Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή

Διπλωματική Εργασία

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε δημόσιο κτήριο: Η περίπτωση ενός Γενικού Νοσοκομείου (Energy Audit in a public building: The case of a General Hospital)

Θεοδόσιος Κουταλιανός

Επιβλέπων: καθηγητής Γεώργιος Σκόδρας

Μάρτιος 2021

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή

Διπλωματική Εργασία

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε δημόσιο κτήριο: Η περίπτωση ενός Γενικού Νοσοκομείου

(Energy Audit in a public building: The case of a General Hospital)

Θεοδόσιος Κουταλιανός

Επιβλέπων: καθηγητής Γεώργιος Σκόδρας

Μάρτιος 2021

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται στα έργα ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας, που εκπονούνται στο πλαίσιο της Εθνικής και Ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Αντικείμενο αυτής είναι η ενεργειακή επιθεώρηση/ανασκόπηση ενός δημοσίου νοσοκομείου, σύμφωνα με τον ν. 4342/2015 (ΦΕΚ 143/Α), Μέρος Β', ενσωμάτωση της οδηγίας 2012/27/ΕΕ). Περιλαμβάνει την μελέτη των ενεργειακών αναγκών και καταναλώσεων του συγκροτήματος του νοσοκομείου, για την αποτύπωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του και την αξιολόγηση πιθανών προτάσεων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Αποτυπώθηκαν οι χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας (θερμική και ηλεκτρική), καταστρώθηκαν τα ενεργειακά ισοζύγια και εκτιμήθηκαν οι σχετικές ποσότητες καταναλισκόμενης ενέργειας. Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, διαπιστώθηκε ότι η θερμική ενέργεια αποτελεί την κύρια μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας, περίπου το 42% της οποίας καταναλώνεται για την θέρμανση χώρων. Πάνω από το 64% της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αφορά τον διαγνωστικό τομέα του νοσοκομείου.

Για την αξιολόγηση της ορθολογικής χρήσης ενέργειας, μελετήθηκαν οι χρονικές κατανομές (ωριαίες, ημερήσιες, μηνιαίες) των καταναλώσεων και συσχετίστηκαν με την λειτουργία του νοσοκομείου, και έγινε προσπάθεια ερμηνείας των διακυμάνσεων της, σε ημερήσια και εποχιακή βάση. Χρησιμοποιώντας πληροφορίες από την αρχική ενεργειακή επιθεώρηση και τις ληφθείσες μετρήσεις, δημιουργήθηκε η γραμμή βάσης (baseline consumption), λαμβάνοντας υπόψη την μηνιαία κατανομή δεδομένων, και προσδιορίστηκαν οι ελάχιστοι στόχοι εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας (37,87% και 21,91% για την θερινή και την

χειμερινή περίοδο αντίστοιχα) και ηλεκτρικής ενέργειας (4,02% και 8,16% αντίστοιχα).

Προτάθηκαν δύο μέτρα εξοικονόμησης (εγκατάσταση "Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου" (BEMS), και "Μονάδας Συμπαραγωγής Υψηλής Απόδοσης"), που αξιολογήθηκαν οικονομικά με βάση τον Συντελεστή Ευκαιρίας (ΣΕ). Η εγκατάσταση συστήματος BEMS προσφέρει εξοικονόμηση 13,8% για το σύνολο των καταναλώσεων, ενώ ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης (POT) υπολογίστηκε σε 3,2 έτη. Αντίστοιχα, η εγκατάσταση μιας μονάδας συμπαραγωγής υψηλής απόδοσης σε συνδυασμό με ψύκτη απορρόφησης, προσφέρει ενεργειακό όφελος της τάξεως του 22,2%, και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης (POT) υπολογίστηκε σε 4 έτη.

Τα ανωτέρω συνθέτουν την ολοκληρωμένη ενεργειακή επιθεώρηση, που προσφέρει την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων, αλλά και την επαναξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του νοσοκομείου. Επισημαίνεται ότι η ενεργειακή επιθεώρηση δεν είναι μια στατική διαδικασία και πρέπει να επαναλαμβάνεται, ώστε να συλλέγονται με νέα δεδομένα για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των μέτρων εξοικονόμησης και την διαχείριση τυχόν αποκλίσεων από τους τεθέντες στόχους.

Abstract

This dissertation is part of the projects of rational use and energy saving, realized within the framework of National and European legislation. Its object is the energy inspection / review of a public hospital, according to Law 4342/2015 (Government Gazette 143/A), Part B', incorporation of Directive 2012/27 / EU). It includes the study of the energy needs and consumptions of the hospital complex, to identify its energy behavior and to evaluate possible energy saving measures.

The types of energy used (thermal and electrical) were recorded, the energy balances were drawn up and the relative quantities of energy consumed were estimated. From the results of the present work, it was found that thermal energy is the main form of energy used, about 42% of which is consumed for space heating. More than 64% of the electricity consumed concerns the diagnostics' sector of the hospital.

To evaluate the rational use of energy, the time distributions (hourly, daily, monthly) of consumption were studied and correlated with the operation of the hospital, and an attempt was made to interpret its variations, on a daily and seasonal basis. Using information from the initial energy inspection and the measurements taken, the baseline consumption was created, taking into account the monthly data distribution, and the minimum thermal energy saving targets were determined (37.87% and 21.91% for the summer and in the winter season respectively) and electricity (4.02% and 8.16% respectively).

Two savings measures were proposed (installation of "Building Energy Management System" (BEMS), and "High Efficiency Cogeneration Unit"), which were evaluated financially based on the Opportunity Ratio (CC). The installation of BEMS system offers a saving of 13.8% for the total consumption, while the pay-out-time of the investment (POT) was estimated at 3.2 years. Respectively, the installation of a

high-efficiency cogeneration unit in combination with an absorption chiller, offers an energy benefit of 22.2%, and the pay-out-time of the investment (POT) was estimated in 4 years.

The above compose the integrated energy inspection, which offers the possibility of drawing conclusions, but also the re-evaluation of the energy behavior of the hospital. It should be noted that energy inspection is not a static process and should be repeated in order to collect new data to check the effectiveness of the saving measures and to manage any deviations from the set objectives.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη 3
Abstract 5
1 Εισαγωγή 10
1.1 Ιστορικό Συναφούς Νομοθετικού Πλαισίου 10
1.2 Σημασία της Επιθεώρησης 11
1.3 Πληροφορίες για το Νοσοκομείο 11
1.4 Σύντομη Ανασκόπηση 12
2 Μεθοδολογία 14
2.1 Μέτρηση της Χρήσης Ενέργειας 14
2.1.1 Χρονικό βήμα για τη μέτρηση χαρακτηριστικών της κατανάλωσης 14
2.1.2 Μονάδες ενέργειας 14
2.1.3 Η περίοδος βάσης και η περίοδος απολογισμού 15
2.1.4 Συλλογή Δεδομένων της Περιόδου Βάσης 15
2.1.5 Άλλες πηγές στοιχείων 16
2.2 Επεξεργασία δεδομένων 17
3 Αποτελέσματα 19
3.1 Διαγράμματα Κατανομών Ενέργειας με τον Χρόνο και Δείκτες Ενεργειακής Επίδοσης 19
3.1.1 Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 19
3.1.2 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας 24
3.1.3 Οι βαθμοημέρες θέρμανσης κι επιφάνεια 26
3.1.4 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βαθμοημέρες ψύξης 28
3.2 Επιμερισμός καταναλώσεων ενέργειας σε χρήσεις 31
3.3 Η Γραμμή Βάσης 34
3.3.1 Συσχέτιση ενέργειας και μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας 34
3.3.2 Επιμέρους ενεργειακές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τυπικής ημέρας 38
3.4 Εκτίμηση κι Εφαρμογή του Τύπου Γραμμής Βάσης. 43
3.4.1 Γενική μορφή του τύπου 43
3.4.2 Ο τυπικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας και η συναφής αβεβαιότητα 51
3.4.3 Απαιτήσεις ακριβείας 52
3.5 Προτεινόμενα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας 53
3.5.1 Αναβάθμιση του BMS του νοσοκομείου και μετατροπή του σε BEMS 53
3.5.2 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας και ψύξης 56

4 Συζήτηση 63
4.1 Χρονολογική Διακύμανση 63
4.2 Επιμερισμός 64
4.3 Τύπος Γραμμής Βάσης 64
4.4 Γραμμή Βάσης 65
4.5 Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας 65
5 Συμπεράσματα – Προτάσεις 66
Βιβλιογραφικές Αναφορές 68
Παράρτημα 69
Χώροι του Νοσοκομείου 69
Ωράριο και προσωπικό λειτουργίας 72
Τυπικές Μέρες Μήνα 74
Περιγραφή εξοπλισμού και συναφών εγκαταστάσεων 75
Συστήματα Φωτισμού 75
Σύστημα Θέρμανσης χώρων και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης - Συστήματα διανομής θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων 79
Σύστημα παραγωγής ψύξης χώρων - Συστήματα διανομής ψυκτικής ενέργειας για την ψύξη των χώρων 82
Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες – Ανεμιστήρες Αερισμού 87
Παραγωγή Ατμού για Χρήση Λειτουργικών Αναγκών του Νοσοκομείου 87
Επιτόπου μετρήσεις 89
Αναλυτικός Υπολογισμός Περιόδου Απολπληρωμής 104

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας- περίοδος θέρμανσης- καθημερινές.* 20
Σχήμα 2 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας- περίοδος θέρμανσης- Σαββατοκύριακα.* 21
Σχήμα 3 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας περίοδος ψύξης καθημερινές* 22
Σχήμα 4 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας περίοδος ψύξης σαββατοκύριακα.* 23
Σχήμα 5 *Μηνιαίο θερμικό διάγραμμα κτιριακού συγκροτήματος* 24
Σχήμα 6 *Διάγραμμα κατανομής μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κτιριακού συγκροτήματος* 28
Σχήμα 7 *Επιμερισμός Χρήσης Θερμικής Ενέργειας Φυσικού Αερίου* 32
Σχήμα 8 *Επιμερισμός Χρήσης Ηλεκτρικής Ενέργειας* 33

Σχήμα 9 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Καθημερινές.* 35
Σχήμα 10 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Σαββατοκύριακα.* 36
Σχήμα 11 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Φυσικού Αερίου με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Καθημερινές.* 37
Σχήμα 12 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Φυσικού Αερίου με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Σαββατοκύριακα.* 38
Σχήμα 13 *Ημερήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανά Εξοπλισμό.* 39
Σχήμα 14 *Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Κλιματισμό Ψυχροστάσιου 1.* 40
Σχήμα 15 *Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Κλιματισμό Ψυχροστάσιου 2* 41
Σχήμα 16 *Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ1 ΜΚΛ18* 42
Σχήμα 17 *Γραμμή Βάσης Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας* 48
Σχήμα 18 *Γραμμή Βάσης Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας* 49
Σχήμα 19 *Κάλυψη Θερμικών Αναγκών Νοσοκομείου από Μονάδα ΣΗΘΥΑ* 59
Σχήμα 20 *Κάλυψη Αναγκών Ηλεκτρικής Ισχύος Νοσοκομείου από Μονάδα ΣΗΘΥΑ* 60
Σχήμα 21 *Κάλυψη Αναγκών Ψύξης Νοσοκομείου από Μονάδα ΣΗΘΥΑ* 61

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 *Ειδική Κατανάλωση Θερμότητας ανά Μήνα* 25
Πίνακας 2 *Φορτίο Θέρμανσης Χώρων ανά Μήνα* 26
Πίνακας 3 *Βαθμοημέρες Θέρμανσης κάθε Μήνα* 27
Πίνακας 4 *Ειδική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ψύξη ανά Μήνα* 29
Πίνακας 5 *Φορτίο Ψύξης/Κλιματισμού ανά Μήνα* 30
Πίνακας 6 *Βαθμοημέρες Ψύξης κάθε Μήνα* 30
Πίνακας 7 *Επιμερισμός Χρήσης Θερμικής Ενέργειας Φυσικού Αερίου* 31
Πίνακας 8 *Επιμερισμός Χρήσης Ηλεκτρικής Ενέργειας* 33
Πίνακας 9 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Θερινή Περίοδο* ... 44
Πίνακας 10 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Χειμερινή Περίοδο* 44
Πίνακας 11 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Θερμικής Ενέργειας για Θερινή Περίοδο* 45
Πίνακας 12 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Θερμικής Ενέργειας για Χειμερινή Περίοδο* .. 45
Πίνακας 13 *Καταναλώσεις Γραμμής Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας* 46
Πίνακας 14 *Καταναλώσεις Γραμμής Βάσης Θερμικής Ενέργειας* 47
Πίνακας 15 *Μέση Ρίζα Τετραγωνικού Σφάλματος RMSE* 51
Πίνακας 16 *Ελάχιστος Στόχος Εξοικονόμησης Ενέργειας* 52
Πίνακας 17 *Συντελεστής Ευκαιρίας* 53
Πίνακας 18 *Εξοικονόμηση Ενέργειας από BEMS* 55
Πίνακας 19 *Υπολογισμός Απλής Περιόδου Αποπληρωμής* 55
Πίνακας 20 *Προδιαγραφές Μονάδας Συμπαραγωγής* 58
Πίνακας 21 *Υπολογισμός Απλής Περιόδου Αποπληρωμής* 62

1 Εισαγωγή

Η συνολική μελέτη ενός ολόκληρου κτηριακού συγκροτήματος -στην περίπτωσή μας ενός νοσοκομείου- σχετικά με τις ενεργειακές του καταναλώσεις, η εξαγωγή συμπερασμάτων της ενεργειακής του συμπεριφοράς, η εκτίμηση των περιθωρίων Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΕ), καθώς και η πρόταση και αξιολόγηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας είναι το αντικείμενο στο οποίο η παρούσα εργασία απευθύνεται.

1.1 Ιστορικό Συναφούς Νομοθετικού Πλαισίου

Οι ενεργειακοί έλεγχοι άρχισαν στην Ελλάδα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 11038/1999 η οποία διαμορφώθηκε με βάση την αρχική έκδοση του Αμερικάνικου Πρωτοκόλλου Μέτρησης και Επαλήθευσης των Ενεργειακών Επιδόσεων (North American Monitoring and Verification Protocol NAMVP) το οποίο εκδόθηκε το 1996. Με το πρωτόκολλο αυτό καθορίζεται για πρώτη φορά ο όρος ‘ενεργειακός έλεγχος’ (energy audit).

Η πρώτη σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα της ΕΕ ήταν η οδηγία SAVE (2006/32/ΕΕ) ή αλλιώς Οδηγία Εξοικονόμησης Ενέργειας (Energy Saving Directive – ESD). Η οδηγία αυτή ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο με τον νόμο 3855/2010. Προγενέστερα υπήρξε ο νόμος 3661/2008 στηριζόμενος στην Οδηγία 2002/91/ΕΕ, όπου θεσπίστηκε η διαδικασία της ‘ενεργειακής επιθεώρησης’ με βάση τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ). Στην συνέχεια ο νόμος 4122/2013 προσαρμόστηκε στην νέα Οδηγία 2010/31/ΕΕ η οποία αντικατέστησε την 2002/91/ΕΕ.

Ο νόμος 4342/2015 ενσωμάτωσε στο ελληνικό δίκαιο την νέα Οδηγία 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση (EED – Energy Efficiency Directive) η οποία αντικατέστησε την ESD (2006/32/ΕΕ). Με τον νέο αυτόν νόμο κατέστη ενιαία η

διαδικασία ενεργειακών ελέγχων σε βιομηχανία και κτήρια. Επίσης καθορίστηκε με σαφήνεια ότι οι ενεργειακοί έλεγχοι στηρίζονται στην πραγματική ενεργειακή κατανάλωση σε αντιδιαστολή των υπολογιστικών εκτιμήσεων αυτής όπως καθορίζεται στον ΚΕΝΑΚ.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ενεργειακή επιθεώρηση (energy audit) του Νοσοκομείου στο πλαίσιο του νόμου 4342/2015 με την συνδρομή του αντίστοιχου Οδηγού που έχει εκδώσει το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

1.2 Σημασία της Επιθεώρησης

Το Νοσοκομείο, λόγω της μεγάλης κτηριακής του υποδομής, της εικοσιτετράωρης λειτουργίας του καθ' όλη την διάρκεια του έτους και της ηλικίας του, απαιτεί την κατανάλωση σημαντικών ποσών ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η ενεργειακή ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας, ο προσδιορισμός των περιθωρίων Εξοικονόμησης Ενέργειας και η πρόταση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης. [1] Μέχρι την έναρξη της παρούσας εργασίας ουδέποτε έχει πραγματοποιηθεί διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στο συγκεκριμένο Νοσοκομείο.

1.3 Πληροφορίες για το Νοσοκομείο

Η παρούσα ενεργειακή επιθεώρηση αφορά το Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας (Π.Γ.Ν.Λ.), στο εξής αναφερόμενο ως ΄΄Νοσοκομείο΄΄. Το κτιριακό συγκρότημα του Νοσοκομείου ξεκίνησε τη λειτουργία του κατά το έτος 1999. Η ανέγερση του διήρκησε από το 1991 μέχρι το 1998. Καταλαμβάνει κτίσμα 89.000 m^2 σε οικόπεδο εκτάσεως 150 στρεμμάτων σε αραιοδομημένο περιβάλλον το οποίο δεν παρουσιάζει ευαίσθητα στοιχεία ούτε βρίσκεται σε ζώνη με ιδιαίτερο καθεστώς προστασίας. Διαθέτει 650 Κλίνες ενώ απασχολεί στο σύνολο του 1734 άτομα.

Σκοπός του Νοσοκομείου είναι η παροχή δευτεροβάθμιας και κυρίως τριτοβάθμιας περίθαλψης στους πολίτες, η εγκατάσταση σ' αυτό των πανεπιστημιακών κλινικών, εργαστηρίων και ειδικών μονάδων του ιατρικού τμήματος της Σχολής Επιστημών Υγείας, καθώς και η ανάπτυξη αντίστοιχων ή άλλων μονάδων του Εθνικού Συστήματος Υγείας, η εκπαίδευση γιατρών και λοιπών επιστημόνων υγείας και η ανάπτυξη της έρευνας στο χώρο της υγείας.

Λόγω του μεγέθους και της πολυπλοκότητας των ενεργειακών καταναλώσεων του Νοσοκομείου,[2] υπάρχει υφιστάμενο εγκατεστημένο σύστημα διαχείρισης κτηρίου (Building Management System – BMS). Το σύστημα χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της λειτουργίας του ενεργειακού εξοπλισμού και των κρίσιμων μεγεθών, με δυνατότητα παρεμβάσεων είτε αυτόματα είτε από τον χρήστη. Πιο συγκεκριμένα το BMS παρακολουθεί τη λειτουργία των υποσταθμών ηλεκτρικού ρεύματος και τις συνθήκες λειτουργίας των λεβήτων.

1.4 Σύντομη Ανασκόπηση

Για την έναρξη της διαδικασίας επιθεώρησης, πραγματοποιήθηκε μια αρχική επίσκεψη στον χώρο του Νοσοκομείου κατά την οποία συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις, όπως χαρακτηριστικά ενεργειακού εξοπλισμού, λογαριασμοί ηλεκτρικής κατανάλωσης και φυσικού αερίου. Σε δεύτερη επίσκεψη, έγιναν μετρήσεις με αναλυτές ποιότητας ισχύος σε επιλεγμένο εξοπλισμό.

Για την ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων, κατασκευάστηκαν διαγράμματα κατανομών καταναλώσεων με τον χρόνο (σε ημερήσια και μηνιαία βάση), ώστε να αναλυθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του νοσοκομείου, και εκτιμηθούν αρχικά τα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Ακολούθησε επιμερισμός των καταναλώσεων

της ηλεκτρικής ενέργειας και τις ενέργειας για τις θερμικές ανάγκες του κτηρίου, και καταστρώθηκαν τα κατάλληλα ισοζύγια ενέργειας.

Για την δημιουργία της γραμμής βάσης, αρχικά συσχετίστηκαν οι μηνιαίες καταναλώσεις με παράμετρο την εξωτερική θερμοκρασία. Ακολούθως, κατασκευάστηκε ο τύπος της γραμμής βάσης με παλινδρόμηση μεταξύ των δεδομένων, και εκτιμήθηκαν οι ελάχιστοι στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη το σφάλμα εκτίμησης του τύπου της γραμμής βάσης.[3]

Τέλος, προτάθηκαν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, εκτιμώντας τις ανάγκες του Νοσοκομείου, και αξιολογήθηκαν ενεργειακά και οικονομικά.

2 Μεθοδολογία

Στην παρούσα ενότητα δίνονται οι πληροφορίες που διέπουν την παρούσα μελέτη και καθορίζουν την πιστότητά της. Για τον λόγο αυτό θα περιγραφούν οι διαδικασίες και οι τεχνικές συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων, καθώς και οι διάφοροι υπολογισμοί που διεκπεραιώθηκαν.

2.1 Μέτρηση της Χρήσης Ενέργειας

2.1.1 Χρονικό βήμα για τη μέτρηση χαρακτηριστικών της κατανάλωσης

Το χρονικό βήμα των μετρήσεων ορίζεται ο ένας μήνας, με διάρκεια μετρήσεων ενός έτους. Οι μετρήσεις έγιναν για 12 συνεχόμενους μήνες, από τον Ιούνιο του 2019 ως τον Ιούνιο του 2020. Η περίοδος αυτή, στηριζόμενοι στις κλιματολογικές συνθήκες και σε σύγκριση με μετρήσεις προηγούμενων ετών, θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την τυπική κατανάλωση και δεν επιβάλλεται η επέκτασή της. Ωστόσο, δοθέντων των στοιχείων και προκειμένου να τεκμηριωθούν αποτελεσματικότερα οι στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας, στη διάρκεια της μελέτης αποφασίζονται εναλλακτικά χρονικά βήματα μικρότερης διάρκειας, αναγόμενα στην ίδια χρονική περίοδο μετρήσεων.

Το κτηριακό συγκρότημα της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιεί αποκλειστικά μη αποθηκευόμενες, προμηθευόμενες μορφές ενέργειας. Έτσι με βάση τον Οδηγό Ενεργειακών Ελέγχων, η ποσότητά τους θα πρέπει να μετράται με τον ίδιο μετρητή βάση του οποίου διεκπεραιώνεται η προμήθεια. Επομένως χρησιμοποιούνται εκείνες οι ποσότητες ενέργειας που αναφέρονται στα τιμολόγια προμήθειας.

2.1.2 Μονάδες ενέργειας

Όλες οι καταναλισκόμενες ποσότητες ενέργειας εκφράζονται με βάση τις φυσικές μονάδες μέτρησής τους, και εν προκειμένω την κιλοβατώρα kWh.

2.1.3 Η περίοδος βάσης και η περίοδος απολογισμού

Εφόσον έχει επιλεγεί η αντιπροσωπευτική χρονική περίοδος συλλογής ενεργειακών στοιχείων (baseline energy period), προχωρούμε στη δημιουργία της ενεργειακής κατανάλωσης βάσης (baseline energy consumption). Η ενεργειακή κατανάλωση βάσης εκφράζει τα στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας που θα έχουν χρησιμοποιηθεί την περίοδο αυτή, συσχετιζόμενα με τα στοιχεία για τους παράγοντες προσαρμογής της περιόδου, δηλαδή τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την κατανάλωση ενέργειας. Τέτοιος παράγοντας στην παρούσα μελέτη αποτελεί η μέση θερμοκρασία του μήνα. Η συσχέτιση αυτή καθορίζεται από τον τύπο της γραμμής βάσης της ενεργειακής κατανάλωσης βάσης, μια γραμμική μαθηματική σχέση.

Μετά την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, δύναται να κατασκευαστεί η ενεργειακή κατανάλωση απολογισμού, η οποία περιλαμβάνει την γραμμή βάσης κατανάλωσης και τις νέες μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας για την επιλεγόμενη περίοδο απολογισμού. Έτσι, με την αφαίρεση των παραπάνω, προκύπτει η εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας.

2.1.4 Συλλογή Δεδομένων της Περιόδου Βάσης

Πηγή δεδομένων για τις ενεργειακές καταναλώσεις των εγκαταστάσεων είναι οι μετρήσεις των εταιριών κοινής ωφέλειας (ΕΚΩ), για το ηλεκτρικό ρεύμα και το φυσικό αέριο. Συγκεκριμένα τα στοιχεία των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας ελήφθησαν από το ΔΕΔΔΗΕ σε επίπεδο καταγραφών ώρας. Η τροφοδοσία με φυσικό αέριο, γίνεται από το δίκτυο της ΕΔΑ ΘΕΣΣ, η οποία έχει εγκατεστημένο στο νοσοκομείο ένα PTZ μετρητή. Ο μετρητής μετρά και καταγράφει τον όγκο του φυσικού αερίου που καταναλώνεται ανά ώρα.

2.1.5 Άλλες πηγές στοιχείων

Για την συγκέντρωση περισσότερων στοιχείων κατανάλωσης και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, ελήφθησαν μετρήσεις από επιμέρους μετρητές ενέργειας (αναλυτές ποιότητας ισχύος) σε βασικά σημεία της εγκατάστασης. Οι μετρήσεις έγιναν σε ενδεικτικά χρονικά διαστήματα, μικρότερα του χρονικού βήματος της περιόδου βάσης (ένας μήνας), επομένως πραγματοποιήθηκαν κατάλληλες αναγωγές στο χρονικό βήμα επιλογής. Πίνακας (Πίνακας 6) με το πρόγραμμα των μετρήσεων παρουσιάζεται στο παράρτημα. Επίσης έγινε καταγραφή των φωτιστικών και της ισχύος τους όπως φαίνεται στον Πίνακας 4 στο παράρτημα.

2.2 Επεξεργασία δεδομένων

Αρχικά έγινε διαχωρισμός σε ωριαίες καταναλώσεις για τις δύο μορφές ενέργειας που χρησιμοποιεί το Νοσοκομείο για το αντιπροσωπευτικό έτος που επιλέχτηκε. Έτσι προέκυψε η ισχύς – ενέργεια για κάθε ώρα. Με την βοήθεια συγκεντρωτικών πινάκων, κατέστη δυνατός ο διαχωρισμός των καταναλώσεων σε επιμέρους χρονικά βήματα, ανάλογα των αναγκών της μελέτης.[2]

Προκειμένου να γίνει το ισοζύγιο κι ο επιμερισμός κατανάλωσης της κάθε μορφής ενέργειας, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα λειτουργίας του Νοσοκομείου, όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα, και ο εποχιακός διαχωρισμός καταναλώσεων θέρμανσης και ψύξης. Έτσι καταρτίστηκε πίνακας με την τυπική ημέρα κάθε μήνα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3 του παραρτήματος, και κατόπιν κατάλληλων προσθαφαιρέσεων σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες χρήσεις ενέργειας. Για την κατασκευή της γραμμής βάσης έγινε μηνιαίος διαχωρισμός των καταναλώσεων και στατιστική επεξεργασία τους,[4] όπως περιγράφεται στα αποτελέσματα.

Τέλος, σχετικά με τον υπολογισμό της εξοικονόμησης από την χρήση μονάδας συμπαραγωγής, επιμερίστηκαν όπως αναφέρθηκε οι ωριαίες καταναλώσεις[5] κάθε μήνα και δημιουργήθηκε αλγόριθμος για τον υπολογισμό της παραγόμενης από την μονάδα ενέργειας, ανάλογα με την εκάστοτε ζήτηση και τις προδιαγραφές της μονάδας. Η οικονομική αξιολόγηση του παραπάνω μέτρου προκύπτει μέσω διαδικασίας υπολογισμού του κόστους ανά MWh επί του καταναλισκόμενου καυσίμου που θα χρειαζόταν για να παράγει η μονάδα συμπαραγωγής την παραπάνω ενέργεια, σε σύγκριση με τις τιμές της MWh προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου επί τις αντίστοιχες καταναλώσεις, για να πραχθεί η ίδια ποσότητα ενέργειας με τις συμβατικές εγκαταστάσεις που διαθέτει το Νοσοκομείο. Αναλυτικά στοιχεία

παρουσιάζονται στον Πίνακα 7 παραρτήματος για τον υπολογισμό της περιόδου αποπληρωμής.

3 Αποτελέσματα

Παρακάτω ακολουθούν οι καταγραφές των παρατηρήσεων της μελέτης, όπως αυτές μετρήθηκαν, υπολογίστηκαν και αποτυπώθηκαν σε μορφή πινάκων διαγραμμάτων και συναρτήσεων.

3.1 Διαγράμματα Κατανομών Ενέργειας με τον Χρόνο και Δείκτες Ενεργειακής Επίδοσης

Τα διαγράμματα κατανομών της κατανάλωσης ενέργειας του υπό μελέτη κτιριακού συγκροτήματος, παριστάνουν γραφικά την μεταβολή μιας μορφής ενέργειας ως συνάρτηση του χρόνου, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

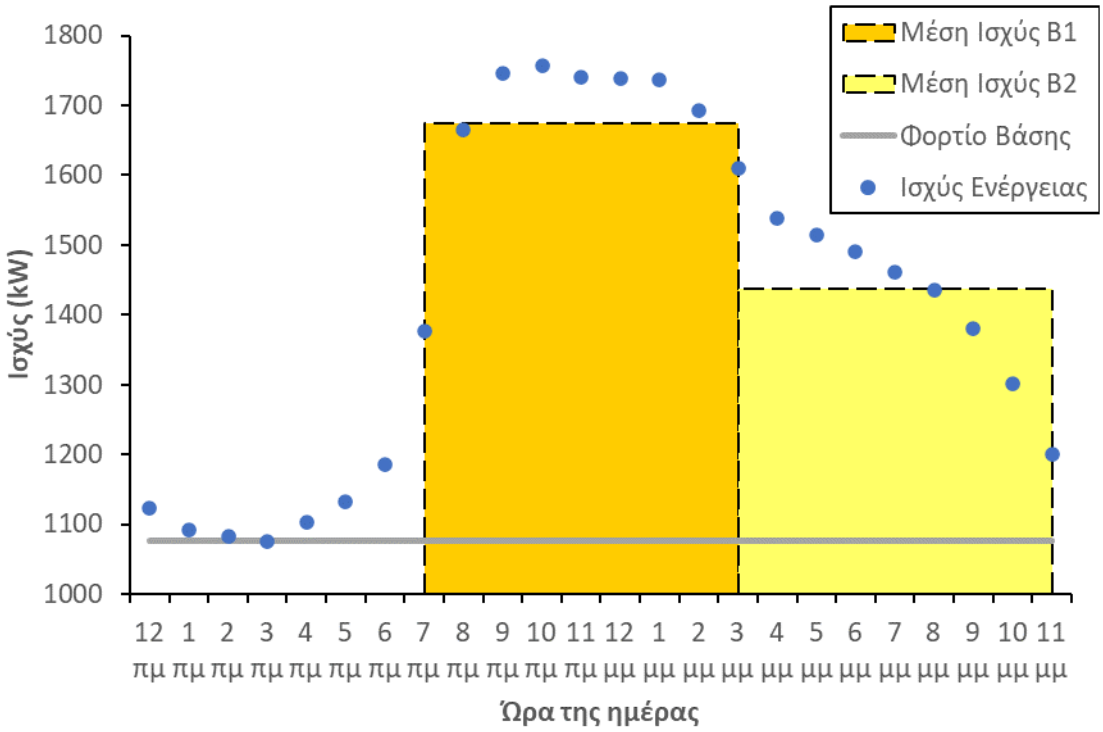
Κατασκευάζονται με βάση τα στοιχεία που έχουν ανακτηθεί από τους μετρητές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Παρέχουν άμεση πληροφόρηση και επιτρέπουν πρώτες εκτιμήσεις για τον τρόπο και τους κύριους τομείς χρήσης της ενέργειας σε ωριαία, ημερήσια κι εποχιακή βάση. Σύμφωνα με τον Οδηγό, κατά την διάρκεια του εκτεταμένου ελέγχου, δημιουργούνται κατ' ελάχιστο:

- Διάγραμμα κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαία βάση Σχήμα 1-4
- Διάγραμμα κατανάλωσης φυσικού αερίου σε μηνιαία βάση Σχήμα 5
- Διάγραμμα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μηνιαία βάση Σχήμα 6

3.1.1 Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

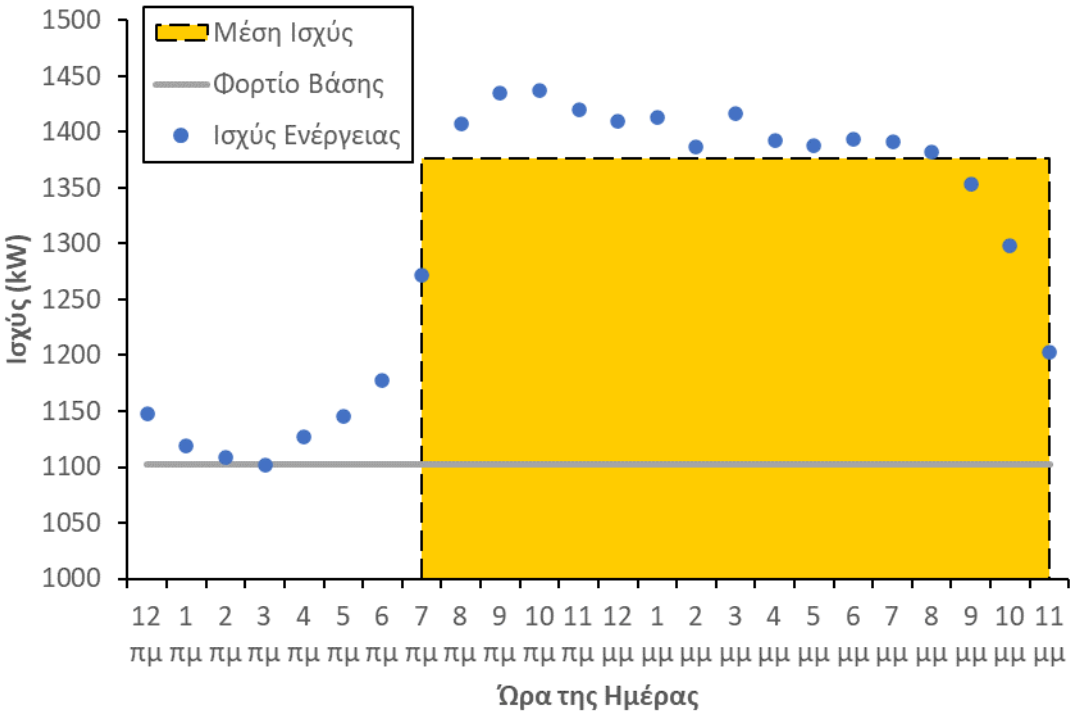
Κατασκευάζεται με βάση τα στοιχεία που καταγράφονται από τον μετρητή της ΔΕΗ κάθε τέταρτο της τάσης στη μέση τάση για τυπικές ημέρες της εβδομάδας κι εποχές του έτους. Παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο χρήσης της τελικής ενέργειας.

Σχήμα 1 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας- περίοδος θέρμανσης- καθημερινές.*



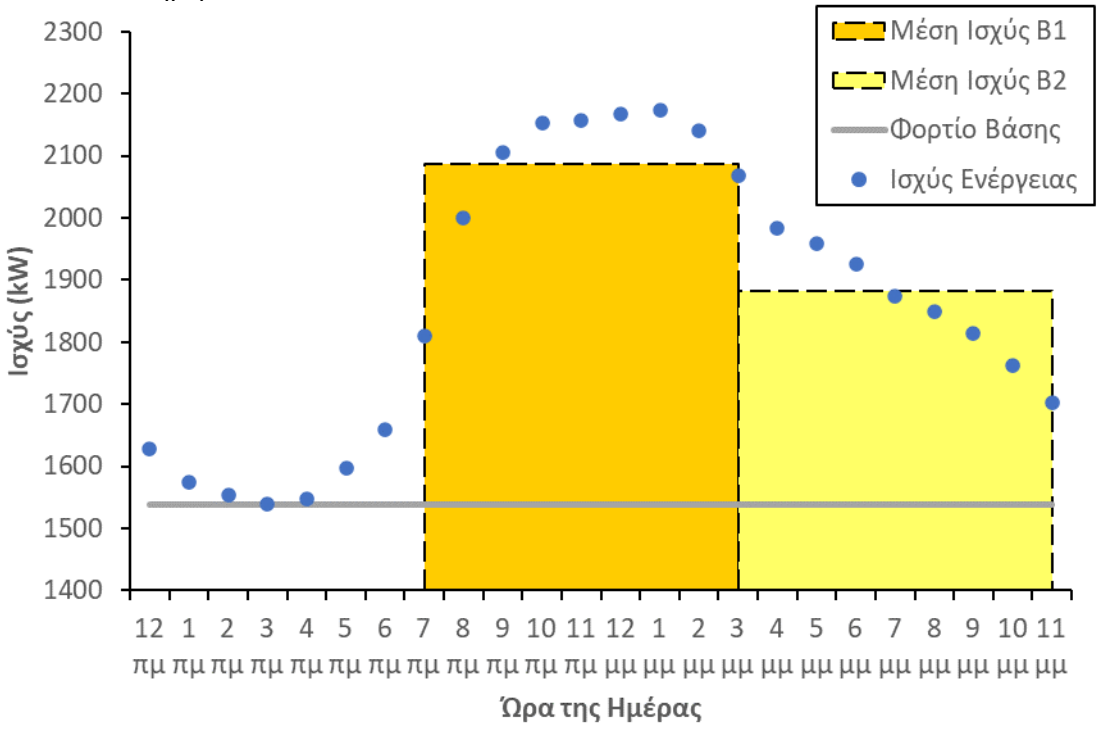
Σημείωση: *Η απαιτούμενη μέση ισχύς ανά βάρδια σχεδιάζεται ως παρεμβολή στα στοιχεία του διαγράμματος, λαμβάνοντας υπόψη το πρόγραμμα λειτουργίας του Νοσοκομείου για κάθε βάρδια. Για τις καθημερινές, μπορεί να θεωρηθεί ότι το νοσοκομείο λειτουργεί με 2 βάρδιες.*

Σχήμα 2 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας- περίοδος θέρμανσης- Σαββατοκύριακα.*



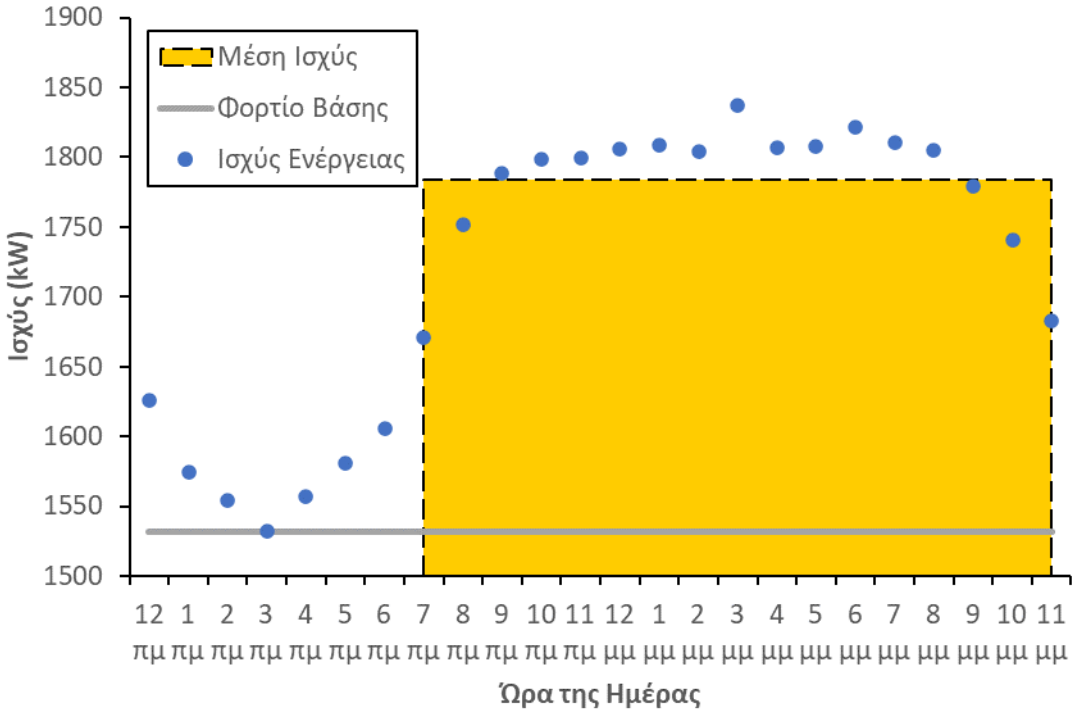
Σημείωση: *Η απαιτούμενη μέση ισχύς ανά βάρδια σχεδιάζεται ως παρεμβολή στα στοιχεία του διαγράμματος, λαμβάνοντας υπόψιν το πρόγραμμα λειτουργίας του Νοσοκομείου για κάθε βάρδια. Για τα Σαββατοκύριακα, θεωρείται ότι το Νοσοκομείο λειτουργεί με 1 βάρδια.*

Σχήμα 3 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας περίοδος ψύξης καθημερινές*



Σημείωση: Η απαιτούμενη μέση ισχύς ανά βάρδια σχεδιάζεται ως παρεμβολή στα στοιχεία του διαγράμματος, λαμβάνοντας υπόψιν το πρόγραμμα λειτουργίας του Νοσοκομείου για κάθε βάρδια. Για τις καθημερινές, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το Νοσοκομείο λειτουργεί με 2 βάρδιες.

Σχήμα 4 *Διάγραμμα 24ωρης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας περίοδος ψύξης σαββατοκύριακα.*

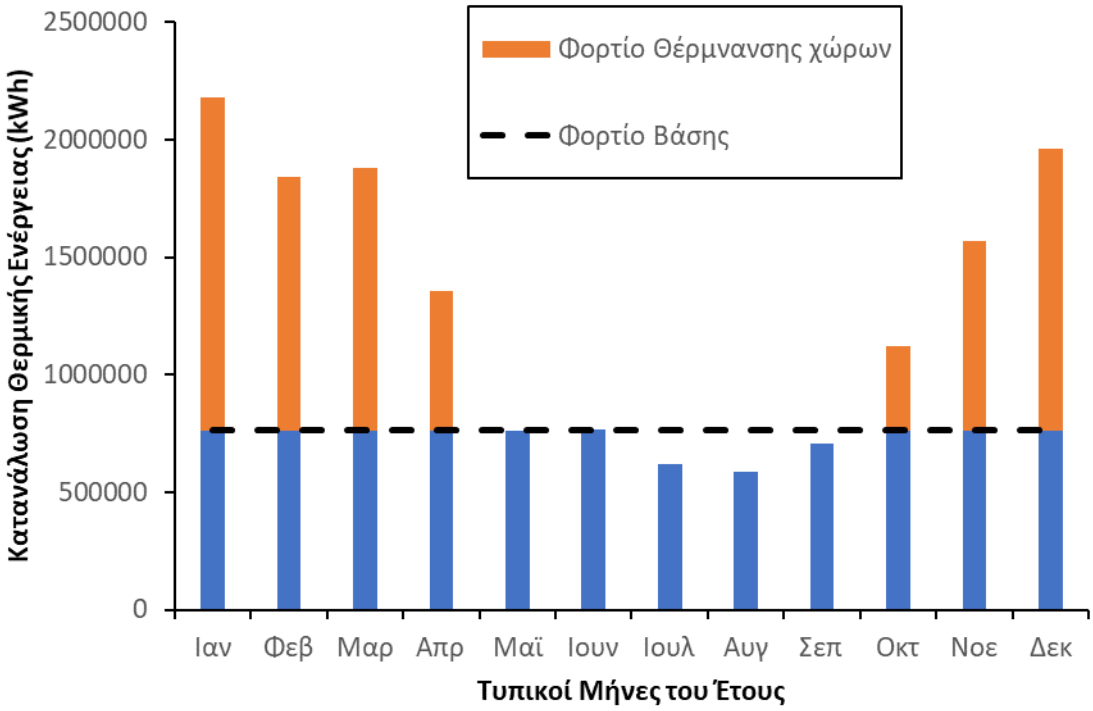


Σημείωση: Η απαιτούμενη μέση ισχύς ανά βάρδια σχεδιάζεται ως παρεμβολή στα στοιχεία του διαγράμματος, λαμβάνοντας υπόψιν το πρόγραμμα λειτουργίας του Νοσοκομείου για κάθε βάρδια. Για τα Σαββατοκύριακα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το Νοσοκομείο λειτουργεί με 1 βάρδια.

3.1.2 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας

Το μηνιαίο θερμικό διάγραμμα κατανομής με τον χρόνο για το κτιριακό συγκρότημα του νοσοκομείου, παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης της απαιτούμενης θερμότητας για την θέρμανση των κτιριακών χώρων.

Σχήμα 5 *Μηνιαίο θερμικό διάγραμμα κτιριακού συγκροτήματος*



Σημείωση: Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 η μέση μηνιαία απαίτηση θέρμανσης χώρων προσδιορίζεται ανά μήνα μετά την αφαίρεση του θερμικού φορτίου βάσης το οποίο προσδιορίζεται από τους μήνες που δεν έχουμε θέρμανση. Η προσέγγιση αυτή θεωρείται ορθή, αφού για θέρμανση των χώρων χρησιμοποιείται μόνο φυσικό αέριο, για το οποίο εκτιμήθηκαν και οι καταναλώσεις.

Ο δείκτης ειδικής κατανάλωσης θερμότητας για την θέρμανση χώρων διαμορφώνεται ως εξής:

$$\varepsilon_{\Theta X} = \Theta_{\Delta} / (A * BH\Theta_{\Delta})$$

όπου

Θ_{Δ} είναι το φορτίο θέρμανσης χώρων,

Α είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια

$BH\Theta_{\Delta}$ είναι οι βαθμοημέρες θέρμανσης όπως θα οριστούν στη συνέχεια.

Πίνακας 1 *Ειδική Κατανάλωση Θερμότητας ανά Μήνα*

Μήνες θέρμανσης	Ειδική κατανάλωση θερμότητας
Ιανουάριος	0,061
Φεβρουάριος	0,060
Μάρτιος	0,093
Απρίλιος	0,427
Οκτώβριος	0,102
Νοέμβριος	0,055
Δεκέμβριος	0,053

Σημείωση: *Αυτός ο πίνακας δείχνει την ειδική κατανάλωση θερμότητας όπως υπολογίστηκε κατόπιν πράξεων με βάση τον τύπο που περιεγράφηκε, για κάθε τυπικό μήνα που έχω θέρμανση.*

Πίνακας 2 *Φορτίο Θέρμανσης Χώρων ανά Μήνα*

Μήνες θέρμανσης	Φορτίο θέρμανσης (kWh)
Ιανουάριος	1418609,77
Φεβρουάριος	1076140,77
Μάρτιος	1114641,77
Απρίλιος	593820,77
Οκτώβριος	357606,80
Νοέμβριος	805151
Δεκέμβριος	1199468,81

Σημείωση: *Το φορτίο θέρμανσης χώρων έχει υπολογιστεί όπως περιεγράφηκε στο Σχήμα 5, για τους μήνες που έχω θέρμανση, σε kWh.*

Ο δείκτης υπολογίζεται με βάση τα ιστορικά στοιχεία για την μηνιαία κατανάλωση καυσίμων και είναι κατάλληλος για την αξιολόγηση των ενεργειακών επιδόσεων κατά την χρήση της ενέργειας στο ίδιο κτήριο, χωρίς σημαντικές μεταβολές στο ωράριο λειτουργίας του νοσοκομείου.

Η επιλογή του δείκτη ειδικής κατανάλωσης θερμότητας θα πρέπει να αξιολογείται με βάση το κριτήριο της ελάχιστης διακύμανσης των τιμών τις οποίες λαμβάνει για όλους τους τυπικούς μήνες. Ο δείκτης αυτός θα πρέπει να γίνεται αποδεκτός ως μέτρο ελέγχου της προόδου στον τομέα της εξοικονόμησης.

3.1.3 Οι βαθμοημέρες θέρμανσης κι επιφάνεια

Για τη διαμόρφωση του δείκτη ειδικής κατανάλωσης, λαμβάνεται υπόψη η επιφάνεια των θερμαινόμενων χώρων (A) σε m^2 με βάση τα συλλεγόμενα στοιχεία όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα.

Οι βαθμοημέρες θέρμανσης ($ΒΗΘ_Δ$) υπολογίζονται από τη σχέση:

$$ΒΗΘ_Δ = \frac{1}{24} \sum_{k=1}^{24} (T_i - T_{h,k})_+ \approx N\,(T_i - \bar{T}_a)_+$$

T_i : η θερμοκρασία αναφοράς των εσωτερικών χώρων (λαμβάνεται ίση με 18 ^oC)

$T_{h,k}$: η ωριαία εξωτερική θερμοκρασία για το χρονικό διάστημα αναφοράς N ημερών

$\bar{T}_a$: η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος για το διάστημα αναφοράς (μήνας) η οποία δημοσιεύεται από την ΕΜΥ

N: οι ημέρες που περιλαμβάνονται στο χρονικό διάστημα αναφοράς, το οποίο λαμβάνεται ίσο με έναν ημερολογιακό μήνα.

Πίνακας 3 *Βαθμοημέρες Θέρμανσης κάθε Μήνα*

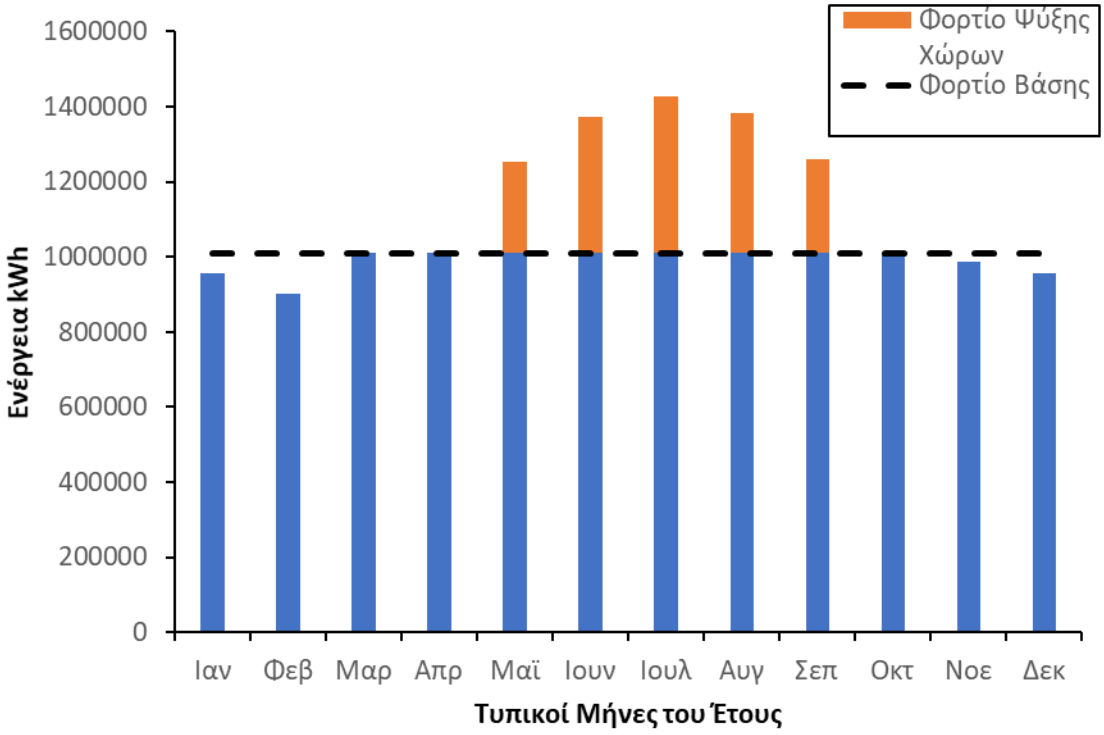
Μήνας	$ΒΗΘ_Δ$
Ιανουάριος	350
Φεβρουάριος	272
Μάρτιος	180
Απρίλιος	21
Οκτώβριος	53
Νοέμβριος	219
Δεκέμβριος	341

Σημείωση: *Οι βαθμοημέρες υπολογίζονται προσεγγιστικά με το δεύτερο σκέλος της εξίσωσης, μόνο με τη χρήση της μέσης θερμοκρασίας της περιόδου αναφοράς και όταν $(T_i - \bar{T}_a)_+ > 0$. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από την ΤΟΤΕΕ 20701-3.*

3.1.4 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βαθμοημέρες ψύξης

Στο υπό μελέτη κτήριο χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια για την ψύξη των χώρων, χωρίς να υπάρχει παράλληλα χρήση της για την άμεση θέρμανση των χώρων την υπόλοιπη περίοδο. Κατόπιν τούτου, σε αντιστοιχία με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε στην προηγούμενη υποενότητα, μπορεί να εκτιμηθεί το απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο για την ψύξη των χώρων, μέσω του σχετικού χρονοδιαγράμματος.

Σχήμα 6 *Διάγραμμα κατανομής μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κτιριακού συγκροτήματος*



Σημείωση: *Το μηνιαίο ηλεκτρικό χρονοδιάγραμμα παρέχει την δυνατότητα εκτίμησης της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη/κλιματισμό των κτιριακών χώρων. Αυτή προσδιορίζεται από την αφαίρεση επί των μηνών που έχω ψύξη, του φορτίου βάσης.*

Κατά αναλογία με την περίοδο θέρμανσης, διαμορφώνεται ο δείκτης ειδικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη/κλιματισμό των χώρων ως εξής:

$$\varepsilon_{\Psi X} = \Psi_{\Delta} / (A * B\Psi)$$

όπου

$Ψ_Δ$ είναι το φορτίο ψύξης/κλιματισμού χώρων,

Α είναι η ψυχόμενη επιφάνεια

ΒΗΨ είναι οι βαθμοημέρες ψύξης.

Πίνακας 4 *Ειδική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Ψύξη ανά Μήνα*

Μήνες ψύξης	Ειδική κατανάλωση ψύξης
Μάιος	0,027
Ιούνιος	0,025
Ιούλιος	0,020
Αύγουστος	0,019
Σεπτέμβριος	0,023

Σημείωση: *Αυτός ο πίνακας δείχνει την ειδική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όπως υπολογίστηκε κατόπιν πράξεων με βάση τον τύπο που περιεγράφηκε, για κάθε τυπικό μήνα που έχω ψύξη.*

Πίνακας 5 *Φορτίο Ψύξης/Κλιματισμού ανά Μήνα*

Μήνες ψύξης	Φορτίο Ψύξης (kWh)
Μάιος	243984,86
Ιούνιος	362705,66
Ιούλιος	418212,46
Αύγουστος	372396,86
Σεπτέμβριος	251209,26

Σημείωση: Το ηλεκτρικό φορτίο ψύξης χώρων έχει υπολογιστεί όπως περιεγράφηκε στο Σχήμα 6, για τους μήνες που έχω ψύξη, σε kWh.

Οι βαθμοημέρες ψύξης υπολογίζονται ως εξής: $ΒΗΨ = N_{Δ} (\bar{T}_{a} – T_{i})$

Πίνακας 6 *Βαθμοημέρες Ψύξης κάθε Μήνα*

Μήνας	ΒΗΨ
Μάιος	136,4
Ιούνιος	222
Ιούλιος	313
Αύγουστος	295
Σεπτέμβριος	168

Σημείωση: *Οι βαθμοημέρες υπολογίζονται προσεγγιστικά με το δεύτερο σκέλος της εξίσωσης, μόνο με τη χρήση της μέσης θερμοκρασίας της περιόδου αναφοράς και όταν* $(T_i – \bar{T}_a)_+ > 0$. *Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από την ΤΟΤΕΕ 20701-3.*

Η θερμοκρασία αναφοράς των εσωτερικών χώρων λαμβάνεται ίση με 18 ºC , διότι τότε θεωρείται ότι μηδενίζονται τα φορτία ψύξης/κλιματισμού σε κτίρια τριτογενούς τομέα, όπως και το νοσοκομείο, τα οποία έχουν μεγάλα εσωτερικά φορτία.

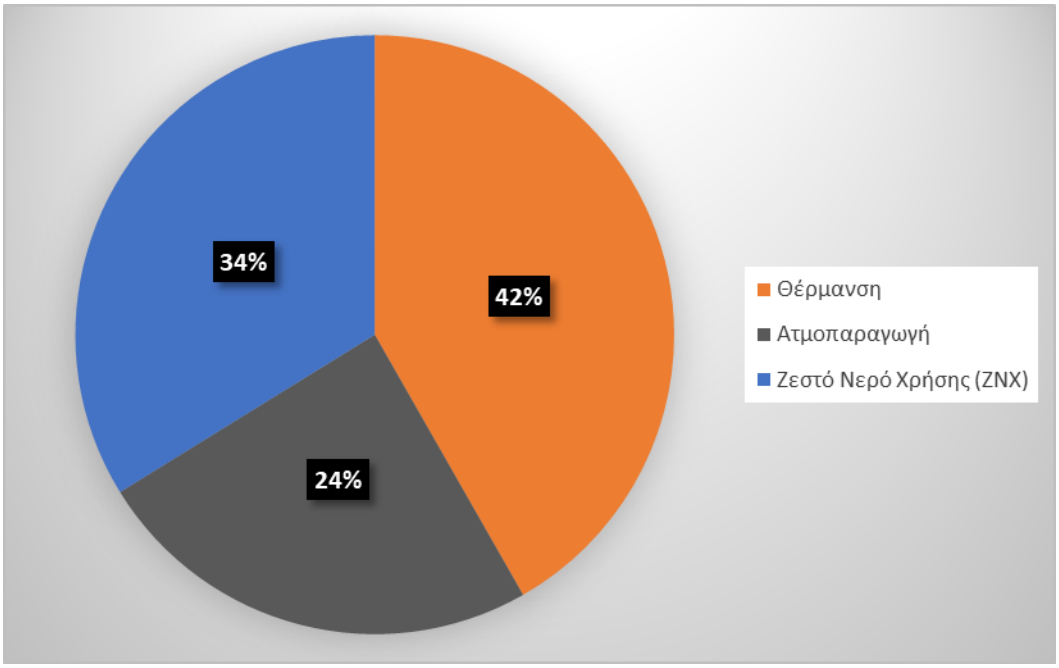
3.2 Επιμερισμός καταναλώσεων ενέργειας σε χρήσεις

Το κτηριακό συγκρότημα του νοσοκομείου καλύπτεται ενεργειακά στο επιλεγμένο έτος αναφοράς από 15725090,5 kWh αρχικής ενέργειας από την καύση φυσικού αερίου και από 13771911,6 kWh ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια ακολουθούν διαγράμματα και πίνακες επιμερισμού των καταναλώσεων για κάθε μορφή ενέργειας. Ο υπολογισμός έγινε με την μέθοδο των μέσων τιμών των καταναλώσεων.

Πίνακας 7 *Επιμερισμός Χρήσης Θερμικής Ενέργειας Φυσικού Αερίου*

Χρήση	Ενέργεια σε kWh	Ποσοστό επί του συνόλου
Θέρμανση χώρων	6565439,674	41,8%
Ζεστό Νερό Χρήσης	5316154,892	33,8%
Ατμοπαραγωγή	3843495,92	24,4%
Σύνολο	15725090,49	100%
Ενέργεια ανά m^2	237.287	

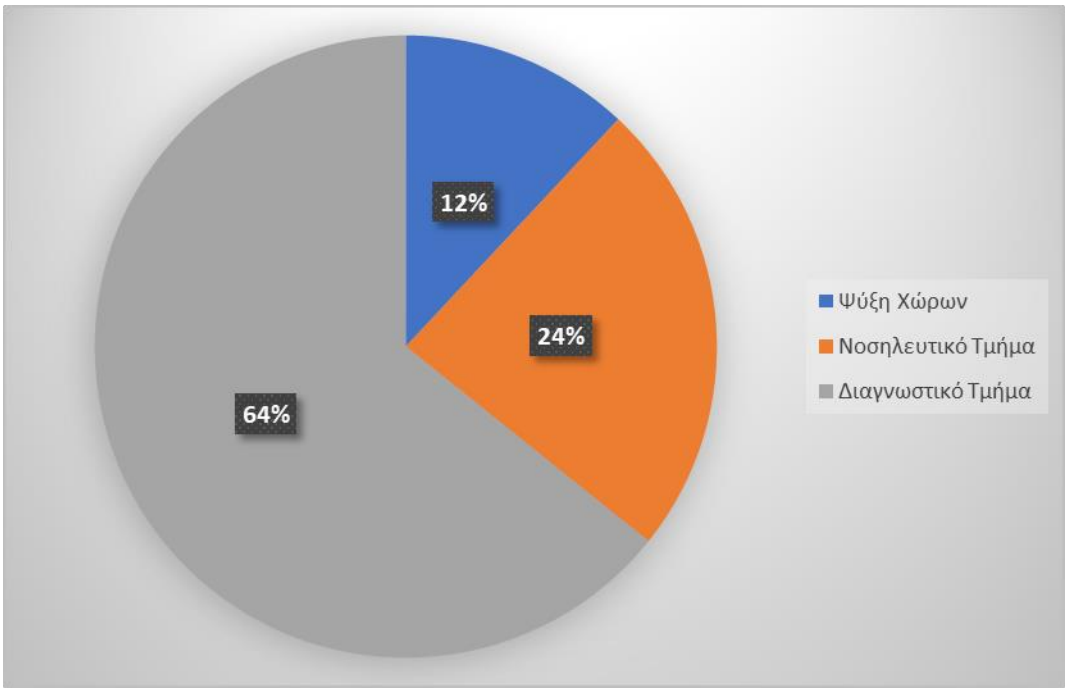
Σχήμα 7 *Επιμερισμός Χρήσης Θερμικής Ενέργειας Φυσικού Αερίου*



Πίνακας 8 *Επιμερισμός Χρήσης Ηλεκτρικής Ενέργειας*

Χρήση	Ενέργεια σε kWh	Ποσοστό επί του συνόλου
Ψύξη χώρων	1648509,1	12%
Νοσηλευτικό τμήμα	3275900,6	23,8%
Διαγνωστικό τμήμα και υπηρεσίες	8847501,9	64,2%
Σύνολο	13771911,6	100%
Ενέργεια ανά m^2	207,8	

Σχήμα 8 *Επιμερισμός Χρήσης Ηλεκτρικής Ενέργειας*



3.3 Η Γραμμή Βάσης κι Ενεργειακή Συμπεριφορά

Ένας από τους κύριους στόχους των ενεργειακών ελέγχων είναι η εύρεση του τύπου της κατανάλωσης γραμμής βάσης (baseline consumption) ή της κατανάλωσης βάσης ανά τελική χρήση και ανά μορφή ενέργειας. Για τη κάθε σημαντική κατανάλωση ενέργειας, συγκεντρώνονται κατ' ελάχιστον στοιχεία κατανάλωσης για τους συνεχείς δώδεκα τελευταίους μήνες.

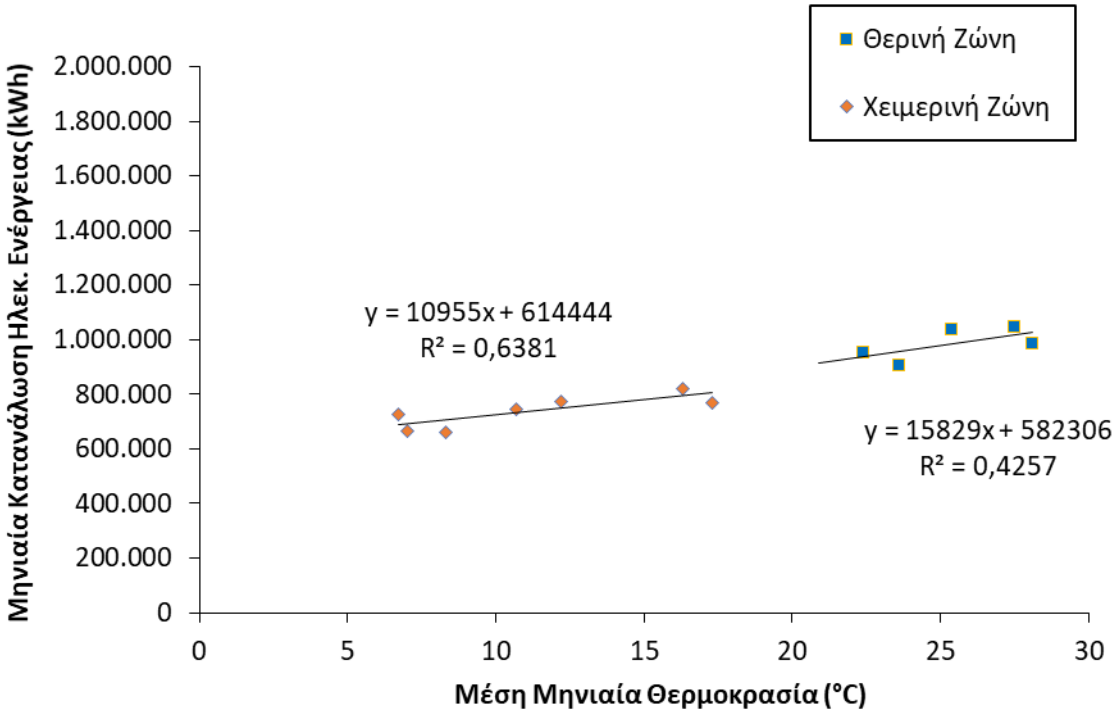
Η γραμμή βάσης είναι το ποσό ενέργειας που θα είχε καταναλώσει το κτήριο βασιζόμενο στο μοτίβο κατανάλωσης της περιόδου βάσης και των συνθηκών θερμοκρασίας που επικρατούν εκείνη την περίοδο.

Στην συνέχεια ακολουθούν συσχετίσεις καταναλώσεων ενέργειας με την θερμοκρασία και προφίλ ηλεκτρικών καταναλώσεων βάση επί τόπου μετρήσεων όπως έχουν περιγραφεί.

3.3.1 Συσχέτιση ενέργειας και μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας

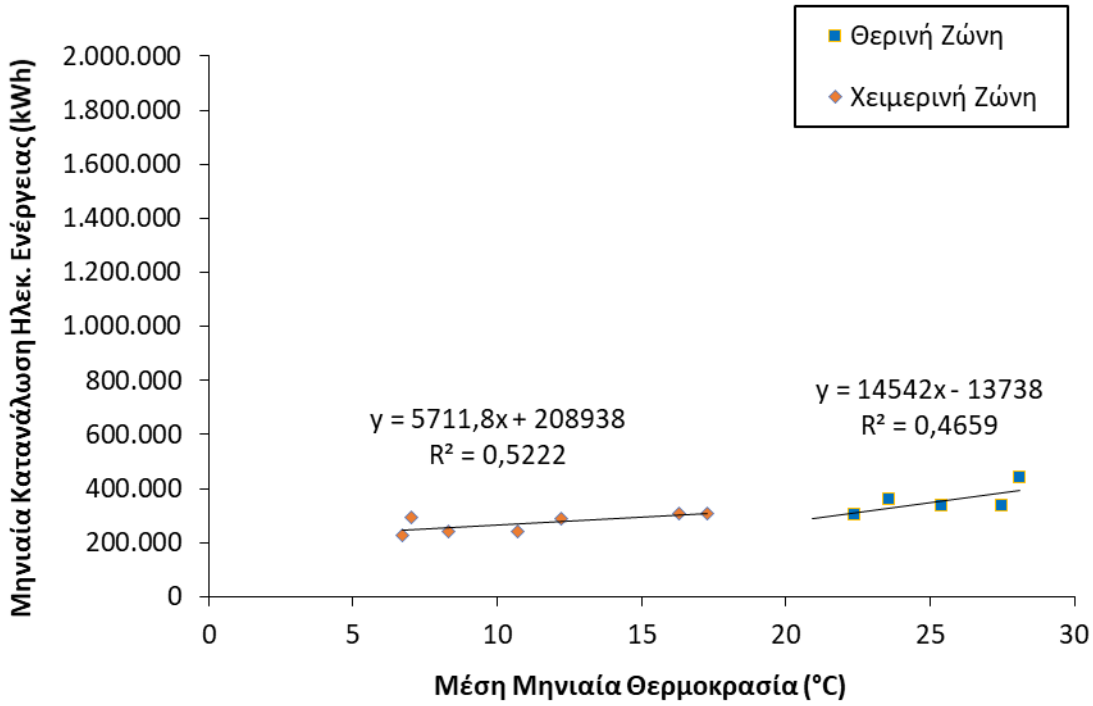
Ακολουθούν διαγράμματα συσχέτισης των ενεργειακών καταναλώσεων για θέρμανση και ψύξη του κτηριακού συγκροτήματος του Νοσοκομείου, με τη μέση εξωτερική θερμοκρασία (σύμφωνα με την Ε.Μ.Υ), για κάθε μήνα. Στην απλή της μορφή η συσχέτιση αυτή εκφράζεται με μαθηματικά πρότυπα γραμμικής μορφής.

Σχήμα 9 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Καθημερινές.*



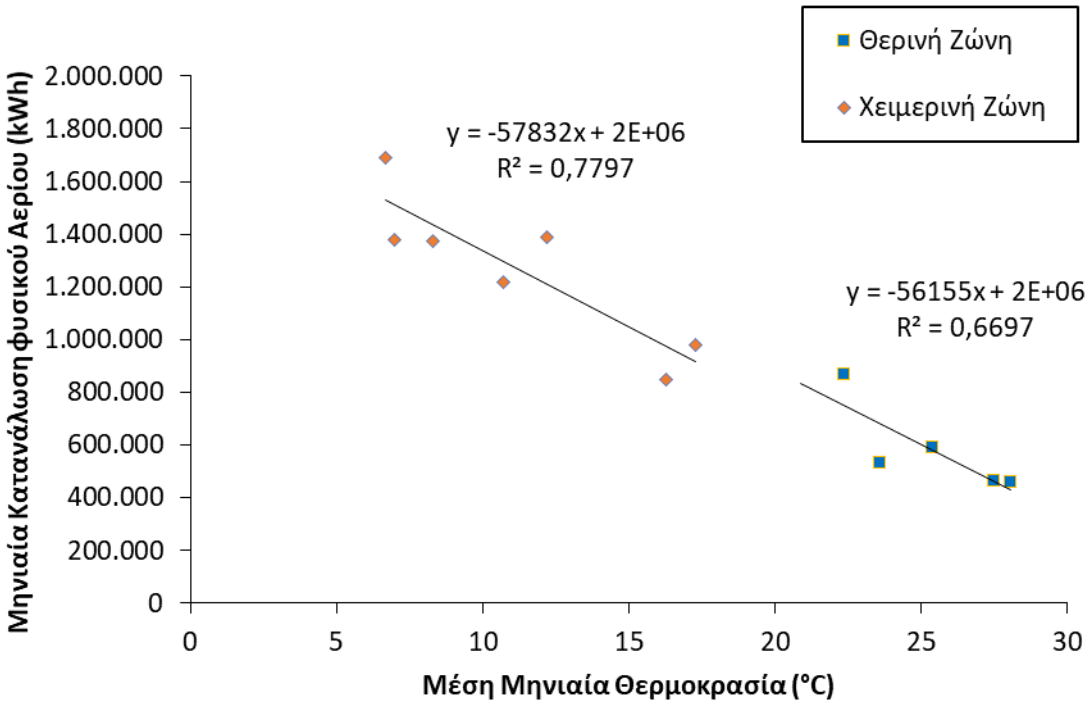
Σημείωση: *Τύπος γραμμής βάσης τεσσάρων παραμέτρων. Το πρότυπο αποτελείται από δύο ευθύγραμμα τμήματα με δύο σταθερές όπως φαίνονται στις εξισώσεις.*

Σχήμα 10 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Ηλεκτρικής Ενέργειας με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Σαββατοκύριακα.*



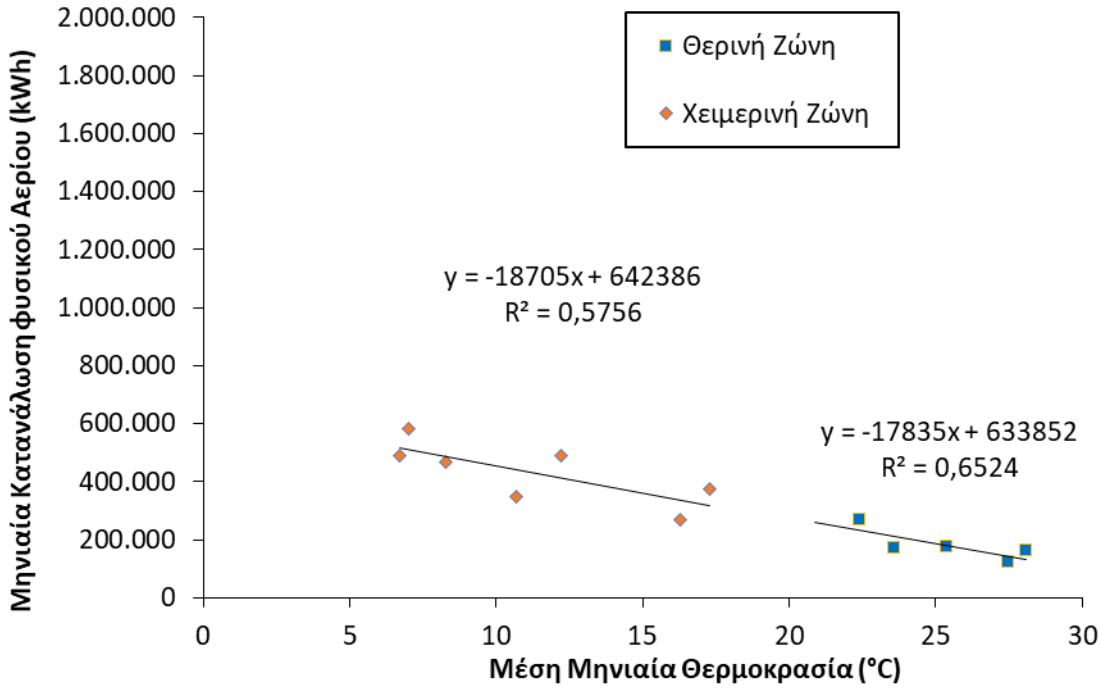
Σημείωση: *Τύπος γραμμής βάσης τεσσάρων παραμέτρων. Το πρότυπο αποτελείται από δύο ευθύγραμμα τμήματα με δύο σταθερές όπως φαίνονται στις εξισώσεις.*

Σχήμα 11 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Φυσικού Αερίου με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Καθημερινές.*



Σημείωση: *Τύπος γραμμής βάσης δύο παραμέτρων. Μεταξύ των δύο εποχιακών ζωνών παρατηρείται μικρή διαφορά στις σταθερές των ευθύγραμμων τμημάτων, επομένως μπορούμε να θεωρήσουμε πρότυπο που αποτελείται από ένα ευθύγραμμο τμήμα δύο σταθερών.*

Σχήμα 12 *Συσχέτιση Μηνιαίων Καταναλώσεων Φυσικού Αερίου με την Μέση Εξωτερική Θερμοκρασία για Σαββατοκύριακα.*



Σημείωση: *Τύπος γραμμής βάσης δύο παραμέτρων. Μεταξύ των δύο εποχιακών ζωνών παρατηρείται μικρή διαφορά στις σταθερές των ευθύγραμμων τμημάτων, επομένως μπορούμε να θεωρήσουμε πρότυπο που αποτελείται από ένα ευθύγραμμο τμήμα δύο σταθερών.*

Η έννοια των παραμέτρων περιγράφει τις σταθερές α και β στην εξίσωση μιας ευθείας γραμμής: y = αx + β. Έτσι προκύπτει ο αριθμός των παραμέτρων στα σχήματα 9 – 12.

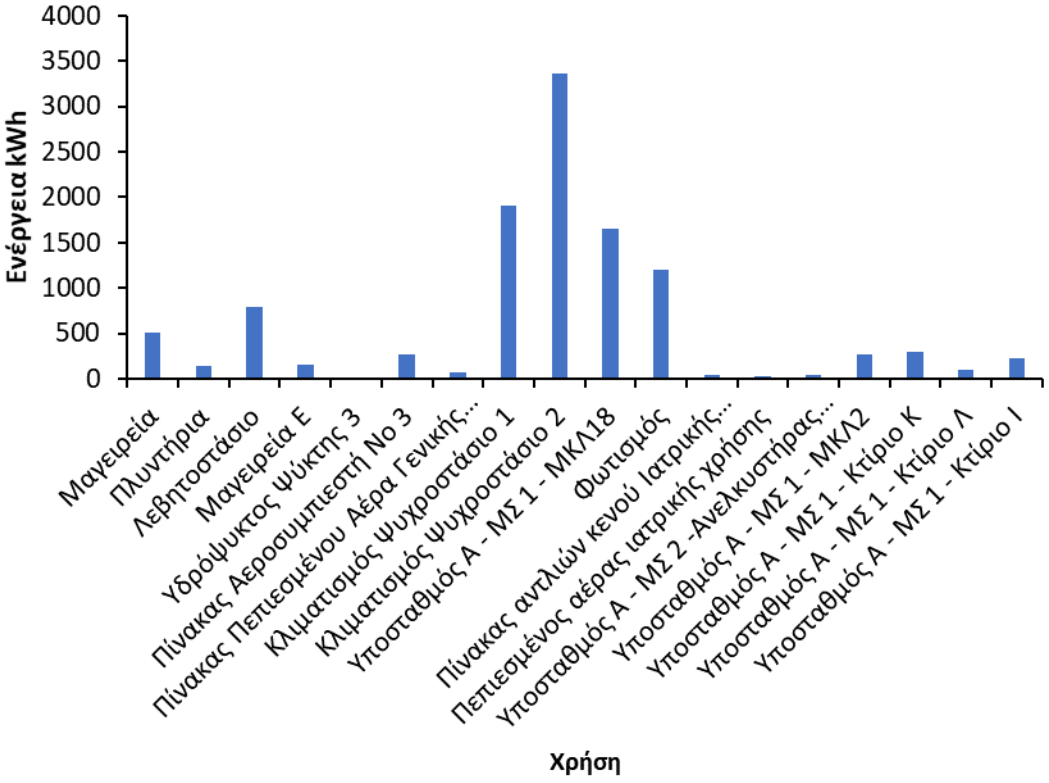
Σύμφωνα με τον Οδηγό, ισχύει η υπόθεση της γραμμικότητας, καθώς το χρονικό βήμα της ενεργειακής ανάλυσης είναι αρκετά μεγαλύτερο της χρονικής σταθεράς της θερμοδυναμικής απόκρισης του κτηρίου.

3.3.2 Επιμέρους ενεργειακές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τυπικής ημέρας

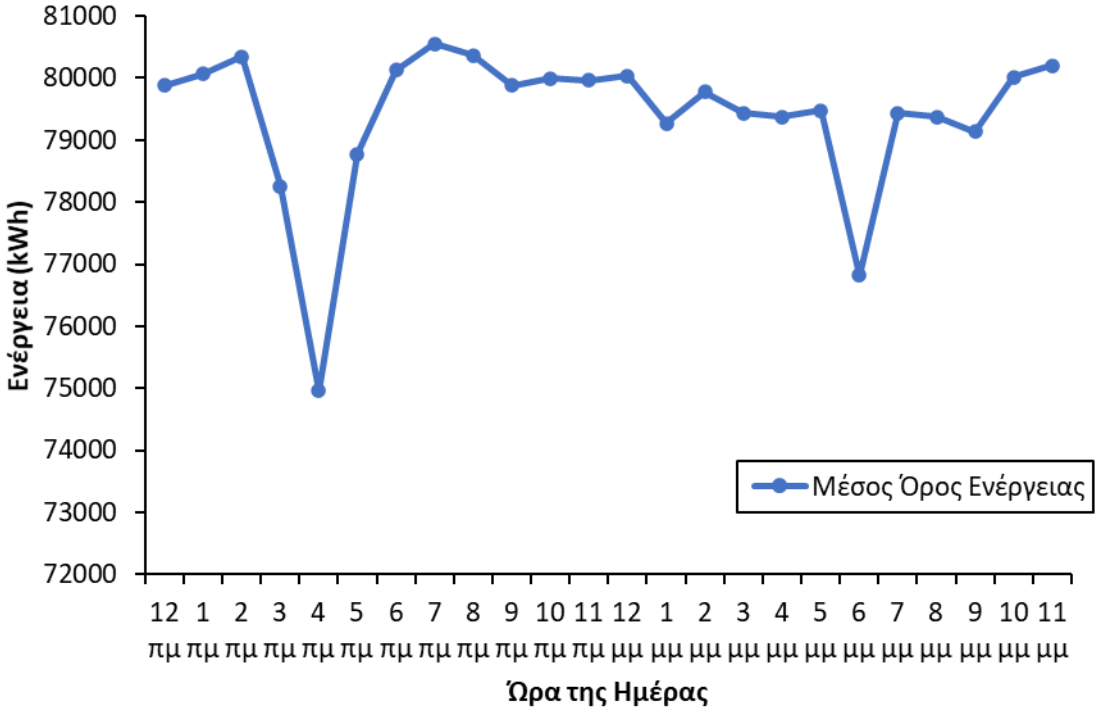
Κατόπιν σχετικών μετρήσεων και καταγραφών σε διάφορες εγκαταστάσεις του Νοσοκομείου, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα ημερήσιας κατανάλωσης ανά εξοπλισμό. Επίσης παρατίθενται τα διαγράμματα 24ώρου ανά εξοπλισμό και χρήση

για τις τρεις κυριότερες καταναλώσεις. Οι μετρήσεις έγιναν με απόκριση τέταρτου της ώρας και η ανάλυση σε ωριαία βάση.

Σχήμα 13 *Ημερήσια Κατανάλωση Ενέργειας ανά Εξοπλισμό.*

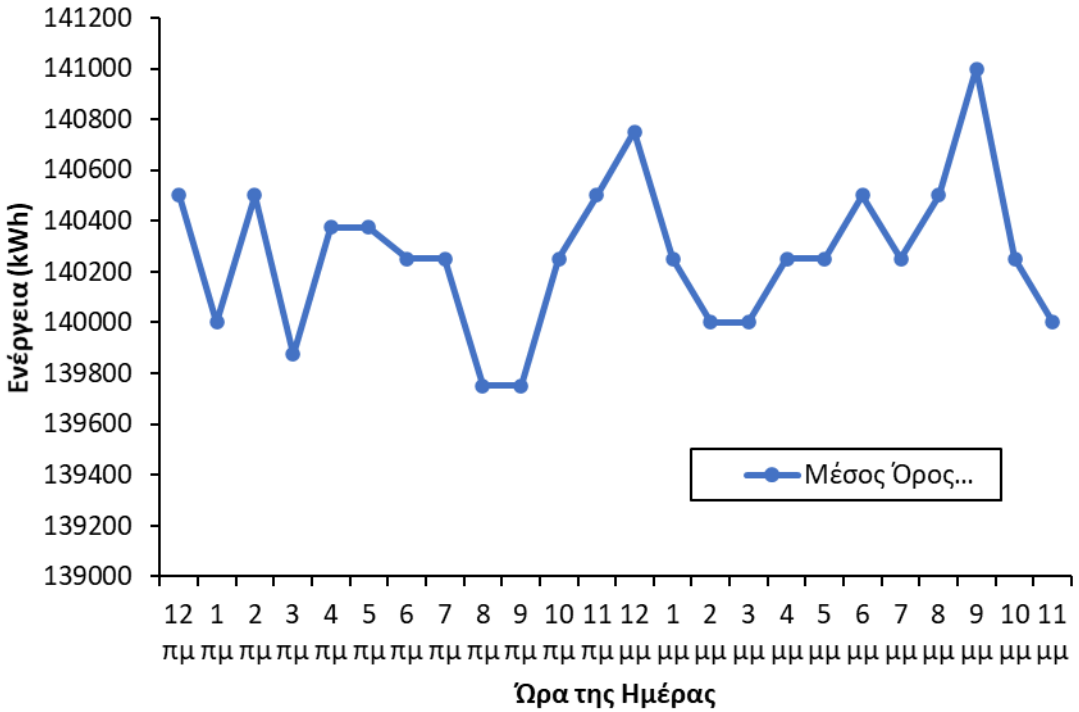


Σχήμα 14 *Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Κλιματισμό Ψυχροστάσιου 1.*



Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο για τους χώρους που εξυπηρετεί με διακυμάνσεις ανάλογα την χρήση. Έχω μια πτώση στην κατανάλωση στις 4 π.μ. και στις 6 μ.μ.*

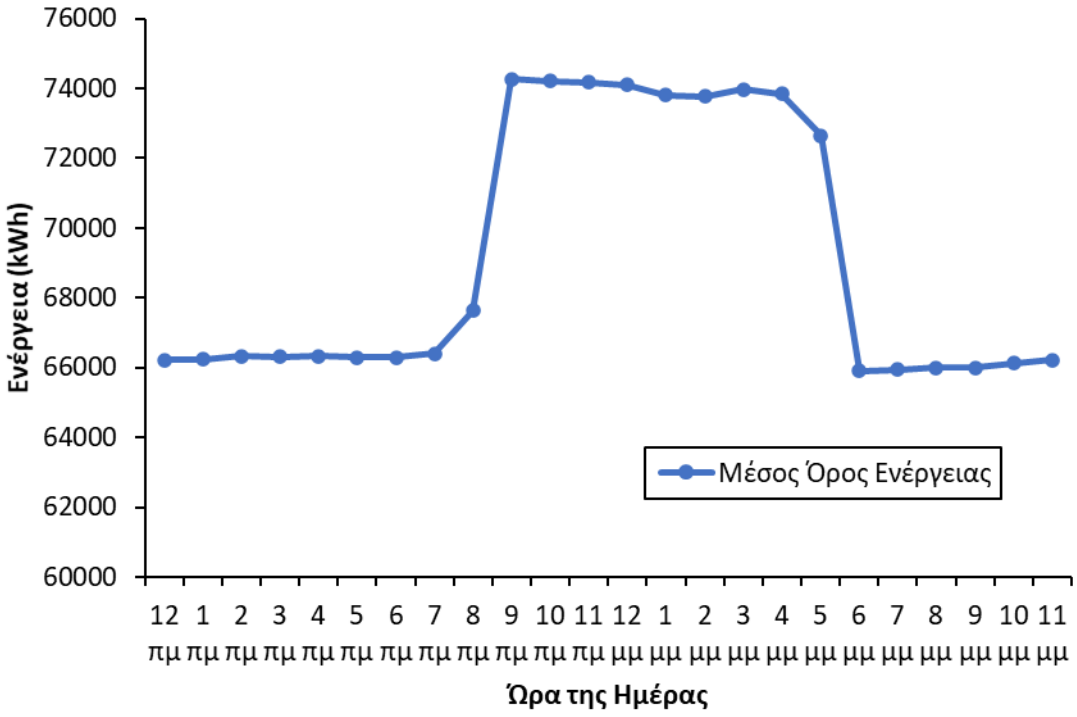
Σχήμα 15 *Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Κλιματισμό Ψυχροστάσιου 2*



Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο για τους χώρους που εξυπηρετεί με διακυμάνσεις ανάλογα την χρήση. Αιχμές λειτουργίας έχω κυρίως στις 12 μ.μ. και στις 9 μ.μ.*

.

Σχήμα 16 *Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ1 ΜΚΛ18*



Σημείωση: Παρατηρείται φορτίο βάσης περίπου στις 66000 kWh και κύρια λειτουργία εγκατάστασης 7 π.μ. με 5 μ.μ..

3.4 Εκτίμηση κι Εφαρμογή του Τύπου Γραμμής Βάσης.

3.4.1 Γενική μορφή του τύπου

Οι καταναλώσεις ενέργειας Y_K προσεγγίζονται με έναν τύπο της γραμμής βάσης, αποκαλούμενο ως τύπος γραμμής βάσης. Ο τύπος αυτός συνήθως λαμβάνεται γραμμικός ως εξής:

$\hat{Y}_K = \beta_0 + \beta_1 X_{K,1}$

όπου:

$_K$ = δείκτης αρίθμησης μήνα κατά τον οποίο μετράται η κατανάλωση ενέργειας και η ανεξάρτητη τιμή $X_{K,1}$ (θερμοκρασία).

Οι συντελεστές β_0 και β_1 προσδιορίζονται με γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των στοιχείων θερμοκρασίας κι ενέργειας, μέσω της εντολής LINEST του EXCEL. Οι υπολογισμοί έγιναν για την χειμερινή και την θερινή περίοδο.

Ακολουθούν πίνακες με τα παραπάνω δεδομένα:

Πίνακας 9 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Θερινή Περίοδο*

Μήνας	Θερμοκρασία (ºC)	Ενέργεια (kWh)
Ιούλιος	28,1	1428496
Αύγουστος	27,5	1382680
Σεπτέμβριος	23,6	1261493
Μάιος	22,4	1254268
Ιούνιος	25,4	1372989

Συντελεστές τύπου	
β_0	β_1
568568,3	30370,8

Πίνακας 10 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας για Χειμερινή Περίοδο*

Μήνας	Θερμοκρασία (ºC)	Ενέργεια (kWh)
Οκτώβριος	16,3	1128298
Νοέμβριος	10,7	988371
Δεκέμβριος	7	956827
Ιανουάριος	6,7	957290
Φεβρουάριος	8,3	900933
Μάρτιος	12,2	1064594
Απρίλιος	17,3	1075672

Συντελεστές τύπου	
β_0	β_1
823381,8	16666,4

Πίνακας 11 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Θερμικής Ενέργειας για Θερινή Περίοδο*

Μήνας	Θερμοκρασία (ºC)	Ενέργεια (kWh)
Ιούλιος	28,1	621631
Αύγουστος	27,5	586871
Σεπτέμβριος	23,6	706873
Μάιος	22,4	1136593
Ιούνιος	25,4	764554

Συντελεστές τύπου	
β_0	β_1
2642647,5	-73989,9

Πίνακας 12 *Στοιχεία Τύπου Γραμμής Βάσης Θερμικής Ενέργειας για Χειμερινή Περίοδο*

Μήνας	Θερμοκρασία (ºC)	Ενέργεια (kWh)
Οκτώβριος	16,3	1120911
Νοέμβριος	10,7	1568455
Δεκέμβριος	7	1962773
Ιανουάριος	6,7	2181914
Φεβρουάριος	8,3	1839445
Μάρτιος	12,2	1877946
Απρίλιος	17,3	1357125

Συντελεστές τύπου	
β_0	β_1
2559537,2	-76537,5

Με βάση του υπολογισθέντες συντελεστές του τύπου της γραμμής βάσης, υπολογίζουμε για κάθε μήνα τις τιμές των καταναλώσεων του τύπου, οι οποίες αναπαρίστανται σε διάγραμμα. Κατόπιν, γίνεται υπολογισμός της μέσης ρίζας τετραγωνικού σφάλματος, RMSE, της αμερόληπτης εκτιμήτριας $\hat{Y}_{K.}$

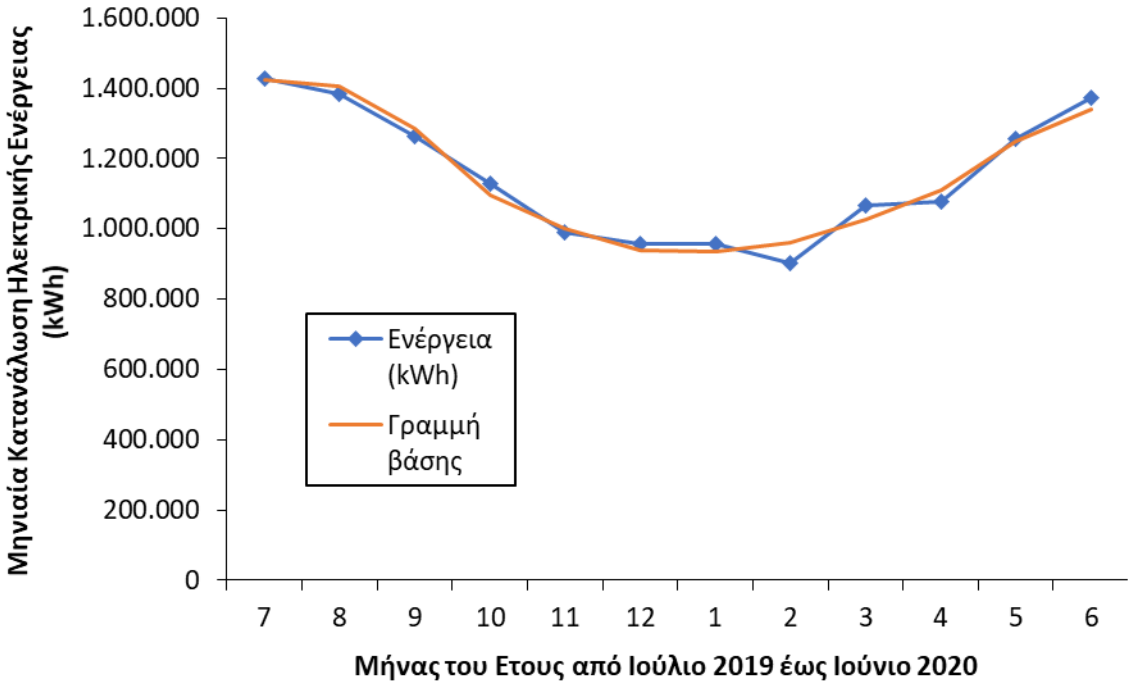
Πίνακας 13 *Καταναλώσεις Γραμμής Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας*

Μήνας	Ενέργεια (kWh)	Γραμμή βάσης
Ιούλιος	1428496	1421986,4
Αύγουστος	1382680	1403763,9
Σεπτέμβριος	1261493	1285318
Οκτώβριος	1128298	1095044,1
Νοέμβριος	988371	1001712,3
Δεκέμβριος	956827	940046,6
Ιανουάριος	957290	935046,7
Φεβρουάριος	900933	961712,9
Μάρτιος	1064594	1026711,8
Απρίλιος	1075672	1111710,5
Μάιος	1254268	1248873,1
Ιούνιος	1372989	1339985,4

Πίνακας 14 *Καταναλώσεις Γραμμής Βάσης Θερμικής Ενέργειας*

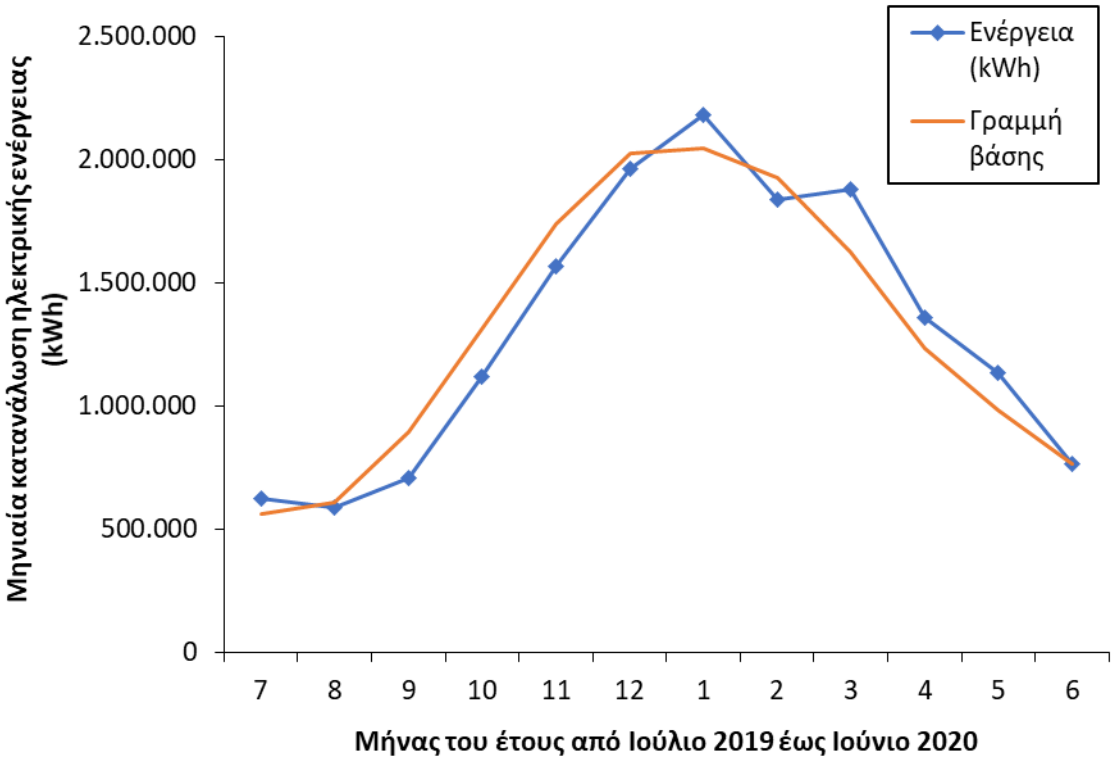
Μήνας	Ενέργεια (kWh)	Γραμμή βάσης
Ιούλιος	621631	563531,5
Αύγουστος	586871	607925,5
Σεπτέμβριος	706873	896486
Οκτώβριος	1120911	1311976,5
Νοέμβριος	1568455	1740586,3
Δεκέμβριος	1962773	2023774,9
Ιανουάριος	2181914	2046736,2
Φεβρουάριος	1839445	1924276,2
Μάρτιος	1877946	1625780,1
Απρίλιος	1357125	1235439
Μάιος	1136593	985273,9
Ιούνιος	764554	763304,2

Σχήμα 17 *Γραμμή Βάσης Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας*



Σημείωση: *Στο διάγραμμα οι μήνες καταγράφονται με τον αύξοντα αριθμό τους. Παρατηρείται ότι υπάρχει αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας τους θερινούς μήνες, λόγω της λειτουργίας ψύξης / κλιματισμού.*

Σχήμα 18 *Γραμμή Βάσης Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας*



Σημείωση: *Στο διάγραμμα οι μήνες καταγράφονται με τον αύξοντα αριθμό τους. Παρατηρείται ότι υπάρχει αύξηση της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας τους χειμερινούς μήνες, λόγω της λειτουργίας θέρμανσης.*

Η χρήση της παραπάνω τεχνικής μας δίνει το εργαλείο για παρακολούθηση των φορτίων του νοσοκομείου και του εκ των υστέρων υπολογισμού της εξοικονόμησης της ενέργειας, μέσω της διεξαγωγής νέων μετρήσεων κατόπιν της εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Επίσης μας δίνει μια πρώτη εικόνα του παρόντος στόχου εξοικονόμησης ενέργειας, διαδικασία που αναλύεται στη συνέχεια.

Η μέση ρίζα τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error, RMSE), της εκτίμησης της γραμμής βάσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{k} \left(\hat{Y}_k - Y_k\right)^2}{(k - p - 1)}}$$

όπου

$\hat{Y}_k$*: οι τιμές κατανάλωσης της γραμμής βάσης*

Y_k*: οι πραγματικές τιμές κατανάλωσης*

k ο αριθμός των μηνών της κάθε περιόδου

p ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών (στην περίπτωσή μας έχουμε την εξωτερική θερμοκρασία, άρα p = 1)

Πίνακας 15 *Μέση Ρίζα Τετραγωνικού Σφάλματος RMSE*

Περίοδος	RMSE	
	Ηλεκτρική ενέργεια	Θερμική ενέργεια
Θερινή	26912,8	144535,1
Χειμερινή	41202,6	186397,9

3.4.2 Ο τυπικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας και η συναφής αβεβαιότητα

Ακολουθώντας την διεθνή πρακτική[6]- που αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο- για τις απαιτήσεις ακριβείας, προσδιορίζεται ο στόχος εξοικονόμησης ενέργειας, με βάση την τυπική απόκλιση των σφαλμάτων εκτίμησης. Ως γενικό κριτήριο ακριβείας λαμβάνεται ότι το διπλάσιο του σφάλματος εκτίμησης (RMSE), θα πρέπει να είναι μικρότερο του στόχου εξοικονόμησης ενέργειας:

$$2 \cdot RMSE < EE$$

$$\text{Σε ποσοστιαία βάση : } \frac{2 \cdot RMSE}{\bar{Y}} < \frac{EE}{\bar{Y}}$$

Το κριτήριο της τελευταίας σχέσης προτείνεται από IPVMP (International Performance Measurement and Verification Protocol) και ονομάζεται ως Ελάχιστος Στόχος Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΣΕΕ). Στους επόμενους πίνακες δίνονται οι τιμές του, για κάθε μορφή ενέργειας και κάθε εποχή του έτους.

Πίνακας 16 *Ελάχιστος Στόχος Εξοικονόμησης Ενέργειας*

Περίοδος	ΕΣΕΕ	
	Ηλεκτρική ενέργεια	Θερμική ενέργεια
Θερινή	4,02%	37,87%
Χειμερινή	8,16%	21,91%

Προκειμένου να εκτιμηθεί η αβεβαιότητα της εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΕ), γίνεται χρήση της στατιστικής κατανομής t Student. Από τους πίνακες της συγκεκριμένης κατανομής προκύπτει ότι για t = 2, η πιθανότητα είναι 0,9657.

$$\Pi(t=2) = 0.9657$$

Αυτό σημαίνει ότι στο μονόπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης από $-\infty$ έως 2 υπάρχει το 96,57% των πιθανόν τιμών της ΕΕ. Λόγω συμμετρίας και αφού το σύνολο του εμβαδού της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας ισούται με 1, η πιθανότητα η τιμή να είναι έξω από τα όρια του $t = \pm 2$ ισούται με 3,43% από κάθε πλευρά. Επομένως το εμβαδό μεταξύ των σημείων t = +2, t = -2 ισούται με 96,57% - 3,43% = 93,14%, που είναι ο βαθμός του του αμφίπλευρου διαστήματος εμπιστοσύνης για $t = \pm 2$.

3.4.3 Απαιτήσεις ακριβείας

Το μονόπλευρο διάστημα t = -2 έως $+\infty$ έχει βαθμό εμπιστοσύνης Π = 96,57%. Επομένως διαπιστώνεται ότι εφόσον ο στόχος εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΕ) είναι μεγαλύτερος από 2σ, αυτό συνεπάγεται ότι η πιθανότητα ώστε η ΕΕ να είναι τελικώς μηδενική ή και αρνητική θα είναι μικρότερη από 1 – 0,9657 = 3,43%. Σημειώνεται ότι η πιθανότητα ώστε η ΕΕ να υπερβεί τον στόχο είναι ίση με 50%.

3.5 Προτεινόμενα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

Προτείνονται δύο μέτρα εξοικονόμησης τα οποία ιεραρχούνται οικονομικά σύμφωνα με τον Συντελεστή Ευκαιρίας (ΣΕ), που αποβλέπει την ελαχιστοποίηση του ρίσκου της κάθε επένδυσης. Υπολογίζεται ως: ΣΕ = 10^6 / (έτη αποπληρωμής * απαιτούμενα αρχικά κεφάλαια).

Πίνακας 17 *Συντελεστής Ευκαιρίας*

Επένδυση	ΣΕ
BEMS	0,792
ΣΥΘΗΑ	0,095

Σημείωση: Η επένδυση με το μεγαλύτερο ΣΕ έχει το μικρότερο οικονομικό ρίσκο.

3.5.1 Αναβάθμιση του BMS του νοσοκομείου και μετατροπή του σε BEMS

Στο νοσοκομείο, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 1.3, υπάρχει και λειτουργεί BMS ήδη από τότε που ξεκίνησε η λειτουργία του. Το συγκεκριμένο σύστημα παρέχει τη δυνατότητα μετρήσεων και καταγραφής κρίσιμων μεγεθών, όπως η κατανάλωση θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας. Παρέχει τη δυνατότητα εποπτείας, ρυθμίσεων λειτουργίας και ελέγχου της λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Ωστόσο, ορισμένες από τις λειτουργίες εποπτείας και ελέγχου που σχετίζονται με την ομαλή λειτουργία εποπτικού υλικού δεν επιτελούνται αποτελεσματικά λόγω παλαιότητας συστήματος και βλαβών στο λογισμικό του συστήματος.

Έτσι, ενώ υπάρχουν αισθητήρια μέτρησης θερμοκρασίας νερού ή/και πίεσης ατμού προσαγωγής και απαγωγής στους λέβητες νερού και στους ατμολέβητες αντίστοιχα, τα οποία παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις τιμές που λαμβάνουν τα εν λόγω μεγέθη, δεν παρέχουν ωστόσο την ενεργειακή πληροφορία για την καταναλισκομένη θερμική ενέργεια καθώς δεν υπάρχουν εγκατεστημένα όργανα

μέτρησης της παροχής νερού στους λέβητες και ατμού από τους ατμολέβητες ώστε να είναι εφικτή η δημιουργία ενεργειακών ισοζυγίων. Όμοια, δεν υπάρχουν εγκαταστημένοι στις κρίσιμες ενεργειακές καταναλώσεις, μετρητές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνεπώς, προτείνεται η τοποθέτηση επιπλέον αισθητηρίων μέτρησης σε κρίσιμες ενεργειακές καταναλώσεις, τόσο θερμικής όσο και ηλεκτρικής ενέργειας, με ταυτόχρονη εγκατάσταση ενός σύγχρονου συστήματος ενεργειακής διαχείρισης του κτηρίου (Building Energy Management System – BEMS).

Το BEMS παρέχει επιπλέον του BMS τη δυνατότητα αποθήκευσης των καταγραφών ώστε να δημιουργούνται αυτόματα αρχεία ενεργειακών δεδομένων ικανού ιστορικού χρόνου, για την εξαγωγή ασφαλών και χρήσιμων συμπερασμάτων για τις διάφορες καταναλώσεις ενέργειας, τόσο θερμικής όσο και ηλεκτρικής, για τυχόν αποκλίσεις σε τιθέμενους ενεργειακούς στόχους και τέλος για τον υπολογισμό της επιτευχθείσας εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου.

Σύμφωνα με μελέτη, ένα σύστημα BEMS μπορεί να έχει επίδραση στην εξοικονόμηση ενέργειας από 11,39% έως 16,22% ετησίως.[7] (Lee, Dasheng & Cheng, Chin-Chi, 2016).

Εκτιμώντας εξοικονόμηση ενέργειας από την εγκατάσταση συστήματος BEMS ίση με 13,8% κι επιμερίζοντας την εξοικονόμηση ανά μορφή ενέργειας σε 3,3% για ηλεκτρική ενέργεια και 10,5% για θερμική ενέργεια, με βάση τα περιθώρια στόχων εξοικονόμησης ενέργειας, έχω τον παρακάτω πίνακα ενεργειακών εξοικονομήσεων.

Πίνακας 18 *Εξοικονόμηση Ενέργειας από BEMS*

	Ηλεκτρική	Θερμική
Αρχική Ενέργεια (kWh)	13771911,6	15725090,5
Εξοικονόμηση από BEMS (kWh)	454473,1	1651134,5
Ποσοστό εξοικονόμησης	3,3%	10,5%

Σε οικονομικό όφελος, λαμβάνοντας υπόψιν κόστος προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας 112,82 €/kWh και κόστος φυσικού αερίου 45,76 €/kWh, υπολογίζεται η περίοδος αποπληρωμής στον Πίνακα 22.

Πίνακας 19 *Υπολογισμός Απλής Περιόδου Αποπληρωμής*

Είδη δαπανών	Εγκατάσταση BEMS	Υφιστάμενη κατάσταση	Διαφορά
Λειτουργικές εξοικονομήσεις κεφαλαίου - ΟΦΕΛΟΣ			
Δαπάνες ηλεκτρισμού και Φυσικού αερίου	2146473,227 €	2273299,931 €	126826,704 €
Συνολικές Εξοικονομήσεις			126826,704 €
Επενδυτικές δαπάνες - ΚΟΣΤΟΣ			
Αρχικές επενδυτικές δαπάνες	400000 €	0 €	400000 €
Έτη αποπληρωμής = Αρχικές επενδυτικές δαπάνες / Συνολικές Εξοικονομήσεις = 3,2 έτη			

3.5.2 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας και ψύξης

Τα νοσοκομεία ενδείκνυται, σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία[8] και πρακτική, για εφαρμογές τριπαραγωγής (συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας και ψύξης με απορρόφηση) καθώς έχουν συνεχή απαίτηση σε θερμικά φορτία για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης των χώρων και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ), ενώ αντίστοιχα έχουν απαίτηση σε ψύξη και παραγωγή ΖΝΧ τους θερινούς μήνες.

Το νοσοκομείο, εμφανίζει ιδιαιτερότητα ως προς την ιδιότητα λειτουργίας της μονάδας ΣΗΘ, καθώς σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, θα πρέπει να λειτουργεί με την ιδιότητα του «αυτοπαραγωγού» χωρίς τη δυνατότητα ωστόσο, της πώλησης του 20% του πλεονάσματος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο περιορισμός προκύπτει από την ευρωπαϊκή νομοθεσία, καθώς επεμβάσεις οι οποίες επιδοτούνται σε ποσοστό 100% επί του προϋπολογισμού τους, δεσμεύονται για τη μη παραγωγή εσόδων. Το νοσοκομείο διεκδικεί την ένταξη του έργου, σε πρόγραμμα επιδότησης σε ποσοστό 100%.

Επομένως θα πρέπει να γίνει κατάλληλη διαστασιολόγηση του συστήματος τριπαραγωγής, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες για θέρμανση και ηλεκτρισμό, χωρίς όμως να έχουμε μεγάλο πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα τριπαραγωγής δεν θα συνεισφέρει στις ανάγκες του νοσοκομείου για ατμοπαραγωγή. Επομένως, βάση προηγούμενων υπολογισμών, για να καλύπτονται οι ανάγκες του νοσοκομείου σε θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης απαιτείται σύστημα ισχύος 1356 kWth.

Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, σύμφωνα με υπολογισμούς, η μέση ισχύς του μήνα με την ελάχιστη κατανάλωση ανέρχεται σε 1286 kW. Η μέγιστη κατανάλωση, αφαιρώντας την προσεγγιστική κατανάλωση για ψύξη των χώρων, είναι 1900 kW.

Όμως λόγω του περιορισμού στην πώληση του πλεονάσματος ηλεκτρικής ενέργειας και των περιορισμών του συστήματος συμπαραγωγής, προτείνεται σύστημα κοντά στα 1286 kWe.

Τέλος προτείνεται ψύκτης απορρόφησης, δηλαδή ψύκτης που ως ενεργειακή πηγή χρησιμοποιεί τη θερμότητα που στην περίπτωσή μας προέρχεται από το σύστημα συμπαραγωγής. Έτσι η περίσσια θερμότητας, λόγω απουσίας αναγκών θέρμανσης χώρων, κατά τους θερινούς μήνες, χρησιμοποιείται για την λειτουργία του ψύκτη. Σύμφωνα με υπολογισμούς, προτείνεται ψύκτης ισχύος κοντά στα 600 kW. Αξίζει να σημειωθεί ότι κρίνονται απαραίτητα δοχεία αποθήκευσης νερού θέρμανσης τον χειμώνα και κρύου νερού του ψύκτη απορρόφησης το καλοκαίρι, προκειμένου να εξομαλύνονται οι διακυμάνσεις της ζήτησης σε ζεστό και κρύο νερό, αποφεύγοντας έτσι στην έναρξη και την στάση της ΜΕΚ πολλές φορές κατά την διάρκεια της ημέρας.

Με βάση τις τιμές που προτάθηκαν, επιλέχθηκε μονάδα συμπαραγωγής με τα εξής χαρακτηριστικά, με βάση τις προδιαγραφές που δίνει η κατασκευάστρια εταιρία στο τεχνικό φυλλάδιο.

Πίνακας 20 *Προδιαγραφές Μονάδας Συμπαραγωγής*

Κύριες παράμετροι	Τιμές
Ηλεκτρική ισχύς	1287 kW
Θερμική ανάκτηση	1377 kW
Ηλεκτρική απόδοση	42,1%
Θερμική απόδοση	45,1%
Συνολική απόδοση μονάδας	87,2%

Σύμφωνα με τον νόμο, σχετικά με την αξιολόγηση του δυναμικού μιας μονάδας συμπαραγωγής, η συμπαραγωγή καλείται υψηλής απόδοσης όταν εξοικονομεί πρωτογενή ενέργεια κατά τουλάχιστον 10% έναντι της χωριστής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από το ίδιο καύσιμο. Σημαντική παρατήρηση είναι το γεγονός ότι κατά την αξιολόγηση του δυναμικού της μονάδας λαμβάνονται υπόψιν τα ηλεκτρικά φορτία και τα φορτία θέρμανσης συμπεριλαμβανομένων των φορτίων θέρμανσης για ψύξη με απορρόφηση.

Το ποσοστό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται με τον συντελεστή PESR (Primary Energy Savings Ratio) = Λόγος Εξοικονόμησης Πρωτογενούς Ενέργειας ή αλλιώς PES, ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$PES = 1 - \frac{1}{\frac{n_{\Sigma,E}}{n_{X,E}} + \frac{n_{\Sigma,H}}{n_{X,H}}}$$

όπου:

$n_{\Sigma,E}$, $n_{\Sigma,H}$ είναι οι βαθμοί απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής για την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας αντίστοιχα

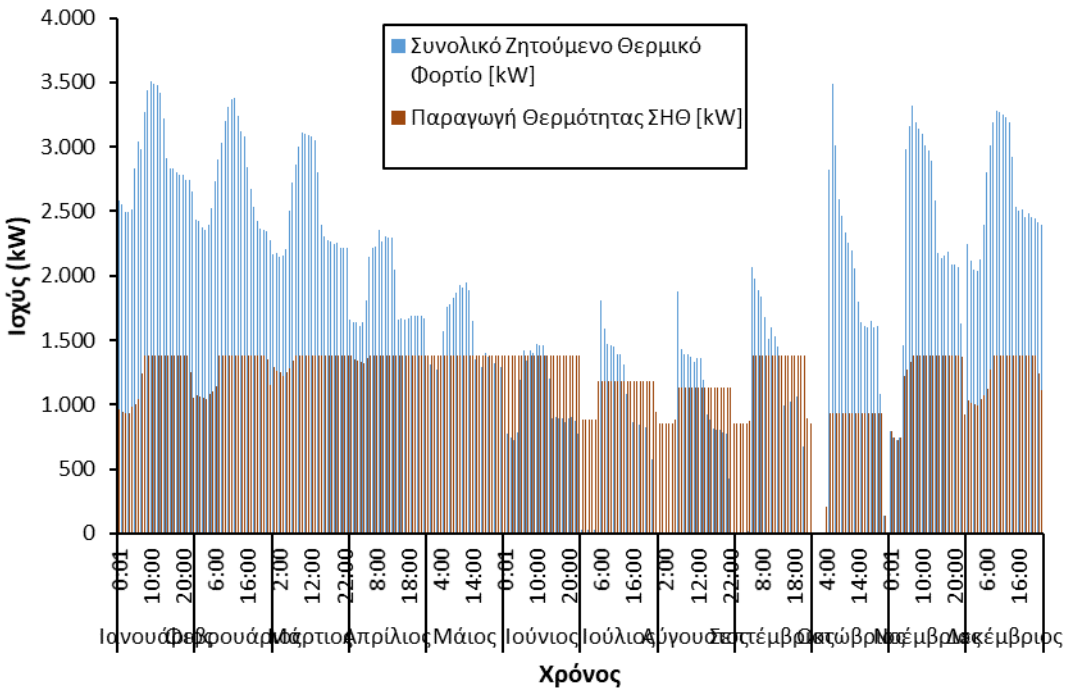
$n_{X,E}$ ο βαθμός απόδοσης μίας συμβατικής μονάδας σύγχρονης τεχνολογίας η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια με το ίδιο καύσιμο με εκείνο της μονάδας συμπαραγωγής

$n_{X,H}$ ο βαθμός απόδοσης του συμβατικού λέβητα παραγωγής θερμότητας (νερό, ατμός) σύγχρονης τεχνολογίας με το ίδιο καύσιμο με εκείνο της μονάδας συμπαραγωγής

Το καύσιμο που χρησιμοποιείται στην περίπτωσή μας είναι το φυσικό αέριο. Σύμφωνα με την απόφαση ΚΑΤ' ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2015/2402, προβλέπεται ότι από το 2016 και μετά και για καύσιμο φυσικό αέριο είναι $n_{X,E} = 53\%$ και $n_{X,H} = 92\%$. Με κατάλληλη προσαρμογή[9] λόγω της μέσης εξωτερικής θερμοκρασίας, προκύπτει τελικά $n_{X,E} = 52{,}9\%$. Επομένως η συγκεκριμένη μονάδα έχει PES = 22,2%, γεγονός που την καθιστά μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ).

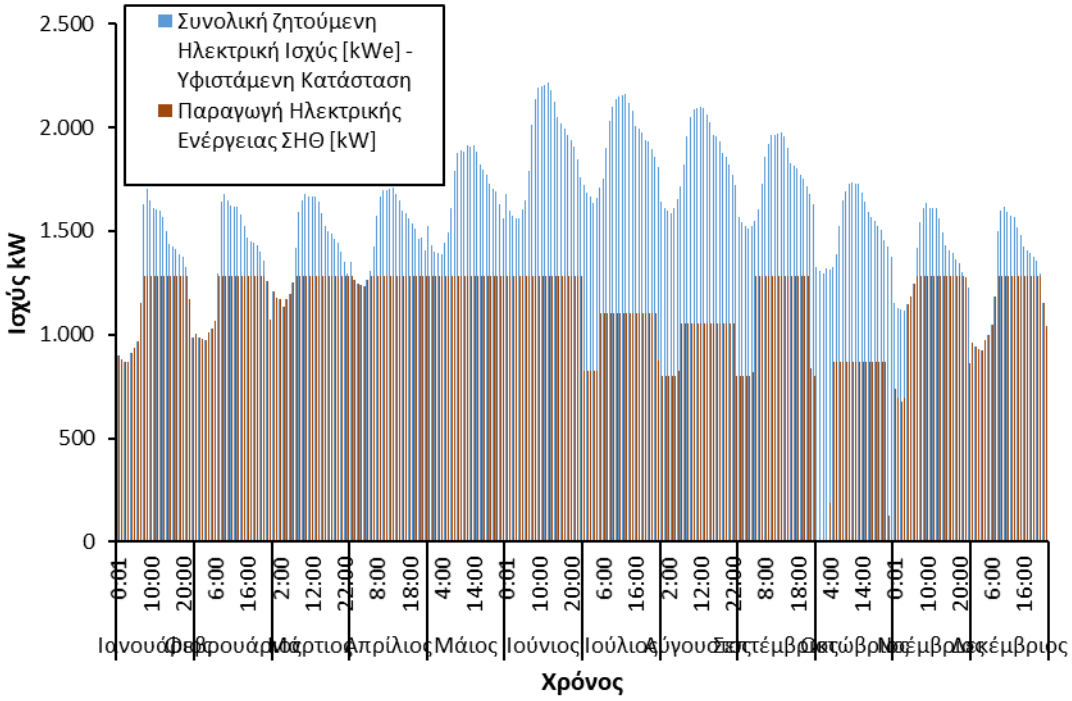
Ακολουθούν διαγράμματα κάλυψης ενεργειακών αναγκών από την μονάδα ΣΗΘΥΑ και τον ψύκτη απορρόφησης.

Σχήμα 19 *Κάλυψη Θερμικών Αναγκών Νοσοκομείου από Μονάδα ΣΗΘΥΑ*

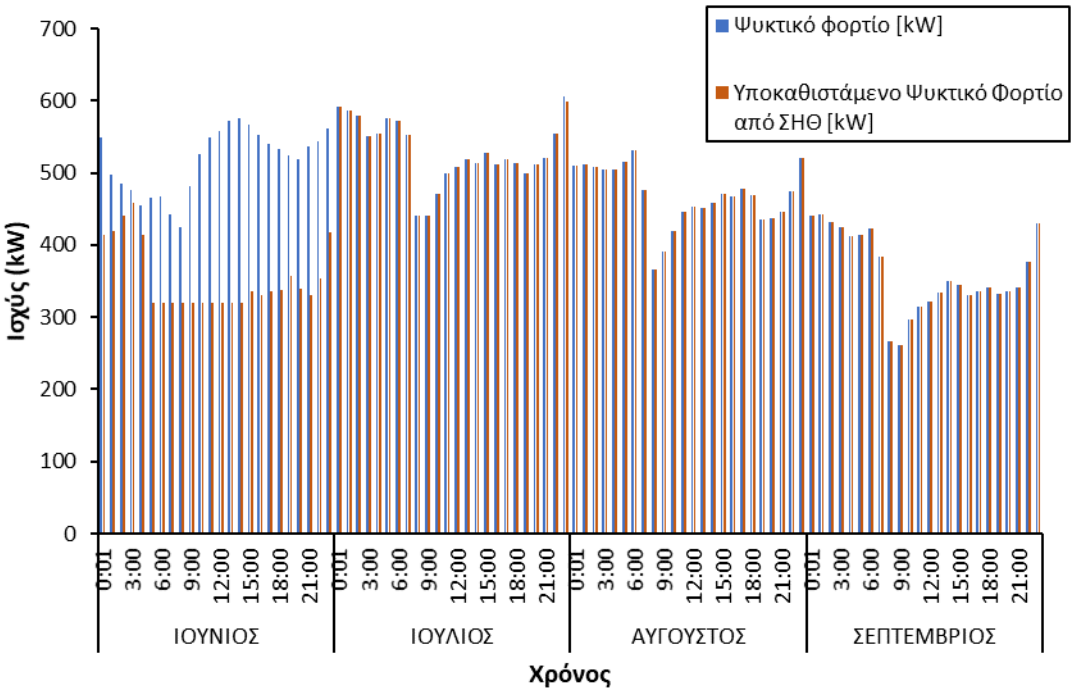


Σημείωση: Η συνεισφορά της μονάδας ΣΗΘ έγκειται στην κάλυψη αναγκών για θέρμανση και ΖΝΧ. Πλεόνασμα τους θερινούς μήνες χρησιμοποιείται στον ψύκτη απορρόφησης.

Σχήμα 20 *Κάλυψη Αναγκών Ηλεκτρικής Ισχύος Νοσοκομείου από Μονάδα ΣΗΘΥΑ*



Σχήμα 21 *Κάλυψη Αναγκών Ψύξης Νοσοκομείου από Μονάδα ΣΗΘΥΑ*



Από άποψη κόστους η εξοικονόμηση παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα με την μέθοδο της Απλής Περιόδου Αποπληρωμής.

Πίνακας 21 *Υπολογισμός Απλής Περιόδου Αποπληρωμής*

Είδη δαπανών	Εγκατάσταση ΣΗΘΥΑ	Υφιστάμενη κατάσταση	Διαφορά
Λειτουργικές εξοικονομήσεις κεφαλαίου – ΟΦΕΛΟΣ			
Δαπάνες ηλεκτρισμού και Φυσικού αερίου	850.328,728 €	1.658.400,862 €	808.072,135 €
Δαπάνες συντήρησης	155.000 €	0 €	155.000 €
Συνολικές Εξοικονομήσεις			653.072,135 €
Επενδυτικές δαπάνες - ΚΟΣΤΟΣ			
Αρχικές επενδυτικές δαπάνες	2.628.800 €	0 €	2.628.800 €
Έτη αποπληρωμής = Αρχικές επενδυτικές δαπάνες / Συνολικές Εξοικονομήσεις = 4 έτη			

Οι δαπάνες προκύπτουν από τις προδιαγραφές της μονάδας ΣΗΘΥΑ και του ψύκτη απορρόφησης, καθώς και των συμβατικών μεθόδων της υπάρχουσας κατάστασης για την παραγωγή ενέργειας όσο το μέγεθος παραγωγής της ΣΗΘΥΑ για χρονικό διάστημα λειτουργείας 358 ημερών, καθώς εκτιμήθηκε περίοδος μίας εβδομάδας για την συντήρηση της μονάδας.

4 Συζήτηση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει το μέγεθος και η πολυπλοκότητα χρήσης ενέργειας ενός νοσοκομείου τέτοιων διαστάσεων. Αναμενόμενη είναι η χρονολογική συμπεριφορά της κατανάλωσης ενέργειας καθώς και ο επιμερισμός των καταναλώσεων. Επίσης άμεσος είναι ο συσχετισμός με την εξωτερική θερμοκρασία της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας αλλά και ηλεκτρικής ενέργειας, σε μικρότερο βαθμό. Από την γραμμή βάσης προκύπτουν τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, από την ανάλυση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας υπολογίζεται ότι το δυναμικό της συνεισφοράς τους σε ενεργειακό και οικονομικό επίπεδο, καθιστά αναγκαία την λήψη τους.

4.1 Χρονολογική Διακύμανση

Σχετικά με την 24ωρη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρούνται αιχμές σε αναμενόμενες ώρες τις ημέρας. Για την περίοδο θέρμανσης στις 10 με 11 π.μ. για καθημερινές και σαββατοκύριακα. Την περίοδο ψύξης υπάρχει μια μετατόπιση της αιχμής προς τις μεσημεριανές ώρες, 1 μ.μ. και 3 μ.μ. για καθημερνές και σαββατοκύριακα αντίστοιχα, πιθανότατα λόγω εντονότερης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη των χώρων. Σε όλες τις περιπτώσεις κρίνεται ορθολογική η χρήση ενέργειας, με εμφάνιση πρώιμης έναρξης τις πρωινές ώρες και καθυστερημένης διακοπής μεταξύ της πρώτης και δεύτερης βάρδιας τις καθημερινές.

Η διακύμανση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση των χώρων του Νοσοκομείου ανά μήνα, θεωρείται σχετικά αναμενόμενη. Ο δείκτης ειδικής κατανάλωσης θερμότητας παρουσιάζεται αυξημένος κατά τον μήνα Απρίλιο, λόγω χαμηλότερης θερμοκρασίας του μήνα αυτού κατά το έτος αναφοράς, αν αναλογιστούμε και τις βαθμοημέρες θέρμανσης που αντιστοιχούν τον Απρίλιο. Όσον αφορά την εκτίμηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη, παρατηρείται απόλυτα

ορθολογική χρήση σε σχέση με τους μήνες που έχω ψύξη, εικόνα που αντικατοπτρίζεται και στους δείκτες ειδικής κατανάλωσης ψύξης.

4.2 Επιμερισμός

Με τα διαθέσιμα στοιχεία, έγινε διαχωρισμός των κύριων ενεργειακών καταναλώσεων του Νοσοκομείου για τις δύο μορφές ενέργειας που τροφοδοτούν το Νοσοκομείο.

Σχετικά με την χρήση πρωτογενούς ενέργειας από την καύση φυσικού αερίου, η κύρια κατανάλωση συναντάται στην θέρμανση των χώρων του Νοσοκομείου σε ποσοστό 42%, ακολουθεί η κατανάλωση για ΖΝΧ σε ποσοστό 34%, ενώ αξιοσημείωτη είναι η κατανάλωση για ατμοπαραγωγή σε ποσοστό 24%, το οποίο είναι λογικό εφόσον ένα Νοσοκομείο έχει ανάγκες χρήσης ατμού για την λειτουργία τμημάτων του. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ισοζύγιο των τριών καταναλώσεων υπολογίστηκε για το σύνολο του έτους αναφοράς, ενώ καταναλώσεις για θέρμανση χώρων έχουμε μόνο τους μήνες Οκτώβριο με Απρίλιο, γεγονός που δικαιολογεί την μη καταγραφή υψηλότερου ποσοστού για την συγκεκριμένη χρήση.

Αντίστοιχα για τον επιμερισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, η χρήση για ψύξη των χώρων υπολογίζεται από Μάιο έως Σεπτέμβριο και αποτελεί το 12% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται στο διαγνωστικό τμήμα (64%) ως απόρροια της λειτουργίας του Νοσοκομείου ως Πανεπιστημιακό και κατ’ επέκταση του αυξημένου αριθμού γραφείων και εργαστηρίων. Το υπόλοιπο 24% καταναλώνεται στο Νοσηλευτικό τμήμα του Νοσοκομείου.

4.3 Τύπος Γραμμής Βάσης

Όσον αφορά την κλίση της γραμμής συσχετισμού με την εξωτερική θερμοκρασία, στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται αποκλειστικά

από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη των χώρων όπως φαίνεται από την θετική κλήση. Ωστόσο η επίδραση στην συνολική κατανάλωση είναι περιορισμένη όπως αναδεικνύει η μικρή κλίση της ευθείας.

Στην περίπτωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου, ο συσχετισμός με την εξωτερική θερμοκρασία είναι πιο εμφανής, καθώς έχουμε μεγαλύτερη, αρνητική λόγω κάλυψης αναγκών για θέρμανση χώρων και ΖΝΧ, κλίση. Τα σαββατοκύριακα η κλίση γίνεται πιο ήπια, λόγω περιορισμένης λειτουργίας του Νοσοκομείου και συνεπώς περιορισμό των μεταβλητών με την θερμοκρασία φορτίων, κάτι που ισχύει και στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

4.4 Γραμμή Βάσης

Παρατηρώντας την γραμμή βάσης για την ηλεκτρική ενέργεια συμπεραίνουμε ότι έχει καλύτερη προσέγγιση στις πραγματικές τιμές έναντι των καταναλώσεων θερμικής ενέργειας. Η μεγαλύτερη τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, λοιπόν, στην περίπτωση της θερμικής ενέργειας συνεπάγεται και μεγαλύτερο περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας όπως υπολογίζεται στην ενότητα 3.4.2.

4.5 Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας

Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάστηκαν σε σειρά με βάση το μικρότερο οικονομικό ρίσκο. Η εγκατάσταση συστήματος BEMS κρίνεται άμεση για την παρακολούθηση και τον έλεγχο ενός τέτοιου μεγέθους κτηρίου και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, σε συνδυασμό με το μικρότερο κόστος εγκατάστασής του σε σχέση με την εγκατάσταση μονάδας ΣΗΘΥΑ. Ωστόσο τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που προσφέρει μια μονάδα ΣΗΘΥΑ μακροπρόθεσμα είναι αξιοσημείωτα και θα έπρεπε να εξεταστεί σοβαρά μια τέτοια επένδυση. Ειδικά με τον συνδυασμό της μονάδας ΣΗΘΥΑ με ψύκτη απορρόφησης,

έχω την μέγιστη δυνατή κάλυψη του Νοσοκομείου σε ενεργειακές ανάγκες όλο τον χρόνο με μικρότερο κόστος.

5 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε μια προσπάθεια δημιουργίας μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής επιθεώρησης με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές του Οδηγού, που ως επί τω πλείστων στηρίζεται στον νόμο 4342/2015. Δεδομένων των στοιχείων που ήταν διαθέσιμα έγινε μια πρωτότυπη επιθεώρηση για το συγκεκριμένο Νοσοκομείο, ως βασικό εργαλείο για επόμενες σχετικές μελέτες. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την ενεργειακή συμπεριφορά του Νοσοκομείου, εντοπίζουν τις ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας κι αναδεικνύουν την επίπτωση λήψης μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε ενεργειακό και οικονομικό επίπεδο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η εκπόνηση μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και απαιτεί την προσεκτική επεξεργασία ενός όγκου δεδομένων, με τέτοιον τρόπο ώστε να εξαχθούν όσο το δυνατόν ασφαλέστερα συμπεράσματα. Ελλείψει αναλυτικότερων δεδομένων, έγιναν στις περισσότερες περιπτώσεις προσεγγίσεις των αποτελεσμάτων, όπως παρουσιάζονται σε προηγούμενες ενότητες. Η ανάλυση επιμέρους τμημάτων ή και εξοπλισμού του Νοσοκομείου ξεφεύγει από τα πλαίσιο που καλύπτει η παρούσα πτυχιακή.

Τέλος να αναφερθεί ότι η πραγματοποίηση της ενεργειακής επιθεώρησης δεν είναι μια εφάπαξ διαδικασία και θα πρέπει συνεχώς να ανανεώνεται με νέα δεδομένα για τον έλεγχο τυχόν αποκλίσεων από την ενεργειακή συμπεριφορά και την αποτελεσματικότητα λήψης μέτρων.

Βάση των παραπάνω προτείνεται επανάληψη της επιθεώρησης τόσο πριν και κυρίως μετά την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Απαιτούνται έλεγχος των προφίλ καταναλώσεων και των τιμών της ειδικής κατανάλωσης, ανανέωση και

αξιολόγηση της γραμμής βάσης με νέα μεταγενέστερα χρονολογικά δεδομένα κι εντοπισμός, σε περίπτωση λήψης μέτρων, του εύρους των εξοικονομήσεων και πρόταση νέων εάν κρίνεται ότι είναι αναγκαία.

Επίσης, συνεισφορά στην καλύτερη κατανόηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του Νοσοκομείου θα είχαν επιμέρους μετρήσεις καταναλώσεων των εξοπλισμών, σε περίπτωση μη εγκατάστασης BEMS, καθώς ακόμα και μελέτη των επιμέρους κρίσιμων, από ενεργειακής άποψης, τμημάτων του Νοσοκομείου ξεχωριστά.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

[1] Eichhammer, W. & Rohde, C. (2016). *Enhancing the impact of energy audits and energy management in the EU*: *A review of Article 8 of the Energy Deficiency Directive.* Fraunhofer Institute for Systems and Innovations Research ISI.

[2] Miguel, MDS. , Paulo, C. & Pedro, A. (2014). *Towards an energy management maturity model.* Energy Policy, 73, 803-814.

[3] Βιρβίλη, Ρ. & Ευθυμιάδης, Α. (2005). Ανάλυση Αβεβαιότητας σε Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας. Στο Δελτίο του ΠΣΔΜΗ 2006. Αθήνα: Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων.

[4] Βιρβίλη, Ρ. & Ευθυμιάδης, Α. (2007). Γενικευμένη Γραμμική Θεωρία της Αβεβαιότητας σε Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας. Στο Δελτίο του ΠΣΔΜΗ 2008. Αθήνα: Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων.

[5] Bruno, R. & Steinmuller, B. (1979). *The Energy Requirements of Buildings.* Energy and Buildings, 2, 225-235.

[6] Akinsooto, O., de Canha, D. & Pretorius, J.H.C. (2014). *Energy savings reporting and uncertainty in Measurement & Verification.* Στο Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2014. Perth: Curtin University.

[7] Cheng, C. & Lee, D. (2016). Energy savings by energy management systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 56, 760-777.

[8] Beith, R. (2011). *Small and micro combined heat and power (CHP) systems: Advanced design, performance, materials and applications.* Cambridge: Woodhead Publishing Series In Energy.

[9] Giacone, E. & Manco, S. (2012). *Energy efficiency measurement in industrial processes.* Energy, 38, 331-345.

Παράρτημα

Χώροι του Νοσοκομείου

Το Νοσοκομείο αποτελείται από ένα κύριο κτιριακό συγκρότημα το οποίο διαμορφώνεται σε 6 επίπεδα (υπόγειο, ισόγειο και 4 ορόφους). Το κύριο κτιριακό συγκρότημα αποτελείται από:

- νοσηλευτικές μονάδες
- αμφιθέατρο
- γραφεία διοίκησης
- αίθουσες διάγνωσης και θεραπείας
- εξωτερικά ιατρεία
- ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις
- ψυχιατρική νοσηλευτική μονάδα
- υπόγειο που φιλοξενεί χώρους στάθμευσης του προσωπικού, Η/Μ εγκαταστάσεις, γραφεία τεχνικού προσωπικού

Ακολουθεί πίνακας με τα επιμέρους τμήματα και την αντίστοιχη επιφάνεια.

Πίνακας 1

ΟΡΟΦΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΡΗΣΗ	Μ2
Ι	Α	ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2359
Ι	Β	ΜΑΙΕΥΤΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2212
Ι	Γ	ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΗ - ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2481
Ι	Δ1α	ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	1227
Ι	Δ1β	ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	456
Ι	Δ2α	ΛΙΘΟΤΡΙΠΤΗΣ	729
Ι	Δ2β	ΑΠΟΘΗΚΕΣ	813
Ι	Ε1α	ΝΕΟΓΝΑ	947

ΟΡΟΦΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΡΗΣΗ	Μ2
Ι	Ε1β	ΜΑΙΕΥΤΗΡΙΟ	1150
Ι	Ε2α	ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	1050
Ι	Ε2β	ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ	826
Ι	Ε2γ	ΦΑΡΜΑΚΕΙΟ	426
Ι	Ε3α	ΜΑΓΕΙΡΕΙΑ	1357
Ι	Ε3β	ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΟ	395
Ι	Ε4α	ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ	904
Ι	Ε4β	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	1281
Ι	Ε4γ	ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ	956
Ι	Ε6α	ΑΡΧΕΙΟ	647
Ι	Ε6β	Η/Υ	193
Ι	Ε6γ	ΧΗΜΕΙΟΘΕΡΑΠΕΙΕΣ	984
Ι	Ε7α	ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	1429
Ι	Ε7β	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ	354
1	Α	ΓΑΣΤΡΕΝΤΕΡΟΛΟΓΙΚΗ - ΡΕΥΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2164
1	Β	ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2212
1	Γ	ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΗ - ΟΓΚΟΛΟΓΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2313
1	Δ1β	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ	745
1	Δ2α	ΛΟΓΙΣΤΗΡΙΟ	714
1	Ε1α	ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	813
1	Ε1β	ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	994
1	Ε2α Ε2β	ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΟΣ	1847
1	Ε3α	ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟ	1222
1	Ε4α	ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ	761

ΟΡΟΦΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΡΗΣΗ	Μ2
1	Ε4β	ΤΜΗΜΑ ΛΟΙΜΩΔΩΝ	777
1	Ε5α Ε5β	ΕΠΕΙΓΟΝΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ	1123
1	Ε5γ	ΑΝΟΣΙΟΛΟΓΙΚΟ - ΤΕΧΝΗΤΟ ΝΕΦΡΟ	834
1	Ε6	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΙΑΤΡΕΙΑ	2576
2	Αα	ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ - ΝΟΣΗΛ. ΜΟΝΑΔΑ Α,Β - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2164
2	Βα	ΚΑΡΔΙΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ - ΝΟΣΗΛ.	2212
2	Γα	ΕΝΔΟΚΡΙΝΟΛΟΓΙΚΗ - ΟΥΡΟΛΟΓΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	2313
2	Δ1β	ΔΙΟΙΚΗΣΗ	745
2	Δ2α	ΔΙΟΙΚΗΣΗ	714
2	Ε1β	ΜΕΘ	994
2	Ε2α Ε2β	ΧΕΙΡΟΥΡΓΕΙΑ	1847
2	Ε3α	ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΗ	933
2	Ε6	Δ.Υ.	935
3	Αα	ΩΡΛ-ΑΓΓΕΙΟΧ/ΚΗ	710
3	Αβ	ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ	1123
3	Βα	ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΗ Α	682
3	Ββ	ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΗ Β	1049
3	Αγ Βγ	ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	981
4	Αα	ΟΦΘ/ΚΗ - ΔΕΡΜ/ΚΗ -ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΗ - ΓΡΑΦΕΙΑ - ΔΙΑΔΡΟΜΟ	2262
1	Ζ	ΚΤΙΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	1283.4
		Σύνολο Ισογείου - Ορόφων	**63218**
Υ	Γγ	ΠΑΘΟΛ/ΜΙΚΟ - ΝΕΚΡΟΤΟΜΕΙΟ	398
Υ	Ε3β	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	584
Υ	Η	ΨΥΧΙΑΤΡΙΚΗ	2070

ΟΡΟΦΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΡΗΣΗ	Μ2
		Σύνολο Θερμαινόμενων Χώρων	**66270.4**

Ωράριο και προσωπικό λειτουργίας

Το Π.Γ.Ν. Λάρισας απασχολεί προσωπικό σε 4 βασικούς τομείς:

- Ιατρική Υπηρεσία
- Νοσηλευτική Υπηρεσία
- Διοικητική / Οικονομική Υπηρεσία
- Τεχνική / Ξενοδοχειακή Υπηρεσία

Στις παραπάνω υπηρεσίες συμπεριλαμβάνεται το διοικητικό, ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό, οι μηχανικοί και το εργατοτεχνικό προσωπικό το οποίο έχει ως γενικό ωράριο λειτουργίας το ωράριο του πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2

Τμήμα / Προσωπικό	**Καθημερινές**	**ΣΚ και Αργίες**
Κλινικές	24ωρο Κυκλικό	24ωρο Κυκλικό
Εργαστηριακός Τομέας	24ωρο Κυκλικό	24ωρο Κυκλικό
Κουζίνα –Μαγειρεία	07.00 - 23.00	07.00 - 23.00
Πλυντήρια Ιματισμού – Σιδερωτήρια	07.00 – 15.00	-
Αποστείρωση	07.00 – 23.00	07.00 – 23.00
Διοικητικό / Οικονομικό Προσωπικό	07.00 – 15.00 07.00 - 23.00 (ορισμένα τμήματα)	-
Νοσηλευτικό	Ακολουθεί το πρόγραμμα των κλινικών	Ακολουθεί το πρόγραμμα των κλινικών
Ιατρικό προσωπικό / χειριστές του εξοπλισμού απεικόνισης και διάγνωσης	07.00 – 15.00 Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας υπάρχει ιατρικό προσωπικό μόνο εφόσον εφημερεύει το νοσοκομείο	Τα σαββατοκύριακα και τις αργίες, υπάρχει ιατρικό προσωπικό μόνο εφόσον εφημερεύει το νοσοκομείο
Τεχνικό Προσωπικό	24ωρο Κυκλικό	24ωρο Κυκλικό
Εξωτερικά Ιατρεία	07.00-23.00 Σε περίπτωση εφημερίας λειτουργούν 24 ώρες	Δε λειτουργεί Σε περίπτωση εφημερίας λειτουργούν 24 ώρες
Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών	08.00-15.00 ο προϊστάμενος 08.00-08.00 - Μόνο όταν υπάρχει εφημερία:	08.00-08.00 - Μόνο όταν υπάρχει εφημερία:
Εφημερίες	Μέρα παρά μέρα	Μέρα παρά μέρα

Το νοσοκομείο διακρίνεται ως προς τη λειτουργία του στο τμήμα διάγνωσης και θεραπείας το οποίο λειτουργεί κατά κύριο λόγο τις εργάσιμες ημέρες του έτους (Δευτέρα έως Παρασκευή), τις ώρες 07:00 π.μ. έως τις 15:00 μ.μ. και το τμήμα νοσηλείας το οποίο λειτουργεί όλες τις ημέρες και ώρες του έτους με την αναγκαία υποστήριξη σε προσωπικό.

Τυπικές Μέρες Μήνα

Πίνακας 3

Τυπική ημέρα κάθε μήνα για κατανάλωση φυσικού αερίου σε kWh

Ώρα	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
12 πμ	2582,94	2430,80	2170,93	1662,41	1285,08	784,54	25,44	0,00	0,00	0,00	793,74	2248,20
1 πμ	2549,48	2427,31	2172,44	1637,39	1307,42	778,31	26,44	0,00	0,00	0,00	742,20	2113,35
2 πμ	2498,96	2379,47	2149,88	1636,49	1312,28	746,85	26,11	0,00	0,00	0,00	722,95	2051,08
3 πμ	2497,66	2352,81	2151,80	1609,32	1274,66	722,04	28,45	0,00	0,00	0,00	745,29	2033,44
4 πμ	2516,08	2395,86	2206,02	1636,39	1336,61	786,73	26,11	0,00	22,09	205,08	1461,37	2126,67
5 πμ	2830,02	2522,82	2499,54	1808,21	1568,24	1193,88	360,19	25,33	2062,88	2819,52	2976,69	2397,04
6 πμ	3042,43	2736,39	2721,43	2141,45	1753,64	1423,31	1803,61	1873,90	1976,59	3491,03	3156,39	2800,93
7 πμ	2986,06	2905,20	2857,37	2218,10	1780,91	1340,17	1590,38	1435,34	1891,69	3009,62	3320,64	3007,70
8 πμ	3265,61	3030,14	3003,65	2222,15	1829,83	1425,36	1474,56	1389,35	1833,36	2598,13	3191,44	3189,17
9 πμ	3438,72	3195,41	3113,69	2353,10	1870,48	1397,58	1465,18	1392,68	1675,29	2461,96	3143,68	3280,07
10 πμ	3504,81	3306,96	3103,21	2263,62	1923,46	1474,48	1453,80	1373,02	1511,00	2337,45	3104,85	3272,41
11 πμ	3488,38	3372,04	3090,31	2305,16	1904,89	1462,62	1395,56	1332,69	1602,47	2260,21	3014,14	3248,11
12 μμ	3475,30	3382,21	3079,33	2298,27	1949,17	1459,13	1392,88	1358,35	1528,95	2193,96	2969,47	3234,45
1 μμ	3417,17	3241,59	3052,58	2292,00	1889,68	1379,23	1315,55	1360,35	1448,88	2053,47	2890,44	3186,84
2 μμ	3218,06	3118,00	2803,84	2047,01	1651,53	1204,53	1084,24	1188,39	1071,99	1797,45	2585,31	2919,80
3 μμ	2907,02	3076,29	2394,79	1658,02	1355,61	897,75	836,19	922,79	996,41	1636,65	2179,51	2535,55
4 μμ	2834,55	2845,19	2304,26	1673,29	1314,29	904,33	868,00	880,13	1050,59	1608,68	2140,34	2508,92
5 μμ	2831,63	2672,25	2278,27	1661,08	1290,86	898,18	854,94	814,48	1027,81	1600,69	2154,09	2511,58
6 μμ	2801,70	2534,12	2269,28	1670,95	1405,13	894,93	846,57	803,15	1049,90	1649,63	2185,35	2454,31
7 μμ	2781,40	2420,72	2249,05	1691,93	1366,76	865,76	899,46	806,15	1061,29	1603,36	2089,49	2487,94
8 μμ	2782,37	2367,58	2252,42	1692,91	1338,32	891,68	822,47	781,15	1036,79	1611,68	2086,05	2456,97
9 μμ	2742,02	2358,43	2217,20	1693,15	1322,93	903,85	802,39	772,49	673,01	1083,00	2070,59	2440,99
10 μμ	2740,24	2348,94	2220,07	1691,62	1339,83	870,75	570,74	421,57	41,42	136,83	1630,43	2413,02
11 μμ	2651,70	2273,93	2217,55	1673,48	1292,68	779,15	83,35	0,00	0,00	0,00	927,40	2396,71

Τυπική ημέρα κάθε μήνα για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh

Ώρ	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
12 πμ	899,68	1004,44	1209,16	1350,17	1527,37	1679,24	1722,10	1639,15	1570,67	1327,95	1150,99	961,94
1 πμ	881,78	987,71	1180,12	1264,47	1433,73	1597,77	1686,72	1612,45	1542,60	1308,54	1131,52	942,35
2 πμ	871,61	980,29	1171,30	1248,09	1403,17	1574,29	1668,26	1597,99	1522,07	1296,88	1121,68	933,61
3 πμ	867,42	974,80	1136,95	1241,29	1392,00	1560,73	1634,70	1587,87	1509,19	1318,81	1114,47	927,08
4 πμ	914,70	1009,46	1168,90	1236,61	1386,52	1563,36	1663,28	1613,96	1521,71	1312,14	1144,09	973,50
5 πμ	937,41	1031,29	1198,66	1267,57	1443,88	1602,17	1712,00	1651,92	1549,61	1328,40	1183,17	1001,75
6 πμ	969,70	1069,47	1249,70	1306,73	1492,58	1650,73	1755,19	1714,22	1606,17	1388,55	1246,36	1045,65
7 πμ	1155,79	1293,44	1418,09	1427,85	1613,81	1789,20	1899,34	1821,77	1730,76	1524,54	1417,87	1185,78
8 πμ	1629,48	1643,26	1595,23	1576,56	1790,93	2015,83	2031,64	1956,44	1857,67	1648,48	1545,89	1500,17
9 πμ	1700,79	1678,53	1649,96	1664,33	1878,80	2138,17	2097,37	2047,16	1917,72	1691,55	1613,11	1596,50
10 πμ	1648,65	1645,13	1680,74	1697,52	1891,83	2190,71	2136,44	2084,39	1961,92	1731,02	1632,93	1614,62
11 πμ	1610,80	1623,33	1665,57	1698,83	1882,66	2197,20	2147,33	2094,81	1962,79	1733,77	1609,49	1594,28
12 μμ	1605,45	1619,79	1669,15	1702,87	1914,49	2202,85	2152,17	2097,11	1966,61	1729,17	1608,04	1573,78
1 μμ	1601,02	1617,80	1666,72	1710,63	1908,35	2216,33	2162,35	2094,00	1977,91	1728,06	1611,41	1567,02
2 μμ	1565,66	1581,30	1641,82	1680,47	1914,10	2181,00	2118,35	2063,70	1955,40	1686,13	1562,47	1516,71
3 μμ	1501,69	1524,84	1583,35	1648,87	1885,82	2122,04	2082,94	2025,83	1898,83	1643,19	1494,43	1483,24
4 μμ	1437,86	1468,17	1523,16	1599,23	1819,51	2050,23	2009,08	1964,72	1826,76	1592,21	1432,49	1422,62
5 μμ	1424,30	1452,81	1501,05	1583,28	1793,61	2019,12	1997,21	1955,73	1813,45	1570,21	1408,64	1406,89
6 μμ	1412,17	1444,46	1486,12	1561,01	1773,24	1995,63	1976,49	1931,24	1804,71	1546,55	1393,32	1396,31
7 μμ	1388,72	1432,27	1463,66	1539,03	1729,30	1964,36	1939,57	1876,80	1773,71	1522,08	1366,24	1373,88
8 μμ	1373,85	1402,80	1441,59	1513,07	1705,26	1939,31	1931,38	1856,94	1755,27	1505,55	1344,48	1356,63
9 μμ	1328,63	1359,57	1398,95	1464,32	1688,92	1908,99	1893,42	1818,63	1714,95	1459,41	1303,89	1296,45
10 μμ	1169,48	1257,50	1349,33	1468,21	1626,59	1844,65	1855,47	1774,41	1677,73	1426,28	1278,44	1154,97
11 μμ	983,70	1073,71	1292,46	1404,71	1563,79	1762,39	1807,72	1721,34	1631,57	1377,24	1230,27	1039,64

Περιγραφή εξοπλισμού και συναφών εγκαταστάσεων

Από τα στοιχεία που διατέθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Π.Γ.Ν.Λ. (αρχιτεκτονικά και Η/Μ σχέδια, τεχνικά εγχειρίδια), τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν από το προσωπικό κατά την ενεργειακή επιθεώρηση και τις καταγραφές κατά την επιθεώρηση, ακολουθεί καταγραφή του εξοπλισμού του νοσοκομείου που σχετίζεται με ενεργειακή χρήση και κατανάλωση.

Συστήματα Φωτισμού

Ο φωτισμός στους χώρους εντός του νοσοκομείου πραγματοποιείται με φωτιστικά φθορισμού είτε οροφής είτε ορυκτής ίνας, ανάλογα με τον χώρο που βρίσκονται. Κάποια από αυτά είναι τετράγωνα (60Χ60mm) και κάποια άλλα είναι ορθογώνια με διάφορες διαστάσεις (από 1 έως και 1,5 μέτρο μήκος). Ο φωτισμός στους χώρους εκτός του κτιρίου πραγματοποιείται με φωτιστικά οδών νατρίου και μερικούς προβολείς νατρίου. Τα φωτιστικά, έτσι όπως αποτυπώθηκαν κατά την περίοδο εκπόνησης της παρούσας μελέτης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4

α/α		Είδος φωτιστικού	Ισχύς, [W]	Τεμάχια
1	Φ01	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής με περσίδες IP20 2x28w T5	56	530
2	Φ01	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής με περσίδες IP20 4x18w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	11
3	Φ01	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής με περσίδες IP20 2x36w T8 (επαγωγικό ballast)	72	5
4	Φ01D	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής ρυθμιζόμενης έντασης με περσίδες IP20 4x14w T5	56	2
5	Φ01D	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής ρυθμιζόμενης έντασης με περσίδες IP20 2x28w T5	56	5
6	Φ02D	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής ρυθμιζόμενης έντασης με ακρυλικό κάλυμμα IP40 4x14w T5	56	8
7	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 4x14w T5	56	30
8	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x28w T5	56	605
9	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x49w T5	98	15
10	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 1x18w T8 (επαγωγικό ballast)	18	10
11	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x18w T8 (επαγωγικό ballast)	36	5
12	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 4x18w T8 (επαγωγικό ballast)	72	15
13	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 4x18w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	65
14	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 1x36w T8 (επαγωγικό ballast)	36	90
15	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x36w T8 (επαγωγικό ballast)	72	2500

α/α		Είδος φωτιστικού	Ισχύς, [W]	Τεμάχια
16	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x36w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	50
17	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 1x58w T8 (επαγωγικό ballast)	58	35
18	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x58w T8 (επαγωγικό ballast)	116	220
19	Φ11	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με περσίδες IP20 2x58w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	116	12
20	Φ11D	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής ρυθμιζόμενης έντασης με περσίδες IP20 2x28w T5	56	5
21	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x14w T5	28	3
22	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x28w T5	56	260
23	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x49w T5	98	230
24	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 1x18w T8 (επαγωγικό ballast)	18	1000
25	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 1x18w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	18	6
26	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x18w T8 (επαγωγικό ballast)	36	5
27	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 4x18w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	2
28	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 1x30w T8 (επαγωγικό ballast)	30	5
29	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 1x36w T8 (επαγωγικό ballast)	36	250
30	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x36w T8 (επαγωγικό ballast)	72	370
31	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x36w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	120

α/α		Είδος φωτιστικού	Ισχύς, [W]	Τεμάχια
32	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 1x58w T8 (επαγωγικό ballast)	58	60
33	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x58w T8 (επαγωγικό ballast)	116	135
34	Φ12	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής με ακρυλικό κάλυμμα IP40 2x58w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	116	70
35	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x28w T5	56	100
36	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x49w T5	98	45
37	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x18w T8 (επαγωγικό ballast)	36	5
38	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x18w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	36	5
39	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 1x36w T8 (επαγωγικό ballast)	36	35
40	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x36w T8 (επαγωγικό ballast)	72	710
41	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x36w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	5
42	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 1x58w T8 (επαγωγικό ballast)	58	5
43	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x58w T8 (επαγωγικό ballast)	116	170
44	Φ14	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής στεγανό IP65 2x58w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	116	15
45	Φ15	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής σκαφάκι 1x28w T5	28	5
46	Φ15	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής σκαφάκι 1x36w T8 (επαγωγικό ballast)	36	35
47	Φ15	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής σκαφάκι 2x36w T8 (επαγωγικό ballast)	72	180

α/α		Είδος φωτιστικού	Ισχύς, [W]	Τεμάχια
48	Φ15	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής σκαφάκι 2x36w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	5
49	Φ15	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής σκαφάκι 1x58w T8 (επαγωγικό ballast)	58	5
50	Φ15	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής σκαφάκι 2x58w T8 (επαγωγικό ballast)	116	35
51	Φ16	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής κατάλληλο για χειρουργεία IP54 2x36w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	72	15
52	Φ16	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής κατάλληλο για χειρουργεία IP54 2x58w T8 (επαγωγικό ballast)	116	10
53	Φ16	Φωτιστικό σώμα φθορισμού ψευδοροφής κατάλληλο για χειρουργεία IP54 2x58w T8 (ηλεκτρονικό ballast)	116	100
54		Προβολείς Na 250w	250	25
55		Φωτιστικά οδών Na 250w	250	150

Σύστημα Θέρμανσης χώρων και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης - Συστήματα διανομής θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων

Η παραγωγή θερμικής ενέργειας για την θέρμανση των χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης γίνεται σε ατμολέβητες ζεστού νερού. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ισχύς, ο κατασκευαστής, ο τύπος του λέβητα και ο αριθμός αυτών, που βρίσκονται εγκατεστημένοι στο λεβητοστάσιο του Κτιρίου Ενέργειας.

Εικόνα 1 Ατμολέβητες για Θέρμανση Χώρων και Ζεστά Νερά Χρήσης

Ατμολέβητες παραγωγής ατμού για θέρμανση – ζεστά νερά χρήσης				
1	Λέβητας Ατμού 10.000 kg/hr, 6.745 kWth κατασκευής 1995	LOOS UL-S	LOOS INTERNATIONAL	3 TEM

Οι ατμολέβητες τροφοδοτούν με ατμό 4 εναλλάκτες ατμού / νερού από τους οποίους παράγεται θερμό νερό το οποίο τροφοδοτεί κοινό συλλέκτη νερού που αποτελεί τον κεντρικό διανομέα της θέρμανσης από τον οποίο αναχωρούν οι κλάδοι Κ1, Κ2, Κ3 με δίκτυο σωληνώσεων προσαγωγής και αντίστοιχων επιστροφής για:

- τα μηχανοστάσια όπου γίνεται οι διανομή σε Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (ΚΚΜ), fan coil, heat coils, θερμαντικά σώματα, αναθερμαντικά στοιχεία και
- τους 8 θερμικούς υποσταθμούς για τη παραγωγή και διανομή Z.N.X με εναλλάκτες νερού – νερού / boiler

Εικόνα 2 Κεντρικός διανομέας Δικτύου Θέρμανσης – Z.N.X

Οι Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες μέσω αεραγωγών εισάγουν στους χώρους προκλιματισμένο αέρα, διατηρώντας τους σε μία επιθυμητή ελάχιστη θερμοκρασία. Οι χρήστες ή/και οι διαμένοντες στους χώρους όπου υπάρχουν εγκατεστημένα fan coils μπορούν μέσω των fan coils να αυξήσουν τη θερμοκρασία στους χώρους, στην κατ' αυτούς επιθυμητή. Στους χώρους που δεν υπάρχουν εγκατεστημένα fan coil η

προσαρμογή της θερμοκρασίας γίνεται στη πλειοψηφία με αναθερμαντικά στοιχεία εγκατεστημένα στους αεραγωγούς των ΚΚΜ

Σύστημα παραγωγής ψύξης χώρων - Συστήματα διανομής ψυκτικής ενέργειας για την ψύξη των χώρων

Η παραγωγή ψυχρού νερού για την ψύξη των χώρων του νοσοκομείου γίνεται σε υδρόψυκτους και αερόψυκτους ψύκτες νερού με 24ωρη διαθεσιμότητα. Οι αερόψυκτοι ψύκτες καλύπτουν ανάγκες ιδιαίτερα ευαίσθητων τμημάτων του Νοσοκομείου (μαιευτήριο, χειρουργεία, αίθουσα νεογνών) και έχει προβλεφθεί ώστε να είναι συνδεδεμένοι με ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ώστε να συνεχίσουν να παράγουν ψύξη εφόσον απαιτείται σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ισχύς, ο κατασκευαστής και ο τύπος του ψύκτη, ο αριθμός αυτών και ο τόπος εγκατάστασης τους.

Πίνακας 5

Πλήθος	**Ψύκτης**	**Είδος Ψύκτη**	**Ψυκτική Ισχύς [kW]**	**Τόπος εγκατάστασης**
3	TRANE CVHE660	Υδρόψυκτος	2317 (660 RT)	Ψυχροστάσιο
2	TRANE CRHE1COG5MBO	Αερόψυκτος	1053 (300 RT)	Δώμα

Εικόνα 3 Υδρόψυκτοι Ψύκτες

Εικόνα 4 Πύργοι Ψύξης

Εικόνα 5 Αερόψυκτοι Ψύκτες

Οι ψύκτες λειτουργούν παράλληλα και ανάλογα με τις ψυκτικές ανάγκες του Νοσοκομείου και τροφοδοτούν τον κεντρικό διανομέα της ψύξης του νοσοκομείου. Από τον κεντρικό διανομέα (και τον κεντρικό συλλέκτη) της ψύξης του νοσοκομείου, διανέμεται η ψυκτική ενέργεια στους ψυχόμενους χώρους μέσω ΚΚΜ και μονάδων Fan Coils.

Εικόνα 6 Σύστημα διανομής/συλλογής Ψυχρού νερού

Οι ΚΚΜ μέσω αεραγωγών εισάγουν στους χώρους προκλιματισμένο αέρα, διατηρώντας τους σε μία επιθυμητή μέγιστη θερμοκρασία. Οι χρήστες ή/και οι διαμένοντες στους χώρους μπορούν μέσω των fan coils να μεταβάλουν τη θερμοκρασία στους χώρους, στην κατ' αυτούς επιθυμητή.

Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες – Ανεμιστήρες Αερισμού

Ο αερισμός των χώρων του Νοσοκομείου επιτελείται μέσω νωπού αέρα που εισέρχεται από ανεμιστήρες στις ΚΚΜ των μηχανοστασίων και μέσω ανεμιστήρων αερισμού σε χώρους όπως τα WC οι οποίοι δεν εξυπηρετούνται από τις 80 εγκατεστημένες ΚΚΜ.

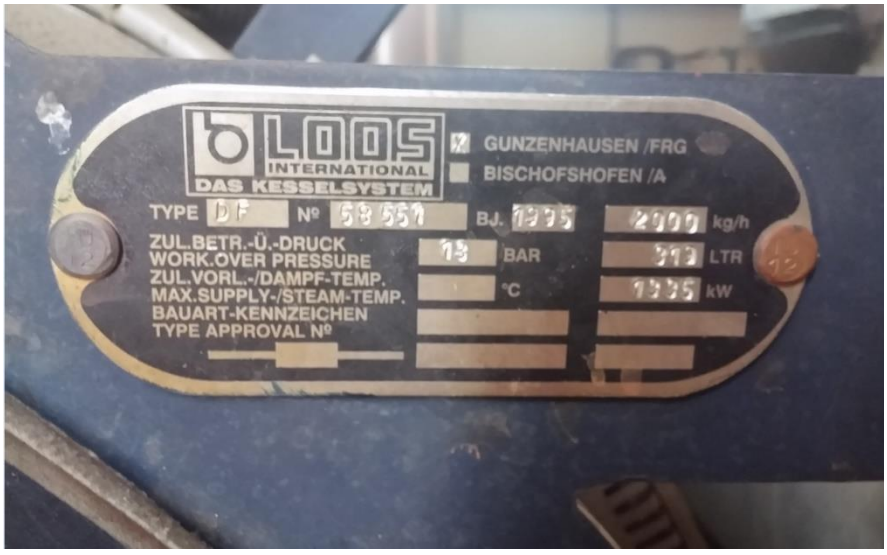
Παραγωγή Ατμού για Χρήση Λειτουργικών Αναγκών του Νοσοκομείου

Η παραγωγή ατμού, εκτός της εκμετάλλευσης του για τη παραγωγή θερμού νερού για τις ανάγκες θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης του Νοσοκομείου, χρησιμοποιείται και για τις υποστηρικτικές υπηρεσίες του Νοσοκομείου και πιο συγκεκριμένα:

- την τροφοδοσία του εξοπλισμού πλυντηρίων (σιδερωτήρια, στεγνωτήρια και πλυντήρια)
- την τροφοδοσία το εξοπλισμού των μαγειριών (βραστήρες)
- τον κεντρικό αποστειρωτή.

Η παραγωγή ατμού γίνεται στους ατμολέβητες που ήδη προαναφέρθηκαν και σε δύο ίδιες ατμογεννήτριες (εφεδρική η μία της άλλης). Οι ατμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ατμού υψηλότερης πίεσης σε σχέση με τους ατμολέβητες ο οποίος ικανοποίει τις ανάγκες του χώρου των πλυντηρίων. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ισχύς, ο κατασκευαστής, ο τύπος της ατμογεννήτριας και ο αριθμός αυτών.

Χαρακτηριστικά Ατνογεννήτριας				
1	Γεννήτρια Ατμού 2.000 kg/hr, κατασκευής 1995	LOOS DF	LOOS INTERNATIONAL	2 TEM



Εικόνα 7 Ατμογεννήτριες LOOS παραγωγής ατμού

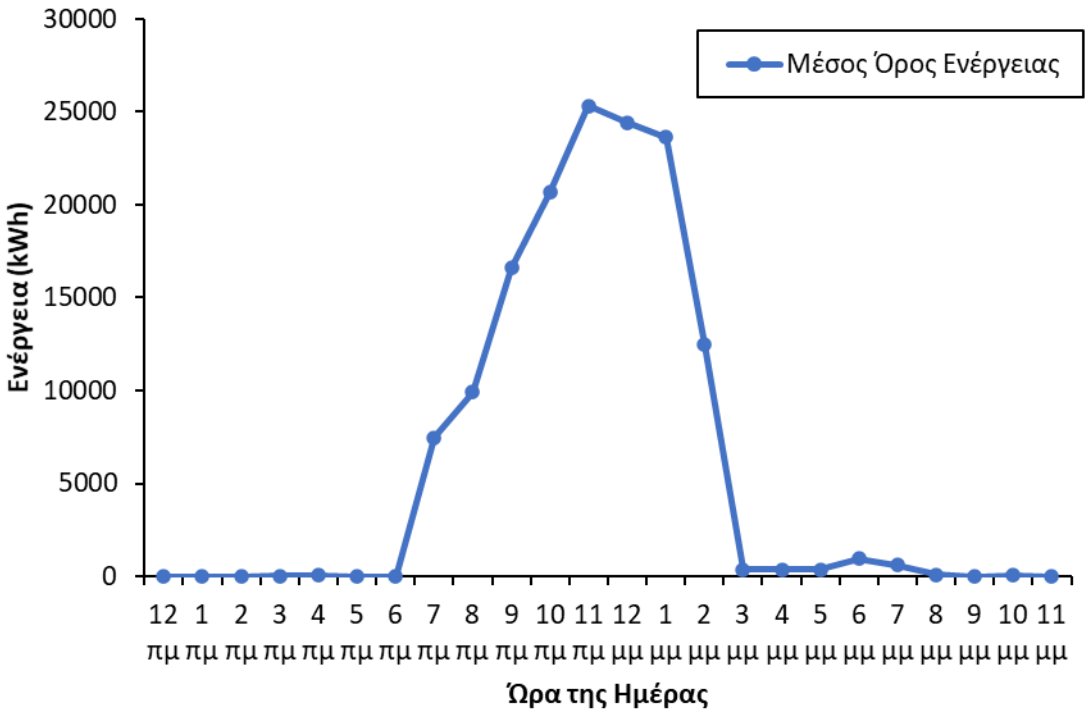
Ο παραγόμενος ατμός διαχέεται στις καταναλώσεις (πλυντήρια, μαγειρία, αποστείρωση) μέσω δικτύου σωληνώσεων που ξεκινούν από αντίστοιχους συλλέκτες προσαγωγής ατμού.

Επιτόπου μετρήσεις

Πίνακας 6

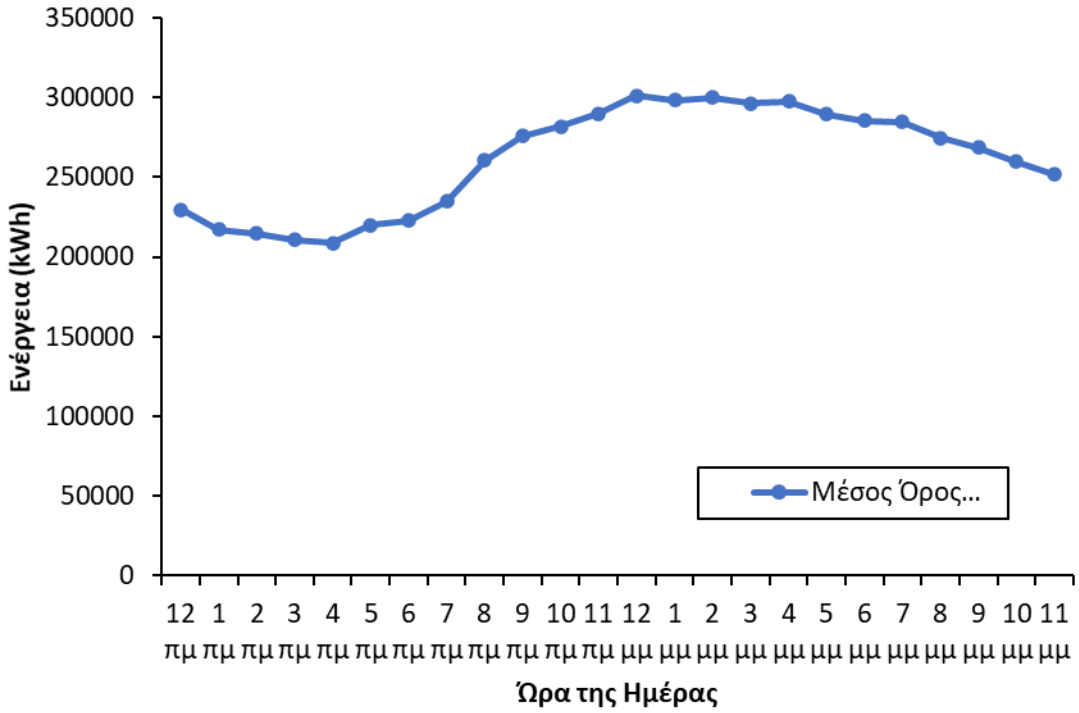
Πίνακας Προγράμματος Μετρήσεων			
Σημείο Μέτρησης	Μετρητικό	Χρονική Περίοδος Μετρήσεων	
		Έναρξη	Λήξη
Μαγειρεία	Vega 78	5/6/2019 14:00:00 μμ	13/6/2019 11:00
Πλυντήρια	11240	5/6/2019	13/6/2019
Λεβητοστάσιο	11536	5/6/2019	13/6/2019
Μαγειρεία Ε	11538	5/6/2019	13/6/2019
Υδρόψυκτος Ψύκτης 3	Vega 78	13/6/2019 11:40	19/6/2019 10:30
Πίνακας Αεροσυμπιεστή Νο 3	11536	13/6/2019	19/6/2019
Πίνακας Πεπιεσμένου Αέρα Γενικής Χρήσης	11536	13/6/2019	19/6/2019
Κλιματισμός Ψυχροστάσιο	11240	13/6/2019	19/6/2019
Κλιματισμός Ψυχροστάσιο	11538	13/6/2019	19/6/2019
Υποσταθμός Α - ΜΣ 1 - ΜΚΛ18	Vega 78	19/6/2019 11:40	27/6/2019 13:00
Πίνακας αντλιών κενού Ιατρικής Χρήσης	11538	19/6/2019	27/6/2019
Πεπιεσμένος αέρας ιατρικής χρήσης	11538	19/6/2019	27/6/2019
Υποσταθμός Α - ΜΣ 2 - Ανελκυστήρας Γ κτιρίου	11536	19/6/2019	27/6/2019
Υποσταθμός Α - ΜΣ 1 - ΜΚΛ2	11240	19/6/2019	27/6/2019
Υποσταθμός Α - ΜΣ 1 - Κτίριο Κ	Vega 78	27/6/2019 14:00	
Υποσταθμός Α - ΜΣ 1 - Κτίριο Λ	11536	27/6/2019 13:00	
Υποσταθμός Α - ΜΣ 1 - Κτίριο Ι	11240	27/6/2019 13:40	

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας στα Πλυντήρια.



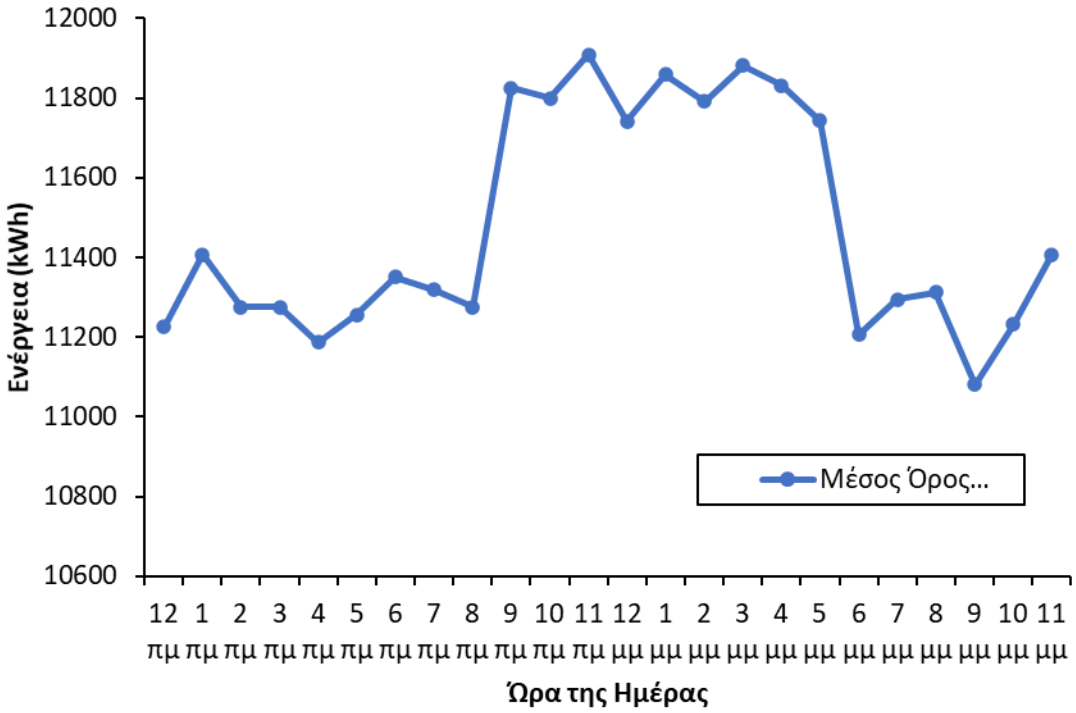
Σημείωση: *Το προφίλ κατανάλωσης συμβαδίζει απόλυτα με το ωράριο λειτουργίας των πλυντηρίων.*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υδρόψυκτου Ψύκτη.



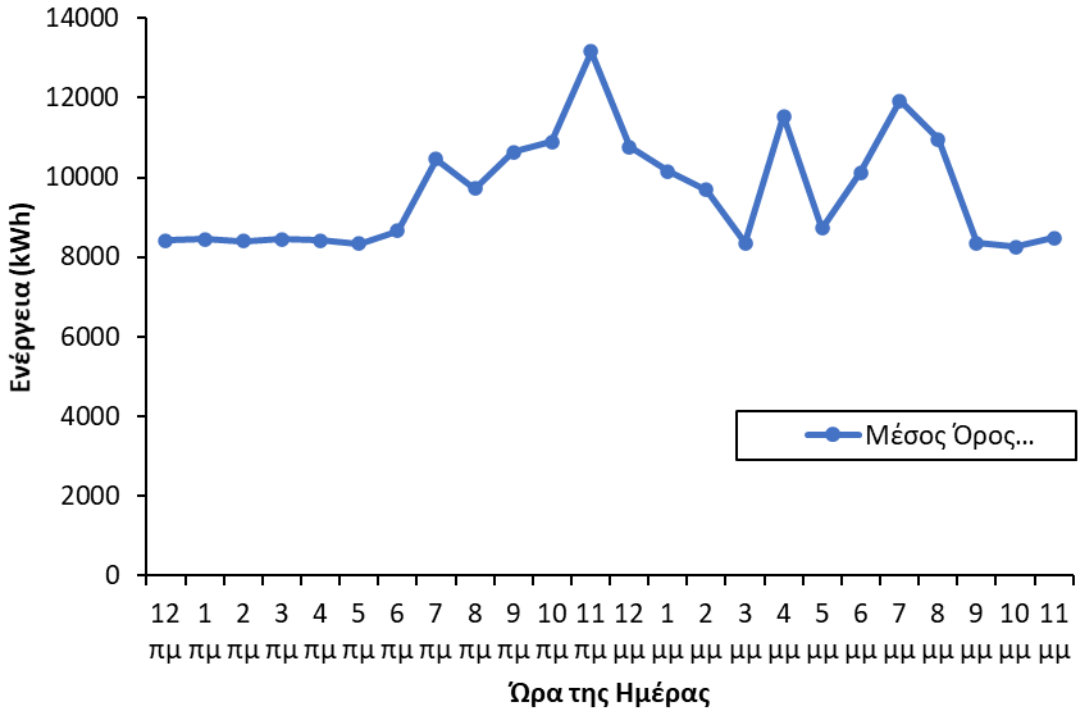
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο.*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ1 ΜΚΛ2.



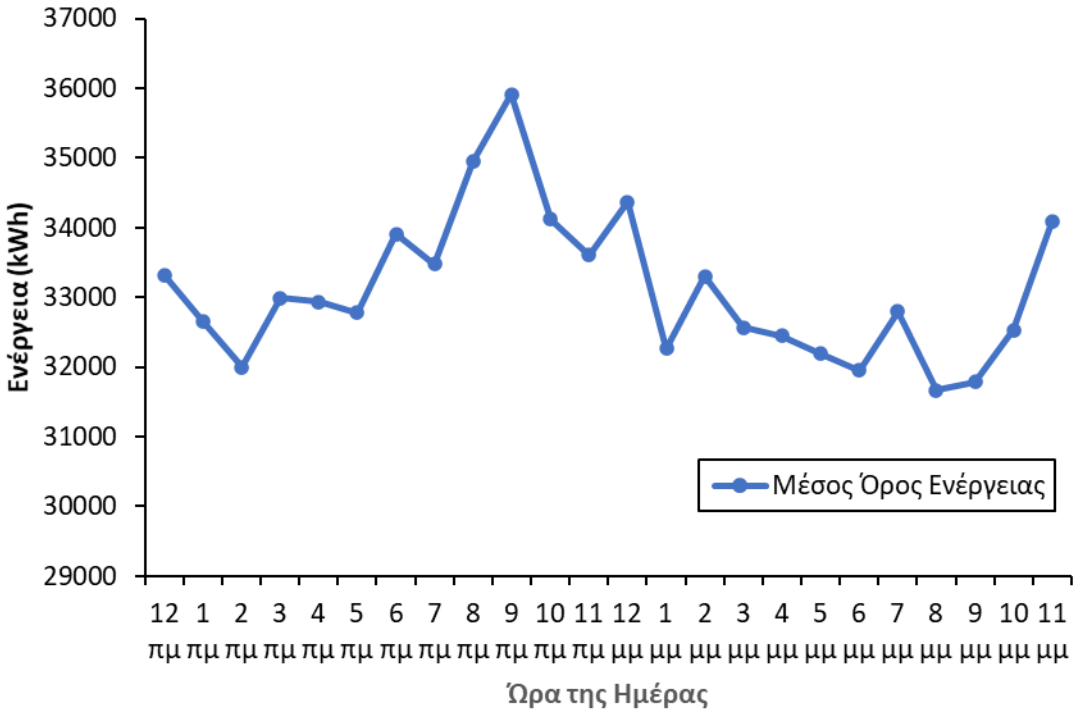
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο, με αύξηση της κατανάλωσης στις ώρες λειτουργίας του διαγνωστικού τμήματος.*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ1 Κτηρίου Ι.



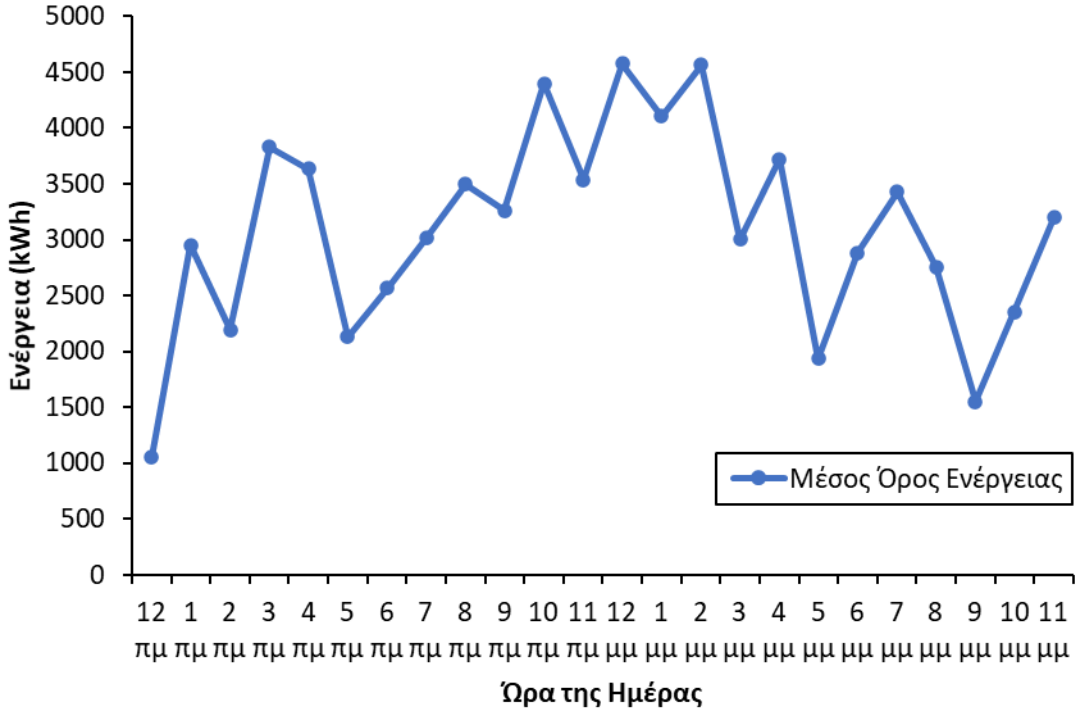
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Λεβητοστάσιου



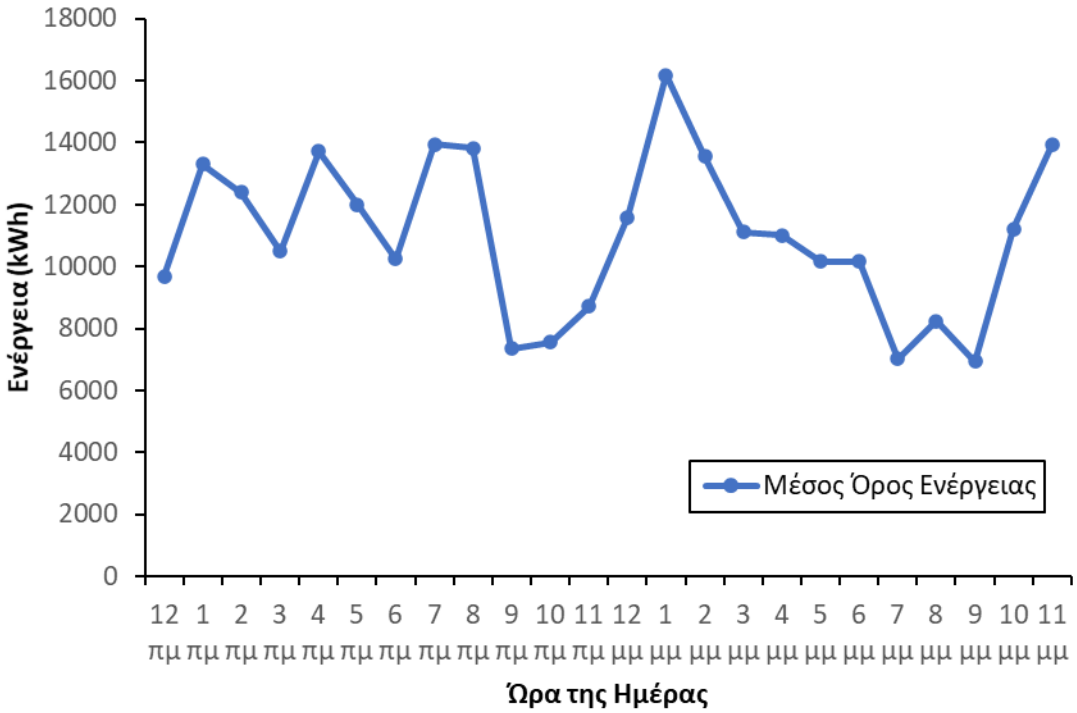
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Πίνακα Πεπιεσμένου Αέρα Γενικής Χρήσης.



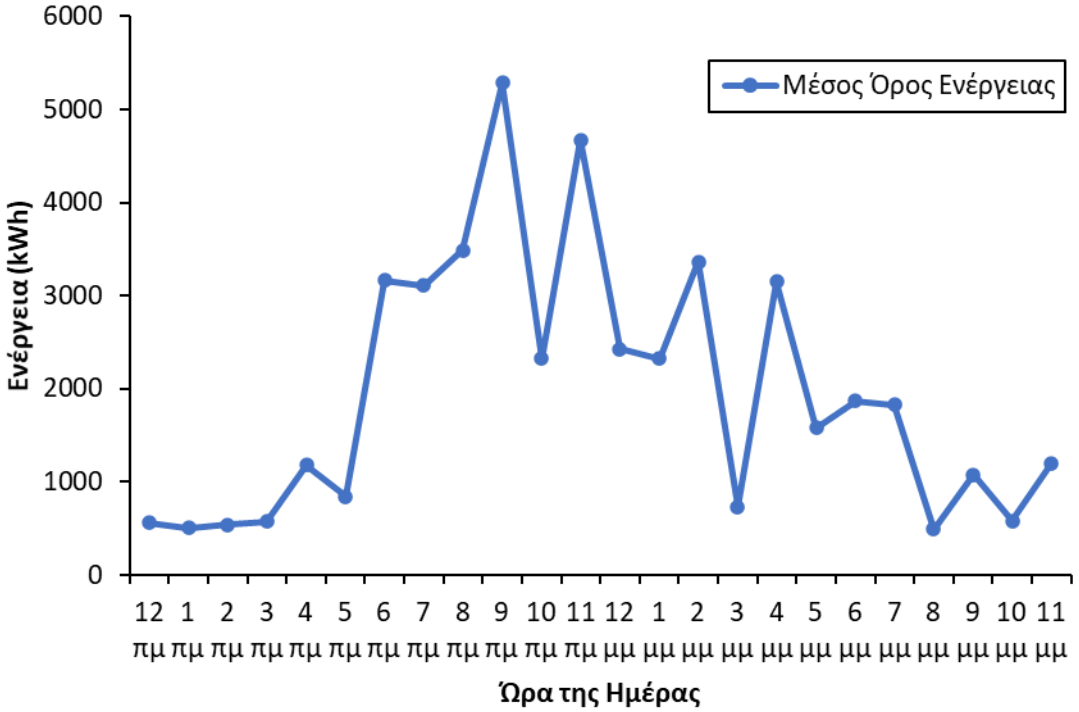
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Πίνακα Αεροσυμπιεστή.



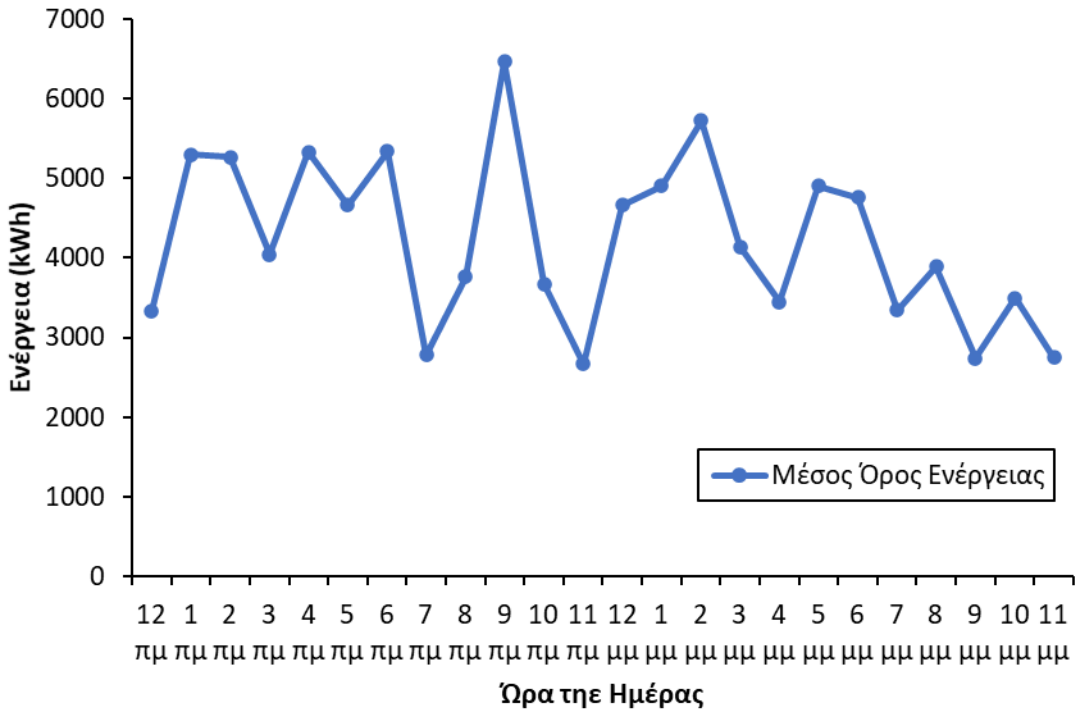
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ2 Ανελκυστήρα Γ κτηρίου.



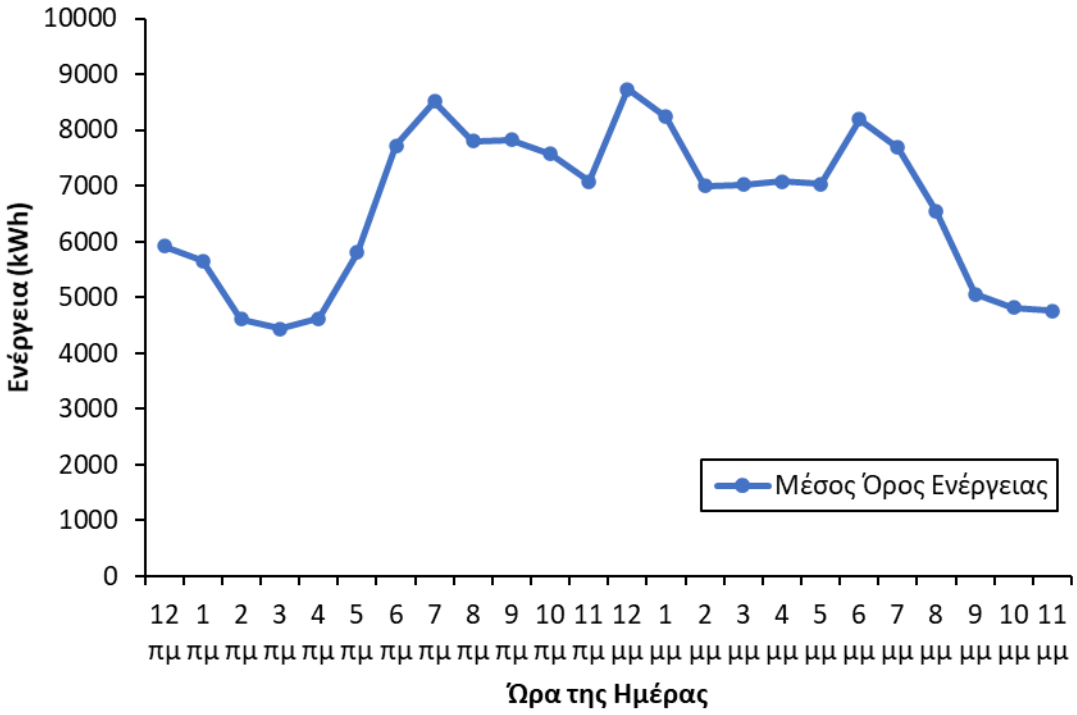
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ1 Κτηρίου Λ



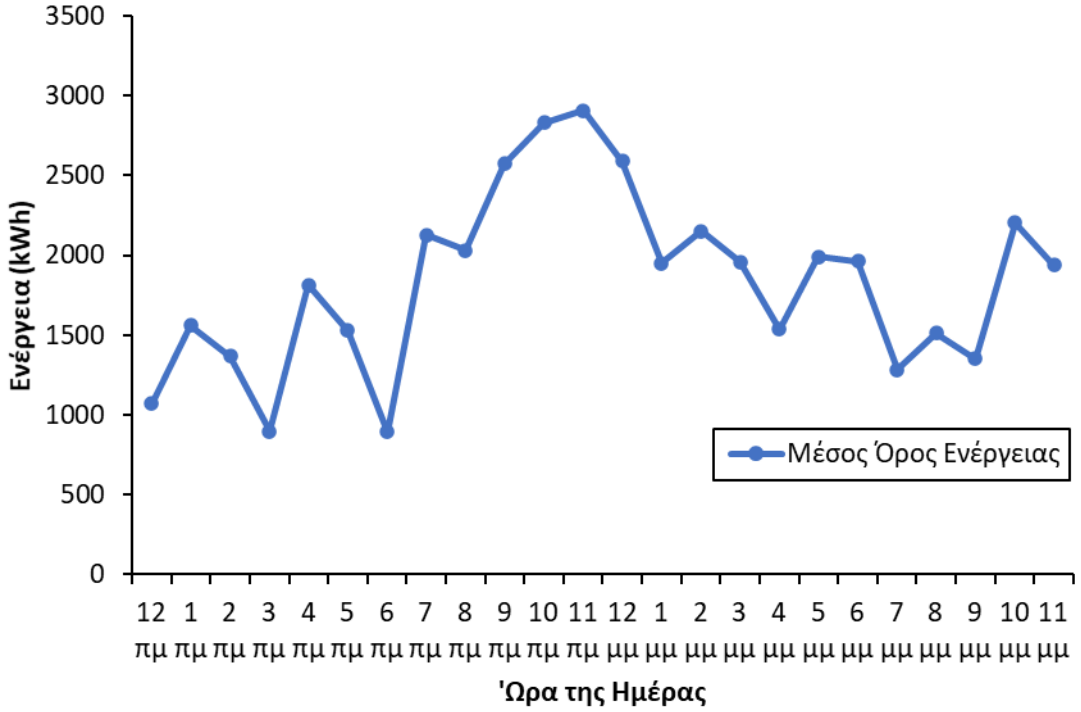
Σημείωση: *Παρατηρείται λειτουργία όλο το 24ωρο*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Μαγειρείων Ε.



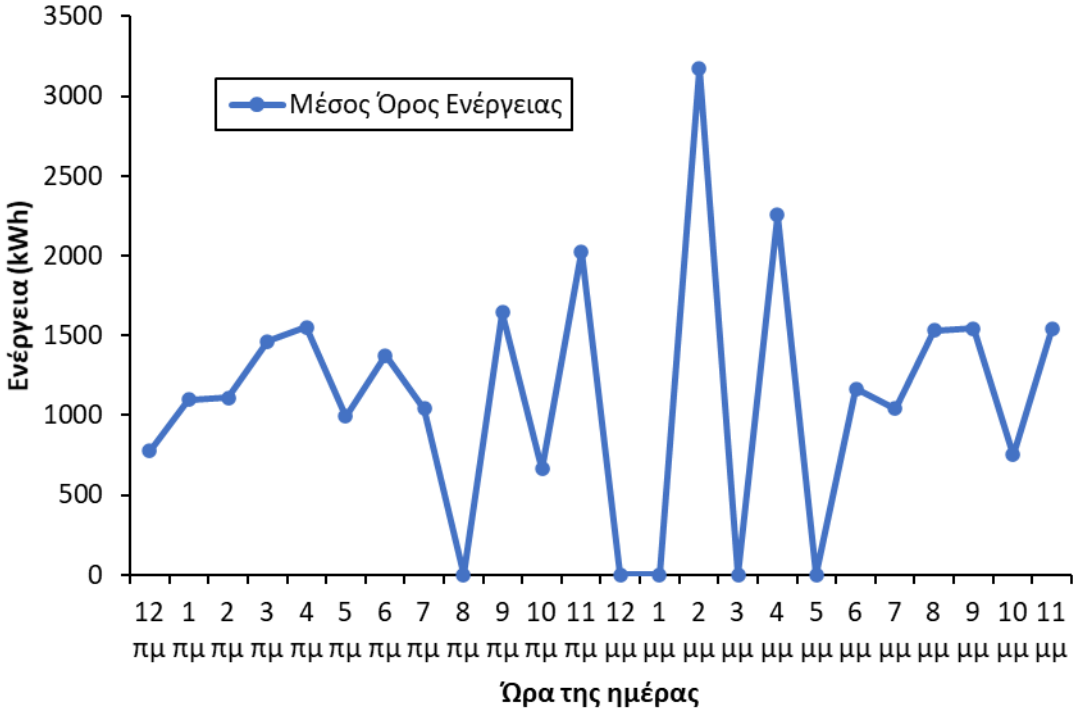
Σημείωση: *Παρατηρείται κάποια κατανάλωση όλο το 24ωρο και κυρίως στο ωράριο λειτουργίας των μαγειρείων και αιχμές στις 7 π.μ., στις 12 μ.μ. και στις 6 μ.μ..*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Πίνακα Αντλιών Κενού Ιατρικής Χρήσης.



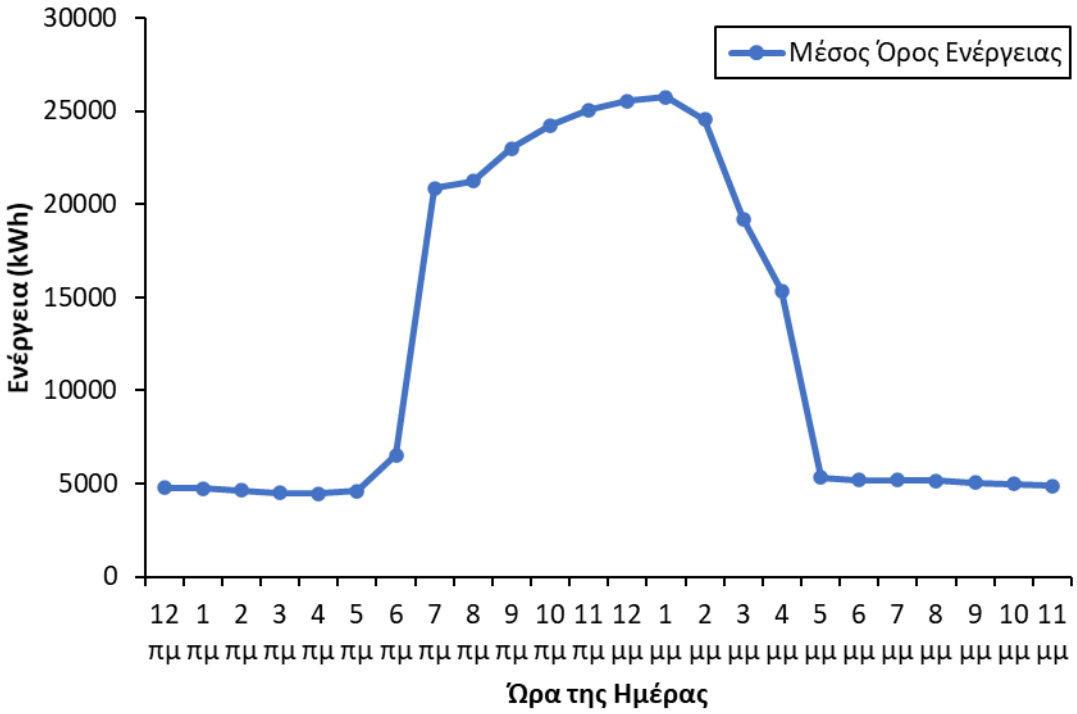
Σημείωση: *Παρατηρείται κατανάλωση όλο το 24ωρο με αιχμή στις 11 π.μ..*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Πεπιεσμένου Αέρα Ιατρικής Χρήσης.



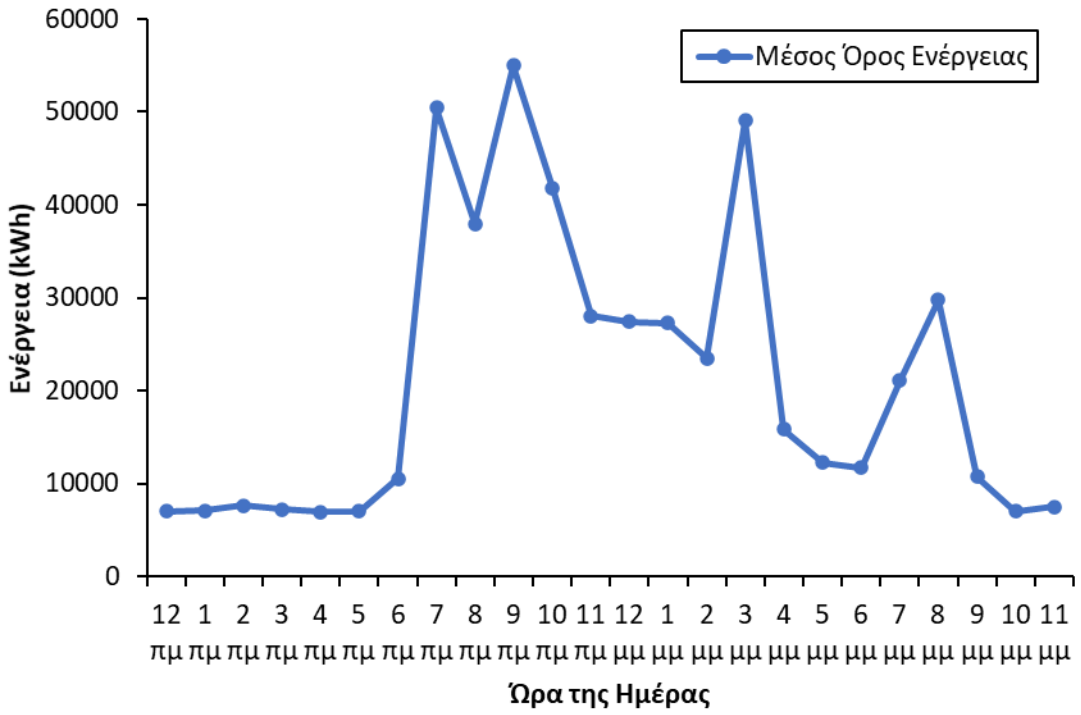
Σημείωση: *Δεν παρατηρείται κάποια συσχέτιση ωραρίου και η κατανάλωση είναι επιλεκτική.*

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Υποσταθμού Α ΜΣ1 Κτηρίου Κ



Σημείωση: Παρατηρείται φορτίο βάσης περίπου στις 5000 kWh και κύρια λειτουργία κτηρίου 6 π.μ. με 4 μ.μ..

Ωριαίο Προφίλ Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας Μαγειρείων



Σημείωση: *Παρατηρείται κάποια κατανάλωση όλο το 24ωρο, με φορτίο βάσης περίπου 7000 kWh και κυρίως στο ωράριο λειτουργίας των μαγειρείων και αιχμές στις 7 π.μ., στις 9 π.μ. στις 3 μ.μ. και στις 8 μ.μ..*

Αναλυτικός Υπολογισμός Περιόδου Απολπληρωμής

Πίνακας 7

ΥΠΟΚΑΘΙΣΤΑΜΕΝΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΠΟ ΣΗΘ		
Ετήσιες ώρες λειτουργίας μονάδας	8.592	h
Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδας ΣΗΘ	**3.055**	**kW**
Θερμική Ισχύς Μονάδας ΣΗΘ	1.377	kWth
Ηλεκτρική Ισχύς Μονάδας ΣΗΘ	1.287	kWe
ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΘΕΡΜΑΝΣΗ		
Βαθμός απόδοσης συμβατικής εγκατάστασης	90%	
Ετήσια υποκαθιστάμενη ενέργεια από λέβητες	10.329	MWh
Ετήσια απορρόφηση καυσίμου	11.477	MWh
Κόστος καυσίμου (Φυσικό αέριο)	45,758	€/Mh
Ετήσια δαπάνη καυσίμου	525.146	€
ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΨΥΞΗ		
Βαθμός απόδοσης συμβατικής εγκατάστασης	3,50	
Ετήσια υποκαθιστάμενη ψυκτική ενέργεια	1.271	MWh
Ετήσια υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας	363	MWh
Τιμή Προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας	112,82	€/MWh
Ετήσια δαπάνη ηλεκτρικής ενέργειας	40.970	€
Ολικός βαθμός απόδοσης ΣΗΘ	87,2%	
Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης ΣΗΘ	42,1%	
Θερμικός βαθμός απόδοσης ΣΗΘ	45,1%	
Ετήσια απορρόφηση καυσίμου ΣΗΘ	26.249	MWh
Κόστος καυσίμου ΣΗΘ (Φυσικό αέριο)	28,906	€/MWh
Ετήσια δαπάνη καυσίμου ΣΗΘ	758.740	€
Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ΣΗΘ	9.682	MWh
Τιμή προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας	112,8	€/MWh
Ε.Φ.Κ. ιδιοκατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (ΦΕΚ1001/30-6-2010 & άρθρο 7 Ν.3899/2010)	24.688	
Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	66.900	
ΕΤΜΕΑΡ (Απόφαση 772/2014 της ΡΑΕ)	0	€
Ετήσιο έσοδο υποκατάστασης ηλεκτρικής ενέργειας	1.092.285	€
Ετήσιο κόστος συντήρησης μονάδος ΣΗΘ & ψύκτη απορρόφησης	155.000	€
Ετήσιο λειτουργικό κόστος ΣΗΘ	-86.956	€
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		
Ετήσιο οικονομικό όφελος επένδυσης ΣΗΘ	653.072	€
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		
ΣΥΝΟΛΟ - Αρχικό κόστος επένδυσης (με ΦΠΑ)	2628800	€
Απλή Περίοδος Αποπληρωμής	4,0	έτη