουργία των υπολοίπων ελεγκτών συνεχίζεται κανονικά στο βαθμό που δεν απαιτούνται πληροφορίες από τον συγκεκριμένο ελεγκτή. Όσο μεγαλύτερος όγκος σημείων είναι συγκεντρωμένος σε ένα ελεγκτή ή σε ένα ΑΚΕ που περιέχει αριθμό ελεγκτών, τόσο μεγαλύτερο μέρος του συστήματος θα πάψει να ελέγχεται σε περίπτωση που ο ελεγκτής ή το ΑΚΕ βγει εκτός λειτουργίας.

Ο παράγοντας που προαναφέρθηκε θεωρείται βασικός και οφείλει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Βάσει του εν λόγω παράγοντα ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός συστήματος BMS έχει ως επιπρόσθετο στόχο όλα τα σημεία που χρειάζονται για την εκτέλεση ενός σεναρίου λειτουργίας να είναι συνδεδεμένα στον ελεγκτή που εκτελεί το συγκεκριμένο σενάριο στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό. Αυτή η στρατηγική σχεδιασμού προσβλέπει στο να δημιουργούνται όσο το δυνατόν αυτόνομα κέντρα λειτουργίας μέσα στο σύστημα που δεν επηρεάζονται από την απώλεια των υπολοίπων ελεγκτών του συστήματος. Επίσης, με αυτό το τρόπο ελαχιστοποιείται η διακίνηση πληροφορίας μέσα στο δίκτυο των ελεγκτών έχοντας σαν αποτέλεσμα τη καλύτερη απόδοση του δικτύου. Θεωρείται αυτονόητο ότι αυτός ο τύπος σχεδιασμού δεν μπορεί να επιτευχθεί σε απόλυτο βαθμό, αφού

σχεδόν πάντα θα υπάρχουν μετρήσεις που αφορούν σενάρια λειτουργίας που εκτελούνται από απομακρυσμένους ελεγκτές ή σενάρια λειτουργίας που αφορούν μετρήσεις που λαμβάνονται από διάφορα σημεία της κτηριακής εγκατάστασης.

Τα προαναφερθέντα αφορούν τις φυσικές εισόδους και εξόδους του συστήματος όπου κάθε σημείο (είτε βρίσκεται εντός των μηχανολογικών πινάκων, είτε εκτός) πρέπει να καλωδιωθεί ξεχωριστά σε κάποιο ελεγκτή. Στη περίπτωση των σημείων που λαμβάνονται μέσω κάποιου πρωτοκόλλου επικοινωνίας (π.χ. ολοκλήρωση με κάποια συσκευή τρίτου κατασκευαστή ή συσκευές τοπικού ελέγχου που συνδέονται με το υπόλοιπο σύστημα μέσω κάποιου πρωτοκόλλου επικοινωνίας) ο όγκος των σημείων και τα σημεία στο χώρο από τα οποία αυτά θα λαμβάνονται είναι δεδομένα από τη φύση της εγκατάστασης και τις απαιτήσεις των προδιαγραφών. Κατά κανόνα για κάθε είδος πρωτοκόλλου επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει αριθμό συσκευών μέσω του συστήματος BMS υπάρχει και ο ανάλογος ελεγκτής συστήματος ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Εφόσον ο συνολικός όγκος των σημείων πληροφορίας (μετρήσεων και εντολών) που θα ανταλλάγουν με τις συσκευές αυτές δεν υπερβαίνει τα όρια του ελεγκτή συστήματος σχηματίζεται ένα κοινό δευτερεύον δίκτυο το οποίο περιλαμβάνει τον ελεγκτή συστήματος και όλες τις συσκευές που θα συνδεθούν στο σύστημα μέσω του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου.

Η τοπολογία αυτού του δικτύου, το είδος της καλωδίωσης και τα όρια του εξαρτώνται από το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς κάθε πρωτόκολλο επικοινωνίας έχει τους δικούς του κανόνες δικτύου. Ο ελεγκτής συστήματος όμως θα πρέπει να συνδεθεί και στο κυρίως δίκτυο ελεγκτών του συστήματος (main bus), αφού στην ουσία η αποστολή του είναι να μετατρέπει τη πληροφορία που ανταλλάσσεται από το τρίτο πρωτόκολλο που χρησιμοποιούν οι συσκευές (δευτερεύων δίκτυο) στο πρωτόκολλο BACnet που χρησιμοποιεί το σύστημα BMS (κυρίως δίκτυο) και αντίστροφα. Σε περίπτωση που ο συνολικός όγκος της πληροφορίας υπερβαίνει τα όρια του ελεγκτή συστήματος ή ο όγκος των συσκευών ή/και η τοπολογία τους υπερβαίνει τους κανόνες δικτύου του πρωτοκόλλου που θα χρησιμοποιηθεί, σχηματίζεται δεύτερο δίκτυο και εγκαθίσταται δεύτερος ελεγκτής συστήματος με την ίδια λογική. Άρα, η καλωδίωση δεν επηρεάζεται από τον όγκο των σημείων αλλά μόνο από τον αριθμό των συσκευών και τη τοπολογία τους αφού όλη η πληροφορία που θα ανταλλάγεί με όλες τις συσκευές θα οδηγηθεί στο σύστημα BMS μέσω κοινού δικτύου και μέσω του ελεγκτή συστήματος.

Ο σχεδιαστής της αρχιτεκτονικής του συστήματος BMS αφού καταλήξει στον αριθμό και τη μορφή των δικτύων που θα χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν όλες τις συσκευές θα πρέπει να

επιλέξει τα σημεία που θα εγκατασταθούν οι ελεγκτές συστήματος. Για την επιλογή αυτή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η τοπολογία του κυρίως δικτύου του συστήματος BMS και να βρεθούν τα κατάλληλα σημεία που θα ελαχιστοποιούν τις αποστάσεις και στο κύριο δίκτυο του συστήματος και στα δευτερεύοντα δίκτυα.

3.3 Ελεγκτές Συστήματος

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως οι ελεγκτές (σταθμοί αυτοματισμού) που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο των φυσικών σημείων του συστήματος είναι οι εξής: [15]

PXC12.D Ψηφιακός ελεγκτής με 12 σημεία ελέγχου



Σχήμα 3.5 PXC12.D Ψηφιακός ελεγκτής με 12 σημεία ελέγχου

PXC22.D Ψηφιακός ελεγκτής με 22 σημεία ελέγχου



Σχήμα 3.6 PXC22.D Ψηφιακός ελεγκτής με 22 σημεία ελέγχου

PXC36.D Ψηφιακός ελεγκτής με 36 σημεία ελέγχου



Σχήμα 3.7 PXC36.D Ψηφιακός ελεγκτής με 36 σημεία ελέγχου

Οι πιο πάνω ελεγκτές (σταθμοί αυτοματισμού) παρέχουν την απαραίτητη υποδομή για την υπολογιστική επεξεργασία και εκτέλεση τόσο του ελεύθερα διαμορφώσιμου προγράμματος ελέγχου, όσο και μιας σειράς από ενσωματωμένες λειτουργίες διαχείρισης όπως η διαχείριση των μηνυμάτων βλάβης του συστήματος (alarm management), η καταγραφή τιμών μεταβλητών του συστήματος (trend functions) και διάφορες άλλες.

Το ελεύθερα διαμορφώσιμο πρόγραμμα ελέγχου που δημιουργήθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού D-MAP, αποθηκεύεται στη μνήμη SDRAM των ελεγκτών και παραμένει σε περίπτωση διακοπής ρεύματος για περίοδο πέραν του μηνός. Η μνήμη SDRAM υποστηρίζεται από αλκαλική μπαταρία τύπου AA η οποία είναι αντικαταστάσιμη εν ώρα λειτουργίας όπως και η μπαταρία λιθίου Li η οποία διατηρεί τον πραγματικό χρόνο του ελεγκτή (real time clock) για 10 χρόνια. Το απαραίτητο λογισμικό για τη βασική λειτουργία των ελεγκτών (firmware) όπως και το λειτουργικό τους σύστημα φυλάσσεται σε μη διαγραφόμενη μνήμη (non-volatile ROM) και μπορεί να αναβαθμιστεί μέσω της θύρας RJ45 που διαθέτει ο ελεγκτής. Μέσω της ίδιας θύρας αλλά και μέσω του δικτύου BACnet/Lon εγκαθίσταται και το πρόγραμμα λειτουργίας στη μνήμη SDRAM.

Οι ελεγκτές διαθέτουν θύρα USB και μια σειρά από ενδείξεις LED που αφορούν την ομαλή λειτουργία τους, όπως την παρουσία βλάβης στον ελεγκτή, την απώλεια του βασικού λογισμικού, την ανταλλαγή πληροφορίας με το δίκτυο και την ανάγκη αντικατάστασης της μπαταρίας. Διαθέτουν επίσης ένδειξη LED, η λειτουργία της οποίας μπορεί να προγραμματιστεί ελεύθερα.

Πέραν του ελέγχου που γίνεται από το σύστημα μέσω του δικτύου BACnet/Lontalk οι ελεγκτές μπορούν να συνδεθούν με οθόνες ελέγχου της Siemens μέσω της θύρας RJ45 και με συσκευές χώρου της Siemens μέσω της επικοινωνίας PPS2 που διαθέτουν. Όλες οι συνδέσεις

καλωδίων που αφορούν τα δίκτυα (BACnet/Lontalk, PPS2) και τις εισόδους/εξόδους του ελεγκτή γίνονται σε τερματικά τα οποία μπορούν να αφαιρεθούν για ευκολία στην καλωδίωση [15].

Η κατανομή των σημείων ελέγχου των ελεγκτών υποδεικνύονται στον Πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1 Κατανομή σημείων ελέγχου ελεγκτών PXC12.D, PXC22.D και PXC36.D

	PXC12.D	PXC22.D	PXC36.D
Σύνολο εισόδων/εξόδων	12	22	36
Universal Inputs (UI)	4	12	18
Ψηφιακές εισοδοι (DI)	2	-	4
Αναλογικές έξοδοι (AO)	4	4	6
Ψηφιακές έξοδοι (DO)	2	6	8

1. Τα universal inputs (UI) μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να δέχονται τους ακόλουθους τύπους σημάτων λειτουργώντας σαν αναλογικές, ψηφιακές ή παλμικές εισοδοι

- i. Παθητικά αισθητήρια: LG-Ni 1000, Ni 1000, Pt 1000, T1
- ii. Ενεργά αισθητήρια: 0 ... 10 V DC
- iii. Ψηφιακές εισοδοι: Volt-free Contacts (Ξηρές επαφές)
- iv. Μετρητές (Counter Inputs): Volt-free μέχρι και 20Hz (DC 24 V)

2. Οι ψηφιακές εισοδοι (DI) δέχονται Volt-free Contacts (Ξηρές επαφές)

3. Οι αναλογικές έξοδοι (AO) μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να μεταδίδουν τους ακόλουθους τύπους σημάτων έχοντας τη δυνατότητα να λειτουργήσουν και σαν ψηφιακές έξοδοι με τη χρήση ρελέ:

- i. Αναλογικό σήμα: 0 ... 10 V DC
- ii. Ψηφιακό σήμα: 0 ή DC24 V, max. 22 mA

4. Οι ψηφιακές έξοδοι (DO) είναι σχεδιασμένες για μέγιστη τάση AC 250 V, 2 A.

Ακολουθούν τα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά των ελεγκτών (Πίνακας 3.2):

Πίνακας 3.2 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά των Ελεγκτών

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, AC 24 V \pm 20%
Συχνότητα	50/60 Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	24 VA (PXC12.D), 26VA(PXC22.D), 35VA(PXC36.D)
Εσωτερική Ασφάλεια	5 A
Επεξεργαστής	Motorola Power PC MPC852T (PXC12/22.D) Motorola Power PC MPC885 (PXC36.D)

Μνήμη	16MB SDRAM / 8MB FLASH (PXC12/22.D) 64MB SDRAM / 16MB FLASH (PXC36.D)
Κλάση ακρίβειας	0.5
Κύκλος επεξεργασίας	MAX 1s
Επικοινωνία	BACnet/LonTalk (Lonworks FTT Transceiver), PPS2
Βαθμός προστασίας	IP20, Insulation protection class II
Διαστάσεις	272 x 150 x 62 mm (PXC12/22.D), 293 x 176 x 77 mm (PXC36.D)
Πρότυπα που τηρούνται	BTL label (BACnet communication passed the BTL test), BACnet 2011 en V1.1, CE compliance, 2004/108/EC, 2006/95/EC, PAZX7, FCC CFR 47 Part 15 Class B, AS/NZS 61000-6-3, IEC 60721-3-3, IEC 60721-3-2, EN 60730-1, ISO 14001, ISO 9001, SN 36350, 2002/95/EC (RoHS)

Για τα σημεία που ελέγχονται από το σύστημα μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας Lonworks χρησιμοποιήθηκε ο ελεγκτής συστήματος PXC00.D με τη κάρτα επέκτασης PXX-L11.

PXC00.D Ψηφιακός ελεγκτής επικοινωνίας BACnet/LonTalk [15].



Σχήμα 3.8 PXC00.D Ψηφιακός ελεγκτής επικοινωνίας BACnet/LonTalk

PXX-L11 Κάρτα επέκτασης για σύνδεση με μέχρι 60 Lonworks συσκευές Siemens RXC ή τρίτου κατασκευαστή [15].



Σχήμα 3.9 PXX-L11 Κάρτα επέκτασης για σύνδεση με μέχρι 60 Lonworks συσκευές Siemens RXC ή τρίτου κατασκευαστή

Ο ελεγκτής επικοινωνίας Lonworks PXC00.D επιτρέπει τη σύνδεση με το σύστημα Lonworks συσκευών όπως τους ελεγκτές τοπικού ελέγχου RXC της Siemens και συσκευές τρίτων κατασκευαστών που διαθέτουν επικοινωνία Lonworks. Ανάλογα με την επιλογή της κάρτας επέκτασης του ψηφιακού ελεγκτή αυτός μπορεί να συνδεθεί με 60 (Κάρτα επέκτασης PXX-L11) ή 120 (Κάρτα επέκτασης PXX-L12) Lonworks συσκευές / ελεγκτές RXC.

Για τον ελεγκτή PXC00.D ισχύουν τα ίδια που αναφέραμε για τους ελεγκτές φυσικών σημείων όσον αφορά τον προγραμματισμό τους, τις λειτουργίες που εκτελούν, τη μνήμη τους, τις ενδείξεις LED και τις δυνατότητες επικοινωνίας. Η μόνη διαφορά είναι ότι δεν διαθέτει φυσικές εισόδους και εξόδους, ούτε επικοινωνία PPS2.

Η κάρτα επέκτασης εφαρμόζεται στην δεξιά πλευρά του ελεγκτή PXC00.D και τροφοδοτείται από τον ελεγκτή (δεν χρειάζεται ξεχωριστή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος). Διαθέτει ανεξάρτητη θύρα RJ 45 και το δικό της βασικό λογισμικό (firmware) καθώς και τις δικές της ενδείξεις LED που πιστοποιούν την ομαλή της λειτουργία και την επικοινωνία της με το δίκτυο Lonworks.

Ο συνδυασμός του ελεγκτή και της κάρτας επέκτασης έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει συμπιεσμένη την πληροφορία από το πρωτόκολλο Lonworks στο BACnet όπου μπορούν να εφαρμοστούν πιο περίπλοκες συναρτήσεις για τον έλεγχο των συσκευών. Ειδικά για τις συσκευές RXC της Siemens η μεταφορά της πληροφορίας στο επίπεδο BACnet γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να κάνει πιο εύκολο τον έλεγχο και την ομαδοποίηση τους.

Στους Πίνακες 3.3 και 3.4 ακολουθούν τα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά του ελεγκτή PXC00.D και της κάρτας επέκτασης PXX-L11:

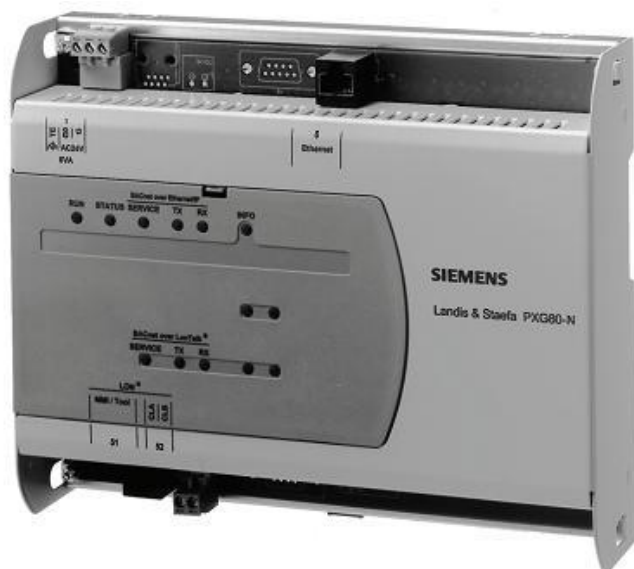
Πίνακας 3.3 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά PXC00.D

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, AC 24 V \pm 20%
Συχνότητα	50/60 Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	24 VA
Εσωτερική Ασφάλεια	5 A
Επεξεργαστής	Motorola Power PC MPC885
Μνήμη	64MB SDRAM / 16MB FLASH
Κλάση ακρίβειας	0.5
Κύκλος επεξεργασίας	MAX 1s
Επικοινωνία	BACnet/LonTalk (Lonworks FTT Transceiver)
Βαθμός προστασίας	IP20, Insulation protection class II
Διαστάσεις	192 x 74 x 96 mm
Πρότυπα	BTL label (BACnet communication passed the BTL test), BACnet 2011 en V1.1, CE compliance, 2004/108/EC, PAZX7, FCC CFR 47 Part 15 Class B, AS/NZS 2064, IEC 69721-3-3, IEC 69721-3-2, EN 60730-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, ISO 14001, ISO 9001, SN 36350, 2002/95/EC (RoHS)

Πίνακας 3.4 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά PXX-L11

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, DC 24 V, 50 mA, 1.2 W από PXC00.D
Επικοινωνία	Lonworks FTT-10A Transceiver, TP/FT-10, 78 kbps
Βαθμός προστασίας	IP30, Insulation protection class III
Διαστάσεις	64 x 74 x 96 mm
Πρότυπα	CE compliance, 2004/108/EC, UL916, FCC CFR 47 Part 15 Class B, AS/NZS 2064, Class 3K5 to IEC 721, Class 2K3 to IEC 721, EN 60730-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, ISO 14001, ISO 9001, SN 36350, 2002/95/EC (RoHS)

PXG80-N Δρομολογητής BACnet, BACnet Ethernet/IP σε BACnet/Lontalk. [15].



Σχήμα 3.10 PXG80-N Δρομολογητής BACnet, BACnet Ethernet/IP σε BACnet/Lontalk

Ο δρομολογητής BACnet PXG80-N μεταδίδει το πρωτόκολλο BACnet από δίκτυο Lonworks σε δίκτυο Ethernet/IP και αντίστροφα. Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο πλευρές του PXG80-N επικοινωνούν με δίκτυα BACnet που χρησιμοποιούν όμως διαφορετικό πρωτόκολλο μεταφοράς, στη μία περίπτωση το Lonworks και στην άλλη το Ethernet/IP. Μόνον τα πακέτα πληροφορίας που χρειάζεται μεταδίδονται από το ένα δίκτυο στο άλλο και με τη χρήση της λειτουργίας BBMD (BACnet broadcast management device) τα πακέτα πληροφορίας μπορούν να μεταδοθούν και μέσω δρομολογητών IP στο δίκτυο Ethernet/IP. Ο PXG80-N έχει τη δυνατότητα μετάδοσης 80 πακέτων πληροφορίας με μέγιστο χρόνο αδράνειας τα 50ms.

Διαθέτει μια σειρά φωτεινών ενδείξεων LED οι οποίες πιστοποιούν την κατάσταση λειτουργίας του καθώς και την αναμετάδοση της πληροφορίας στα δύο δίκτυα. Επίσης διαθέτει δύο θύρες RJ45 για τη ρύθμιση του και την επικοινωνία με τα δύο δίκτυα στα οποία είναι συνδεδεμένος. Έχει την ικανότητα να διατηρεί ιστορικό για τα πακέτα που έχουν μεταδοθεί στα δύο δίκτυα που συνδέει, το οποίο προστατεύεται σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος από μπαταρία λιθίου για περισσότερα από 4 χρόνια.

Στην πράξη ο PXG80-N χρησιμοποιείται για τη σύνδεση ξεχωριστών δικτύων ελεγκτών BACnet/Lontalk μέσω κοινού δικτύου BACnet Ethernet/IP αλλά και για την επικοινωνία του

δικτύων ελεγκτών BACnet/Lontalk με το σταθμό διαχείρισης. Στον Πίνακα 3.5 ακολουθούν τα βασικά του τεχνικά χαρακτηριστικά: [15]

Πίνακας 3.5 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά PXG80-N

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, AC 24 V \pm 20%
Συχνότητα	50/60 Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	6 VA
Εσωτερική Ασφάλεια	Θερμική
Επεξεργαστής	Motorola 68000
Μνήμη	1MB RAM / 2MB FLASH
Επικοινωνία	BACnet/LonTalk (Lonworks FTT-10A Transceiver), BACnet over UDP/IP (Ethernet 10BaseT, 10Mbit/s)
Βαθμός προστασίας	IP20B, Insulation protection class III
Διαστάσεις	216 x 176 x 52 mm
Πρότυπα που τηρούνται	CE compliance, 2004/108/EG, UL916: PAZX, PAZX7, 3K5 as per IEC 721, 2K3 as per IEC 721, EN 60730-1, EN 60730-2-11, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3

TXM 1.16D Μονάδα (Module) 16 Δυαδικών εισόδων (Digital Inputs) [15].



Σχήμα 3.11 TXM 1.16D Μονάδα (Module) 16 Δυαδικών εισόδων (Digital Inputs)

Πίνακας 3.6 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά TXM 1.16D

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, DC 24 V \pm 20%
Συχνότητα	50/60 Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	1.4 W

Εσωτερική Ασφάλεια	Θερμική
Επικοινωνία	BACnet over UDP/IP (Ethernet 10BaseT, 10Mbit/s)
Βαθμός προστασίας	IP20B, Insulation protection class III
Διαστάσεις	64 x 77.5 x 98 mm
Πρότυπα που τηρούνται	CE compliance, 2004/108/EG, UL916: PAZX, PAZX7, 3K5 as per IEC 721, 2K3 as per IEC 721, EN 60730-1, EN 60730-2-11, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3

TXM 1.6R Μονάδα (Module) 6 Δυαδικών εξόδων (Digital Outputs) [15].



Σχήμα 3.12 TXM 1.6R Μονάδα (Module) 6 Δυαδικών εξόδων (Digital Outputs)

Πίνακας 3.7 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά TXM 1.6R

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, DC 24 V ± 20%
Συχνότητα	50/60 Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	1.7 W
Εσωτερική Ασφάλεια	Θερμική
Επικοινωνία	BACnet over UDP/IP (Ethernet 10BaseT, 10Mbit/s)
Βαθμός προστασίας	IP20B, Insulation protection class III
Διαστάσεις	64 x 77.5 x 98 mm
Πρότυπα που τηρούνται	CE compliance, 2004/108/EG, UL916: PAZX, PAZX7, 3K5 as per IEC 721, 2K3 as per IEC 721, EN 60730-1, EN 60730-2-11, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3

TXM 1.8U Μονάδα (Module) 8 Αναλογικών/Διαδικών Εισόδων/Εξόδων (Universal Inputs/Outputs) [15].



Σχήμα 3.13 TXM 1.8U Μονάδα (Module) 8 Αναλογικών/Διαδικών Εισόδων/Εξόδων (Universal Inputs/Outputs)

Τα 8 Universal σημεία δέχονται τα εξής σήματα:

- i. **Digital Inputs:** Επιβεβαιώσεις (Feedbacks) δηλαδή παλμούς σημάτων που μας ενημερώνουν για On/Off.
- ii. **Analog Inputs:** Μετρήσεις από αισθητήρες θερμοκρασίας ή μετρήσεις από μετρητές ενέργειας κλπ.
- iii. **Analog Outputs:** Ενδείξεις από όργανα που λειτουργούν με DC 0-10 V όπως μέτρηση εξωτερικής θερμοκρασίας ή μέτρηση ποιότητας αέρα με αισθητήρα CO₂.

Πίνακας 3.8 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά TXM 1.8U

Τάση λειτουργίας	SELV / PELV, DC 24 V ± 20%
Συχνότητα	50/60 Hz
Μέγιστη κατανάλωση ισχύος	1.5 W
Εσωτερική Ασφάλεια	Θερμική
Επικοινωνία	BACnet over UDP/IP (Ethernet 10BaseT, 10Mbit/s)
Βαθμός προστασίας	IP20B, Insulation protection class III
Διαστάσεις	64 x 77.5 x 98 mm
Πρότυπα που τηρούνται	CE compliance, 2004/108/EG, UL916: PAZX, PAZX7, 3K5 as per IEC 721, 2K3 as per IEC 721, EN 60730-1, EN 60730-2-11, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3

3.4 Περιφερειακά Όργανα Συστήματος

Σε αυτό το κεφάλαιο θα υποδειχθούν τα περιφερειακά όργανα (αισθητήρες, βαλβίδες) που έλαβαν μέρος κατά την εγκατάσταση του BMS. Συγκεκριμένα, αναλύονται παρακάτω:

SIEMENS QAX34.1 Μονάδα χώρου με αισθητήριο θερμοκρασίας, επιλογή επιθυμητής τιμής και τρόπου λειτουργίας, οθόνη LCD και επικοινωνία PPS2 [15].



Σχήμα 3.14 SIEMENS QAX34.1 Μονάδα χώρου με αισθητήριο θερμοκρασίας, επιλογή επιθυμητής τιμής και τρόπου λειτουργίας, οθόνη LCD και επικοινωνία PPS2

Πίνακας 3.9 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QAX34.1

Μετατροπές για ελεγκτή	PPS2
Μετατροπές για έλεγχο	Lonworks και PPS2 σε RJ45
Τροφοδοσία	PPS2
Κατανάλωση ισχύος	0.10 VA
Εύρος μέτρησης, θερμοκρασία	0...40 °C
Στοιχείο αισθητηρίου, θερμοκρασία	NTC
Ακρίβεια μέτρησης	±0.25 K σε 25 °C, ±0.5 K σε 5...30 °C
Σταθερά χρόνου	≤8 λεπτά
Εύρος διόρθωσης επιθυμητής τιμής	±12 K
Τοποθεσία εγκατάστασης	Εσωτερικού χώρου
Εγκατάσταση	Σε εσοχή ή σε κουτί καλωδίων
Βαθμός προστασίας	IP30
Διαστάσεις	90 x 100 x 36 mm
Βάρος	0.13 kg

SIEMENS QAE2120.010 Εμβαπτιζόμενο αισθητήριο θερμοκρασίας 100 mm LG-Ni1000, με θήκη προστασίας [15].



Σχήμα 3.15 SIEMENS QAE2120.010 Εμβαπτιζόμενο αισθητήριο θερμοκρασίας 100 mm LG-Ni1000, με θήκη προστασίας

Πίνακας 3.10 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QAE2120.010

Σήμα εξόδου	LG-Ni1000
Στοιχείο αισθητηρίου, θερμοκρασία	LG-Ni1000
Εύρος μέτρησης, θερμοκρασία	-30...130 °C
Ακρίβεια μέτρησης	Στους -30...130 °C: ±1.3 K
Σταθερά χρόνου	Με θήκη προστασίας: 30 s
Μήκος εμβάπτισης	100 mm
Υλικό, θήκη εμβάπτισεως	Ανοξείδωτο ατσάλι
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες
Τύπος στερέωσης	Θήκη προστασίας G½ "
Κλάση PN	PN 10
Βαθμός προστασίας	IP42
Διαστάσεις (W x H x D)	80 x 60 x 31 mm

SIEMENS QAM2120.040 Αισθητήριο θερμοκρασίας αεραγωγού 400 mm LG-Ni1000 [15].



Σχήμα 3.16 SIEMENS QAM2120.040 Αισθητήριο θερμοκρασίας αεραγωγού 400 mm LG-Ni1000

Πίνακας 3.11 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QAM2120.040

Σήμα εξόδου	LG-Ni1000
Στοιχείο αισθητηρίου, θερμοκρασία	LG-Ni1000
Εύρος μέτρησης, θερμοκρασία	-50...80 °C
Ακρίβεια μέτρησης	Στους -50...80 °C: ±1.8 K
Σταθερά χρόνου	Στους $v = 2$ m/s: 30 s
Μήκος τριχοειδή	400 mm
Μήκος αισθητήρα	400 mm
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες
Τύπος στερέωσης	Φλάντζα
Βαθμός προστασίας	IP42
Διαστάσεις (W x H x D)	80 x 61 x 31 mm

SIEMENS QFA2060 Αισθητήριο χώρου για υγρασία (DC 0..10V) και θερμοκρασία (DC 0..10V) [15].



Σχήμα 3.17 SIEMENS QFA2060 Αισθητήριο χώρου για υγρασία (DC 0..10V) και θερμοκρασία (DC 0..10V)

Πίνακας 3.12 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QFA2060

Τάση λειτουργίας	AC 24 V, DC 13.5...35 V
Σήμα εξόδου θερμοκρασία	DC 0...10 V
Σήμα εξόδου υγρασία	DC 0...10 V
Στοιχείο αισθητηρίου, θερμοκρασία	DC 0...10 V
Εύρος μέτρησης, θερμοκρασία	0...50 °C, -35...35 °C, -40...70 °C
Εύρος μέτρησης, υγρασία	0...95 % r.h.
Ακρίβεια μέτρησης	Σε 0...95 % r.h. και 23 °C: ±5 %, Στους 30...70 % r.h. και 23 °C: ±3 %
Σταθερά χρόνου	Υγρασία <20 s, Θερμοκρασία: <8.5 min
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες
Τύπος στερέωσης	Βίδες
Βαθμός προστασίας	IP30
Διαστάσεις (W x H x D)	90 x 100 x 36 mm

SIEMENS QPA2002 Αισθητήρας ποιότητας αέρα χώρου CO₂ και VOC [15].

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας συνδέεται με τον εξαερισμό του κάθε χώρου. Μετράει την ποσότητα Διοξειδίου του Άνθρακα στον αέρα σε **ppm** (particles per minute). Η λειτουργία που εξυπηρετεί είναι όταν το BMS μετρήσει μέσω του αισθητήρα ότι τα ppm έχουν ξεπεράσει κάποιο συγκεκριμένο Setpoint που έχει οριστεί, τότε ενεργοποιείται αυτομάτως ο εξαερισμός του χώρου ώστε να προσέλθει ο νωπός αέρας μέσα στο χώρο.



Σχήμα 3.18 SIEMENS QPA2002 Αισθητήρας ποιότητας αέρα χώρου CO₂ και VOC

Πίνακας 3.13 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QPA2002

Μετρούμενη Τιμή	CO ₂ + VOC
Κατανάλωση ισχύος	2 VA
Σταθερά χρόνου	CO ₂ : <5 min, Υγρασία: <20 s, Θερμοκρασία: <8.5 min
Τάση λειτουργίας	AC 24 V, DC 15...35 V
Αναλογική έξοδος, σήμα	DC 0...5 V, DC 0...10 V
Εύρος μέτρησης	CO ₂ : 0...2000 ppm, CO ₂ +VOC: 0...2000 ppm
Θερμοκρασία περιβάλλοντος, λειτουργία	0...50 °C
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες
Βαθμός προστασίας	IP30
Διαστάσεις (W x H x D)	90 x 100 x 36 mm

SIEMENS QFA3160 Αισθητήριο χώρου για υγρασία (DC 0..10V) και θερμοκρασία (DC 0..10V) για απαίτηση ακρίβειας [15].



Σχήμα 3.19 SIEMENS QFA3160 Αισθητήριο χώρου για υγρασία (DC 0..10V) και θερμοκρασία (DC 0..10V) για απαίτηση ακρίβειας

Πίνακας 3.14 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QFA3160

Τάση λειτουργίας	AC 24 V, DC 13.5...35 V
Σήμα εξόδου θερμοκρασία	DC 0...10 V
Σήμα εξόδου υγρασία	DC 0...10 V
Εύρος μέτρησης, θερμοκρασία	0...50 °C, -35...35 °C, -40...70 °C
Εύρος μέτρησης, υγρασία	0...100 % r.h.
Ακρίβεια μέτρησης	Υγρασία 0...100 % r.h. και 23 °C: ±2 % r.h., Θερμοκρασία, στους 15...35 °C: ±0.6 K, Θερμοκρασία, στους 40...70 °C: ±0.8 K
Σταθερά χρόνου	Υγρασία: 20 s, Θερμοκρασία: 20 s
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες
Βαθμός προστασίας	IP65
Διαστάσεις (W x H x D)	80 x 144 x 39 mm

SIEMENS AQF3100 Προστατευτικό ακτινοβολίας για τοποθέτηση σε εξωτερικό τοίχο σε συνδυασμό με τα QFA31.. αισθητήρια χώρου [15].



Σχήμα 3.20 SIEMENS AQF3100 Προστατευτικό ακτινοβολίας για τοποθέτηση σε εξωτερικό τοίχο σε συνδυασμό με τα QFA31.. αισθητήρια χώρου

SIEMENS QBE2001-P10U Αισθητήριο πίεσης για υγρά και αέρια -1 9 bar [15].



Σχήμα 3.21 SIEMENS QBE2001-P10U Αισθητήριο πίεσης για υγρά και αέρια -1 9 bar

Πίνακας 3.15 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QBE2001-P10U

Τάση λειτουργίας	AC 24 V, DC 16...33 V
Κατανάλωση ρεύματος	<4 mA
Αναλογική έξοδος, σήμα	DC 0...10 V
Σταθερά χρόνου	<2 ms
Σύνδεση πίεσης	Εσωτερικό σπείρωμα UNF7/16-20
Καλώδιο σύνδεσης	3-αγωγών
Μήκος καλωδίου	1,50 m
Σύνδεση, ηλεκτρική	Καλώδιο
Θερμοκρασία μέσου	-40... 150 °C
Μέγιστη επιτρεπτή πίεση	3 x τιμή μέγιστης κλίμακας (FS)
Θέση εγκατάστασης	Οποιαδήποτε
Εύρος μέτρησης, πίεση	-1...9 bar, -100...900 KPa
Βαθμός προστασίας	IP67
Διάσταση (Ø x L)	23 x 70 mm

SIEMENS QBM81-5 Διαφορικός πρεσοστάτης, 50.... 500 bar [15].



Σχήμα 3.22 SIEMENS QBM81-5 Διαφορικός πρεσοστάτης, 50.... 500 bar

Πίνακας 3.16 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS QBM81-5

Ψηφιακές έξοδοι	1-pin , Ελεύθερου δυναμικού , Μεταγωγική επαφή
Ψηφιακή έξοδος, τάση επαφής	DC 24 V / AC 24...250 V
Ψηφιακή έξοδος, ρεύμα επαφής	0.01...5 (3) A
Επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	7500 Pa
Θερμοκρασία περιβάλλοντος, λειτουργία	-20...85 °C
Εύρος μέτρησης, πίεση	50...500 Pa
Θέση εγκατάστασης	Διάφραγμα κάθετα, συνδέσεις πίεσης προς τα κάτω
Σύνδεση πίεσης	Σύνδεση λήψης πίεσης με διάμετρο 6.2 mm
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες
Βαθμός προστασίας	IP54
Διάσταση (Ø x L)	81 x 90 mm
Διαστάσεις (W x H x D)	88 x 110 x 90 mm

SIEMENS UH50-C65-00 Θερμιδομετρητής υπερήχων θερμικής/ψύκτικής ενέργειας 15 m³/h, Ø 6 mm L = 100 mm, DN50 [15].



Σχήμα 3.23 SIEMENS UH50-C65-00 Θερμιδομετρητής υπερήχων θερμικής/ψύκτικής ενέργειας 15 m³/h, Ø 6 mm L = 100 mm, DN50

Ο θερμιδομετρητής θέρμανσης/ψύξης UH50-C.. χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της κατανάλωσης της θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από οποιοδήποτε σύστημα ή στοιχείο. Η καταναλισκόμενη ενέργεια για μία δεδομένη περίοδο είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του παρεχόμενου και επιστρεφόμενου υγρού και της ογκομετρικής παροχής. Ο θερμιδομετρητής αποτελείται από μια υπολογιστική μονάδα η οποία συνδέεται με δύο αισθητήρια για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του παρεχόμενου και επιστρεφόμενου υγρού και ένα μετρητή ροής ο οποίος μετρά την ογκομετρική παροχή στατικά βασιζόμενος στη μετρητική αρχή των υπερήχων. Βάση των μετρήσεων ο θερμιδομετρητής υπολογίζει τη καταναλισκόμενη ενέργεια η οποία απεικονίζεται στην οθόνη της υπολογιστικής μονάδας και μπορεί να αναμεταδοθεί σε τρίτο σύστημα μέσω παλμικής εξόδου. Η μονάδα υπολογισμού μπορεί να εξοπλιστεί με διάφορες κάρτες επικοινωνίας για την αναμετάδοση του συνόλου των μετρήσεων και δεδομένων (θερμοκρασίες, ροή κ.τ.λ.) μέσω πρωτοκόλλου επικοινωνίας. Οι μετρητές UH50 διακρίνονται για την υψηλή ακρίβεια μέτρησης, την αντοχή σε φθορά και τη σταθερότητα σε βάθος χρόνου.

Πίνακας 3.17 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS UH50-C65-00

Τύπος μετρητή	Θερμική/Ψυκτική ενέργεια
Ονομαστική ροή	15,00 m ³ /h
Μήκος εγκατάστασης	270 mm
Στοιχείο αισθητηρίου, θερμοκρασία	Pt500
Ακρίβεια μέτρησης	Θέρμανση: MID class 2 , Ψύξη: EN 1434
Αισθητήριο	PL Ø6x100 mm
Μήκος καλωδίου, αισθητήριο	5,00 m
Έξοδος	Παλμική
Απεικονιζόμενη μονάδα μέτρησης	MWh, kWh
Εύρος θερμοκρασίας (Υπολογιστική)	2...180 °C

μονάδα)	
Εύρος θερμοκρασίας (Μετρητής ροής)	5...130 °C
Πρότυπο	EN 1434
Κλάση PN	PN 25
DN	50
Τοποθεσία εγκατάστασης	Μετρητής ροής: Επιστροφή υγρού

Endress & Hauser Flowphant T DTT31 Μετρητής ταχύτητας ροής υγρών 0.03 με 3 m/s [15].



Σχήμα 3.24 Endress & Hauser Flowphant T DTT31 Μετρητής ταχύτητας ροής υγρών 0.03 με 3 m/s

Πίνακας 3.18 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Endress & Hauser Flowphant T DTT31

Μετρούμενη Τιμή	Ταχύτητα ροής υγρού
Τάση λειτουργίας	DC 18...30 V
Μέθοδος μέτρησης	Θερμιδομετρική
Εύρος μέτρησης	0.03 με 3 m/s
Σταθερά χρόνου	6 με 12 s
Ονομαστική διάμετρος	DN 25...1000
Μέγιστο σφάλμα μέτρησης	2% - 10%
Μέγιστη πίεση	120 bar
Θερμοκρασία υγρού	-20...+120 °C
Έξοδοι	1 x PNP ψηφιακή έξοδος + 1 x 4...20 mA Αναλογική έξοδος

Greystone CS-451-1 Αισθητήριο μέτρησης έντασης εναλλασσόμενου ρεύματος, 0-50 Amp [15].

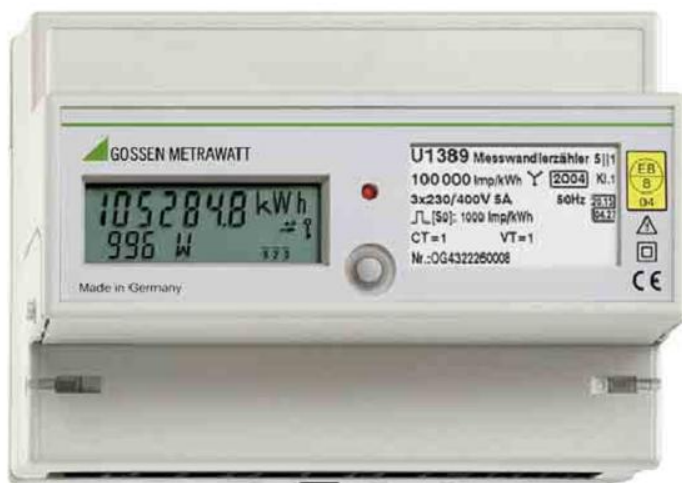


Σχήμα 3.25 Greystone CS-451-1 Αισθητήριο μέτρησης έντασης εναλλασσόμενου ρεύματος, 0-50 Amp

Πίνακας 3.19 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Greystone CS-451-1

Τάση λειτουργίας	Αυτοτροφοδοτούμενο
Αναλογική έξοδος	DC 0...5 V
Μέγιστη ένταση ρεύματος	180 Amp
Εύρος μέτρησης	0-50 Amp
Ακρίβεια μέτρησης	Καλύτερη από ± 1 % FS
Ταχύτητα απόκρισης	100 ms
Θερμοκρασία λειτουργίας	0-40 °C
Υγρασία λειτουργίας	0-95 % RH
Πρότυπο	ISO 9001 Certified
Διαστάσεις (W x H x D)	87 x 49 x 25 mm

Gossen Metrawatt U1389 Ηλεκτρονικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας (1-3 φάσεις).



Σχήμα 3.26 Gossen Metrawatt U1389 Ηλεκτρονικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας (1-3 φάσεις)

Πίνακας 3.20 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Gossen Metrawatt U1389

Τάση λειτουργίας	Αυτοτροφοδοτούμενο
Έξοδος	Παλμική
Επικοινωνία	Lonworks
Εύρος μετρήσεων:	
Τάση ρεύματος	100 – 500 V
Ένταση (Απευθείας)	5 A
Ένταση (Μέσω μετασχηματιστή ρεύματος)	1 A ή 5 A
Συχνότητα ρεύματος	45 – 65 Hz
Ακρίβεια μετρήσεων	Class 1 per DIN EN 61036
Μετρήσιμες τιμές:	
Τάση	U1N, U2N, U3N
Τάση Δέλτα	U12, U23, U13
Ένταση	I1, I2, I3
Ισχύς	P1, P2, P3, Ptot
Άεργος Ισχύς	Q1, Q2, Q3, Qtot
Φαινόμενος Ισχύς	S1, S2, S3, Stot
Συντελεστής Ισχύος	PF1, PF2, PF3, PFtot
Συχνότητα	F
Ενέργεια	E
Διαστάσεις (W x H x D)	126 x 90 x 70 mm
Πρότυπα που τηρούνται	DIN EN 61326 VDE 0843, part 20, IEC/EN 60529 /VDE 0470, part 1, DIN 43 856, DIN 43 864, IEC 60068-2, IEC 60255-4, IEC/EN 61036 /VDE 0418, part 7

Τέλος, υποδεικνύονται ενδεικτικά τρεις βαλβίδες και τρεις κινητήρες που χρησιμοποιούνται από το σύστημα BMS του εξεταζόμενου κτηρίου.

SIEMENS VBF21.150 3-οδική περιστροφική βάνα, φλαντζωτή, DN150, PN6 [15].



Σχήμα 3.27 SIEMENS VBF21.150 3-οδική περιστροφική βάνα, φλαντζωτή, DN150, PN6

Πίνακας 3.21 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS VBF21.150

Γωνιακή Περιστροφή	90 °
DN	150
kvs	820 m ³ /h
Θερμοκρασία Μέσου	1...120 °C
Χαρακτηριστική Βάνας	Γραμμική
Επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	600 kPa
Υλικό, Σώμα Βάνας	Χυτοσίδηρος EN-GJL-250
Υλικό, Εσωτερικό	CrNi steel/Rg5
PN class	PN 6
Ποσοστό Διαρροής	0...0,5 % της kvs τιμής
SAL..T10 Δp _{max}	30 kPa
SQL33.. Δp _{max}	30 kPa
SQL33../83.. Δp _{max}	30 kPa

SIEMENS VBF21.100 3-οδική περιστροφική βάννα, φλαντζωτή, DN100, PN6 [15].



Σχήμα 3.28 SIEMENS VBF21.100 3-οδική περιστροφική βάννα, φλαντζωτή, DN100, PN6

Πίνακας 3.22 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS VBF21.100

Γωνιακή Περιστροφή	90 °
DN	100
kvs	160 m ³ /h
Θερμοκρασία Μέσου	1...120 °C
Χαρακτηριστική Βάννας	Γραμμική
Επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	600 kPa
Υλικό, Σώμα Βάννας	Χυτοσίδηρος EN-GJL-250
Υλικό, Εσωτερικό	CrNi steel/brass
PN class	PN 6
Ποσοστό Διαρροής	0...0.1 % της kvs τιμής
SAL..T10 Δp_{max}	30 kPa
SQL33.. Δp_{max}	30 kPa
SQL33../83.. Δp_{max}	30 kPa

SIEMENS VXF21.90 3-οδική βάνα έδρας, φλαντζωτή, DN100, PN6 [15].



Σχήμα 3.29 SIEMENS VXF21.90 3-οδική βάνα έδρας, φλαντζωτή, DN100, PN6

Πίνακας 3.23 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS VXF21.90

Διαδρομή εμβόλου	40 mm
Ποσοστό Διαρροής	0...0.02 % της kvs τιμής
Ποσοστό Διαρροής bypass	0.5...2 % της kvs τιμής
DN	100
kvs	124 m ³ /h
Θερμοκρασία Μέσου	-10...150 °C
Χαρακτηριστική Βάνας	Ευθύς δρόμος: ίσων ποσοστών , Bypass: γραμμική
Επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	600 kPa
Υλικό, Σώμα Βάνας	Χυτοσίδηρος EN-GJL-250
Υλικό, Εσωτερικό	CrNi steel/Rg5
PN class	PN 6
SKC.. Δρmax	200 kPa

SIEMENS SKC60 Ηλεκτροϋδραυλικός κινητήρας, 2800 N, 40mm, AC 24V, DC 0-10V / 4-20 mA [15].



Σχήμα 3.30 SIEMENS SKC60 Ηλεκτροϋδραυλικός κινητήρας, 2800 N, 40mm, AC 24V, DC 0-10V / 4-20 mA

Πίνακας 3.24 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS SKC60

Τάση λειτουργίας	AC 24 V
Κατανάλωση ισχύος	28 VA
Σήμα επιβεβαίωσης	DC 0...10 V, 4...20 mA, 0...1000 Ohm
Δύναμη επιβεβαίωσης	2800 N
Διαδρομή εμβόλου	40 mm
Χρόνος επιβεβαίωσης	Ανοιγμα 120 s, Κλείσιμο 20 s
Επιβεβαίωση θέσης	DC 0...10 V, DC 4...20 mA
Βαθμός προστασίας	IP54
Θερμοκρασία μέσου	-25...220 °C (350 °C)
Θερμοκρασία περιβάλλοντος, λειτουργία	-15...55 °C
Θέση εγκατάστασης	Κάθετα έως οριζόντια

SIEMENS SQX62 Ηλεκτρομηχανικός κινητήρας, 700 N, 20mm, AC 24V, DC 0-10V / 4-20 mA [15].



Σχήμα 3.31 SIEMENS SQX62 Ηλεκτρομηχανικός κινητήρας, 700 N, 20mm, AC 24V, DC 0-10V / 4-20 mA

Πίνακας 3.25 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS SQX62

Τάση λειτουργίας	AC 24 V
Κατανάλωση ισχύος	8 VA
Σήμα επιβεβαίωσης	DC 0...10 V, 4...20 mA, 0...1000 Ohm
Δύναμη επιβεβαίωσης	700 N
Διαδρομή εμβόλου	20 mm
Χρόνος επιβεβαίωσης	35 s
Επιβεβαίωση θέσης	DC 0...10 V, DC 4...20 mA
Βαθμός προστασίας	IP54
Θερμοκρασία μέσου	-25...140 °C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος, λειτουργία	-15...50 °C
Θέση εγκατάστασης	Κάθετα έως οριζόντια

SIEMENS SSC61 Ηλεκτρομηχανικός κινητήρας, 300 N, 5.5mm, AC/DC 24V, DC 0-10V [15].



Σχήμα 3.32 SIEMENS SSC61 Ηλεκτρομηχανικός κινητήρας, 300 N, 5.5mm, AC/DC 24V, DC 0-10V

Πίνακας 3.26 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SIEMENS SSC61

Τάση λειτουργίας	AC 24 V, DC 24 V
Κατανάλωση ισχύος	2 VA
Σήμα επιβεβαίωσης	DC 0...10 V
Δύναμη επιβεβαίωσης	300 N
Διαδρομή εμβόλου	5.5 mm
Χρόνος επιβεβαίωσης	30 s
Βαθμός προστασίας	IP40
Θερμοκρασία μέσου	1...110 °C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος, λειτουργία	5...50 °C
Θέση εγκατάστασης	Κάθετα έως οριζόντια
Συμμόρφωση προϊόντος	UL, cUL , cUL , C-TIC , CE

Στο Σχήμα 3.33 γίνεται αντιληπτή η συνδεσμολογία ενός υπό κατασκευή πίνακα BEMS του υπό εξέταση κτηρίου της παρούσης μεταπτυχιακής εργασίας, όπου υποδεικνύονται τα εξής περιφερειακά όργανα:



Σχήμα 3.33 Υπό Κατασκευή Πίνακας BMS εξεταζόμενου κτηρίου

- i. Αριστερά πάνω, υποδεικνύεται ο ελεγκτής του εν λόγω συστήματος, ο SIEMENS PXC100-E.D όπου δύναται να λάβει και να ελέγξει έως 100 σημεία BacNet/IP.
- ii. Ακολουθεί η κάρτα επέκτασης, SIEMENS PXX-L11 όπου η λειτουργία της αναλύθηκε παραπάνω.
- iii. Στη συνέχεια, ακολουθούν ορισμένα modules TXM 1.6R όπου το κάθε ένα δέχεται έως 6 σήματα DO. Σε αυτά τα modules, δηλαδή δίνονται εντολές για On/Off στον κλιματισμό, στον εξαερισμό, στον φωτισμό, στους λέβητες κλπ.
- iv. Ακολούθως, στη δεύτερη σειρά υποδεικνύονται διάφορα modules TXM 1.6D όπου το κάθε ένα module δέχεται επιβεβαιώσεις (feedbacks) από τις εντολές

από θερμικά φορτία, από ανιχνευτές ροής, αν ο φωτισμός, εξαερισμός, λέβητας ανταποκρίθηκε στην εντολή που του δόθηκε κλπ.

- v. Επίσης, στην τρίτη σειρά διακρίνονται τα modules TXM 1.8U όπου το κάθε ένα module μπορεί να δεχτεί έως 8 αναλογικά/δυναμικά σήματα. Πέρα από τα σήματα του TXM 1.16D μπορεί να δεχτεί σήματα από τους διάφορους αισθητήρες θερμοκρασίας, ποιότητας αέρα, μετρητές ενέργειας οι οποίοι είναι διασκορπισμένοι στα διάφορα σημεία του κτηρίου προς εξέταση.
- vi. Τέλος, ένα σύστημα BMS λειτουργεί με AC 24 V, έτσι κάτω δεξιά υφίσταται ένας μετασχηματιστής τάσης όπου μετατρέπει τα 230 V που λαμβάνει από την κεντρική παροχή ενέργειας σε 24 V.

3.5 Διαδικασία Λειτουργικής Παραλαβής Συστήματος (Commissioning)

Το τελευταίο στάδιο της εγκατάστασης του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίων (**BEMS**) είναι η διαδικασία λειτουργικής παραλαβής του συστήματος (**commissioning**). Η εν λόγω διαδικασία, που υλοποιήθηκε στο εξεταζόμενο κτήριο, ελέγχει κατά πόσον ένα σύστημα ανταποκρίνεται ορθώς στις εντολές καθώς και στα χρονοπρογράμματα που του έχει ορίσει ο χρήστης.

Στην περίπτωση του κτηρίου που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, υλοποιήθηκε έλεγχος ορθής λειτουργίας του κλιματισμού, του φωτισμού, του εξαερισμού, των λεβητών και έλεγχος των **Ζεστών Νερών Χρήσης**. Η εν λόγω διαδικασία ελέγχου πραγματοποιήθηκε μέσω του ειδικού λογισμικού **SIEMENS XWorks** (το οποίο σχετίζεται με τον προγραμματισμό των σημείων ελέγχου του συστήματος) καθώς και της διεπαφής του χρήστη **SIEMENS DESIGO** (πλατφόρμα μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί μέσω των γραφικών του συστήματος να εξετάσει οποιοδήποτε σημείο ελέγχου του συστήματος). Στην παρούσα διπλωματική εργασία, δε θα αναλυθούν περαιτέρω τα προαναφερθέντα λογισμικά, μιας και δεν συνάδουν με τον σκοπό της εργασίας.

Αναλυτικότερα, αναφορικά με τον έλεγχο ορθής λειτουργίας του κλιματισμού, του φωτισμού, του εξαερισμού, των λεβητών και των ζεστών νερών χρήσης, διερευνήθηκαν διάφοροι παράμετροι όπου ένα σημείο ελέγχου μπορεί να εμφανίσει σφάλμα. Για παράδειγμα, στον κλιματισμό, αν σκοπεύουμε να ελεγχθεί κατά πόσον ανοίγει (**ON**) ή κλείνει (**OFF**), θα πραγματοποιηθεί έλεγχος και από τα δύο λογισμικά (τόσο από το XWorks όσο και από το

SIEMENS Desigo) και εφόσον η κλιματιστική μονάδα λειτουργεί και υπάρχει επιβεβαίωση (**feedback**) στο λογισμικό SIEMENS Desigo, τότε ο έλεγχος για αυτό το σημείο έβγαλε ορθό αποτέλεσμα. Στην αντίθετη περίπτωση, που είτε δεν ανοίγει η κλιματιστική μονάδα, είτε δεν υπάρχει επιβεβαίωση ότι ανοίγει, θα χρειαστεί να διετελεστούν διάφοροι έλεγχοι αναφορικά με την σωστή σύνδεση και τοποθέτηση των καλωδίων, τον σωστό προγραμματισμό των συγκεκριμένων σημείων ελέγχου ή στην λειτουργία της εν λόγω κλιματιστικής μονάδας.

Ακριβώς ο ίδιος έλεγχος υλοποιείται και για τα σημεία ελέγχου που αφορούν τον φωτισμό του κτηρίου, τον εξαερισμό καθώς και τον έλεγχο των 2 λεβητών και τα boiler για τα ζεστά νερά χρήσης. Επίσης, πέρα από τις εντολές και τις επιβεβαιώσεις που πρέπει να εξεταστούν, χρειάζεται να γίνει και εξέταση ορθής λειτουργίας τοπικά στους αισθητήρες εσωτερικής ή εξωτερικής θερμοκρασίας, αισθητήρες ποιότητας αέρα CO_2 και τους διάφορους μετρητές ενέργειας συνολικής κατανάλωσης, κλιματισμού ή φωτισμού. Ενδεικτικά, ο κάθε έλεγχος για την κάθε κατηγορία από τους παραπάνω αισθητήρες ή μετρητές μπορεί να γίνει ως εξής:

- Για να γίνει έλεγχος αν εμφανίζεται η σωστή εσωτερική θερμοκρασία για έναν συγκεκριμένο χώρο του κτηρίου, μέσω της διεπαφής SIEMENS Desigo, ο αρμόδιος Μηχανικός του έργου μπορεί να πάει στον συγκεκριμένο αισθητήρα και να προκαλέσει τριβή με το χέρι του. Με αυτόν τον τρόπο, θα προκαλέσει τοπικά άνοδο της θερμοκρασίας όπου αυτή η συγκεκριμένη αύξηση θα υποδεικνύεται στην διεπαφή χρήστη.
- Αντίστοιχα, για έναν συγκεκριμένο αισθητήρα ποιότητας αέρα CO_2 σε έναν συγκεκριμένο χώρο, ο αρμόδιος Μηχανικός μπορεί να εκπνεύσει αέρα πάνω στον αισθητήρα. Με αυτόν τον τρόπο, ο αισθητήρας «αισθάνεται» τοπική αύξηση Διοξειδίου του Άνθρακα όπου αυτή η συγκεκριμένη αύξηση θα υποδεικνύεται στην διεπαφή χρήστη.
- Επίσης, όσον αφορά τους μετρητές ενέργειας είτε συνολικής κατανάλωσης είτε κλιματισμού είτε φωτισμού, ο έλεγχος που μπορεί να κάνει ο αρμόδιος Μηχανικός είναι να καταγράψει εκείνη την στιγμή που διενεργεί τον έλεγχο την ενέργεια σε **kWh** που υποδεικνύεται στον εκάστοτε μετρητή ενέργειας καθώς και την αντίστοιχη ενέργεια του συγκεκριμένου μετρητή η οποία είναι εμφανής στην διεπαφή χρήστη. Εφόσον περάσουν περίπου 15', χρειάζεται να επιτελέσει τον ίδιο ακριβώς έλεγχο. Αν οι τιμές και του μετρητή και της διεπαφής συμπίπτουν τότε έχουμε ορθή λειτουργία του μετρητή και επικοινωνίας του με τη διεπαφή. Διαφορετικά, χρειάζεται να γίνει έλεγχος για κάποιο σφάλμα.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, αν υπάρχει κάποιο σφάλμα χρειάζεται να γίνει έλεγχος από τον αρμόδιο Μηχανικό του έργου αν υπάρχει σωστή σύνδεση και τοποθέτηση των καλωδίων, σωστός προγραμματισμός των συγκεκριμένων σημείων ελέγχου ή ορθή λειτουργία του εκάστοτε αισθητήρα ή μετρητή.

Τέλος, εφόσον πραγματοποιηθεί ο έλεγχος όλων των σημείων του συστήματος και όλα αυτά τα σημεία λειτουργούν ορθώς, γίνεται εκπαίδευση του προϊστάμενου της συντήρησης του κτηρίου προς εξέταση και των αρμόδιων τεχνικών συντήρησης ως προς το τι έχει εγκατασταθεί και πώς μπορούν να χρησιμοποιούν και να ελέγχουν τον αυτοματισμό του κτηρίου μέσα από τη διεπαφή χρήστη **SIEMENS DESIGO**.

4. Αποτίμηση Εξοικονόμησης Ενέργειας

Τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης των κτηρίων με BEMS μπορούν να επιτύχουν ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα ενεργειακά αποδοτικά κτήρια. Αυτό είναι το συμπέρασμα της εκδοθείσης αναφοράς “Real-Time Energy Management: A Case Study of Three Large Commercial Buildings in Washington, D.C.” [12]. Η συγκεκριμένη αναφορά βασίστηκε πάνω σ’ ένα σχέδιο προοπτικών εξοικονόμησης ενέργειας σε τρία υπάρχοντα πολυόροφα κτήρια γραφείων στην Washington, τα οποία ήδη χαρακτηρίζονταν ως «ενεργειακά αποδοτικά» (Energy Star). Τα τρία κτήρια που επιλέχθηκαν στο εν λόγω σχέδιο είχαν υψηλό βαθμό ενεργειακής αποδοτικότητας. Για αυτό το λόγο, θα ήταν λογικό να περιμένει κανείς πως δεν θα υπήρχαν πολλά περιθώρια περαιτέρω βελτίωσης. Ωστόσο, ύστερα από δωδεκάμηνη περίοδο, με εφαρμογή του προγράμματος διαρκούς εποπτείας – βελτιστοποίησης της κτηριακής διαχείρισης, πραγματοποιήθηκε επιπλέον ενεργειακή εξοικονόμηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (7%, 17% και 23% σε κάθε κτήριο). Οι επιμέρους επεμβάσεις βελτιστοποίησης δεν ήταν σημαντικά διαφορετικές σε σύγκριση με την προηγούμενη λειτουργία των τριών κτηρίων. Η μόνη διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι εφαρμόστηκαν με διαφορετική (ιεραρχημένη) λογική με βάση τις προτάσεις εξοικονόμησης του εξελιγμένου BEMS [12].

Η αναφορά ισχυρίζεται ότι οι συγκεκριμένες δράσεις μπορούν να εφαρμοστούν πλήρως σε κάθε είδους εμπορικό κτήριο. Επισημαίνεται ακόμη ότι μπορεί να επιτευχθεί σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση όχι μόνο σε κτήρια που δεν έχουν εγκατεστημένα αυτοματοποιημένα συστήματα, αλλά και σε κτήρια που διαθέτουν συμβατικά συστήματα BEMS. Το βασικό συμπέρασμα της αναφοράς, μεταξύ άλλων, ήταν πως, αν και τα κτήρια διέθεταν ήδη συστήματα BEMS, οι συλλεγόμενες πληροφορίες δεν αξιοποιούνταν στον μέγιστο βαθμό, γεγονός που θα επέτρεπε τη βέλτιστη εξοικονόμηση. Η επιπρόσθετη λειτουργία στα ήδη υπάρχοντα BEMS έγινε μέσω μιας υπηρεσίας από την εταιρεία AtSite Inc, το τεχνικό προσωπικό της οποίας παρείχε απομακρυσμένες υπηρεσίες ενεργειακής διαχείρισης. Η εταιρεία AtSite εγκατέστησε μετρητικά συστήματα που παρείχαν δεδομένα ενεργειακών καταναλώσεων σε πραγματικό χρόνο. Η αυτοματοποιημένη παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης αποκάλυψε προοπτικές εξοικονόμησης, οι οποίες ακολούθως εφαρμόστηκαν απ’ τους μηχανικούς των κτηρίων. Το παραπάνω παράδειγμα αποδεικνύει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να παρέχει ένα σύγχρονο εξελιγμένο σύστημα BEMS σε υφιστάμενα κτήρια [12].

4.1 Ανάλυση ενεργειακών δεδομένων

Ο έλεγχος των συστημάτων που συνδέονται τα τοπικά συστήματα ελέγχου – και κατ' επέκταση με το κεντρικό πληροφοριακό σύστημα τηλε-μέτρησης και ελέγχου – καθορίζεται με βάση τις παραμέτρους λειτουργίας που καταγράφουν τα BEMS και τον προγραμματισμό των τοπικών συστημάτων. Για τον σωστό ενεργειακό προγραμματισμό του συστήματος υλοποιείται λεπτομερής ανάλυση των συλλεχθέντων στοιχείων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τα στοιχεία αποθηκεύονται από το σύστημα σε αρχεία τόσο για άμεση επεξεργασία, όσο και για μελλοντική χρήση.

Τα BEMS χρησιμοποιούν μετρήσεις θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτηρίου, καθώς και ηλεκτρικών καταναλώσεων οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διαμόρφωση των δεικτών απόδοσης. Όσον αφορά την πρώτη κατηγορία των μετρήσεων, αυτές πραγματοποιούνται με στόχο τον προσδιορισμό των παραμέτρων θερμικής και οπτικής άνεσης (εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία αέρα, υγρασία, ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου - για τη βέλτιστη προσαρμογή σε αυτές της λειτουργίας του φωτισμού), ώστε αυτές να συγκρίνονται με τα συνήθη επίπεδα τιμών στο συγκεκριμένο κτήριο αλλά και σε όμοια κτήρια του τριτογενούς τομέα. Αντίστοιχα, η μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών πραγματοποιείται στιγμιαία, αλλά ολοκληρώνεται και καταγράφεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα μισής έως και μίας ώρας ανάλογα με το μέγεθος του κτηρίου.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων χρησιμοποιούνται ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί δείκτες, οι οποίοι αποτελούν ένα αξιόπιστο εργαλείο αναφοράς για διεξαγωγή συμπερασμάτων τόσο στο πλαίσιο της συμμετοχής του ενεργειακού κόστους ανά τετραγωνικό μέτρο, όσο και στην αναγνώριση της αποτελεσματικότητας και καλής λειτουργίας του εξοπλισμού. Οι ενεργειακοί δείκτες είναι είτε μετρούμενοι, είτε από το BEMS μεγέθη, είτε συνδυασμός αυτών με απλά χαρακτηριστικά των κτηρίων. Στα κτήρια οι δείκτες αυτοί είναι kWh/m^2 , $kWh/m^2/εργαζόμενο$, κ.τ.λ. Το επίπεδο τους αποτελεί μία ένδειξη της ενεργειακής κατάστασης του κτηρίου. Η επιλογή των ενεργειακών και περιβαλλοντικών δεικτών καθώς και ο προσδιορισμός των επιθυμητών επιπέδων για το κάθε κτήριο γίνεται με βάση αναγνωρισμένα Ευρωπαϊκά Προγράμματα (π.χ. το πρόγραμμα για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων GREENBUILDING www.eu-greenbuilding.org, το έργο ανάλυσης ηλεκτρικών καταναλώσεων σε κτήρια του τριτογενή τομέα www.isi.fraunhofer.de/e/eng/projekte/el-tertiary/index.htm) και Κοινοτικές Οδηγίες (Ενεργειακών Υπηρεσιών, Προϊόντων Χρήσης Ενέργειας). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω έργα και οι Οδηγίες βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη.

4.2 Μελέτη Περίπτωσης

Η συγκεκριμένη περίπτωση αφορά ένα κτήριο με εξωτερική επιφάνεια από υαλοπίνακες, το οποίο κατασκευάστηκε το 1980 και αποτελείται από 7 υπέργειους ορόφους, με συνολικό εμβαδόν $10,500 m^2$ και 5 υπόγειους χώρους στάθμευσης. Το συνολικό εμβαδόν διαμορφώνεται σε $19,250 m^2$. Η περιοχή στην οποία βρίσκεται χαρακτηρίζεται ως εμπορική και οικιστική αποτελούμενη από κτίρια ξενοδοχείων, γραφείων καθώς και πολυκατοικίες. Το συγκεκριμένο κτήριο (βλ. Σχήμα 4.1) υπέστη ολική ανακατασκευή και εγκατάσταση συστημάτων BEMS.



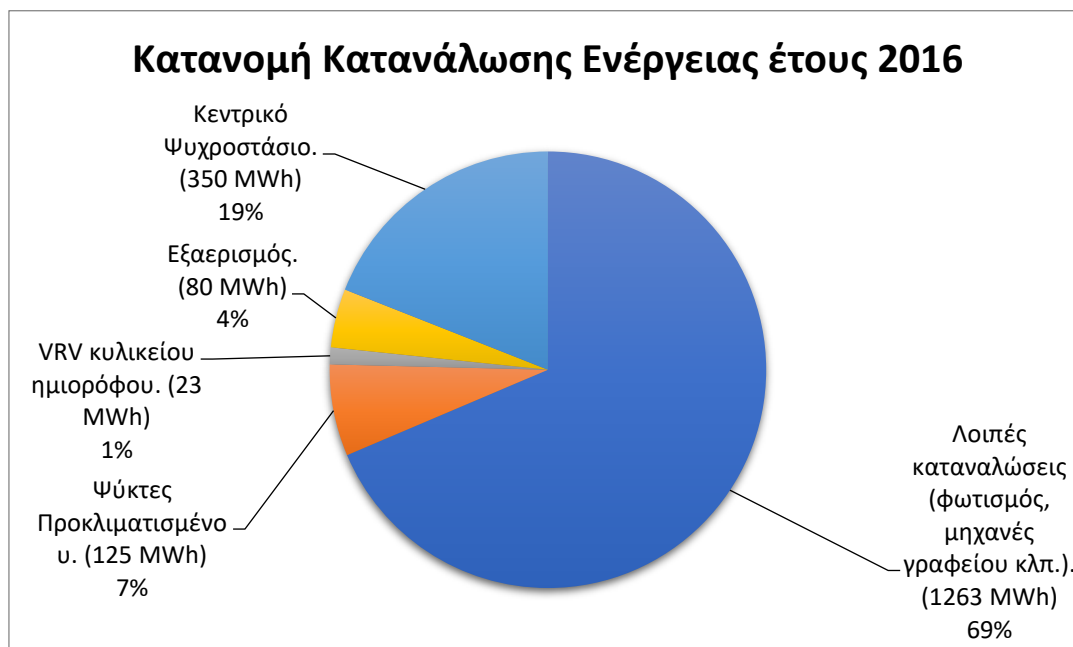
Σχήμα 34 Φωτογραφία Κτηρίου υπό Εξέταση

Στη συνέχεια, αναλύεται ο εξοπλισμός από τον οποίο αποτελείται το εξεταζόμενο κτήριο:

- i. Για τις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου υπάρχουν εγκατεστημένοι 2 λέβητες ονομαστικής ισχύος 750 kW ο καθένας.
- ii. Οι ανάγκες ψύξης του κτιρίου ικανοποιούνται από 2 βασικούς υδρόψυκτους ψύκτες συνολικής ονομαστικής ισχύος 1050 kW και ένα μικρότερο για τον κλιματισμό των data rooms. Ο φρέσκος αέρας προκλιματίζεται από 3 αερόψυκτους ψύκτες στην οροφή του

- κτιρίου. Επίσης υπάρχουν 8 κλιματιστικά συστήματα κατανεμημένα στις ψευδοροφές του κάθε ορόφου για την κάλυψη των υπολοίπων ψυκτικών/ θερμικών αναγκών του κτιρίου.
- iii. Για τον αερισμό του υπέργειου τμήματος του κτιρίου χρησιμοποιούνται 3 μεγάλοι ανεμιστήρες τύπου fan section για την απόρριψη του αέρα από το κτίριο, ενώ 5 κεντρικές κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται για την προσαγωγή νωπού αέρα στους χώρους του κτιρίου.
 - iv. Για τον αερισμό του υπόγειου τμήματος του κτιρίου χρησιμοποιούνται 7 ανεμιστήρες προσαγωγής και 2 ανεμιστήρες απαγωγής. Στους ορόφους -1,-2,-3,-4 υπάρχουν τοποθετημένοι 8 ανεμιστήρες (2 σε κάθε όροφο) που προσάγουν τον αέρα στους χώρους των υπογείων ορόφων. Ο αέρας απάγεται από το σύνολο των υπογείων ορόφων από 2 ανεμιστήρες που βρίσκονται στον όροφο -5. Για λόγους ασφαλείας, στον ίδιο όροφο, υπάρχει ένας ακόμα εφεδρικός ανεμιστήρας απαγωγής.
 - v. Στο κτήριο είναι πλέον εγκαταστημένα, ως επί το πλείστον, γραμμικά φωτιστικά φθορισμού, τα οποία φέρουν λαμπτήρες T8 με συμβατικά ballasts.

Στο Σχήμα 4.2 υποδεικνύεται το ποσοστό κατανάλωσης της κάθε κατηγορίας εξοπλισμού που περιλαμβάνονται στο κτήριο.



Σχήμα 35 Κατανομή Κατανάλωσης Ενέργειας Εξεταζόμενου Κτηρίου έτους 2016

Επιπροσθέτως, αναφέρεται η ζήτηση ισχύος συνολικής ενέργειας και κλιματισμού για το εκάστοτε χρονικό διάστημα που υπάρχουν μετρήσεις για το κτίριο. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι η εξωτερική θερμοκρασία αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση ή στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Στον πίνακα 4.1 και στο σχήμα 4.2 παρουσιάζονται μετρήσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας από το 2007 έως το και 2016 που λήφθηκαν για το κτίριο προς εξέταση.

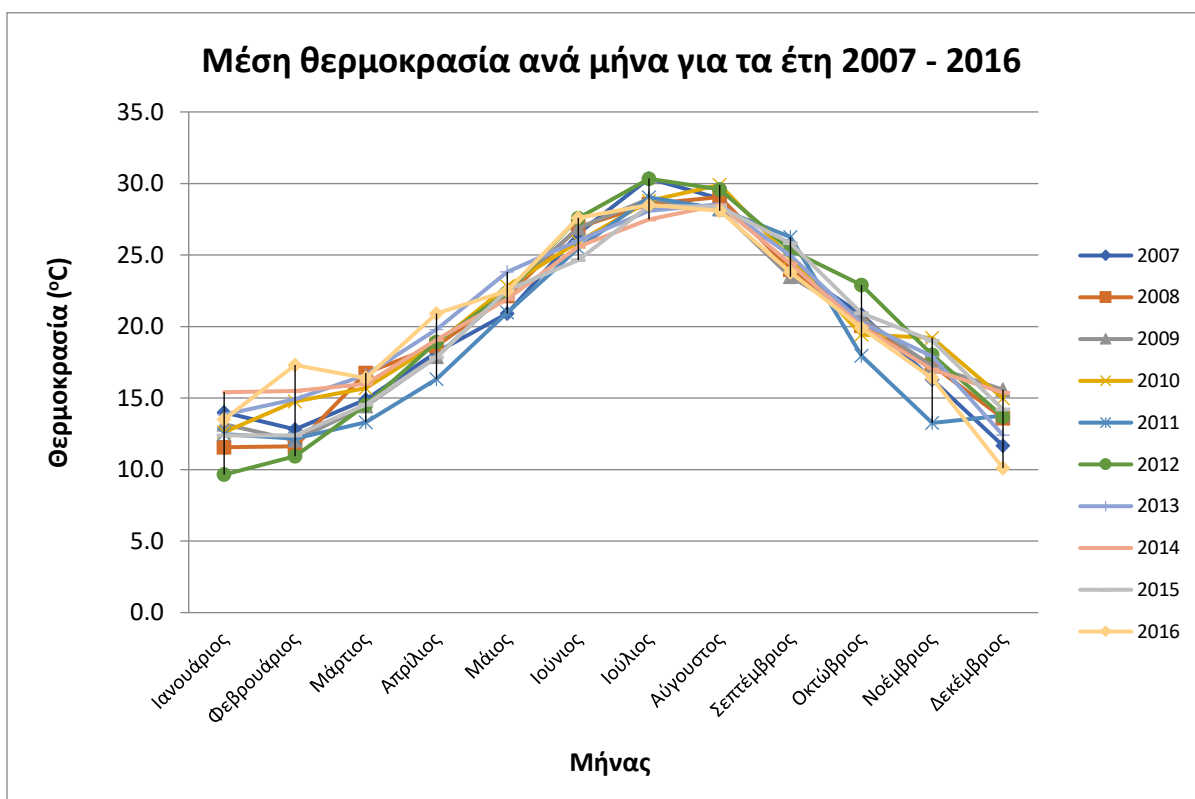
Στον πίνακα 4.1 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας για τις οποίες συναντάμε τα περισσότερα δεδομένα στην περίοδο που εξετάζεται.

Πίνακας 4.1 Μετρήσεις Εξωτερικής Θερμοκρασίας 2007 - 2016

Θερμοκρασία / έτος (°C)										
Μήνας	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ιανουάριος	14,0	11,6	13,2	12,6	12,5	9,6	13,8	15,4	12,4	13,5
Φεβρουάριος	12,8	11,6	12,0	14,8	12,2	10,9	14,9	15,5	12,4	17,3
Μάρτιος	14,9	16,8	14,5	15,7	13,3	14,5	16,6	16,0	14,5	16,4
Απρίλιος	18,2	18,6	17,9	18,8	16,3	18,9	19,8	19,1	17,8	20,9
Μάιος	20,9	22,1	22,5	22,8	21,0	22,4	23,8	21,9	22,6	22,5
Ιούνιος	26,5	26,9	26,9	25,9	25,5	27,6	26,0	25,6	24,6	27,6
Ιούλιος	30,3	28,6	28,9	28,8	29,0	30,3	28,1	27,5	28,4	28,5
Αύγουστος	28,9	29,1	28,2	29,9	28,2	29,6	28,5	28,5	28,4	28,1
Σεπτέμβριος	24,2	24,0	23,5	24,8	26,3	25,3	24,9	24,4	25,8	23,8
Οκτώβριος	20,8	20,1	20,6	19,4	18,0	22,9	20,3	20,0	20,9	19,9
Νοέμβριος	16,3	17,3	17,2	19,2	13,3	18,0	17,9	17,0	19,0	16,4
Δεκέμβριος	11,7	13,6	15,6	15,0	13,8	13,7	12,4	15,4	14,2	10,1
Μέση Ετήσια	20,0	20,0	20,1	20,6	19,1	20,3	20,6	20,5	20,1	20,4

Από τα δεδομένα παρατηρείται ότι με βάση τη μέση θερμοκρασία, το 2010 και το 2013 ήταν τα θερμότερα έτη. Το 2011, από τη άλλη, ήταν το ψυχρότερο έτος εν συγκρίσει με όλα τα

υπόλοιπα έτη. Το 2012 ήταν σχετικά θερμό έτος εκτός από τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο οι οποίοι, όπως προκύπτει από τα δεδομένα, ήταν οι πιο ψυχροί της τελευταίας δεκαετίας. Ακόμη, το 2013 ήταν εξίσου θερμό έτος με το 2014, ενώ το 2015 ήταν ελάχιστα πιο ψυχρό. Το πρώτο μισό του 2016 ήταν σχετικά θερμό, όμως από τον Ιούλιο και μετά το καλοκαίρι ήταν ήπιο ενώ ο Δεκέμβριος ήταν ο πιο ψυχρός μήνας των τελευταίων οκτώ ετών. Έτσι, το 2016 παρατηρείται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, με εξαίρεση τους 2 τελευταίους μήνες του έτους, και ελάχιστα αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό εν συγκρίσει με το 2014. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί ότι τα δεδομένα που θα υποδειχθούν αφορούν μέχρι το τέλος του 2016 και όχι το 2017, όπου στις αρχές του συγκεκριμένου έτους είχαμε τον ψυχρότερο χειμώνα εδώ και πάνω από μία δεκαετία.



Σχήμα 36 Μέση θερμοκρασία ανά μήνα για τα έτη 2007 - 2016

Παράλληλα, από τα δεδομένα της εξωτερικής θερμοκρασίας για το εξεταζόμενο κτήριο, στο σχήμα 4.3 υποδεικνύονται οι βαθμομέρες και οι βαθμοώρες για τα έτη 2009 – 2016. Για να γίνουν πλήρως κατανοητές οι διαφοροποιήσεις του κλιματισμού για θέρμανση από έτος σε έτος, υπολογίζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης. Η εν λόγω παράμετρος προκύπτει από την μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα εικοσιτετραώρου για τους χειμερινούς μήνες σε μια περιοχή και μια

θερμοκρασία αναφοράς [Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010], και είναι ανάλογη της διαφοράς αυτών. Ως θερμοκρασία αναφοράς θεωρήθηκε η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία για το εν λόγω κτήριο (21°C).

Η εξίσωση υπολογισμού των βαθμομερών θέρμανσης DD είναι η εξής:

$$DD = \sum [N_{mo} \times (T_{avn} - T_{\alpha})^+]$$

όπου, N_{mo} ο αριθμός ημερών για το κάθε μήνα

T_{avn} , η θερμοκρασία αναφοράς (°C),

και T_{α} , η μηνιαία θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος (°C)

(+) το σύμβολο αυτό δηλώνει ότι στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη μόνο οι περιπτώσεις κατά τις οποίες η θερμοκρασία T_{α} δεν υπερβαίνει τη θερμοκρασία αναφοράς T_{avn} , δηλαδή έχουμε θετική τιμή στην παρένθεση.

Για την μέτρηση των απαιτούμενων φορτίων ψύξης ενός κτηρίου, αξιοποιούνται οι βαθμώρες ψύξης. Η εν λόγω παράμετρος προκύπτει από την μέση ωριαία θερμοκρασία αέρα τους καλοκαιρινούς μήνες σε μια περιοχή καθώς και από μια θερμοκρασία αναφοράς η οποία είναι 26°C [Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010]. Η εξίσωση υπολογισμού των βαθμωρών ψύξης CDH είναι:

$$CDH = \sum [N_{mo} \times \sum (T_{avn} - T_{\alpha i})^+]$$

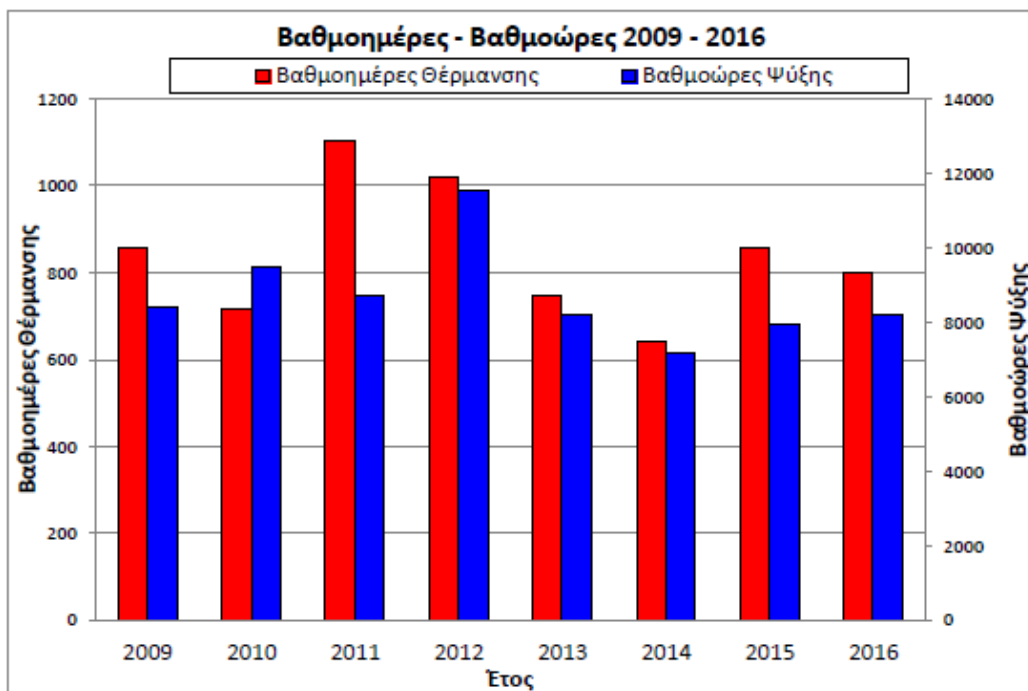
όπου, N_{mo} ο αριθμός ημερών για το κάθε μήνα

T_{avn} , η θερμοκρασία αναφοράς (°C),

και $T_{\alpha i}$, είναι η μέση θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος για τον εκάστοτε μήνα (°C)

(+) το σύμβολο αυτό δηλώνει ότι στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη μόνο οι περιπτώσεις κατά τις οποίες η θερμοκρασία $T_{\alpha i}$ υπερβαίνει τη θερμοκρασία αναφοράς T_{avn} , δηλαδή έχουμε θετική τιμή στην παρένθεση.

Στο σχήμα 4.3 παρατηρείται το άθροισμα των θερινών και χειμερινών βαθμομερών και βαθμωρών αντίστοιχα για τα έτη 2009 έως 2016. Αναφερόμενοι στις χειμερινές βαθμώρες εννοούμε για τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο ενώ αναφερόμενοι στις θερινές βαθμομέρες εννοούμε για τους μήνες Μάιο έως Οκτώβριο.



Σχήμα 37 Βαθμομέρες – Βαθμώρες 2009 -2016

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το 2014 είχαμε τον πιο θερμό χειμώνα, το 2011 είχαμε τον πιο κρύο χειμώνα, όπου κρύος χειμώνας σημαίνει αυξημένες καταναλώσεις σε θέρμανση.

Το 2016 φαίνεται ότι ο χειμώνας ήταν ελάχιστα πιο ήπιος από το 2014. Επίσης το καλοκαίρι του 2016 ήταν ελαφρώς πιο ζεστό από το καλοκαίρι του 2015. Η διαφορά του χειμώνα του 2016 είναι ότι κατά περιόδους είχε πολύ μεγαλύτερη ένταση από το 2015 (π.χ. Δεκέμβριος). Από τα κλιματολογικά στοιχεία του 2015 μας προϊδεάζουν ότι οι καταναλώσεις για θέρμανση και κλιματισμό πρέπει να είναι ελάχιστα αυξημένες συγκριτικά με το 2015.

4.2.1 Ανάλυση έτους 2016

Το εξεταζόμενο κτίριο ήταν υπό ανακατασκευή έως τα μέσα του 2010. Οι κατασκευές έλαβαν μέρος από τον Μάιο 2009 από τους ορόφους 3-7 και ολοκληρώθηκαν με την ανακατασκευή του Ισογείου τον Ιούλιο 2010.

Ο κλιματισμός του κτιρίου ανέρχεται περίπου στο 1/4 της συνολικής κατανάλωσης και το ποσοστό του φωτισμού στο 1/3. Το καλοκαίρι του 2011 είχε διαγνωσθεί πρόβλημα στην αντιστάθμιση του κτιρίου, το οποίο αντιμετωπίστηκε επιτυχώς για δεύτερη φορά κατά τον

Απρίλιο του 2012. Κατά το Μάιο του 2016 πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση των υδρόψυκτων ψυκτών, με αποτέλεσμα η κατανάλωση του κτιρίου για κλιματισμό να μειωθεί περίπου κατά 32% (βλ. υποκεφάλαιο **Αναβάθμιση υπό εξέταση κτηρίου** παρακάτω).

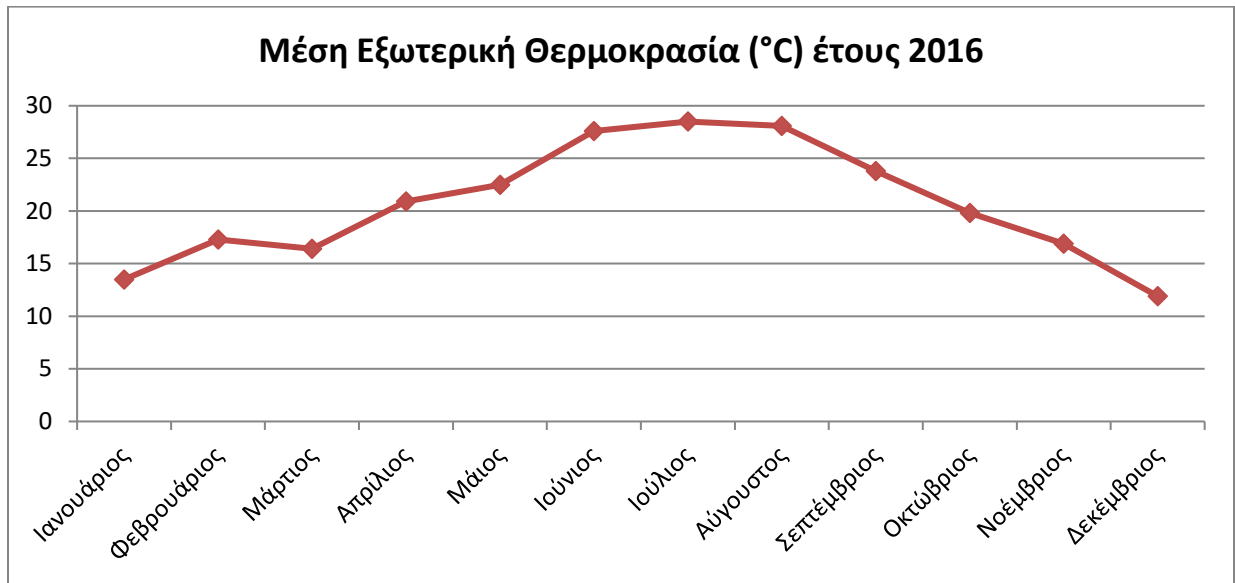
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο διάγραμμα οι καταναλώσεις κλιματισμού αφορούν μόνο τη ψύξη και όχι τη θέρμανση (καθώς η θέρμανση του κτιρίου πραγματοποιείται με λέβητα). Για τον υπολογισμό του ενεργειακού δείκτη του κτιρίου υπολογίζονται και οι καταναλώσεις του πετρελαίου συμπληρωματικά.

Στον πίνακα 4.2 φαίνονται οι καταναλώσεις της συνολικής ζήτησης και του κλιματισμού από τον Ιανουάριο έως τον Δεκέμβριο του 2016.

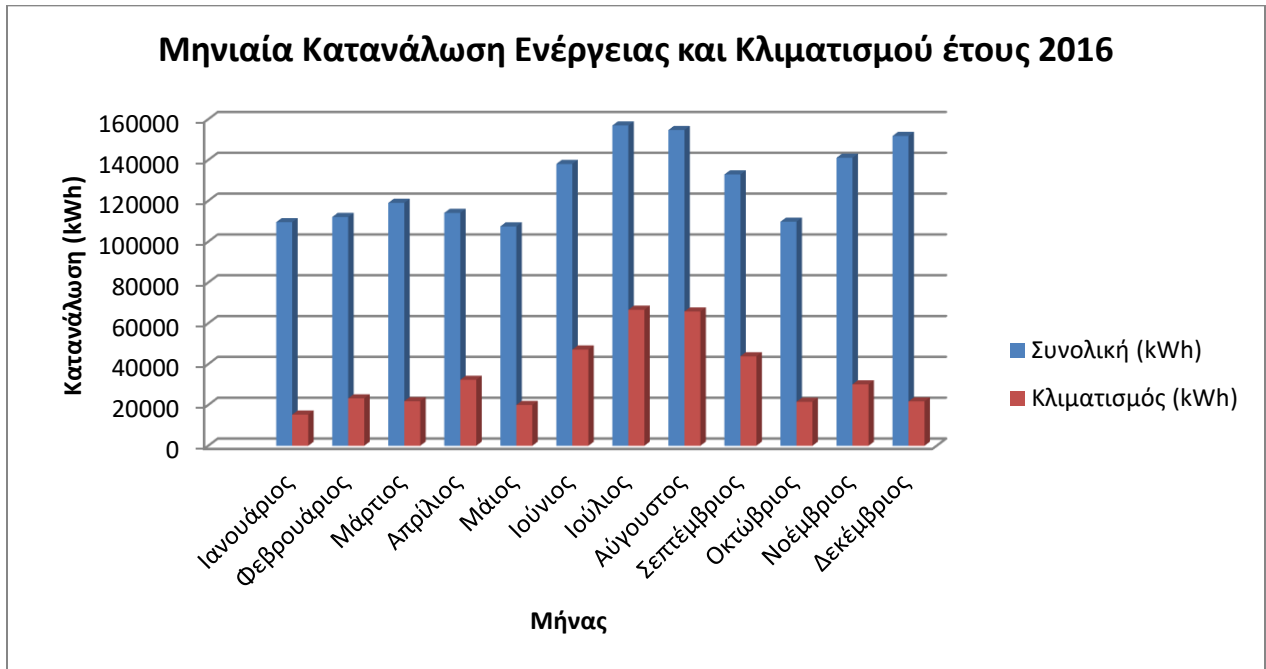
Πίνακας 4.2 Καταναλώσεις Συνολικής Ζήτησης και Κλιματισμού έτους 2016

2016			
Μήνας	Συνολική (kWh)	Κλιματισμός (kWh)	Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)
Ιανουάριος	109544,3	15263,25	13,5
Φεβρουάριος	112095	23217,75	17,3
Μάρτιος	119010,75	21840,75	16,4
Απρίλιος	114098,3	32310,75	20,9
Μάιος	107474,25	19985,25	22,5
Ιούνιος	138067,5	47127	27,6
Ιούλιος	156930	66627,75	28,5
Αύγουστος	154710	65787	28,1
Σεπτέμβριος	132937,5	43812	23,8
Οκτώβριος	109770	21549,75	19,8
Νοέμβριος	141092,3	30084,75	16,9
Δεκέμβριος	151783,5	21736,5	11,9

Αντίστοιχα, στο σχήμα 4.5 υποδεικνύεται η γραφική παράσταση της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας για το έτος 2016 ενώ στο σχήμα 4.6 φαίνεται η μηνιαία κατανάλωση συνολικής ενέργειας και κλιματισμού για το έτος 2016.



Σχήμα 38 Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία έτους 2016



Σχήμα 39 Μηνιαία Κατανάλωση Συνολικής Ενέργειας και Κλιματισμού έτους 2016

4.2.2 Σύγκριση 2007-2016

Παρατηρείται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με τις μετρήσεις από το 2007 έως το 2016. Το κτίριο τέθηκε σε κανονική λειτουργία από το καλοκαίρι του 2009 και έπειτα. Από το διάγραμμα με τα στοιχεία της δεκαετίας παρατηρείται μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας περίπου στα 4/5 (σύγκριση στοιχείων αρχές του 2007 με τέλη του 2016).

Συγκεκριμένα η ζήτηση ισχύος μειώνεται από περίπου 241 kW σε 176.6 kW. Η μείωση αυτή (καθώς και ο πολύ χαμηλός δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης) κατά 26.7 % οφείλεται στην έμφαση που δόθηκε στον ενεργειακό σχεδιασμό κατά την ανακατασκευή του κτιρίου.

Στα συστήματα κλιματισμού έγινε αντικατάσταση των βασικών υδρόψυκτων μηχανημάτων εντός του 2016 ενώ κατά την ανακατασκευή είχαν αλλάξει οι τοπικές μονάδες (fan coils) στους ορόφους. Τα νέα υδρόψυκτα μηχανήματα είναι υψηλού βαθμού απόδοσης. Με βάση τα στοιχεία της δεκαετίας η ζήτηση ισχύος του κλιματισμού μειώνεται από 77 kW στα 46.7 kW, δηλ. 39.3 %, κάτι το οποίο οφείλεται στην εγκατάσταση των υδρόψυκτων ψυκτών αφού μόνο το 2016 ο κλιματισμός μειώθηκε κατά 27.3 % σε σύγκριση με το 2015.

Κατά το έτος 2016 παρατηρείται μείωση της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Το 2007 η συνολική κατανάλωση ενέργειας ήταν 2.111 MWh, το 2008 ήταν 1.793 MWh, το 2009 ήταν 1.597 MWh, το 2010 ήταν 1.800 MWh, το 2011 ήταν 1.649 MWh, το 2012 ήταν 1.680 MWh, το 2013 ήταν 1.647 MWh, το 2014 ήταν 1.573 MWh, το 2015 ήταν 1.615 MWh και το 2016 ήταν 1.547 MWh.

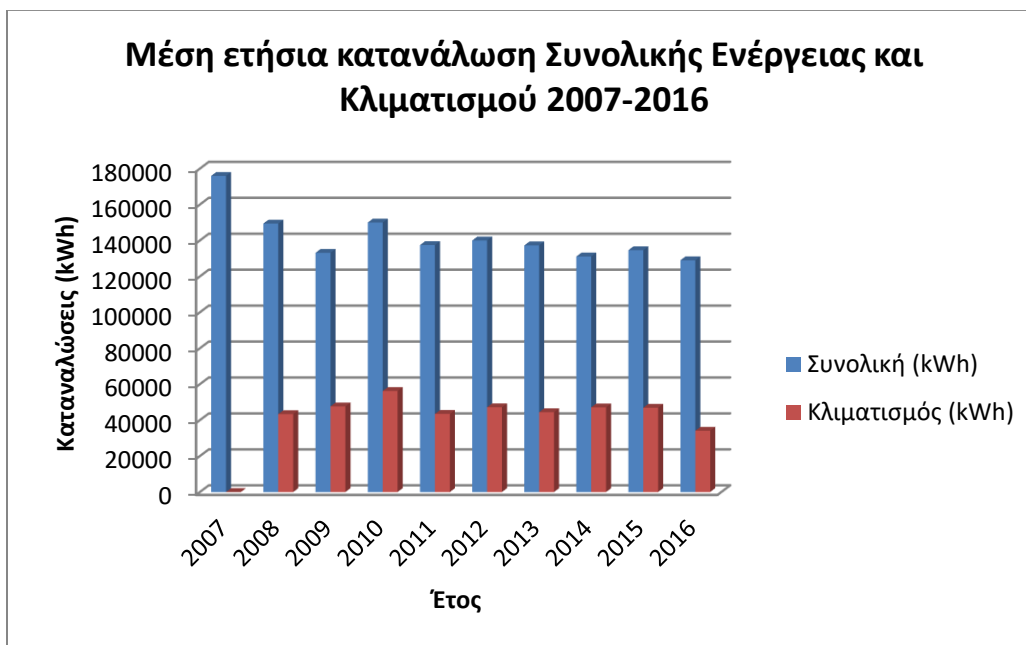
Πίνακας 4.3 Καταναλώσεις Συνολικής Ενέργειας και Κλιματισμού ετών 2007 - 2016

2007 - 2016			
Έτος	Συνολική (kWh)	Κλιματισμός (kWh)	Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)
2007	175923,8	0	15,8
2008	149403,7	43357,81	20,02
2009	133130,5	47648	20,07
2010	149972,6	56216,13	20,64
2011	137450,4	43477,88	19,097

2012	140006,8	47168,13	20,32
2013	137283,1	44416,13	20,6
2014	131084,4	47106	20,52
2015	134577,5	46890,25	20,07
2016	128959,4	34111,88	20,59



Σχήμα 40 Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία ετών 2007 - 2016



Σχήμα 41 Μέση Ετήσια κατανάλωση Συνολικής Ενέργειας και Κλιματισμού 2007 – 2016

4.3 Αναβάθμιση υπό εξέταση κτηρίου

4.3.1 Κλιματισμός

Ο κλιματισμός του εξεταζόμενου κτιρίου πραγματοποιείται από υδρόψυκτους ψύκτες οι οποίοι κλιματίζουν εσωτερικά το κτίριο μέσω fan-coil. Στο δώμα του κτιρίου βρίσκονται 3 αερόψυκτες αντλίες θερμότητας (Α/Θ) οι οποίες κλιματίζουν τον προκλιματισμένο αέρα. Οι Α/Θ αυτές αναμένεται να λειτουργούν μόνο εφεδρικά στο μέλλον.

Στις αρχές Μαΐου 2016 ολοκληρώθηκε η ενεργειακή αναβάθμιση των υπογείων ορόφων του κτιρίου προς εξέταση. Το βασικότερο μέρος της αναβάθμισης αφορούσε την αντικατάσταση των υδρόψυκτων ψυκτών. Για την αντικατάσταση τέθηκαν πολύ υψηλές ενεργειακές προδιαγραφές όσον αφορά τους νέους ψύκτες.

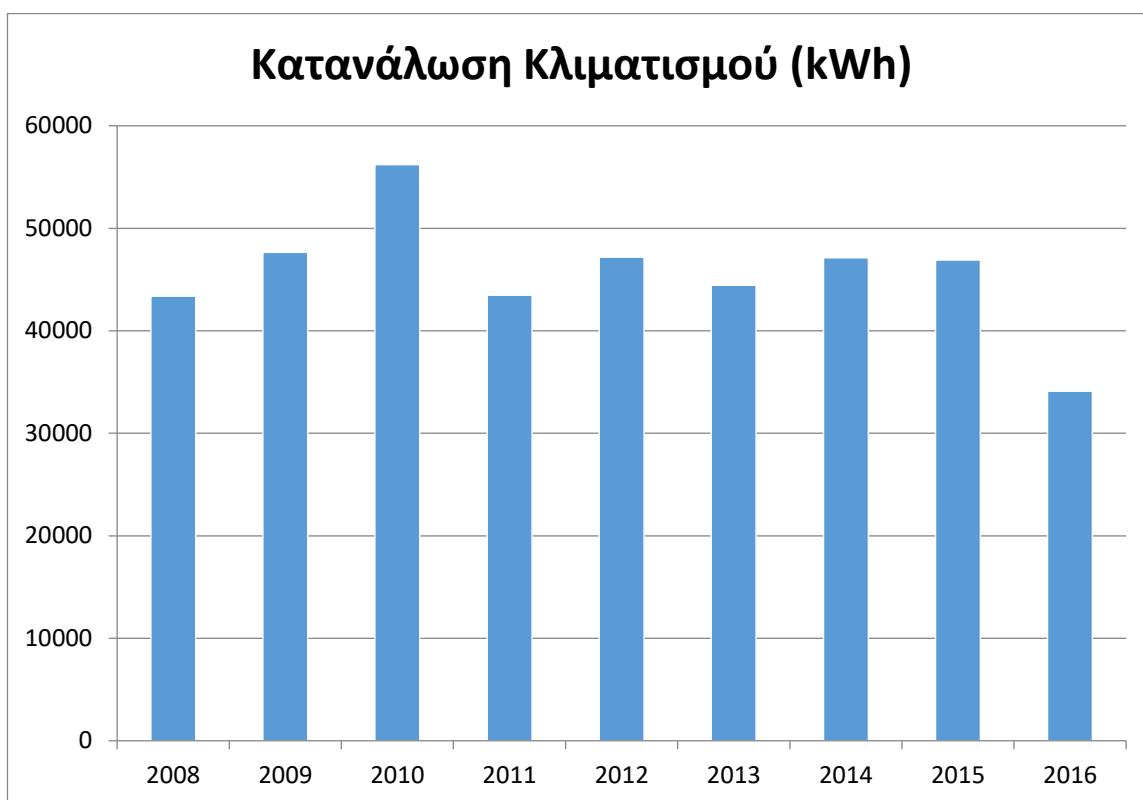
Ζητήθηκε οι προσφερόμενοι ψύκτες να έχουν συντελεστή ενεργειακής αποδοτικότητας (Energy Efficiency Ratio - EER) τουλάχιστον 5,0, ενώ ο εποχικός βαθμός αποδοτικότητας (Seasonal EER - SEER) θα έπρεπε να υπερβαίνει το 7,0. Οι ψύκτες που εγκαταστάθηκαν στο κτίριο έχουν EER=5,31 και SEER 7,6 – τιμές οι οποίες είναι οι υψηλότερες της αγοράς για ψύκτες με την ζητούμενη ισχύ (≥ 600 kW) και υποδεικνύονται στο σχήμα 4.9.



Σχήμα 42 Υδρόψυκτοι ψύκτες εξεταζόμενου κτηρίου

Μετά από λειτουργία 10 μηνών από την εγκατάσταση των νέων ψυκτών πραγματοποιείται μια αποτίμηση της απόδοσης τους με βάση την κατανάλωση για κλιματισμό για το 10μηνο λειτουργίας Μαρτίου – Δεκεμβρίου 2016 σε σχέση με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα για τα προηγούμενα έτη.

Στο σχήμα 4.10 παρουσιάζεται η ζήτηση ενέργειας του κλιματισμού του κτιρίου από το 2008 έως το 2016.



Σχήμα 43 Ζήτηση ενέργειας κλιματισμού 2008 – 2016

Από το προηγούμενο σχήμα είναι προφανές ότι η κατανάλωση του κλιματισμού, το 2016, έχει μειωθεί σημαντικά σε σύγκριση με τα προηγούμενα 8 έτη λόγω της αντικατάστασης των ψυκτών με νέους υδρόψυκτους ψύκτες.

Από το σχήμα 4.10 φαίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας απευθείας στην κατανάλωση των ψυκτών. Κατά τους 2 πρώτους μήνες λειτουργίας των νέων ψυκτών, πραγματοποιήθηκε αποκλειστική λειτουργία τους (χωρίς χρήση των A/Θ). Στο συγκεκριμένο διάστημα, η αντικατάσταση του φορτίου των A/Θ από τους ψύκτες απέφερε περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Με βάση την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας για το κτίριο το τελευταίο 12-μηνο, (0,107 €/kWh) υπολογίστηκε το κόστος κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό, με τιμές kWh 2016, για το εξεταζόμενο 10-μηνο. Στον πίνακα 4.4 υποδεικνύονται οι καταναλώσεις συνολικής ζήτησης και κλιματισμού παράλληλα με το κόστος ενέργειας κλιματισμού του αντίστοιχου έτους για το 10-μηνο Μαρτίου – Δεκεμβρίου 2007 – 2016.

Πίνακας 4.4 Καταναλώσεις συνολικής ενέργειας και κλιματισμού παράλληλα με το κόστος ενέργειας κλιματισμού για το χρονικό διάστημα Μαρτίου – Δεκεμβρίου των ετών 2007 – 2016

ΜΑΡΤΙΟΣ - ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ			
Έτος	Συνολική (kWh)	Κλιματισμός (kWh)	Κόστος Ενέργειας Κλιματισμού (€)
2007	1820603	0	0
2008	1529003	489279	52352,85
2009	1398659	550685,3	58923,32
2010	1592484	641532	68643,92
2011	1435757	494217	52881,22
2012	1471814	550973,3	58954,14
2013	1437697	518903,3	55522,65
2014	1368975	536996,3	57458,6
2015	1421431	548070,8	58643,57
2016	1325874	370861,5	39682,18

4.3.1.1 Αποτελέσματα επέμβασης

Από τα παραπάνω διαγράμματα και τους πίνακες φαίνεται ότι η κατανάλωση κλιματισμού έχει μειωθεί σημαντικά. Ενδεικτικά, στον πίνακα 4.5 υποδεικνύονται τα αποτελέσματα από το 2008:

Πίνακας 4.5 Κόστος ενέργειας Κλιματισμού ετών 2008 – 2015 εν συγκρίσει με το έτος 2016

ΜΑΡΤΙΟΣ - ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ					
Έτος	Κλιματισμός (kWh)	Κόστος Ενέργειας Κλιματισμού (€)	Διαφορά με 2016 (kWh)	Διαφορά με 2016 (€)	Διαφορά με 2016 (%)
2008	489279	52352,85	118417,5	12670,67	24,2
2009	550685,3	58923,32	179823,8	19241,14	32,7
2010	641532	68643,92	270670,5	28961,74	42,2
2011	494217	52881,22	123355,5	13199,04	25
2012	550973,3	58954,14	180111,8	19271,96	32,7
2013	518903,3	55522,65	148041,8	15840,47	28,5
2014	536996,3	57458,6	166134,8	17776,42	30,9
2015	548070,8	58643,57	177209,3	18961,39	32,3
2016	370861,5	39682,18	-	-	-

Να σημειωθεί ότι η εξοικονόμηση είναι υποεκτιμημένη διότι

- Οι ψύκτες λειτούργησαν σε 24ωρη βάση το καλοκαίρι του 2016, για να διαπιστωθούν έγκαιρα τυχόν προβλήματα. Πριν το 2016 λειτουργούσαν σε ώρες εργασίας.
- Το σύστημα ελέγχου ψυκτών BEMS δεν λειτουργούσε, λόγω αναβάθμισης. Η λειτουργία του ξεκίνησε το Νοέμβριο.
- Κατά το 2017 αναμένεται να μην τεθούν σε λειτουργία οι Α/Θ και ολόκληρο το φορτίο ψύξης να καλυφθεί από τους ψύκτες, οι οποίοι είναι πιο σύγχρονοι και με σημαντικά υψηλότερο βαθμό απόδοσης συγκριτικά.

Επομένως, οι **νέοι ψύκτες** οδήγησαν σε **εξοικονόμηση ενέργειας 25-30%** με το αντίστοιχο **οικονομικό όφελος 10μηνου Μαρτίου – Δεκεμβρίου** να ανέρχεται περίπου στις **18.500 €**.

Το **όφελος** αυτό **αναμένεται να αυξηθεί** όταν οι ψύκτες λειτουργήσουν στο σύνθετο ωράριο εργασίας για την πλήρη κάλυψη ψυκτικού φορτίου και το σύστημα ελέγχου BEMS να είναι σε πλήρη λειτουργία.

4.3.2 Φωτισμός

Το σύστημα φωτισμού ανασχεδιάστηκε πλήρως. Στους χώρους του κτηρίου χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά άμεσου – έμμεσου φωτισμού με λαμπτήρες T5 και «έξυπνα» ballasts. Με τον επιλεγμένο τύπο των φωτιστικών αποφεύγεται η θάμβωση και δημιουργείται στο χώρο ομοιόμορφος διάχυτος φωτισμός.

Με τα «έξυπνα» ballasts δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε κάθε φωτιστικό ένας λαμπτήρας 28 W ή 54 W, ανάλογα με τις τοπικές ανάγκες, χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει το φωτιστικό.

Οι γενικοί χώροι εργασίας σχεδιάστηκαν με επίπεδο φωτισμού περίπου στα 600 lux (υπερκαλύπτοντας τις απαιτήσεις της CEN/TC 156) και εγκατεστημένη ισχύ $10,5 \text{ W/m}^2$. Ο δείκτης αυτός είναι αρκετά χαμηλότερος από τα 15 W/m^2 που προβλέπονται στη νέα οδηγία για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων και πολύ χαμηλότερος των 18 W/m^2 όπου κυμαίνονται οι συνήθεις κατασκευές. Επιπρόσθετα, τοποθετήθηκαν τοπικοί διακόπτες και έτσι δόθηκε στους χρήστες όλων των χώρων, συμπεριλαμβανομένων και των open plan, η δυνατότητα της σβέσης των μισών φωτιστικών που αντιστοιχούν στα 2/3 της ισχύος φωτισμού.

Μεγάλο μέρος του κτηρίου, περίπου το 50%, όπου οι χρήστες το επιλέγουν, λειτουργεί στα μειωμένα επίπεδα φωτισμού των περίπου 250 lux χρησιμοποιώντας ισχύ φωτισμού $3,5 \text{ W/m}^2$.

Στους διαδρόμους και τους υγρούς χώρους τοποθετήθηκαν άλλου είδους φωτιστικά. Οι χώροι αυτοί σχεδιάστηκαν με χαμηλότερα επίπεδα φωτισμού, όπως 250 lux κλπ. Η ζώνη των φωτιστικών κοντά σε εξωτερικά ανοίγματα ελέγχεται από αισθητήρες φυσικού φωτισμού. Τα φωτιστικά φέρουν ρυθμιζόμενα (dimmable) στραγγαλιστικά πηνία και αυξομειώνεται η απόδοσή τους, ανάλογα με το εισερχόμενο φυσικό φως. Με τον τρόπο αυτό η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό προσαρμόζεται, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες. Επίσης, τοποθετήθηκαν χρονορυθμιζόμενοι αισθητήρες κίνησης με προσεκτική ρύθμιση στον χρόνο λειτουργίας σε κοινόχρηστους χώρους (WC, αρχεία κλπ.).

Η ρύθμιση του χρόνου ήταν η μικρότερη δυνατή ανάλογα με τον τύπο του χώρου (5' για WC, 7' για διαδρόμους, 4' σε χώρους αρχείων κλπ.). Οι ίδιοι αισθητήρες τοποθετήθηκαν σε χώρους συνεδριάσεων, όπου ο έλεγχος των χώρων γίνεται από το ειδικό σύστημα ελέγχου (BEMS).

Στο Σχήμα 4.11 αναδεικνύονται διάφοροι τύποι φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανακατασκευή του κτηρίου.



Σχήμα 44 Τύποι φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανακατασκευή του κτηρίου

4.3.3 Κλιματισμός – Αερισμός

Το κτήριο θερμαίνεται με λέβητες και ψύχεται με υδρόψυκτους ψύκτες. Η βασική δομή του ενεργειακά αποδοτικού αυτού συστήματος διατηρήθηκε.

Οι επεμβάσεις στο σύστημα αυτό συνοψίζονται ως εξής:

- Ανάκτηση θερμότητας από απορριπτόμενο αέρα και χρήση free cooling ή/και νυστερινού δροσισμού για ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη, φθινόπωρο) όταν το επιτρέπουν οι εξωτερικές συνθήκες. Όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, τότε στο κτήριο

εισάγεται απευθείας φρέσκος αέρας χωρίς να προκλιματιστεί. Με τον τρόπο αυτό, στη λειτουργία του νυκτερινού δροσισμού προκλιματίζεται το κτήριο, πριν την πρωινή χρήση μειώνοντας τις ανάγκες για κλιματισμό ή στην περίπτωση του free cooling, μηδενίζεται η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό.

- Διατηρήθηκαν οι υψηλής αποδοτικότητας υδρόψυκτοι ψύκτες του κτηρίου.
- Λόγω αλλαγής των συνθηκών στην περιοχή της Αθήνας κατά τις τελευταίες δεκαετίες, θεωρήθηκε απαραίτητο και έγινε επαύξηση ισχύος και αλλαγή των πύργων ψύξης και των fan coils.
- Έγινε ζωνοποίηση των ορόφων και σε κάθε ζώνη τοποθετήθηκαν θερμοστάτες χώρου με δυνατότητα ρύθμισης σε προκαθορισμένο εύρος 3 °C.
- Το σύστημα ελέγχεται από τους χρήστες μέσα σε προκαθορισμένα όρια που ορίζει το BEMS.
- Ο εξαερισμός των υπογείων γκαράζ γίνεται χρησιμοποιώντας ένα νέο σύστημα μέτρησης ρύπων. Οι ανεμιστήρες δουλεύουν σε στάδια ανάλογα με το επίπεδο CO μέσα στους χώρους των γκαράζ. Σε μεγάλα διαστήματα της ημέρας οι ανεμιστήρες υπολειπουργούν ή δεν λειτουργούν, εξοικονομώντας έτσι μεγάλα ποσά ενέργειας.

4.3.4 Σύστημα Ελέγχου (BEMS)

Το σύστημα ελέγχου του κτηρίου ανασχεδιάστηκε και ανακατασκευάστηκε ριζικά με βασικές αρχές την απλότητα, την φιλικότητα προς το χρήστη και τον έλεγχο λειτουργίας με ενεργειακά κριτήρια.

Οι χρήστες ανάβουν τα φώτα του χώρου τους κατά την πρωινή προσέλευση ή αν επιθυμούν να παραμείνουν στους χώρους εργασίας μετά το πέρας του ωραρίου λειτουργίας.

Για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκαν μιμικοί πίνακες στους ορόφους. Το BEMS σβήνει τον φωτισμό των ζωνών, μετά το πέρας του ωραρίου λειτουργίας, ανά τακτά χρονικά διαστήματα μίας ώρας. Τα φώτα των χώρων παραμένουν αναμμένα όσο υπάρχουν εργαζόμενοι μέσα στους χώρους. Ο κλιματισμός ελέγχεται από **τοπικούς** θερμοστάτες σε ζώνες των ορόφων. Οι χρήστες ορίζουν την επιθυμητή θερμοκρασία στη ζώνη τους μέσα σε ένα προκαθορισμένο εύρος.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, γίνεται καταγραφή των βασικών μεγεθών και ακολουθεί ανάλυσή τους από εξειδικευμένα στελέχη ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Με βάση τις αναλύσεις

τίθενται στόχοι περαιτέρω βελτιώσεων των συνθηκών στους χώρους όπως και βελτιώσεων στην κατανάλωση ενέργειας.

4.3.5 Αποτελέσματα

Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης μελετάται και οι αναλύσεις δείχνουν ότι υπερβαίνει το 25% με χρόνο αποπληρωμής του ενεργειακού μέρους της επένδυσης περίπου 3 έτη και IRR μεγαλύτερο του 30%. Η κατανάλωση ενέργειας, με βάση τους λογαριασμούς της ΔΕΗ, ανέρχεται σε $114 \text{ kWh}_{\eta\lambda}/\text{m}^2/\text{έτος}$ και για θέρμανση σε $25 \text{ kWh}_{\theta\epsilon\rho}/\text{m}^2/\text{έτος}$. Οι δείκτες αυτοί είναι ιδιαίτερα χαμηλοί, δεδομένου του γυάλινου κελύφους του κτηρίου. Η τελική τιμή των δεικτών θα υπολογιστεί ύστερα από την ολοκλήρωση ενός έτους και αναμένεται να είναι χαμηλότερη των προαναφερομένων.

Οι χρήστες έχουν εμπλακεί άμεσα στη λειτουργία του κτηρίου, έχοντας έλεγχο στον χώρο τους, μέσα σε προκαθορισμένα όρια, του φωτισμού και του κλιματισμού. Η πλειονότητα των χρηστών έχει κατανοήσει την φιλοσοφία και τις αρχές λειτουργίας του κτηρίου. Ως απόρροια των προηγούμενων, τα παράπονα των χρηστών έχουν σχεδόν μηδενιστεί.

5. Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία

5.1 Συμπεράσματα

Η εγκατάσταση συστημάτων ενεργειακού ελέγχου σε κτήρια αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Η προμήθεια και η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS δεν μπορεί από μόνη της να εξασφαλίσει τη βέλτιστη λειτουργία ενός κτηρίου. Απαιτείται λοιπόν η σχεδιάσή του να γίνεται με ενεργειακά κριτήρια. Ακόμη, μετά την εγκατάστασή του θα πρέπει να υλοποιείται η καταγραφή και η παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας των κτηριακών εγκαταστάσεων και κυρίως η αξιολόγησή τους από εξειδικευμένα στελέχη. Με βάση τα αποτελέσματα των αξιολογήσεων, ανά χρονικά διαστήματα, θα πρέπει να αναλαμβάνονται πρωτοβουλίες και να γίνονται οι απαραίτητες επεμβάσεις για την επίτευξη ρεαλιστικών στόχων μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, τόσο στα υφιστάμενα κτήρια, όσο και σε αυτά που πρόκειται να ανακατασκευαστούν.

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, καθώς επίσης και η υιοθέτηση ανοιχτών πρωτοκόλλων, συνέβαλαν αποφασιστικά την τελευταία δεκαετία στην αλλαγή της λογικής για τον τρόπο λειτουργίας ενός κτηρίου καθώς και το πώς οι χρήστες αλληλεπιδρούν με αυτό. Η έρευνα πάνω στον τομέα της διαχείρισης των κτηρίων συντέλεσε στην ανάπτυξη Κεντρικών Συστημάτων Παρακολούθησης – Διαχείρισης Κτηρίων, τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό ευελιξίας και προσαρμοστικότητας στις ανάγκες του εκάστοτε κτηρίου αλλά και των χρηστών του. Βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών θεωρείται η ενοποίηση διαφορετικών συστημάτων – υποσυστημάτων σε ΕΝΑ σύστημα.

Το όλο σύστημα λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη (π.χ. να είναι αυστηρά καθορισμένο στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και να μεριμνά για την ασφάλεια).

Η αποτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας του εξεταζόμενου συστήματος που πραγματεύεται η παρούσα εργασία, άφησε ως παρακαταθήκη πολύτιμη γνώση η οποία σχετίζεται με τα συστήματα αυτοματισμού. Η γνώση αυτή προήλθε κυρίως από την προσπάθεια επίλυσης απρόβλεπτων τεχνικών και μη προβλημάτων κατά την διάρκεια της εργασίας.

Τα πραγματικά αποτελέσματα που εξήχθησαν με την καταγραφή της ενεργειακής κατανάλωσης έδειξαν μεγάλη σπατάλη ενέργειας και μη περιβαλλοντική συνείδηση των χρηστών του χώρου, προτού γίνει η αναβάθμιση με τους νέους ψύκτες. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.5, μπορεί να παρατηρηθεί η διαφορά στις καταναλώσεις συνολικής ενέργειας και

κλιματισμού πριν και μετά την εγκατάσταση των νέων υδρόψυκτων ψυκτών. Όπως επισημάνθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, μόνο η εγκατάσταση των υδρόψυκτων ψυκτών απέφερε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του **25 – 30 %** και ετήσιο οικονομικό όφελος **18.500 €**.

Επιπροσθέτως, το σύστημα φωτισμού ανασχεδιάστηκε πλήρως. Στους χώρους του κτηρίου χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά άμεσου – έμμεσου φωτισμού με λαμπτήρες T5 και «έξυπνα» ballasts. Με τον επιλεγμένο τύπο των φωτιστικών αποφεύγεται η θάμβωση και δημιουργείται στο χώρο ομοιόμορφος διάχυτος φωτισμός. Με τα «έξυπνα» ballasts δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε κάθε φωτιστικό ένας λαμπτήρας 28 W ή 54 W, ανάλογα με τις τοπικές ανάγκες, χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει το φωτιστικό.

Επίσης, το σύστημα ελέγχου του κτηρίου ανασχεδιάστηκε και ανακατασκευάστηκε ριζικά με βασικές αρχές την απλότητα, την φιλικότητα προς το χρήστη και τον έλεγχο λειτουργίας με ενεργειακά κριτήρια. Οι χρήστες ανάβουν τα φώτα του χώρου τους κατά την πρωινή προσέλευση ή αν επιθυμούν να παραμείνουν στους χώρους εργασίας μετά το πέρας του ωραρίου λειτουργίας.

Ως απόρροια των προαναφερθέντων, μελετήθηκε η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου και οι αναλύσεις έδειξαν ότι υπερβαίνει το 25% με χρόνο αποπληρωμής του ενεργειακού μέρους της επένδυσης περίπου 3 έτη και IRR μεγαλύτερο του 30%. Η κατανάλωση ενέργειας, με βάση τους λογαριασμούς της ΔΕΗ, ανέρχεται σε $114 \text{ kWh}_{\eta\lambda}/\text{m}^2/\text{έτος}$ και για θέρμανση σε $25 \text{ kWh}_{\theta\epsilon\rho}/\text{m}^2/\text{έτος}$. Οι δείκτες αυτοί είναι ιδιαίτερα χαμηλοί, δεδομένου του γυάλινου κελύφους του κτηρίου. Η τελική τιμή των δεικτών θα υπολογιστεί ύστερα από την ολοκλήρωση ενός έτους και αναμένεται να είναι χαμηλότερη των προαναφερομένων.

Οι χρήστες έχουν εμπλακεί άμεσα στη λειτουργία του κτηρίου, έχοντας έλεγχο στον χώρο τους, μέσα σε προκαθορισμένα όρια, του φωτισμού και του κλιματισμού. Η πλειονότητα των χρηστών έχει κατανοήσει την φιλοσοφία και τις αρχές λειτουργίας του κτηρίου. Ως αποτέλεσμα των προηγούμενων, τα παράπονα των χρηστών έχουν σχεδόν μηδενιστεί.

Συνοψίζοντας, τα εξαγόμενα αποτελέσματα από το αυτόματο σύστημα ενεργειακής παρακολούθησης έδειξαν ότι υπάρχει δυνατότητα για μεγάλη εξοικονόμηση. Οι δράσεις εξοικονόμησης, πέραν από την αντικατάσταση των ψυκτών η οποία έχει υλοποιηθεί, μπορεί να είναι η τεχνολογική βελτίωση του Η/Μ εξοπλισμού. Τέτοιες δράσεις όμως είναι δαπανηρές και επομένως δύσκολα υλοποιήσιμες. Η δράση όμως που πρέπει να εφαρμοστεί άμεσα, διότι έχει μηδαμινό κόστος, είναι η ενημέρωση των χρηστών των χώρων και η ώθηση τους να χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις ορθολογικά και σεβόμενοι το περιβάλλον. Η σπατάλη είναι

εύκολη και ευχάριστη, ενώ η εξοικονόμηση ενέργειας επίπονη και απαιτεί αλλαγή της στάσης ζωής. Όμως, ως έλλογα όντα, θα πρέπει οι άνθρωποι να σκεφτούν την κατάσταση του περιβάλλοντος, τα προβλήματα υγείας που έχουν όλοι όσοι ζουν κοντά στα κέντρα παραγωγής ενέργειας και να δράσουν άμεσα αναλογιζόμενοι τις ευθύνες τους στο παρόν και στο μέλλον.

5.2 Προτάσεις για Μελλοντική Εργασία

Ορισμένες καινοτόμες μεσαίες επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο έχουν κάνει τα πρώτα σημαντικά βήματα στην παροχή συστημάτων διαχείρισης κτηρίων που αρχίζουν να ανταποκρίνονται στις σημερινές προκλήσεις στον τομέα των κατασκευών. Σύμφωνα με τον Sinopoli (2012), ένα μελλοντικό Σύστημα Διαχείρισης Κτηρίων (**Future Building Management System**), το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στην μελέτη περίπτωσης κτηρίου που εξετάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια αλλά και σε οποιοδήποτε κτήριο τριτογενούς τομέα, οφείλει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [16]:

- i. Η πλατφόρμα για το FBMS πρέπει να είναι παρόμοια με αυτή των smartphones και των tablets. Η βασική πλατφόρμα FBMS θα έχει ένα λειτουργικό σύστημα, όπως το iOS της Apple ή το Android της Google, όπου οι τρίτοι παρέχουν τις εφαρμογές.
- ii. Το λειτουργικό σύστημα βάσης για το FBMS θα κάνει την «σκληρή δουλειά»: την απόκτηση δεδομένων από διαφορετικά συστήματα κτηρίων, την τυποποίηση ή την ομαλοποίηση των δεδομένων σε μια ανοικτή ή τυποποιημένη βάση δεδομένων, ενδεχομένως χρησιμοποιώντας κάτι σαν το XML / SOAP. Αυτό είναι ένα εκτεταμένο λογισμικό, καθώς το λειτουργικό σύστημα δεν μπορεί να ασχοληθεί μόνο με τα πρότυπα πρωτοκόλλου επικοινωνίας BAS και τις μορφές δεδομένων, αλλά και με τα μη τυποποιημένα δεδομένα (δηλαδή μερικά PLC), καθώς και με άλλα συστήματα διαχείρισης εγκαταστάσεων και επιχειρήσεων, όπως συστήματα παραγγελιών, διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων και ενσωμάτωσης δεδομένων από αρχεία BIM.
- iii. Το FBMS πρέπει να επιτρέπει εφαρμογές τρίτων για συγκεκριμένο εξοπλισμό κατασκευαστών. Έτσι, κάθε εταιρεία που κατασκευάζει μια βαλβίδα, έναν ανεμιστήρα ή έναν αισθητήρα, θα δημιουργήσει μια εφαρμογή για τον εξοπλισμό της όπως και για τα αντικείμενα του προϊόντος στο BIM. Αυτές οι εφαρμογές είναι πιθανόν να είναι πολύ πιο πλούσιες στην παρακολούθηση και τη διαχείριση του εξοπλισμού και θα δημιουργήσουν μια αναδυόμενη αγορά.

- iv. Οι εφαρμογές αναλυτικού λογισμικού τρίτων μερών για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του κτηρίου είναι κρίσιμες, καθώς θα διατηρούν τα κτήρια υψηλής απόδοσης να λειτουργούν στην μέγιστη αιχμή τους. Η πρόσφατη βιομηχανική εμπειρία με την ανίχνευση και τη διάγνωση σφαλμάτων ήταν πολύ θετική και παρείχε μια συγκεκριμένη λογική για παρόμοια αναλυτικά στοιχεία σε πολλά άλλα συστήματα κτηρίων. Οι εφαρμογές που μπορούν να ενοποιήσουν θέματα και λειτουργίες σε όλα τα συστήματα, όπως η διαχείριση συναγερμών και ο κύριος προγραμματισμός, θα γίνουν δημοφιλείς. Οι διαχειριστές των κτηρίων θα μπορούν να δοκιμάζουν, να συγκρίνουν και να επιλέγουν τις εφαρμογές που χρειάζονται από διάφορους τρίτους.
- v. Οι δυνατότητες ολοκλήρωσης του FBMS πρέπει να είναι εκτεταμένες. Πρέπει να υπερβεί την τυπική πυρόσβεση, το HVAC, τον έλεγχο πρόσβασης και τον τομέα ολοκλήρωσης ανελκυστήρα. Πρέπει επίσης να ενσωματώσει οποιοδήποτε σύστημα κτηρίων, συστήματος διαχείρισης εγκαταστάσεων (εντολές εργασίας, προληπτική συντήρηση, απογραφή κ.λπ.), επιχειρηματικών συστημάτων, έξυπνου δικτύου και εξωτερικών δεδομένων, όπως ο καιρός και οι αγορές ενέργειας.
- vi. Το FBMS πρέπει να είναι ένα ανοικτό και ασφαλές σύστημα. Αυτό δεν σημαίνει ότι είναι δωρεάν. Απαιτείται τα εργαλεία και οι κανόνες που προγραμματίζουν το FBMS να είναι διαφανή. Έτσι, ο ιδιοκτήτης του κτηρίου διαθέτει επιλογές στη συντήρηση και στον προγραμματισμό του FBMS. Η ασφάλεια του συστήματος, η οποία είναι σχεδόν ανύπαρκτη στο παραδοσιακό BMS, είναι απαραίτητη σε ένα ανοικτό FBMS και ίσως να αντιμετωπιστεί καλύτερα μέσω εφαρμογών ασφαλείας και λογισμικού.
- vii. Το FBMS πρέπει να είναι σε θέση να "επεξεργάζεται" τις ενέργειες ενός χρήστη στο FBMS για τον εντοπισμό προτιμήσεων και συγκεκριμένων δεδομένων που φαίνεται να είναι σημαντικά. Κάθε πίνακας ελέγχου προορίζεται να μεταδώσει σημαντικές πληροφορίες και βασικούς δείκτες και απαιτεί εξέταση των αναγκών των ατομικών και ομαδικών θεατών. Τα αναλυτικά εργαλεία των ρουτίνων του FBMS, της χρήσης και των αλληλεπιδράσεων των χρηστών με το FBMS θα βοηθήσουν στον προσδιορισμό του τι πραγματικά χρειάζεται να δει ο χρήστης.

Το μελλοντικό σύστημα διαχείρισης των κτηρίων θα αλλάξει και θα επαναπροσδιορίσει αυτό που σήμερα θεωρείται μια ληθαργική βιομηχανία. Είναι επίσης πιθανό να δημιουργήσει νέες

εταιρείες και κατασκευαστές, να προσφέρει περισσότερες επιλογές στους χρήστες και στους αγοραστές τέτοιων προϊόντων και να το κάνει με χαμηλότερο κόστος [16].

6. Βιβλιογραφία

1. Αξαρλή, Κ. (2017). Ενεργειακός Σχεδιασμός και Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων – Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, *Ενεργειακός Σχεδιασμός Νέων και Υφιστάμενων Κτηρίων*, Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ Κεντρικής Μακεδονίας.
2. Γαβριήλ, Φ. (2013). *Σχεδιασμός, ανάπτυξη και υλοποίηση αυτοματισμών για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια με IPv6 ασύρματα δίκτυα αισθητήρων*. Ανάκληση από: http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/8387/1/filiosg_master.pdf [Accessed 11 May 2017].
3. Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16/12/2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.
4. Πατσιάς, Χ. (2012). *Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.
5. Σισμανίδης, Δ. (2011). *Μελέτη και εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης κτηρίων (BMS)*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
6. Τούλογλου, Σ. (2006). *KNX/EIB Τεχνική Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
7. ΦΕΚ 880/Β. (1998). *Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου*. Αθήνα: Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.
8. ABB. (2014). *ABB I – Bus KNX: Έξυπνο σπίτι με Ευφυή Κτηριακό Έλεγχο*. Αθήνα: ABB.
9. Efthymiou, C., Nikolettseas, S. & Rolim, J. (2006). *Energy balanced data propagation in wireless sensor networks*. Wireless Networks.
10. ELKO. (2017). Retrieved from: <https://securityreport.gr/magazine-archive/year-2017/item/4055-elko-inels-guest-room-management-system> [Accessed 04 June 2017].
11. Europa.eu. (2017). *Η ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε.* Ανάκληση από: <https://europa.eu/european-union/topics/energy> [Accessed 25 May 2017].
12. Henderson, P. & Waltner, M. (2013). Real – time Energy Management: A Case Study of three Large Commercial Buildings in Washington, D.C. *Natural Resources Defense Council*. 1-30.

13. Kovatsch, M., Mayer, S. & Ostermaier, B. (2012). Moving application logic from the firmware to the cloud: Towards the thin server architecture for the internet of things. *Institute for Pervasive Computing*, ETH Zurich, Zurich, Switzerland.
14. Schneider Electric. (2017). Retrieved from: www.schneider-electric.gr/el/product-range/1424-knx [Accessed 04 June 2017].
15. SIEMENS. (2017). Retrieved from: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=GR&lang=el&MODULE=Product&ACTION=ShowGroup> [Accessed 06 June 2017].
16. Sinopoli, J. (2012). How to improve the building management system (BMS) of the future. *GreenBiz*, 1.