



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή επιθεώρηση και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε
βιομηχανική μονάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Π. Καντάνης

Επιβλέπων: Χ. Δούκας

Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή επιθεώρηση και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε
βιομηχανική μονάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Π. Καντάνης

Επιβλέπων: Χ. Δούκας

Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18^η Οκτωβρίου 2018.

Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Χρυσόστομος (Χάρης) Δούκας
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2018

Καντάνης Δημήτριος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Καντάνης Δημήτριος, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και η μείωση των εκπομπών αερίων, τα οποία είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ένα μείζον ζήτημα που απασχολεί σύσσωμη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Ένας από τους τομείς με μεγάλες προοπτικές εφαρμογής δράσεων προς αυτή την κατεύθυνση είναι ο τομέας της βιομηχανίας, ο οποίος σύμφωνα με μελέτες ευθύνεται για το 23% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε εθνικό επίπεδο. Η ενεργειακή ένταση (κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος) που παρουσιάζει η ελληνική βιομηχανία είναι υψηλή σε σχέση με χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εμφανίζουν παρεμφερή βιομηχανική δομή και ανάπτυξη. Ο χαμηλός βαθμός ενεργειακής απόδοσης της ελληνικής βιομηχανίας οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και εκσυγχρονισμού. Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε μία ελληνική βιομηχανία μπορούν να είναι από ένα απλό «ενεργειακό νοικοκύρεμα» με χαμηλό κόστος, μέχρι επεμβάσεις υψηλότερου κόστους με μεσο-βραχυπρόθεσμη απόσβεση. Σε κάθε περίπτωση, ένα πρόγραμμα επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε μία βιομηχανία θα πρέπει να υλοποιηθεί με τεχνικοοικονομικά κριτήρια, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης βιομηχανίας, να εφαρμοσθεί σε τομείς όπου υπάρχει σημαντικό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας με αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους που θα προκύψει από τις επεμβάσεις και ο χρόνος απόσβεσης του κεφαλαίου που θα επενδυθεί να είναι ελκυστικός για την επιχείρηση. Προκειμένου να εκτιμηθούν όλα τα παραπάνω και να προκύψει η σκοπιμότητα ή όχι πραγματοποίησης της επένδυσης, κρίνεται απαραίτητη πριν από την υλοποίηση ενός προγράμματος επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε μία βιομηχανία, η διενέργεια Ενεργειακής Επιθεώρησης. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της ενεργειακής επιθεώρησης σε βιομηχανική μονάδα. Η εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος αναλύονται τα καθεστάτα επιβολής ενεργειακής απόδοσης και τα εναλλακτικά μέτρα πολιτικής καθώς και οι τρέχουσες υποχρεώσεις των μεγάλων επιχειρήσεων/ βιομηχανιών σε ενεργειακούς ελέγχους. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε σε μια βιομηχανική μονάδα που βρίσκεται στη Νότια Ευρώπη. Η διαδικασία της επιθεώρησης άφορα την καταγραφή του εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων της υπό μελέτη βιομηχανικής μονάδας, τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους της, τη διεξαγωγή μετρήσεων με θερμοκάμερα και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο τρίτο μέρος προτείνονται δράσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του μηχανολογικού εξοπλισμού και την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου και αξιολογούνται με οικονομικά κριτήρια.

Λέξεις κλειδιά

Ενεργειακή επιθεώρηση, Βιομηχανική μονάδα, Συντελεστές θερμοπερατότητας, Καθεστάτα επιβολής ενεργειακής απόδοσης, Θερμοκάμερα, Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Δράσεις Εξοικονόμησης ενέργειας

Abstract

Ways of improving energy performance and ways to decrease gas emissions, both being causes of the “Greenhouse Effect” and amongst the top priorities in the E.U.. A sector that shows high perspective in implementing some solutions toward this goal is industrial, which according to studies is responsible for 23% of total energy consumption in national level.

The energy intensity (energy consumption per unit of output) of the Greek industry is high compared to those of the European Union with similar industrial structure and growth. This means for our country energy consumption with low efficiency.

The low level of energy efficiency of Greek industry is mainly due to the lack of energy saving interventions, but also to modernization.

Energy-saving interventions in a Greek industry can be from a simple "low-cost energy housekeeping" to higher-cost interventions with mid-term depreciation.

In any case, a program of energy saving interventions in an industry should be implemented with technical and economic criteria in order to meet the needs and requirements of the particular industry to be applied in areas where there is significant potential for energy saving resulting in maximizing the economic benefit which will result from the interventions and the amortization time of the capital invested will be attractive for the company.

In order to assess all of the above, and thus the feasibility or not realization of the investment, it is necessary to carry out an Energy Inspection before the implementation of a program of energy saving interventions in an industry.

Therefore, in this thesis the method of Energy Inspection is implemented in an industrial plant.

The work consists of three main parts. In the first, energy efficiency enforcement regimes and alternative policy measures, as well as the current obligations of large enterprises / industries in energy audits, are analyzed. The second part presents the Energy Inspection carried out in an industrial plant located in Southern Europe. The inspection process includes registering the equipment and assessing the energy consumption of the building, calculating the average U-value of the building envelope, conducting measurements with a thermal camera and an electric energy analyzer and studying the results. The final part proposes actions for the energy upgrading of the mechanical equipment and the energy improvement of the building and evaluating them according to several economic criteria.

Keywords

Energy inspection, industry, energy savings and efficiency, Thermal building envelope, enforcing energy efficiency, Energy audit, Thermal camera, Electric energy analyzer

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επ. Καθηγητή κ. Χ. Δούκα, για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τη συμπαράσταση και τη συνολική υποστήριξη του για την ολοκλήρωση αυτού του πονήματος.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους επιβλέποντες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κ. Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, διδάκτορα Ε.Μ.Π. και κ. Μιχάλη Αυγουλή, υποψήφιο διδάκτορα Ε.Μ.Π., που υπήρξαν αρωγοί στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Οι πολύτιμες συμβουλές τους συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωσή της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες πρέπει επίσης να αποδοθούν στον κ. Γεώργιο Καραμπάμπα, μηχανικό εγκαταστάσεων της βιομηχανικής μονάδας, για τη θερμή υποδοχή, την πολύτιμη βοήθειά και την αμέριστη συμπαράστασή του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου που με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Abstract	iv
Ευχαριστίες	v
Περιεχόμενα.....	vi
Λίστα Σχημάτων	ix
Λίστα Πινάκων	xi
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικειμενικός σκοπός και στόχοι	1
1.2 Φάσεις υλοποίησης	2
1.3 Οργάνωση τόμου	2
2 Νομοθετικό πλαίσιο για τα καθεστάτα επιβολής υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης και τους ενεργειακούς ελέγχους.....	5
2.1 Εισαγωγή.....	5
2.1.1 Ανασκόπηση Εθνικών Στόχων Ενεργειακής Απόδοσης για το 2020.....	5
2.1.2 Καθορισμός Στόχου.....	6
2.2 Καθεστάτα Επιβολής της Υποχρέωσης Ενεργειακής Απόδοσης	6
2.2.1 Εισαγωγή.....	6
2.2.2 Στάδια εφαρμογής καθεστώτος.....	6
2.2.3 Καθορισμός υπόχρεων μερών και ετήσια κατανομή του συνολικού σωρευτικού στόχου	7
2.2.4 Ετήσιο Σχέδιο Συμμόρφωσης Υπόχρεων Μερών.....	8
2.2.5 Εκκαθάριση	8
2.2.6 Ετήσια έκθεση αποτελεσμάτων.....	9
2.2.7 Αποκλίσεις.....	9
2.2.8 Στατιστικά δεδομένα.....	9
2.2.9 Κυρώσεις	11
2.3 Εναλλακτικά Μέτρα Πολιτικής.....	11
2.3.1 Υλοποιηθέντα μέτρα πολιτικής την περίοδο 2014-2016.....	11
2.3.2 Προγραμματιζόμενα μέτρα πολιτικής για την περίοδο 2017-2020	13
2.4 Ενεργειακοί Έλεγχοι και συστήματα ενεργειακής διαχείρισης.....	15
2.4.1 Εισαγωγή.....	15
2.4.2 Θεσμικό πλαίσιο	15
2.4.3 Ελάχιστα Κριτήρια Ενεργειακών Ελέγχων.....	17

2.4.4	Οδηγός ενεργειακών ελέγχων	17
2.4.4.1	Στάδια Ενεργειακών Ελέγχων	17
2.4.4.2	Επίπεδο Ανάλυσης Ενεργειακών Ελέγχων.....	18
2.4.4.3	Αρχείο ενεργειακών ελέγχων.....	18
3	Ενεργειακή Επιθεώρηση Βιομηχανικής Μονάδας.....	21
3.1	Περιγραφή βιομηχανικής μονάδας	21
3.1.1	Περιγραφή κτιριακής εγκατάστασης	21
3.1.2	Περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού	22
3.1.2.1	Σύστημα ψύξης	22
3.1.2.2	Αεροσυμπιεστές.....	24
3.1.3	Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας	27
3.1.3.1	Τμήμα Αποθήκης.....	28
3.1.3.2	Τμήμα Ζύγισης	29
3.1.3.3	Τμήμα Αναμίξεων.....	31
3.2	Κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανική μονάδα	34
3.3	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη βιομηχανική μονάδα	36
3.4	Κατανάλωση Φυσικού Αερίου	40
3.5	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	41
3.6	Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση.....	42
3.6.1	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό.....	42
3.6.2	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση	44
3.6.2.1	Ψύκτες νερού	44
3.6.2.2	Κλιματιστικά τύπου split	46
3.6.2.3	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας 48	
3.6.3	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στους αεροσυμπιεστές.....	48
3.6.4	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις γραμμές παραγωγής	50
3.6.5	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις αναμίξεις	52
3.6.6	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον θερμαινόμενο χώρο.....	53
3.6.7	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον βιολογικό καθαρισμό.....	54
3.6.8	Τελικές καταναλώσεις-Συγκεντρωτικά	55
3.7	Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου	56
3.7.1	Μεθοδολογία υπολογισμού	56
3.7.1.1	Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας	56

3.7.2	Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας.....	59
3.7.2.1	Υπολογισμός Συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων 60	
3.7.2.2	Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών υλικών.....	61
3.7.2.3	Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας.....	61
3.7.3	Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων..	62
3.7.4	Υπολογισμός Συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου των γραφείων.....	69
3.7.5	Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	69
4	Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό	74
4.1	Θερμογράφηση.....	74
4.1.1	Εισαγωγή.....	74
4.1.2	Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας.....	74
4.1.3	Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών	74
4.1.4	Ιδανικές συνθήκες λειτουργίας.....	75
4.1.5	Θερμογέφυρες.....	76
4.1.6	Θερμοκάμερα.....	77
4.1.7	Διεξαγωγή των μετρήσεων	78
4.1.8	Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων	79
4.1.9	Συμπεράσματα.....	82
4.2	Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας	83
4.2.1	Γενικά στοιχεία.....	83
4.2.2	Αποτελέσματα μετρήσεων του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας	83
4.2.2.1	Ενεργός ισχύς, άεργος ισχύς και συντελεστής ισχύος.....	84
4.2.2.2	Αρμονικές ρεύματος και τάσης.....	88
4.3	Μετρήσεις από συστήματα καταγραφής που είναι εγκατεστημένα στην βιομηχανική μονάδα.....	92
4.4	Συμπεράσματα.....	93
5	Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στη βιομηχανική μονάδα.....	94
5.1	Εισαγωγή.....	94
5.2	Κριτήρια επιλογής.....	95
5.2.1	Δείκτες Οικονομικής Αξιολόγησης Επεμβάσεων.....	95
5.2.1.1	Καθαρή Παρούσα Αξία.....	95
5.2.1.2	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης.....	96
5.2.1.3	Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής	96

5.2.1.4	Αξιοποίηση Δεικτών Οικονομικής Αξιολόγησης Επεμβάσεων	96
5.3	Προτεινόμενες Δράσεις Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας.....	97
5.3.1	Αντικατάσταση συμβατικού φωτισμού με φωτιστικά τεχνολογίας Led	97
5.3.1.1	Εισαγωγή.....	97
5.3.1.2	Αξιολόγηση επένδυσης αντικατάστασης λαμπτήρων φωτισμού με λαμπτήρες τεχνολογίας LED	98
5.3.2	Αντικατάσταση υαλοπινάκων	99
5.3.3	Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας	101
5.3.4	Αντικατάσταση μόνωσης στο θερμοθάλαμο.....	106
5.3.4.1	Εισαγωγή.....	106
5.3.4.2	Αντικατάσταση οροφής	108
5.3.4.3	Αντικατάσταση πόρτας θερμοθαλάμου	109
5.3.5	Αντικατάσταση των αερόθερμων	111
5.3.6	Διακοπή λειτουργίας ταινιοδρόμων των γραμμών παραγωγής όταν οι γεμιστικές είναι εκτός λειτουργίας.....	115
5.3.7	Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης στο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα	115
5.3.8	Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Γεννητριών στην οροφή της βιομηχανικής μονάδας και ενεργειακός συμψηφισμός.....	116
5.3.8.1	Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου	116
5.3.8.2	Αυτοπαραγωγή και συμψηφισμός (net metering).....	117
5.3.8.3	Αξιολόγηση επένδυσης αυτοπαραγωγής και ενεργειακού συμψηφισμού	119
6	Συμπεράσματα και προοπτικές	123
6.1	Συμπεράσματα.....	123
6.2	Προοπτικές.....	124
7	Βιβλιογραφία	127

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 3.1:	Κάτοψη βιομηχανικής μονάδας.....	21
Σχήμα 3.2:	Σύστημα ψύξης νερού	23
Σχήμα 3.3	Ροή προϊόντος στη γραμμή παραγωγής.....	27
Σχήμα 3.4:	Διαδικασίες τμήματος Ζύγισης.....	31
Σχήμα 3.5:	Διαδικασίες τμήματος Αναμίξεων	33
Σχήμα 3.6:	Διαδικασίες τμήματος Αναμίξεων	34
Σχήμα 3.7:	Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2015	34

Σχήμα 3.8 Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2016	35
Σχήμα 3.9 Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2017	35
Σχήμα 3.10: Ποσοστιαία κατανομή κόστους ενέργειας για το έτος 2015.....	35
Σχήμα 3.11: Ποσοστιαία κατανομή κόστους ενέργειας για το έτος 2016.....	36
Σχήμα 3.12: Ποσοστιαία κατανομή κόστους ενέργειας για το έτος 2017.....	36
Σχήμα 3.13: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017	37
Σχήμα 3.14: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017	38
Σχήμα 3.15: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην ημερήσια ζώνη για τα έτη 2015,2016 και 2017.....	38
Σχήμα 3.16: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην νυχτερινή ζώνη για τα έτη 2015,2016 και 2017.....	39
Σχήμα 3.17: Ποσοστιαία ημερήσια και νυχτερινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για το έτος 2015	39
Σχήμα 3.18: Ποσοστιαία ημερήσια και νυχτερινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για το έτος 2016	39
Σχήμα 3.19: Ποσοστιαία ημερήσια και νυχτερινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για το έτος 2017	40
Σχήμα 3.20: Κατανάλωση φυσικού αερίου σε kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017	41
Σχήμα 3.21: Αναλογία χρεώσεων kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017	42
Σχήμα 3.22: Μηνιαία Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Βιολογικού καθαρισμού	55
Σχήμα 3.23: Ποσοστιαίος επιμερισμός ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά χρήση	56
Σχήμα 3.24:Χάρτης κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας.....	60
Σχήμα 3.25: Όψη Α του κτιρίου των γραφείων της βιομηχανικής μονάδας.....	63
Σχήμα 3.26: Όψη Β του κτιρίου των γραφείων της βιομηχανικής μονάδας	63
Σχήμα 3.27: Όψη Γ του κτιρίου των γραφείων της βιομηχανικής μονάδας.....	63
Σχήμα 3.28: Πάνελ πολυουρεθάνης	64
Σχήμα 3.29: Τομή εξωτερικής τοιχοποιίας	65
Σχήμα 3.30: Τομή των κρεμάσεων δοκών	66
Σχήμα 3.31: Τομή του δαπέδου	68
Σχήμα 4.1: Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου	79
Σχήμα 4.2: Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου Β όψης	80
Σχήμα 4.3: Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου Β όψης	80
Σχήμα 4.4: Αποθήκη εύφλεκτων και διαβρωτικών υλικών	80
Σχήμα 4.5: Οροφή χώρου παραγωγής.....	81
Σχήμα 4.6: Εξωτερική λήψη της οροφής του θερμαινόμενου χώρου.....	81
Σχήμα 4.7: Εξωτερική λήψη της οροφής του θερμαινόμενου χώρου.....	82
Σχήμα 4.8: Οροφή θερμαινόμενου χώρου	82
Σχήμα 4.9: Ηλεκτρικός Αναλυτής Ενέργειας FLUKE 1735 [16] Σχήμα 4.10: Συνδεσμολογία αστέρας FLUKE 1735	83
Σχήμα 4.11: Διάγραμμα μέσης ενεργούς ισχύος.....	84
Σχήμα 4.12: Διάγραμμα μέσης άεργου ισχύος.....	85
Σχήμα 4.13: Διάγραμμα μέσου συντελεστή Ισχύος.....	85
Σχήμα 4.14: Διάγραμμα μέσης ενεργούς ισχύος.....	86
Σχήμα 4.15: Διάγραμμα μέσης άεργου ισχύος.....	86

Σχήμα 4.16: Διάγραμμα μέσης μέσου συντελεστή Ισχύος.....	87
Σχήμα 4.17: Διάγραμμα μέσης ενεργούς ισχύος.....	87
Σχήμα 4.18: Διάγραμμα μέσης άεργου ισχύος.....	87
Σχήμα 4.19: Αρμονικές τάσης ψύκτη νερού 1	90
Σχήμα 4.20: Αρμονικές έντασης ψύκτη νερού 1.....	90
Σχήμα 4.21: Αρμονικές τάσης ψύκτη νερού 2	91
Σχήμα 4.22: Αρμονικές έντασης ψύκτη νερού 2.....	91
Σχήμα 4.23: Αρμονικές τάσης ψύκτη νερού 5	91
Σχήμα 4.24: Αρμονικές έντασης ψύκτη νερού 2.....	92
Σχήμα 4.25: Διάγραμμα ενεργούς ισχύος αεροσυμπιεστή 1	92
Σχήμα 5.1: Εξωτερική θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας [18]	102
Σχήμα 5.2:Κάτοψη θερμοθαλάμου.....	107
Σχήμα 5.3:Ψηφιακός θερμοστάτης θερμοθαλάμου	107
Σχήμα 5.4:Κάτοψη στέγης.....	116

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 2.1 Απολογιστικά δεδομένα	6
Πίνακας 2.2 Υπόχρεα μέρη	7
Πίνακας 2.3 Απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία.....	9
Πίνακας 2.4 Απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία.....	10
Πίνακας 2.5 Απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία.....	11
Πίνακας 2.6 Εξοικονόμηση ενέργειας από Υλοποιηθέντα μέτρα πολιτικής	12
Πίνακας 2.7 Εξοικονόμηση ενέργειας από Προγραμματισμένα μέτρα πολιτικής για την περίοδο 2017-2020	13
Πίνακας 3.1 Βασικά μέρη τμήματος αποθήκης εργοστασίου	28
Πίνακας 3.2 Βασικά μέρη τμήματος ζύγισης εργοστασίου	30
Πίνακας 3.3 Βασικά μέρη τμήματος αποθήκης εργοστασίου	31
Πίνακας 3.4 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh για τα έτη 2015,2016 και 2017.....	37
Πίνακας 3.5 Καταγραφή λαμπτήρων ανά χώρο	43
Πίνακας 3.6 Στοιχεία ψυκτών νερού στη βιομηχανική μονάδα.....	45
Πίνακας 3.7 Βαθμοί απόδοσης ψυκτών	45
Πίνακας 3.8 Ονομαστικά στοιχεία ψυκτών βιομηχανικής μονάδας	45
Πίνακας 3.9 Ετήσια κατανάλωση ψυκτών βιομηχανικής μονάδας.....	46
Πίνακας 3.10 Βαθμοί απόδοσης κλιματιστικών βιομηχανικής μονάδας.....	47
Πίνακας 3.11 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2016.....	49
Πίνακας 3.12 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2017.....	49
Πίνακας 3.13 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2016.....	49
Πίνακας 3.14 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2016.....	50

Πίνακας 3.15 Γραμμή παραγωγής L5.....	50
Πίνακας 3.16 Γραμμή παραγωγής L6.....	51
Πίνακας 3.17 Γραμμή παραγωγής L7.....	51
Πίνακας 3.18 Γραμμή παραγωγής L8.....	52
Πίνακας 3.19 Υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης των δοχείων αναμίξεων.....	53
Πίνακας 3.20 Ονομαστική Ισχύς, ώρες λειτουργίας και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αερόθερμων.....	54
Πίνακας 3.21 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας στον βιολογικό καθαρισμό	54
Πίνακας 3.22 Τελικές καταναλώσεις	55
Πίνακας 3.23 Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης.....	57
Πίνακας 3.24 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη	58
Πίνακας 3.25 Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής U_m	58
Πίνακας 3.26 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης πάνελ πολυουρεθάνης	64
Πίνακας 3.27 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής τοιχοποιίας 22cm	65
Πίνακας 3.28 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης των κρεμάσεων δοκών	66
Πίνακας 3.29 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δώματος	67
Πίνακας 3.30 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δαπέδου	68
Πίνακας 3.31 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας	69
Πίνακας 3.32 Στοιχεία Όψης Α.....	70
Πίνακας 3.33 Στοιχεία Όψης Β.....	70
Πίνακας 3.34 Στοιχεία Όψης Γ	70
Πίνακας 3.35 Θερμομόνωση περιβλήματος.....	70
Πίνακας 3.36 Επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του	71
Πίνακας 5.1 Φωτιστικά τεχνολογίας LED.....	98
Πίνακας 5.2 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	99
Πίνακας 5.3 Υπολογισμός απωλειών υαλοπινάκων πριν την αντικατάστασή τους ($U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)	100
Πίνακας 5.4 Υπολογισμός απωλειών υαλοπινάκων πριν την αντικατάστασή τους ($U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)	100
Πίνακας 5.5 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	101
Πίνακας 5.6 Θερμικές αντιστάσεις εξωτερικής θερμομόνωσης	102
Πίνακας 5.7 Υπολογισμός συντ. θερμοπερατότητας για τα είδη εξωτερικής τοιχοποιίας της βιομηχανικής. μονάδας	103
Πίνακας 5.8 Υπολογισμός απωλειών των πάνελ πολυουρεθάνης πριν την θερμομόνωση του .	103
Πίνακας 5.9 Υπολογισμός απωλειών των πάνελ πολυουρεθάνης μετά την θερμομόνωση του .	104
Πίνακας 5.10 Υπολογισμός απωλειών της τοιχοποιίας 22 cm πριν την αντικατάσταση	104
Πίνακας 5.11 Υπολογισμός απωλειών της τοιχοποιίας 22 cm μετά την αντικατάσταση	105
Πίνακας 5.12 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	105
Πίνακας 5.13 Υπολογισμός απωλειών οροφής πριν την αλλαγή της οροφής ($U = 6,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) .	108
Πίνακας 5.14 Υπολογισμός απωλειών οροφής μετά την αλλαγή της οροφής ($U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$)	109
Πίνακας 5.15 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	109
. Πίνακας 5.16 Υπολογισμός απωλειών πριν την αλλαγή της πόρτας ($U = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$).....	110
. Πίνακας 5.17 Υπολογισμός απωλειών μετά την αλλαγή της πόρτας ($U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$)	110

Πίνακας 5.18 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	111
Πίνακας 5.19 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	111
Πίνακας 5.20 Στοιχεία θαλάμου θέρμανσης βαρελιών.....	112
Πίνακας 5.21 Υπολογισμός μέσου συντελεστή μερικής θερμοχωρητικότητας ημιέτοιμου προϊόντος	113
Πίνακας 5.22 Υπολογισμός κόστος ανά κιλό ατμού	113
Πίνακας 5.23 Συνολικό κόστος θαλάμων θέρμανσης βαρελιών.....	114
Πίνακας 5.24 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	114
Πίνακας 5.25 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	116
Πίνακας 5.26 Ετήσια εξοικονόμηση (ευρώ)	120
Πίνακας 5.27 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες	121

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικειμενικός σκοπός και στόχοι

Στην Ελλάδα, ο βιομηχανικός τομέας, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 15% της παραγόμενης ενέργειας, με τις ελληνικές βιομηχανίες να είναι από τις πλέον ενεργοβόρες στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της ευρύτερης προσπάθειας για αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η σωστή ενεργειακή διαχείριση δίνουν τη δυνατότητα να εντοπιστούν τα σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και άλλων καυσίμων για τη θέρμανση, τον κλιματισμό, τον φωτισμό, την παραγωγική διαδικασία κτλ. Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να εφαρμοσθεί στη βιομηχανία είτε με τη μορφή επεμβάσεων σε συγκεκριμένες βιομηχανικές διεργασίες των διάφορων κλάδων, είτε υπό μορφή γενικών επεμβάσεων κοινών για όλους τους κλάδους. Η ενεργειακή διαχείριση είναι η βασική μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός συστήματος με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα, με άμεσο στόχο τη μείωση της συμμετοχής της ενέργειας στο συνολικό κόστος παραγωγής. Στηρίζεται στα αποτελέσματα του ενεργειακού ελέγχου, στη σαφή γνώση των ενεργειακών απαιτήσεων, του ανθρώπινου δυναμικού, των προτεραιοτήτων και των οικονομικών μέσων.

Η διαχείριση ενέργειας αρχίζει και τελειώνει πάντα με ένα πρόγραμμα ενεργειακού ελέγχου.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η καταγραφή όλων των καταναλώσεων στην βιομηχανική μονάδα που έχει επιλεγεί καθώς και του υπολογισμού θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους με κύριο στόχο την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της εξοικονόμησης ενέργειας. Η επιλογή της βιομηχανικής μονάδας ως αντικείμενο μελέτης έγινε διότι ο βιομηχανικός τομέας στην Ελλάδα παρουσιάζει τεράστιες δυνατότητες στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον βάση της κείμενης νομοθεσίας προκύπτουν πλέον συγκεκριμένες απαιτήσεις για τις μεγάλες επιχειρήσεις και βιομηχανίες, σχετικά με την ενεργειακή εξοικονόμηση, στις οποίες θα πρέπει να συμμορφωθούν.

Βάσει των προαναφερθέντων επιλέχθηκε μια μεγάλη βιομηχανική μονάδα στην περιοχή της Αττικής. Στα πλαίσια της μελέτης έγινε πλήρη καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της βιομηχανικής μονάδας, θερμογράφηση με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας με στόχο τον εντοπισμό ατελειών στη μόνωση ή άλλων προβλημάτων στο κέλυφος του κτιρίου, καταγραφή της ηλεκτρικής κατανάλωσης με χρήση ηλεκτρικού αναλυτή και υπολογισμός του

συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) 20701-2/2010.

Στη συνέχεια, προτάθηκαν δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και της ενεργειακής απόδοσης της βιομηχανικής μονάδας, οι οποίες αξιολογήθηκαν μέσω τεχνοοικονομικής ανάλυσης και ελέγχθηκε η βιωσιμότητά τους με κριτήριο την Καθαρή Παρούσα Αξία, την έντοκη περίοδο αποπληρωμής και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης.

1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε την περίοδο Οκτώβριος 2017 – Σεπτέμβριος 2018. Η υλοποίησή της διακρίνεται σε πέντε φάσεις οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια.

Φάση 1: Διερεύνηση των κανονισμών και των νόμων που διέπουν τις ενεργειακές μελέτες σε μεγάλες επιχειρήσεις/ βιομηχανίες

Φάση 2: Καταγραφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού της εξεταζόμενης βιομηχανίας, συλλογή στοιχείων, κατανομή ενεργειακών καταναλώσεων ανά χρήση και υπολογισμός της θερμικής περατότητας του κτιρίου.

Φάση 3: Διεξαγωγή μετρήσεων με μετρητικό εξοπλισμό και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Φάση 4: Παρουσίαση των προτεινόμενων δράσεων βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας και αξιολόγησή τους.

1.3 Οργάνωση τόμου

Αρχικά, παρατίθεται ο αναλυτικός πίνακας περιεχομένων και ακολουθούν η σύνοψη και η περίληψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας στην ελληνική και στην αγγλική γλώσσα.

Το παρόν Κεφάλαιο 1 αποτελεί το εισαγωγικό κομμάτι της διπλωματικής εργασίας, όπου παρουσιάζονται ο σκοπός και το κυρίως αντικείμενο της εργασίας, τα στάδια υλοποίησής της και τέλος η δομή και η οργάνωση του τόμου.

Το Κεφάλαιο 2 αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπου γίνεται εκτενής ανάλυση των νέων καθεστώτων επιβολής υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης, των τρεχουσών υποχρεώσεων των επιχειρήσεων/βιομηχανιών για ενεργειακούς ελέγχους καθώς και των κανονισμών που διέπουν τους ενεργειακούς ελέγχους.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται αναλυτική παρουσίαση της εξεταζόμενης στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας βιομηχανικής μονάδας και ανάλυση του ενεργειακού προφίλ (καταγραφή καταναλώσεων) με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το Τεχνικό Τμήμα της βιομηχανικής μονάδας. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας των δομικών στοιχείων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια ειδικού εξοπλισμού, που παραχωρήθηκε από το Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης καθώς και του μετρικού συστήματος που είναι εγκατεστημένο στο εργοστάσιο στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης με στόχο την καλύτερη δυνατή ενεργειακή προσέγγιση. Αρχικά, παρουσιάζονται τα δεδομένα από τη θερμογράφηση των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων του κτιρίου και γίνεται σχολιασμός και ανάλυση των θερμογραφημάτων. Περιγράφεται η λειτουργία της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας όπως και μία σύντομη περιγραφή της λειτουργίας του.

Στο Κεφάλαιο 5 προτείνονται δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για τη μείωση των λειτουργικών εξόδων της εξεταζόμενης βιομηχανικής μονάδας και αξιολογούνται βάσει των οικονομικών κριτηρίων της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Κ.Π.Α.), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (Ε.Β.Α.) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (Ε.Π.Α.). Με βάση την αξιολόγηση αυτή, προτείνονται οι βέλτιστες προτάσεις σύμφωνα με τις δυνατότητες της βιομηχανικής μονάδας να ανταποκριθεί στις προτεινόμενες παρεμβάσεις.

Τέλος στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ενεργειακή επιθεώρηση της υπό μελέτη βιομηχανικής μονάδας καθώς και τις δυνατότητες της βιομηχανικής μονάδας να ανταποκριθεί στις προτεινόμενες επεμβάσεις.

2 Νομοθετικό πλαίσιο για τα καθεστώτα επιβολής υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης και τους ενεργειακούς ελέγχους,

2.1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα συμμετέχει μαζί με τα υπόλοιπα κράτη μέλη στην κοινή δέσμευση για την επίτευξη του στόχου της Ευρωπαϊκής Ένωσης μείωσης κατά 20% της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ έως το 2020 σε σύγκριση με τις προβλέψεις. Το σημαντικότερο εργαλείο για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η Οδηγία της ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση (ΟΕΑ) (Οδηγία 2012/27/ΕΕ) [1], η οποία τέθηκε σε ισχύ το Δεκέμβριο του 2012.

Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αντιμετώπιση των μελλοντικών προκλήσεων τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η περιστολή της ενεργειακής ζήτησης και η έμφαση στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αποτελούν βασικό στόχο της χώρας στο πλαίσιο εκπλήρωσης των ευρωπαϊκών δεσμεύσεων της.

Το 2016 η ΕΕ πρότεινε την περαιτέρω ενίσχυση αυτής της ενεργειακής πολιτικής πέραν του 2020 με το να τεθεί δεσμευτικός στόχος 30% για την ενεργειακή απόδοση σε επίπεδο ΕΕ έως το 2030.

Η Ελλάδα από τα τέλη του 2014 παρουσίασε και εφαρμόζει μια σειρά δράσεων και ένα μίγμα μέτρων πολιτικής με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Τα μέτρα αυτά για την ενεργειακή απόδοση αποφέρουν μείωση του ενεργειακού κόστους για όλους τους τελικούς καταναλωτές και συμβάλλουν στην ανταγωνιστικότητα και βιωσιμότητα της ελληνικής οικονομίας καθώς και στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

2.1.1 Ανασκόπηση Εθνικών Στόχων Ενεργειακής Απόδοσης για το 2020

Λαμβάνοντας υπόψη το άρθρο 3 της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ [1] έχει καθοριστεί στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης ο εθνικός στόχος για το έτος 2020 όσον αφορά την επίτευξη τελικής κατανάλωσης ενέργειας 18,4 Mtoe. Ο εθνικός αυτός στόχος θα είναι αποτέλεσμα τόσο της εξέλιξης της ελληνικής οικονομίας όσο και της εφαρμογής των δράσεων και των προγραμμάτων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Επιπρόσθετα στο στόχο αυτό θα συμβάλει και η διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και η εξοικονόμηση ενέργειας.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η ποσοτική ανάλυση του σεναρίου για τον καθορισμό του εθνικού στόχου ενεργειακής απόδοσης πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των μαθηματικών μοντέλων TIMES, WASP IV και COST. [2]

2.1.2 Καθορισμός Στόχου

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζεται η εξέλιξη των ενεργειακών μεγεθών παραθέτοντας τα απολογιστικά δεδομένα για τα έτη 2009, 2011 και 2015 καθώς και τις αντίστοιχες εκτιμήσεις για το 2020. [2]

Πίνακας 2.1 Απολογιστικά δεδομένα

	2009	2011	2015	2020 (Εκτίμηση)
Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας (Mtoe)	30,5	27,8	24,4	25,4
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (Mtoe)	29,6	26,9	23,7	24,7
Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας (Mtoe)	20,5	18,9	16,5	18,4

2.2 Καθεστώς Επιβολής της Υποχρέωσης Ενεργειακής Απόδοσης

2.2.1 Εισαγωγή

Από την 1^η Ιανουαρίου 2017 προβλέπεται η θέσπιση καθεστώτων επιβολής της υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης μέσω της οποίας εξασφαλίζεται ότι οι διανομείς ενέργειας και οι εταιρείες λιανικής πώλησης ενέργειας που ορίζονται ως υπόχρεα μέρη και λειτουργούν στην Ελληνική Επικράτεια, επιτυγχάνουν έναν σωρευτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας στην τελική χρήση έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020.

Επιπρόσθετα οφέλη της επιβολής καθεστώτων υποχρέωσης ενεργειακής απόδοσης είναι η μείωση των τιμολογίων ενέργειας, η προώθηση των ενεργειακών υπηρεσιών και του κλάδου Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών (ΕΕΥ), η ενίσχυση των χαμηλών εισοδηματικά νοικοκυριών και η βελτίωση του περιβάλλοντος.

2.2.2 Στάδια εφαρμογής καθεστώτος

Ο ετήσιος χρονικός κύκλος εφαρμογής του Καθεστώτος περιλαμβάνει τα ακόλουθα διακριτά στάδια:

1. Καθορισμός υπόχρεων μερών και ετήσια κατανομή συνολικού σωρευτικού στόχου.
2. Υποβολή ετήσιου σχεδίου συμμόρφωσης από τα υπόχρεα μέρη.

3. Αξιολόγηση μέτρων βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης από τον διαχειριστή του συστήματος.
4. Εκκαθάριση.
5. Έκθεση αποτελεσμάτων.

2.2.3 Καθορισμός υπόχρεων μερών και ετήσια κατανομή του συνολικού σωρευτικού στόχου

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τα υπόχρεα μέρη, ο οποίος επικαιροποιείται κάθε έτος με υπουργική απόφαση. [3]

Πίνακας 2.2 Υπόχρεα μέρη

A/A	Υπόχρεο Μέρος	Ενεργειακό Προϊόν	Ποσοστό	Ετήσιος Σωρευτικός Στόχος (ktoe)
1	PPC	Ηλεκτρισμός	31,8%	31,76
2	HERON	Ηλεκτρισμός	0,6%	0,61
3	ELPEDISON	Ηλεκτρισμός	0,6%	0,57
4	PROTERGIA	Ηλεκτρισμός	0,5%	0,47
5	EKO ABEE	Πετρέλαιο	11,6%	11,56
6	CORAL AE	Πετρέλαιο	9,6%	9,62
7	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΕΕ	Πετρέλαιο	7,0%	7,01
8	AVINOIL ABENEΠ	Πετρέλαιο	5,8%	5,78
9	ΑΙΓΑΙΟΝ ΟΙΛ	Πετρέλαιο	5,4%	5,36
10	REVOIL A.E	Πετρέλαιο	5,1%	5,06
11	ΕΛΙΝΟΙΛ Α.Ε.	Πετρέλαιο	4,8%	4,83
12	ΕΤΕΚΑ Α.Ε.	Πετρέλαιο	3,3%	3,33
13	SILK OIL S.A	Πετρέλαιο	1,8%	1,78
14	MAMIDOIL-JETOIL AE	Πετρέλαιο	1,2%	1,22
15	CORAL GAS AEBEY	Πετρέλαιο	1,2%	1,18
16	ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ	Πετρέλαιο	1,1%	1,12
17	ΚΑΟΙΛΑCΔΟΙ ΚΟΥΤΛΑ Α.Ε.	Πετρέλαιο	0,9%	0,92
18	CYCLON ΕΛΛΑΣ	Πετρέλαιο	0,8%	0,75
19	ΑΡΓΩΑ.Ε	Πετρέλαιο	0,4%	0,42
20	ΤΟΠ ΓΚΑΖ ΑΕ	Πετρέλαιο	0,3%	0,30
21	FGAS.eu	Πετρέλαιο	0,3%	0,26
22	GS GAS	Πετρέλαιο	0,2%	0,18
23	ΡΟΔΟΓΚΑΖ ΑΕ	Πετρέλαιο	0,2%	0,16
24	TRIGON GAS	Πετρέλαιο	0,2%	0,16
25	ΝΗΣΟΓΚΑΖ ΑΕ	Πετρέλαιο	0,1%	0,07
26	LEON GAS ABEE	Πετρέλαιο	0,1%	0,06
27	ΥΓΡΑΕΡΙΑ ΠΡΙΜΑΓΚΑΖ ΑΕ	Πετρέλαιο	0,0%	0,04
28	PHOENIX ΠΕΤΡΕΛΑΙΕΥΣΕΙΣ ΑΕ	Πετρέλαιο	0,0%	0,04
29	ΔΕΠΑ	Φυσικό Αέριο	0,8%	0,75
30	ΕΠΑ	Φυσικό Αέριο	1,6%	1,62

	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ			
31	ΕΠΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	Φυσικό Αέριο	2,1%	2,14
32	ΕΠΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	Φυσικό Αέριο	0,9%	0,90
Σύνολο			100,0%	100

Τα υπόχρεα μέρη επιλέγονται ανάμεσα σε εταιρείες παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και πετρελαϊκών προϊόντων. Τα υπόχρεα μέρη που επιλέχθηκαν κατέχουν το 95% της πωληθείσας ενέργειας κατά την τελική κατανάλωση και διαθέτουν μερίδιο της αγοράς ενέργειας άνω του 15% επί της πωληθείσας ενέργειας.

Ο στόχος εξοικονόμησης ενέργειας κατανέμεται στα υπόχρεα μέρη που επιλέχθηκαν ως ποσοστό της πωληθείσας ενέργειας όλων των υπόχρεων μερών.

Τα υπόχρεα μέρη αναλαμβάνουν:

1. Την υποχρέωση για εκπλήρωση του Ετήσιου Σωρευτικού Στόχου και τήρηση των προβλεπόμενων διαδικασιών στο πλαίσιο του Καθεστώτος.
2. Το οικονομικό βάρος της υποχρέωσης χωρίς συμμετοχή του κράτους
3. Την υποχρέωση υποβολής στατιστικών δεδομένων.
4. Την υποχρέωση υποβολής στατιστικών δεδομένων που αφορούν τις πωλήσεις τους.

2.2.4 Ετήσιο Σχέδιο Συμμόρφωσης Υπόχρεων Μερών

Το ετήσιο σχέδιο συμμόρφωσης αποτελεί το σχέδιο δράσης των υπόχρεων μερών για την εκπλήρωση της υποχρέωσης τους. Το σχέδιο αυτό υποβάλλεται από κάθε υπόχρεο μέρος μέχρι το τέλος Ιουνίου του έτους αναφοράς το οποίο ελέγχεται και οριστικοποιείται από το διαχειριστή. Τα υπόχρεα μέρη έχουν τη δυνατότητα να υλοποιήσουν τον ετήσιο σωρευτικό τους στόχο, είτε με εξαγορά είτε με ανταλλαγή, είτε με υλοποίηση μέτρων είτε με συνδυασμό των ανωτέρω.

Μετά την οριστικοποίηση του ετήσιου σχεδίου συμμόρφωσης κάθε υπόχρεο μέρος ενημερώνεται για τις διαδικασίες ελέγχου και επαλήθευσης.

Τέλος τα υπόχρεα μέρη μπορούν να τροποποιούν το υποβληθέν ετήσιο σχέδιο δράσης κατά την πορεία υλοποίησης αυτού.

2.2.5 Εκκαθάριση

Η διαδικασία εκκαθάρισης διενεργείται από το διαχειριστή και έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης (πλεονάσματος ή ελλείματος) του υπόχρεου μέρους και ολοκληρώνεται τον Φεβρουάριο του επόμενου έτους από το έτος αναφοράς.

2.2.6 Ετήσια έκθεση αποτελεσμάτων

Ο διαχειριστής συντάσσει ετήσια έκθεση αποτελεσμάτων, στην οποία περιλαμβάνονται πληροφορίες για τα μέτρα που υλοποιήθηκαν από κάθε υπόχρεο μέρος για τον βαθμό επίτευξης του ετήσιου σωρευτικού στόχου του, τις δράσεις ελέγχου που υλοποιήθηκαν καθώς και τη διαδικασία εκκαθάρισης. Η έκθεση αυτή υποβάλλεται από τον διαχειριστή προς την αρμόδια αρχή τον Μάρτιο του επόμενου έτους από το έτος αναφοράς.

2.2.7 Αποκλίσεις

Ως αρνητική απόκλιση ορίζεται το μέρος του ετήσιου σωρευτικού στόχου το οποίο δεν έχει εκπληρωθεί, ενώ ως θετική απόκλιση ορίζεται το πλεόνασμα του ετήσιου σωρευτικού στόχου που έχει επιτευχθεί.

Τα υπόχρεα μέρη τα οποία έχουν καλύψει το ελάχιστο ετήσιο ποσοστό συμμόρφωσης, χωρίς να έχουν καλύψει το ετήσιο ποσοστό συμμόρφωσης, δύνανται να προμηθευτούν μέσω ανταλλαγής ή/και να εξαγοράσουν ή/και να μεταφέρουν τις υπολειπόμενες μονάδες εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα υπόχρεα μέρη τα οποία δεν έχουν καλύψει το ελάχιστο ετήσιο ποσοστό συμμόρφωσης υποχρεούνται να προβούν σε εξαγορά ή ανταλλαγή του υπολειπόμενου μέχρι την κάλυψη του ελάχιστου ετήσιου ποσοστού συμμόρφωσης στόχου τους. Η ποσότητα εξαγοράς υπολογίζεται ως οι υπολειπόμενες μονάδες εξοικονόμησης ενέργειας έως την κάλυψη του ελάχιστου ετήσιου ποσοστού συμμόρφωσης διαιρεμένες με το πλήθος των ετών από το έτος έκδοσης της υπουργικής απόφασης του παρόντος άρθρου έως το 2020.

Σε περίπτωση θετικής απόκλισης του ετήσιου σωρευτικού στόχου υπόχρεου μέρους, οι πλεονάζουσες Μονάδες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΜΕΕ) δύνανται να χρησιμοποιηθούν για την εκπλήρωση του Ετήσιου Σωρευτικού στόχου επόμενου έτους αναφοράς ή για την κάλυψη αρνητικής απόκλισης του ετήσιου σωρευτικού στόχου προηγούμενου έτους αναφοράς.

2.2.8 Στατιστικά δεδομένα

Κάθε υπόχρεο μέρος υποχρεούται να υποβάλει μέχρι το τέλος Ιανουαρίου του επόμενου έτους από το έτος αναφοράς στην αρμόδια αρχή συγκεκριμένα στατιστικά στοιχεία για τη δραστηριότητα και τους πελάτες του.

Τα απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ανά ενεργειακό προϊόν. Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 Απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία

Ενεργειακό προϊόν	Ηλεκτρική Ενέργεια
Υπόχρεο μέρος	
Έτος αναφοράς	
Περιφέρεια	1) Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, 2) Κεντρική Μακεδονία, 3) Δυτική Μακεδονία, 4) Ήπειρος, 5) Θεσσαλία, 6) Ιόνιοι Νήσοι, 7) Δυτική Ελλάδα, 8) Στερεά Ελλάδα, 9) Αττική, 10) Πελοπόννησος, 11) Βόρειο Αιγαίο, 12) Νότιο Αιγαίο, 13) Κρήτη
Τομέας τελικής κατανάλωσης	1) Οικιακός, 2) Τριτογενής, 3) Βιομηχανικός, 4) Μεταφορές, 5) Αγροτικός, 6) Λοιπά
Πλήθος μετρητών	Σύνολο μετρητών για κάθε υποκατηγορία
Ετήσιο εύρος ενέργειας	Κατανάλωση οικιακού τομέα: 1) μικρότερη των 1.000 kWh, 2) 1.000-2.500 kWh, 3) 2.500-5.000 kWh, 4) 5.000-15.000 kWh, 5) μεγαλύτερη των 15.000 kWh Κατανάλωση βιομηχανικού τομέα: μικρότερη των 20 MWh, 2) 20-500 MWh, 3) 500-2.000 MWh, 4) 2.000- 20.000 MWh, 5) 20.000-70.000 MWh, 6) 70.000-150.000 MWh, 7) μεγαλύτερη των 150.000 MWh Κατανάλωση τριτογενή τομέα 1) μικρότερη των 20 MWh, 2) 20-50 MWh, 3) 50-100 MWh, 4) 100-300 MWh, 5) 300-500 MWh, 6) 500-1.000 MWh, 7) μεγαλύτερη των 1.000 MWh Λοιποί τομείς: Χωρίς κατηγοριοποίηση
Είδος τάσης	1) Χαμηλή, 2) Μεσαία, 3) Υψηλή
Κατανάλωση έργου ισχύος (MVarh)	Σύνολο κατανάλωσης για κάθε υποκατηγορία
Κατανάλωση ενέργειας (Mwh)	Σύνολο κατανάλωσης για κάθε υποκατηγορία

Τα απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία όσον αφορά το φυσικό αέριο παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 Απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία

Ενεργειακό προϊόν	Φυσικό Αέριο
Υπόχρεο μέρος	
Έτος αναφοράς	
Περιφέρεια	1) Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, 2) Κεντρική Μακεδονία, 3) Δυτική Μακεδονία, 4) Ήπειρος, 5) Θεσσαλία, 6) Ιόνιοι Νήσοι, 7) Δυτική Ελλάδα, 8) Στερεά Ελλάδα, 9) Αττική, 10) Πελοπόννησος, 11) Βόρειο Αιγαίο, 12) Νότιο Αιγαίο, 13) Κρήτη
Τομέας τελικής κατανάλωσης	1) Οικιακός, 2) Τριτογενής, 3) Βιομηχανικός, 4) Μεταφορές, 5) Αγροτικός, 6) Λοιπά
Πλήθος μετρητών	Σύνολο μετρητών για κάθε υποκατηγορία
Ετήσιο εύρος ενέργειας	Κατανάλωση οικιακού τομέα: 1) μικρότερη των 20 GJ, 2) 20-200 GJ, 3) μεγαλύτερη των 200 GJ Κατανάλωση βιομηχανικού τομέα: 1) μικρότερη των 1.000 GJ, 2) 1.000-10.000 GJ, 3) 10.000-100.000 GJ, 4) 100.000-1.000.000 GJ, 5) 1.000.000-4.000.000

	GJ, 6) μεγαλύτερη των 4.000.000 GJ Κατανάλωση τριτογενή τομέα 1) μικρότερη των 500 GJ, 2) 500-2.000 GJ, 3) 2.000-5.000 GJ, 4) μεγαλύτερη των 5.000 GJ Λοιποί τομείς: Χωρίς κατηγοριοποίηση
Διανεμόμενες ποσότητες(Nm³)	Σύνολο διανεμηθείσας ποσότητας για κάθε υποκατηγορία
Κατανάλωση ενέργειας (MWh)	Σύνολο κατανάλωσης για κάθε υποκατηγορία

Τέλος, αναφορικά με τα πετρελαιοειδή, τα απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5 Απαιτούμενα στατιστικά στοιχεία

Ενεργειακό προϊόν	Πετρελαιοειδή
Υπόχρεο μέρος	
Έτος αναφοράς	
Περιφέρεια	1) Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, 2) Κεντρική Μακεδονία, 3) Δυτική Μακεδονία, 4) Ήπειρος, 5) Θεσσαλία, 6) Ιόνιοι Νήσοι, 7) Δυτική Ελλάδα, 8) Στερεά Ελλάδα, 9) Αττική, 10) Πελοπόννησος, 11) Βόρειο Αιγαίο, 12) Νότιο Αιγαίο, 13) Κρήτη
Τομέας τελικής κατανάλωσης	1)Οικιακός, 2) Τριτογενής, 3) Βιομηχανικός, 4) Μεταφορές, 5) Αγροτικός, 6) Λοιπά
Τύπος προϊόντος	1) Βενζίνες αυτοκινήτων, 2) καύσιμα αεροπλάνων-κηροζίνη, 3) πετρέλαιο κίνησης 4) πετρέλαιο θέρμανσης 5) μαζούτ, 6) υγραέριο, 7) νάφθα, 8) κωκ
Διανεμόμενες ποσότητες (lt, m³, tn)	Σύνολο διανεμηθείσας ποσότητας για κάθε υποκατηγορία

2.2.9 Κυρώσεις

Σε περίπτωση που τα υπόχρεα μέρη δεν συμμορφώνονται με τους ετήσιους σωρευτικούς στόχους, η αρμόδια αρχή εισηγείται στον Υπουργό Περιβάλλοντος και Ενέργειας την επιβολή προστίμου. Επίσης σε περίπτωση μη τήρησης της υποχρέωσης για υποβολή στατιστικών στοιχείων, το υπόχρεο μέρος καταβάλλει πρόστιμο από πέντε χιλιάδες ευρώ (5.000) έως πενήντα χιλιάδες ευρώ (50.000) στο ταμείο ενεργειακής απόδοσης. [4]

2.3 Εναλλακτικά Μέτρα Πολιτικής

2.3.1 Υλοποιηθέντα μέτρα πολιτικής την περίοδο 2014-2016

Για την επίτευξη του εθνικού στόχου εξοικονόμησης ενέργειας προβλέπεται ότι μπορούν να συνδυαστούν τα καθεστώτα επιβολής υποχρέωσης με τα εναλλακτικά μέτρα πολιτικής (Οδηγία 2012/27/ΕΕ) [1]

Στη συνέχεια παρατίθενται στον Πίνακα 2.6 αναλυτικά τα μέτρα πολιτικής που υλοποιήθηκαν την περίοδο 2014-2016, οι εξοικονομήσεις ενέργειας για τα επιμέρους έτη, όσο και η σωρευτική εξοικονόμηση ενέργειας που αναμένεται να επιτευχθεί έως το 2020.

Πίνακας 2.6 Εξοικονόμηση ενέργειας από Υλοποιηθέντα μέτρα πολιτικής

Μέτρο πολιτικής	2014	2015	2016	2020
Πρόγραμμα "Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον "	21,98	8,17	1,55	210,64
Πρόγραμμα "Εξοικονομώ" στους οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης	-	-	2,25	11,25
Πρόγραμμα "Εξοικονομώ II" στους οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης	-	0,05	0,17	1,12
Αντικατάσταση παλαιών ελαφριών φορτηγών δημόσιου και ιδιωτικού τομέα	4,17	5,12	3,14	75,61
Αντικατάσταση παλαιών επιβατικών οχημάτων δημόσιου και ιδιωτικού τομέα	28,27	29,86	17,13	462,71
Δράσεις ΕΠΠΕΡΑΑ	0,24	1,24	11,66	67,44
Επέκταση μετρό Αθήνας	29,30	-	-	205,10
Συμψηφισμός προστίμων αυθαιρέτων	0,00	0,13	0,50	3,25
Ενεργειακοί υπεύθυνοι	-	-	1,19	5,95
	2,09	3,51	2,26	15,73
Σύνολο	86,06	48,08	39,84	1.058,81

Την περίοδο 2014-2016 μόνο, τα εναλλακτικά μέτρα πολιτικής συνεισέφεραν στην επίτευξη του στόχου ενεργειακής απόδοσης.

Επισημαίνεται ότι η επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας προήλθε μετά την ολοκλήρωση των διαδικασιών ελέγχου και επαλήθευσης των μέτρων που υλοποιήθηκαν.

Η ολοκλήρωση των συγκεκριμένων μέτρων πολιτικής έχει οδηγήσει στην επίτευξη του 32% του συνολικού σωρευτικού στόχου την περίοδο 2014-2020 της οδηγίας ενεργειακής απόδοσης (1.058,81 ktοε επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας στο σύνολο του στόχου των 3.333 ktοε).

2.3.2 Προγραμματιζόμενα μέτρα πολιτικής για την περίοδο 2017-2020

Στη συνέχεια παρατίθενται τα μέτρα πολιτικής, κάποια εκ των οποίων υλοποιήθηκαν το έτος 2017, ενώ τα υπόλοιπα προγραμματίζονται να υλοποιηθούν τα έτη 2018, 2019 και 2020. Επίσης παρουσιάζονται τόσο η εξοικονόμηση ενέργειας για τα παραπάνω έτη, όσο και η σωρευτική εξοικονόμηση ενέργειας που θα επιτευχθεί έως το 2020.

Πίνακας 2.7 Εξοικονόμηση ενέργειας από Προγραμματισμένα μέτρα πολιτικής για την περίοδο 2017-2020

Μέτρο πολιτικής	2017	2018	2019	2020	Σωρευτική 2017-2020
Πρόγραμμα "Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον "	7,19	-	-	-	28,74
Ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών	-	25,04	18,78	18,78	131,47
Ενεργειακή αναβάθμιση δημοσίων κτηρίων	-	7,14	7,14	7,14	42,82
Έργα ενεργειακής απόδοσης και επίδειξης σε ΜΜΕ και μέτρα στήριξης	-	3,01	3,01	3,01	18,08
Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 50001 σε φορείς του δημοσίου και ευρύτερου δημόσιου τομέα	-	1,19	1,19	-	5,97
Ενεργειακή αναβάθμιση σε κτίρια επαγγελματικής χρήσης μέσω Επιχειρήσεων Ενεργειακών	-	-	0,85	0,85	2,54

Υπηρεσιών					
Ανάπτυξη ευφύων συστημάτων μέτρησης ενέργειας	1,39	-	6,30	6,30	24,45
Δράσεις ΕΠΠΕΡΑΑ	6,31	-	-	-	25,26
Ενεργειακοί υπεύθυνοι και σχέδια δράσεις δημοσίων κτιρίων	8,39	76,13	84,53	-	437,00
ΠΕΑ-Άλλος λόγος έκδοσης	2,62	2,62	2,62	2,62	20,97
Ενεργειακή αναβάθμιση οδοφωτισμού	-	10,00	-	-	30,00
Ενεργειακή αναβάθμιση αντλιοστασίων	-	-	4,00	2,00	6
Καθεστώτα επιβολής	25,00	44,33	33,50	33,00	333,00
Σύνολο εξοικονόμησης ενέργειας	50,90	169,47	159,92	73,70	1.097,70

Η υλοποίηση των συγκεκριμένων μέτρων πολιτικής και των καθεστώτων επιβολής αναμένεται να οδηγήσει στην επίτευξη του 35% του συνολικού σωρευτικού στόχου την περίοδο 2014-2020 (1.097,70 κτοε επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας στο σύνολο του στόχου των 3.333 κτοε).

Συνεπώς, εκτιμάται ότι θα επιτευχθεί συνολικά το 65% του συνολικού στόχου εξοικονόμησης ενέργειας (2156 κτοε) την περίοδο 2014-2020 υποδηλώνοντας την αναγκαιότητας κάλυψης ενός χρηματοδοτικού κενού της τάξεως του 35% (1.176 κτοε).

Τέλος με στόχο την βέλτιστη κατανόηση και αντιμετώπιση του προβλήματος το ΥΠΕΝ προχώρησε σε ανάθεση μελέτης αξιολόγησης του βέλτιστου χαρτοφυλακίου μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στο Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ.

Ως αποτέλεσμα της ανωτέρω μελέτης αποτέλεσε τόσο ο προσδιορισμός του βέλτιστου χαρτοφυλακίου μέτρων που πρέπει να υλοποιηθούν με βάση τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους, όσο και ο προσδιορισμός του βέλτιστου χαρτοφυλακίου μέτρων πολιτικής και του συνεπαγόμενου επιπρόσθετου κόστους που πρέπει να ανευρεθεί προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος εξοικονόμησης ενέργειας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης αποδεικνύεται ότι τα κύρια μέτρα πολιτικής που πρέπει να υλοποιηθούν με στόχο την μεγιστοποίηση της οικονομικής αποδοτικότητας καθώς και την ελαχιστοποίηση του ρίσκου υλοποίησης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των κατοικιών (M4), τα έργα ενεργειακής απόδοσης και επίδειξης σε ΜΜΕ και μέτρα στήριξης (M6) και οι ενεργειακοί υπεύθυνοι και σχέδια δράσης δημόσιων κτιρίων (M18). Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι η ενσωμάτωση των συγκεκριμένων μέτρων στο τελικό χαρτοφυλάκιο διατηρεί την ευστάθεια της λύσης σε πολύ υψηλά επίπεδα ελαχιστοποιώντας την αβεβαιότητα επίτευξης των επιθυμητών εξοικονομήσεων ενέργειας.

Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της μελέτης αναφορικά με το χρηματοδοτικό κενό, σημειώνεται ότι για την υλοποίηση ενός εκ των βέλτιστων χαρτοφυλακίων και την παράλληλη διατήρηση του ρίσκου υλοποίησης σε χαμηλά επίπεδα, απαιτείται η ανεύρεση επιπρόσθετων οικονομικών πόρων της τάξεως των 800 εκατ. €. Απαιτείται ωστόσο προσοχή στην άμεση και αποτελεσματική υλοποίηση των μέτρων πολιτικής, ώστε να επιτευχθεί η εξάντληση των τεχνικών περιορισμών υλοποίησης των μέτρων.

Τέλος, υπενθυμίζεται ότι η ενδεχόμενη καθυστέρηση στην υλοποίηση των προτεινόμενων μέτρων πολιτικής θα οδηγήσει σε αυξημένο κόστος συμμόρφωσης με το συνολικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας το 2020. [5]

2.4 Ενεργειακοί Έλεγχοι και συστήματα ενεργειακής διαχείρισης

2.4.1 Εισαγωγή

Ενεργειακός Έλεγχος είναι η συστηματική διαδικασία με σκοπό την απόκτηση επαρκούς γνώσης του υφιστάμενου συνόλου χαρακτηριστικών ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου, ομάδας κτιρίων, βιομηχανικής ή εμπορικής δραστηριότητας, ή εγκατάστασης με τα οποία εντοπίζονται και προσδιορίζονται ποσοτικά οι οικονομικές αποδοτικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, και με την οποία συντάσσεται έκθεση αποτελεσμάτων. [6]

2.4.2 Θεσμικό πλαίσιο

Με τον νόμο 4342/2015 [7] καθορίζεται το θεσμικό πλαίσιο για τη διενέργεια ενεργειακών ελέγχων. Σύμφωνα με το άρθρο 10 του συγκεκριμένου νόμου παρέχεται σε όλους τους τελικούς καταναλωτές η δυνατότητα ενεργειακών ελέγχων υψηλής ποιότητας, οι οποίοι διακρίνονται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες ως εξής:

Κατηγορία Α΄: Κτίρια κατοικιών, κτίρια γραφείων έως και δύο χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα (2.000 τ.μ.), εμπορικά καταστήματα έως και δύο χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα (2.000 τ.μ.) και επαγγελματικά εργαστήρια με εγκατεστημένη κινητήρια ισχύ που δεν υπερβαίνει τα είκοσι δύο κιλοβάτ (22 kW) ή θερμική τα πενήντα κιλοβάτ (50 kW).

Κατηγορία Β΄: Κτίρια γραφείων άνω των δύο χιλιάδων τετραγωνικών μέτρων (2000 τ.μ.), εμπορικά κτίρια άνω των δύο χιλιάδων τετραγωνικών μέτρων (2000 τ.μ.), υπόλοιπα κτίρια που στεγάζουν χρήσεις του τριτογενούς τομέα (όπως σχολικά κτίρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.α.) και βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ που δεν υπερβαίνει τα χίλια κιλοβάτ (1.000 kW).

Κατηγορία Γ΄: Βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις με συνολική εγκατεστημένη ισχύ άνω των χιλίων κιλοβάτ (1.000 kW)

Οι ενεργειακοί έλεγχοι είναι ανεξάρτητοι και διενεργούνται από έναν ή περισσότερους ειδικευμένους ενεργειακούς ελεγκτές, οι οποίοι είναι:

- i. διπλωματούχοι μηχανικοί με ειδικότητα αρχιτέκτονα, πολιτικού, μηχανολόγου, ηλεκτρολόγου, μηχανολόγου-ηλεκτρολόγου και χημικού, μέλη του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ).
- ii. πτυχιούχοι μηχανικοί τεχνολογικής εκπαίδευσης με ειδικότητα ηλεκτρολόγου, ανακαίνισης και αποκατάστασης κτιρίων, αυτοματισμού, βιομηχανικής πληροφορικής, βιομηχανικού σχεδιασμού, ενεργειακής τεχνολογίας, τεχνολογίας πετρελαίου και φυσικού αερίου, μηχανολόγου, πολιτικού δομικών έργων.
- iii. μηχανικοί των ανωτέρω ειδικοτήτων που έχουν αποκτήσει αναγνώριση επαγγελματικών προσόντων στη χώρα μας κατ' εφαρμογή της σχετικής ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας,
- iv. ενεργειακοί επιθεωρητές κτιρίων και συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού εγγεγραμμένοι στα οικεία μητρώα.
- v. ενεργειακοί ελεγκτές που έχουν πιστοποιηθεί σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι οποίοι εντάσσονται σε τάξη ενεργειακού ελεγκτή σε εφαρμογή της κείμενης εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας.

2.4.3 Ελάχιστα Κριτήρια Ενεργειακών Ελέγχων

Οι ενεργειακοί έλεγχοι πρέπει να πληρούν τα ελάχιστα κριτήρια που ορίζονται στο Παράρτημα VI του Ν. 4342/2015 (ΦΕΚ Α', 143, 09-11-2015) [7] και να διενεργούνται με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα της σειράς EN 16247 περί ενεργειακών ελέγχων.

Οι ενεργειακοί έλεγχοι βασίζονται λοιπόν στις παρακάτω κατευθυντήριες γραμμές:

1. Βασίζονται σε επικαιροποιημένα, μετρήσιμα, ανιχνεύσιμα λειτουργικά δεδομένα ως προς την κατανάλωση ενέργειας και (για την ηλεκτρική ενέργεια) σε χαρακτηριστικά φορτίου.
2. Περιλαμβάνουν λεπτομερή επισκόπηση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μια ομάδας κτιρίων, μιας βιομηχανικής δραστηριότητας ή εγκατάστασης, περιλαμβανομένων και των μεταφορών.
3. Βασίζονται, όπου είναι δυνατόν, σε ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (Life Cost Analysis-LCCA) και όχι σε απλές περιόδους αποπληρωμής (Simple Payback Periods - SPP) προκειμένου να λαμβάνονται υπ' όψη οι μακροπρόθεσμες εξοικονομήσεις, οι εναπομένουσες αξίες των μακροπρόθεσμων επενδύσεων και τα ποσοστά αναπροσαρμογής.
4. Είναι αναλογικοί και επαρκώς αντιπροσωπευτικοί ώστε να δίδουν μια αξιόπιστη εικόνα της συνολικής ενεργειακής απόδοσης και να εντοπίζουν με αξιοπιστία τις σημαντικότερες ευκαιρίες για βελτίωση.

Οι ενεργειακοί έλεγχοι επιτρέπουν λεπτομερείς και επικυρωμένους υπολογισμούς των προτεινόμενων μέτρων ώστε να παρέχονται σαφείς πληροφορίες ως προς το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα χρησιμοποιούμενα στους ενεργειακούς ελέγχους δεδομένα αποθηκεύονται ώστε να είναι δυνατή η εκ των υστέρων ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης.

2.4.4 Οδηγός ενεργειακών ελέγχων

2.4.4.1 Στάδια Ενεργειακών Ελέγχων

Ο ενεργειακός έλεγχος αποτελείται από επιμέρους στάδια κατά την υλοποίηση του και τα οποία παρατίθενται παρακάτω:

1. Επιμερισμός της κατανάλωσης ενέργειας σε διάφορες χρήσεις (Breakdown)
2. Ισοζύγια ενέργειας και διαγράμματα
3. Πίνακες καταναλώσεων ενέργειας

4. Καταγραφές εξοπλισμού, συστημάτων, διεργασιών συμπεριλαμβανομένου βαθμίδων απόδοσης και ωρών λειτουργίας
5. Εντοπισμός σημαντικών ενεργειακών καταναλώσεων
6. Ανάλυση παλινδρόμησης

2.4.4.2 Επίπεδο Ανάλυσης Ενεργειακών Ελέγχων

Ο ενεργειακός έλεγχος χωρίζεται σε δύο μέρη όπως [8] : Τον συνοπτικό και τον εκτενή έλεγχο.

Ο συνοπτικός έλεγχος περιλαμβάνει:

1. Εντοπισμός μέτρων άμεση απόδοσης.
2. Στηρίζεται σε διαθέσιμα στοιχεία.
3. Κύριος στόχος του είναι η καταρχήν εκτίμηση των ενεργειακών μεγεθών.
4. Προκαταρκτική ανάλυση των ενεργειακών αναγκών ανά μορφή ενέργειας και τομέα τελικής χρήσης.
5. Αξιολόγηση επεμβάσεων με γνώμονα την προσδοκώμενη εξοικονόμηση και το ύψος της απαιτούμενης δαπάνης.
6. Οριοθέτηση αντικειμένου εκτενού ελέγχου.

Ο εκτενής έλεγχος περιλαμβάνει:

1. Συλλογή νέων μετρητικών δεδομένων με στόχο τη δημιουργία ενεργειακών ισοζυγίων με περισσότερη ακρίβεια στις ενεργοβόρες μονάδες.
2. Ακριβής εκτίμηση καταναλώσεων ενέργειας και συσχέτιση με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τις καταναλώσεις.
3. Δημιουργία Ενεργειακής Γραμμής Βάσης.

2.4.4.3 Αρχείο ενεργειακών ελέγχων

Το αρχείο ενεργειακών ελέγχων που πρέπει να υποβληθεί από κάθε επιχείρηση περιλαμβάνει:

1. Α.Μ Ονόματα Ενεργειακών Ελεγκτών.
2. Α/Α ενεργειακού ελέγχου.
3. ΑΦΜ επιχείρησης.
4. Ημερομηνία διεξαγωγής.
5. Αν υφίσταται εσωτερικός εμπειρογνώμονας.
6. Όρια του ελέγχου (χρήση, πλήθος κτηρίων κλπ.).
7. Επιφάνεια και όγκος εγκαταστάσεων.
8. Δείκτες παραγωγής, δραστηριότητας, μέγεθος.
9. Στόλος Οχημάτων.

10. Εγκατεστημένη Ισχύς.
11. Εγκατεστημένη Ισχύς ανά χρήση.
12. Κατανάλωση ανά τύπο ενεργειακού προϊόντος.
13. Ισχύς και χαρακτηριστικά Ανανεώσιμων.
14. Συνολικές Εκπομπές CO₂.
15. Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης.
16. Προτεινόμενες παρεμβάσεις.
17. Εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας και περίοδο αποπληρωμής παρεμβάσεων.

3 Ενεργειακή Επιθεώρηση Βιομηχανικής Μονάδας

3.1 Περιγραφή βιομηχανικής μονάδας

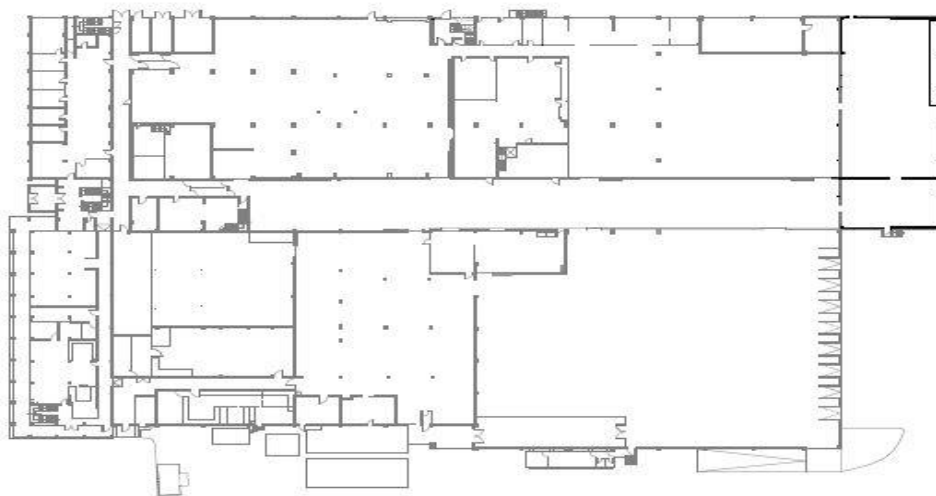
3.1.1 Περιγραφή κτιριακής εγκατάστασης

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκε βιομηχανική μονάδα, η οποία δραστηριοποιείται στον τομέα της παραγωγής ιατρικών και καταναλωτικών προϊόντων και η οποία βρίσκεται στη Νότια Ευρώπη. Η μελέτη της ενεργειακής της απόδοσης είναι επιβεβλημένη, καθώς τα αποτελέσματα οδηγούν σε σημαντική μείωση των λειτουργικών εξόδων αλλά και των εκπομπών βλαβερών αερίων για την υγεία όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Η υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα κατασκευάστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Αποτελείται ως επί το πλείστον από τα γραφεία των υπαλλήλων και από το χώρο παραγωγής. Σύμφωνα με την κάτοψη του κτιρίου, ο συνολικός όγκος του είναι 51.988 m³. Πιο συγκεκριμένα ο συνολικός όγκος των γραφείων και των κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου είναι 8.957 m³ και ο συνολικός όγκος των χώρων παραγωγής και αποθήκης είναι 43.031 m³.

Οι μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στο κτίριο είναι η ηλεκτρική ενέργεια και ενέργεια που προέρχεται από την κατανάλωση Φυσικού Αερίου.

Παρακάτω ακολουθεί η κάτοψη της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας.



Σχήμα 3.1: Κάτοψη βιομηχανικής μονάδας

3.1.2 Περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα, με σκοπό την αποτύπωση του ενεργειακού της προφίλ, ήταν αναγκαία η καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της. Στα πλαίσια λοιπόν της παρούσας διπλωματικής θεωρήθηκε αναγκαίο να κατανοηθούν οι αρχές λειτουργίας του συγκεκριμένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού με απώτερο στόχο την ευκολότερη ανεύρεση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός στον οποίο γίνεται η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα είναι το σύστημα ψύξης που παράγει ψυχρό νερό σε θερμοκρασία 7°C, το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές. Τα κυριότερα φορτία του συστήματος ψύξης είναι οι κεντρικές και ημικεντρικές κλιματιστικές μονάδες καθώς επίσης και η ψύξη προϊόντων στα δοχεία ανάμιξης.

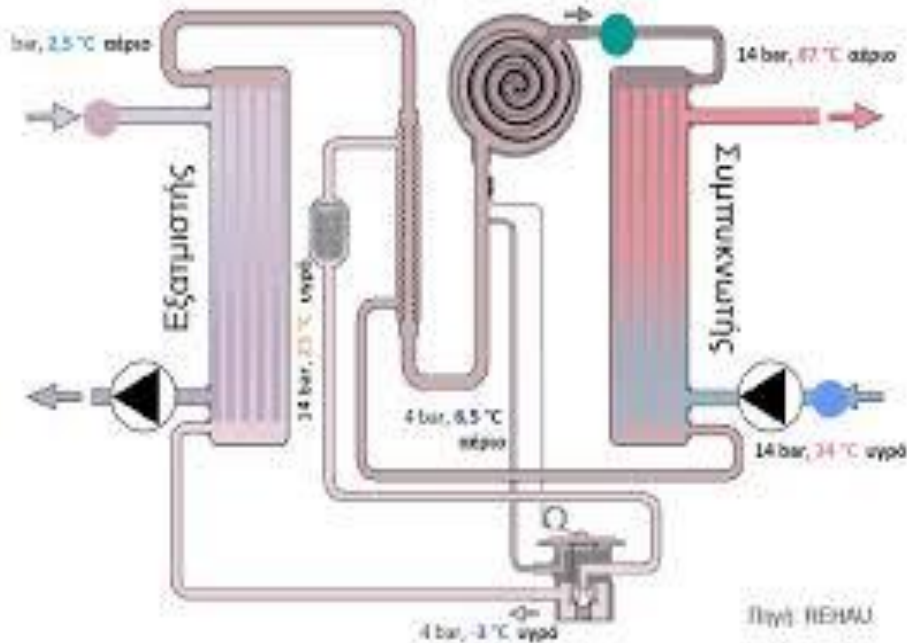
Ένα άλλο σύστημα το οποίο είναι σημαντικός καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι αεροσυμπιεστές, οι οποίοι παράγουν πεπιεσμένο αέρα, δηλαδή αέρα σε συγκεκριμένη πίεση και ο οποίος χρησιμοποιείται σε διάφορες διεργασίες του εργοστασίου.

Γίνεται επομένως αντιληπτή η αναγκαιότητα της κατανόησης των αρχών λειτουργίας των συγκεκριμένων συστημάτων, οι οποίες παρουσιάζονται στις ακόλουθες υποενότητες.

3.1.2.1 Σύστημα ψύξης

Η κατανόηση των αρχών που διέπουν ένα σύστημα ψύξης είναι σημαντική τόσο για την επιλογή αυτού όσο και των άλλων εξαρτημάτων του συστήματος κλιματισμού, αλλά και για την ορθή σχεδίαση των συστημάτων ελέγχου με σκοπό την βέλτιστη λειτουργία της εγκατάστασης. Ένα σύστημα ψύξης αποτελείται από το συμπιεστή, το συμπυκνωτή, την εκτονωτική βαλβίδα, τον εξατμιστή και τον ηλεκτρικό κινητήρα. Για τη λειτουργία του συστήματος απαιτείται μία κατάλληλη χημική ουσία, που ονομάζεται ψυκτικό μέσο.

Στο Σχήμα 3.2 απεικονίζεται ένα σύστημα ψύξης νερού και εν συνεχεία αναλύονται τα επιμέρους στάδιά του.



Σχήμα 3.2: Σύστημα ψύξης νερού

Συμπίεση

Το ψυκτικό μέσο, που βρίσκεται σε αέρια φάση, εισέρχεται στο συμπιεστή με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία λίγο μεγαλύτερη από το σημείο βρασμού στην ίδια πίεση. Ο συμπιεστής, που κινείται συνήθως από ένα ηλεκτρικό κινητήρα και λειτουργεί σαν αντλία ατμού, αυξάνει την πίεση και τη θερμοκρασία του ατμού καταναλώνοντας μηχανικό έργο WΣ.

Συμπύκνωση

Ο συμπιεσμένος ατμός ψύχεται στο συμπυκνωτή και αποβάλλει τη λανθάνουσα θερμότητα του QΣ στον περιβάλλοντα αέρα, το νερό ή άλλο διαθέσιμο ρευστό (νερό ποταμού, θαλασσινό κλπ.). Ο χώρος στον οποίο γίνεται η απόρριψη της θερμότητας ονομάζεται θερμοδοχείο και έχει θερμοκρασία περιβάλλοντος τα. Ο συμπυκνωτής, δηλαδή, είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, που αποτελείται από μια συστοιχία σωληνώσεων (σερπαντίνα). Είναι ευνόητο ότι η απόρριψη της θερμότητας είναι δυνατή, όταν η θερμοκρασία συμπύκνωσης t_Ε είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος τα (t_Ε > τα).

Εκτόνωση

Το υγρό διέρχεται από την εκτονωτική βαλβίδα, που είναι μία συσκευή με πολύ στενή δίοδο (σωληνίσκο ή οπή), όπου υπάρχει μείωση της πίεσης και έκλυση θερμότητας, η οποία ατμοποιεί ένα μέρος του υγρού.

Εξάτμιση

Το μίγμα υγρού και ατμών διέρχεται από τον εξατμιστή όπου εξατμίζεται και, στη συνέχεια, φθάνει στο συμπιεστή για να επαναληφθεί ο ίδιος κύκλος. Ο εξατμιστής, δηλαδή, είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας κατασκευασμένος από μία συστοιχία σωληνώσεων (σερπαντίνα), όπου το μίγμα υγρού και ατμών απορροφά θερμότητα Q_{ψ} από το προς μίξη υλικό (π.χ. αέρας) και μετατρέπεται σε ατμό. Ο χώρος ή το μέσο από το οποίο γίνεται η απορρόφηση της θερμότητας, είναι ο χώρος ή το μέσο που θέλουμε να ψύξουμε και ονομάζεται ψυχοδοχείο. Μπορεί να είναι ο χώρος ενός ψυγείου ή ψυκτικού θαλάμου, μια δεξαμενή ή δοχείο υγρού, ή τέλος, ένας κλιματιζόμενος χώρος σε χαμηλή θερμοκρασία t_{ψ} . Είναι ευνόητο, ότι η απορρόφηση της θερμότητας είναι δυνατή, όταν η θερμοκρασία εξάτμισης t_j είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του ψυχοδοχείου t_{ψ} .

Τα βασικά εξαρτήματα ενός τυπικού εμπορικού συστήματος H VAC (evaporator) για ψύξη είναι ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, ο εξατμιστής, η βαλβίδα διαστολής και το σύστημα ελέγχου. Σε πολλές περιπτώσεις ο ψυκτικός πύργος επίσης χρησιμοποιείται σαν μέσο απαγωγής της θερμότητας που αποβάλλεται από τον συμπυκνωτή. [9]

3.1.2.2 Αεροσυμπιεστές

Από τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης της βαριάς βιομηχανίας κρίθηκε απαραίτητη η χρήση του πεπιεσμένου αέρα για αρκετές εφαρμογές. Η αρχική ιδέα αφορούσε μια παροχή αέρα η οποία θα συνδεόταν με ένα δίκτυο διανομής σε όλη τη βιομηχανική εγκατάσταση. Το 1888 ο Αυστριακός μηχανικός Viktor Porp, εγκατέστησε σε βιομηχανία στο Παρίσι, μονάδα παροχής 1.500 kW η οποία έφτασε τα 18.000 kW μέχρι το 1891.

Από εκείνη τη στιγμή όμως μέχρι και σήμερα, πολλά είναι εκείνα τα οποία έχουν αλλάξει, τόσο στη βιομηχανία, όσο και στη τεχνολογία του πεπιεσμένου αέρα. Η πληθώρα των εφαρμογών του σε αρκετούς τομείς, καθιστά την ανάγκη για συνεχή εξέλιξη επιτακτική.

Πλέον, η βασική εγκατάσταση σε βιομηχανία, και γενικά όπου απαιτείται πεπιεσμένος αέρας, αποτελείται από τη μονάδα παραγωγής αέρα, το αεριοφυλάκιο όπου και αποθηκεύεται ο αέρας και ο ξηραντήρας μαζί με τα φίλτρα, όπου εκεί γίνεται ο καθαρισμός του αέρα.

Οι πρώτοι αεροσυμπιεστές οι οποίοι τέθηκαν σε μαζική παραγωγή πεπιεσμένου αέρα ήταν εμβολοφόροι και οι πτερυγιοφόροι. Οι απαιτήσεις για μεγαλύτερη απόδοση σε συνάρτηση με τη μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης οδήγησαν στην εξέλιξη των κοχλιοφόρων και τέλος των κοχλιοφόροι τεχνολογίας Inverter. Στις μέρες μας ένα από τα πιο διαδεδομένα είδη αεροσυμπιεστών είναι οι εμβολοφόροι. Πλέον, κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται για

ερασιτεχνικές ασχολίες αλλά και για ελαφριές εργασίες επαγγελματικού επιπέδου και η λειτουργία τους βασίζεται στις ίδιες αρχές τις οποίες ακολουθεί ο κινητήρας του αυτοκινήτου. Πρόκειται δηλαδή, για μοτέρ με κυλίνδρους, μέσα στους οποίους κινείται το έμβολο το οποίο αιχμαλwtίζει τον αέρα και τον συμπιέζει. Ο κύριος διαχωρισμός στους εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές, αφορά τη λειτουργία τους και συγκεκριμένα χωρίζονται σε μονής και διπλής ενέργειας. Οι αεροσυμπιεστές μονής ενέργειας, συμπιέζουν τον αέρα μόνο προς τη μία πλευρά του εμβόλου, ενώ οι διπλής ενέργειας εκμεταλλεύονται όλη τη κίνηση του εμβόλου συμπιέζοντας και προς τις δύο πλευρές του. Η λειτουργία αυτή όμως, όταν το ζητούμενο είναι η υψηλή παραγωγικότητα σε αέρα, θεωρείται ασύμφορη. Γεγονός το οποίο συνεπάγεται την χρήση αυτών κυρίως σε εργασίες όπου δεν απαιτείται υψηλή παροχή αέρα.

Η μεγάλη αλλαγή στο χώρο των αεροσυμπιεστών ήρθε με την εδραίωση των κοχλιοφόρων κυρίως, για εργασίες όπου απαιτείται πεπιεσμένος αέρας πίεσης από 5 έως 15 bar. Πρόκειται για αεροσυμπιεστές οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα παροχής καλής ποιότητας αέρα, με δυνατότητα λειτουργίας 24 ώρες το εικοσιτετράωρο. Είναι εξαιρετικά αξιόπιστοι στη λειτουργία τους, οικονομικοί στην χρήση και χαρακτηρίζονται από τα αρκετά μεγάλα διαστήματα συντήρησης.

Η τεχνολογική εξέλιξη η οποία περικλείεται μέσα σε έναν κοχλιοφόρο αεροσυμπιεστή είναι αξιοσημείωτη. Αρκεί να σημειωθεί, πως για τη παραγωγή συμπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούνται δύο δρομείς, με μορφή ατέρμονων κοχλιών, οι οποίοι δεν πρέπει να είναι όμως σε άμεση επαφή. Παράλληλα, τα μεταξύ τους διάκενα δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1/10 του mm. Το γεγονός αυτό από μόνο του καθιστά τη κατασκευή τους ιδιαίτερα δύσκολη και δαπανηρή. Οι δύο αυτοί κοχλίες είναι εκείνοι οι οποίοι κάνουν τη συμπίεση. Ο αέρας εισέρχεται μέσω του φίλτρου αέρα στο μπλοκ των κοχλιών, εκεί κατά την περιστροφή τους ο αέρας εγκλωβίζεται και με τη μείωση του χώρου μεταξύ των λοβών επιτυγχάνεται η συμπίεση.

Οι κοχλιοφόροι αεροσυμπιεστές χαρακτηρίζονται από τα παρακάτω αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα:

1. Δεν απαιτούν ειδική εγκατάσταση στο χώρο λειτουργίας, τόσο το ίδιο το μηχάνημα όσο και οι σωληνώσεις της εγκατάστασης.
2. Είναι αθόρυβοι, συγκριτικά με τους αντίστοιχους εμβολοφόρους.
3. Υπόκεινται σε μικρότερες φθορές κατά την εργασία και έχουν μικρό κόστος λειτουργίας, δεδομένου ότι μεσολαβούν μεγάλα διαστήματα συντήρησης.
4. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον, διότι παράγουν καθαρότερο αέρα.

5. Αποτελούν τη πλέον αξιόπιστη λύση.

Στα γενικότερα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και της μείωσης των λειτουργικών εξόδων της βιομηχανίας, μία νέα γενιά αεροσυμπιεστών ήρθε για να αλλάξει τα δεδομένα. Ο λόγος γίνεται για τους κοχλιοφόρους αεροσυμπιεστές μεταβλητών στροφών ή αλλιώς τεχνολογίας Inverter. Οι απλοί κοχλιοφόροι, σύμφωνα με μελέτες, παρέχουν κατά μέσο όρο το 60% της πραγματικής παροχής, ενώ το 100% γίνεται εφικτό μόνο σε μικρές περιόδους. Η νέα γενιά των κοχλιοφόρων αεροσυμπιεστών έχει τη δυνατότητα προσαρμογής της παροχής ανάλογα με την ανάγκη της κάθε εφαρμογής. Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της πίεσης μεταξύ 5 και 13 bar. Με τον τρόπο αυτό η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ενδέχεται να φτάσει ακόμα και το 35%.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των αεροσυμπιεστών με inverter είναι τα παρακάτω:

1. Ακόμα μεγαλύτερα μεσοδιαστήματα συντήρησης, χάρη στη σημαντική μείωση των καταπονήσεων του κινητήρα
2. Δυνατότητα επιλογής πίεσης από 5 έως 13 bar
3. Δεν υπάρχει «σπατάλη ενέργειας» διότι δεν υπάρχουν διαστήματα λειτουργίας εν κενώ
4. Παρέχουν σταθερή πίεση του αέρα σε όλο το δίκτυο

Οι εφαρμογές των αεροσυμπιεστών στο βιομηχανικό και μη τομέα ποικίλουν. Χαρακτηριστικά αξίζει να αναφερθούν οι παρακάτω:

1. Σε συνεργεία πάσης φύσεως (όπως αυτοκινήτων, μηχανημάτων κλπ.), δηλ. εκεί όπου η χρήση εργαλείων αέρος είναι απαραίτητη
2. Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως για παράδειγμα μονάδες παραγωγής, συναρμολόγησης, βαφής
3. Σε φαρμακοβιομηχανίες
4. Σε βιομηχανίες τροφίμων
5. Σε νοσοκομεία
6. Σε ναυπηγεία
7. Στη Ναυτιλία
8. Στο κλάδο των κατασκευών κ.α.

Εν κατακλείδι, ο πεπιεσμένος αέρας είναι μια εξαιρετικά σημαντική συνιστώσα της βιομηχανίας. Για το λόγο αυτό, ο συγκεκριμένος τομέας εξελίσσεται διαρκώς με κύριο στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. [10]

3.1.3 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας

Το μοντέλο παραγωγικής διαδικασίας που ακολουθείται στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα αποτελείται από τα τμήματα της Αποθήκης, της Ζύγισης, των Αναμίξεων και της Συσκευασίας. Η πληροφορία ζήτησης τεμαχίων προϊόντων φθάνει στον τομέα της Παραγωγής σε καθημερινή βάση μέσω του εμπορο-λογιστικού συστήματος (ERP) της εταιρείας, καταγεγραμμένη σε ειδικό έντυπο. Το εν λόγω έντυπο παραλαμβάνει ο υπεύθυνος του ορόφου ο οποίος κατανέμει τις αρμοδιότητες του κάθε εργαζόμενου και παρακολουθεί τη γραμμή παραγωγής από την αφετηρία έως τον τερματισμό της.



Σχήμα 3.3 Ροή προϊόντος στη γραμμή παραγωγής

Ο υπεύθυνος του τμήματος της Αποθήκης συγκεντρώνει τα υλικά που χρειάζονται για τη σύνθεση των τελικών προϊόντων και τα μεταφέρει στο τμήμα της Ζύγισης. Έπειτα, τα ηνία παραλαμβάνει ο αρμόδιος για το ζύγισμα των πρώτων υλών, ο οποίος ζυγίζει τις πρώτες ύλες ακολουθώντας ρητά τα δεδομένα της συνταγής που απαιτούνται για κάθε υλικό σύμφωνα με την αρχική παραγγελία. Κατόπιν, οι ζυγισμένες πρώτες ύλες τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένα δοχεία τα οποία μετακινούνται στον χώρο των Αναμίξεων. Όσες ποσότητες έχουν περισσέψει από το ζύγισμα, επιστρέφονται στο τμήμα της Αποθήκης όπου τοποθετούνται σε αντίστοιχα ράφια. Καθώς τα τελικά προϊόντα είναι ουσιαστικά μίγματα από υλικά σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και παρασκευάζονται κάτω από ειδικές θερμοκρασίες βάση των σχετικών συνταγών τους σε συγκεκριμένες ποσότητες, κάτω από ειδικές θερμοκρασίες, το τμήμα Αναμίξεων είναι αρμόδιο για την έναρξη, την παρακολούθηση και την ολοκλήρωση της διαδικασίας ανάμιξης των πρώτων υλών. Οι πρώτες ύλες τοποθετούνται σε καλά καθαρισμένες δεξαμενές, ενώ ο υπεύθυνος ανάμιξης προγραμματίζει τις παραμέτρους λειτουργίας των δεξαμενών (ταχύτητα, χρόνος, θερμοκρασία κτλ.). Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της ανάμιξης, τα ημι-έτοιμα, όπως συνηθίζεται να ονομάζονται, προϊόντα τοποθετούνται σε ειδικά διαμορφωμένα δοχεία και απευθείας τυπώνεται νέο barcode που υποδηλώνει στοιχεία όπως η

ημερομηνία ανάμιξης και λήξης. Στη συνέχεια τα ημι-έτοιμα προϊόντα μεταφέρονται στον χώρο της Συσκευασίας που αποτελεί τον τελευταίο σταθμό καθώς στο εν λόγω τμήμα το προϊόν λαμβάνει την τελική του μορφή. Την ίδια χρονική περίοδο που το τμήμα Συσκευασιών παραλαμβάνει τα ημι-έτοιμα προϊόντα, παραλαμβάνει και τα υλικά τα υλικά συσκευασίας. Όλα τα επιμέρους προϊόντα ή/και υλικά τοποθετούνται στα μηχανήματα γραμμής παραγωγής και ξεκινά η διαδικασία της συσκευασίας. Η πρόοδος της διαδικασίας παρακολουθείται από τον αρμόδιο του τμήματος ο οποίος επεμβαίνει όπου είναι απαραίτητο είτε για να διορθώσει κάποια δυσλειτουργία του συστήματος, είτε για να καταγράψει στατιστικά στοιχεία που αφορούν στην ταχύτητα της μηχανής και στη δυναμική της. Κατά το τελευταίο βήμα της διαδικασίας συσκευοποίησης, στα τελικά προϊόντα επικολλάται γραμμοκώδικας (barcode) που υποδηλώνει τα στοιχεία της κάθε παρτίδας και την ημερομηνία παρασκευής. Κατόπιν τα τελικά εμπορεύματα τοποθετούνται σε κιβώτια και μεταφέρονται στον χώρο διανομής. Σύμφωνα με την αρχική παραγγελία, ο υπεύθυνος διανομής δίνει οδηγίες για τη μεταφόρτωση των εμπορευμάτων στα φορτηγά της εταιρείας για να αποσταλούν στους ενδιαφερόμενους πελάτες.

3.1.3.1 Τμήμα Αποθήκης

Το τμήμα της Αποθήκης αποτελεί το πρώτο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας του οποίου η αποδοτική διαχείριση συντελεί στην αύξηση της παραγωγικότητας και των κερδών της βιομηχανίας. Είναι το σημείο όπου τοποθετούνται οι πρώτες ύλες, τα υλικά συσκευασίας και τα ημιέτοιμα προϊόντα αφού ολοκληρωθεί η επεξεργασία τους στο τμήμα των Αναμίξεων. Απαρτίζεται από μηχανήματα, υλικά και ανθρώπινο δυναμικό όπως καταγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.1 Βασικά μέρη τμήματος αποθήκης εργοστασίου

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΥΛΙΚΟ	ΑΝΘΡΩΠΟΣ
Κλαρκ	Υλικά συσκευασίας	Χειριστής κλαρκ/scanner
Scanner απογραφής	Α' ύλες	Υπεύθυνος Αποθήκης
Ράφια	Ημι-έτοιμα προϊόντα	

Όλα τα χύμα προϊόντα, οι πρώτες ύλες και τα υλικά συσκευασίας, τοποθετούνται στον χώρο της Αποθήκης, σε συγκεκριμένα ράφια με βάση το barcode που αναγράφεται στις ετικέτες τους. Η ακριβής θέση τους και χαρακτηριστικά όπως η ημερομηνία λήξης τους, η θερμοκρασία στην οποία θα πρέπει να συντηρούνται, το βάρος, το ύψος και το πλάτος τους έχουν καταχωρηθεί στο ERP της εταιρείας. Ο Υπεύθυνος Αποθήκης είναι υπεύθυνος για το σημείο στο οποίο πρέπει

να τοποθετηθεί κάθε υλικό και κάθε πρώτη ύλη, ενώ ο Χειριστής με βάση τον γραμμοκώδικα του κάθε υλικού είναι αρμόδιος για την τοποθέτησή τους.

Η πρώτη ενέργεια που λαμβάνει χώρα στην αποθήκη είναι η παραλαβή των πρώτων υλών και των υλικών συσκευασίας από τους προμηθευτές. Ο Υπεύθυνος Αποθήκης είναι ενήμερος για την ημέρα και ώρα της παραλαβής και υποχρεούται να διαθέσει χώρο στην αποθήκη για τις εισερχόμενες ποσότητες. Επιπλέον είναι αρμόδιος για τον έλεγχο των ποσοτήτων που παραλαμβάνονται. Ο έλεγχος γίνεται με την χρησιμοποίηση barcode scanner. Την τοποθέτηση στα ράφια την πραγματοποιεί ο Χειριστής.

Προκειμένου να υλοποιηθεί μία παραγγελία, ο Συντονιστής της Παραγωγής (Shop Floor Controller - SFC) παραδίδει στον Υπεύθυνο της Αποθήκης το έντυπο της παραγγελίας το οποίο αναγράφει σε μορφή λίστας τα απαιτούμενα υλικά σε αντίστοιχες ποσότητες. Εν συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος της διαθεσιμότητας από τον Χειριστή ο οποίος κατόπιν μεταφέρει τις ζητούμενες ποσότητες με περονοφόρο μηχάνημα (κλαρκ) στον χώρο αναμονής για να γίνει η παραλαβή τους από το επόμενο τμήμα, εκείνο της Ζύγισης. Στην περίπτωση που οι ζητούμενες ποσότητες δεν υπάρχουν σε απόθεμα, ο Χειριστής ενημερώνει τον Υπεύθυνο Αποθήκης ο οποίος με τη σειρά του ενημερώνει τον Συντονιστή της Παραγωγής για να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες με το Τμήμα Προμηθειών.

Πέραν της παραλαβής ειδών από τους προμηθευτές και την παράδοση πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας στο τμήμα της Ζύγισης, το τμήμα της Αποθήκης παραλαμβάνει ημι-έτοιμα και έτοιμα προϊόντα προς παράδοση στους καταναλωτές.

Τα βήματα των παραπάνω διαδικασιών στο σύνολό τους καταγράφονται κατά βάση στο εμπορο-λογιστικό σύστημα και σε έντυπα (long sheet) σε περιπτώσεις όπου το πρώτο δεν είναι λειτουργικό.

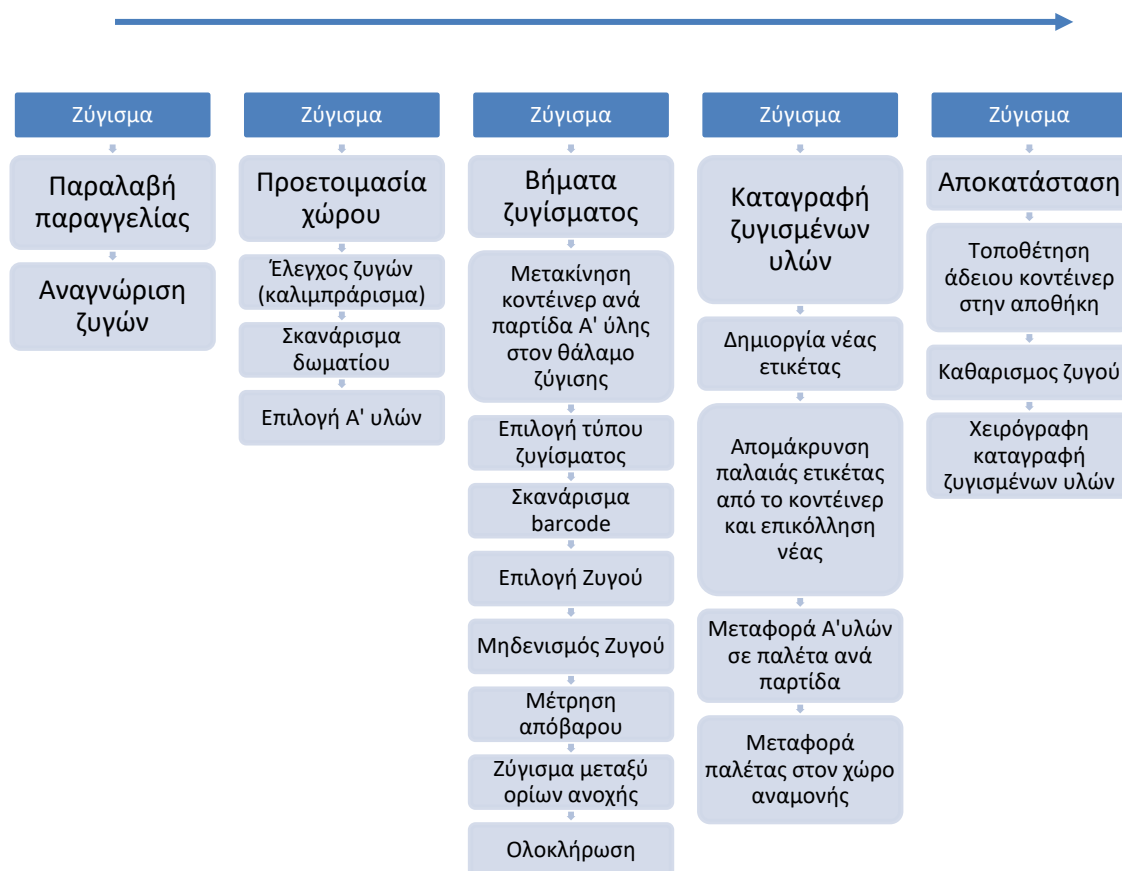
3.1.3.2 Τμήμα Ζύγισης

Το δεύτερο τμήμα που εμπλέκεται στη διαδικασία της παραγωγής είναι εκείνο της Ζύγισης των α' υλών. Στο στάδιο αυτό ο Χειριστής του Ζυγού αναλαμβάνει να ζυγίσει τις ποσότητες των πρώτων υλών που αναγράφονται στην παραγγελία οι οποίες θα μεταφερθούν κατόπιν στο τμήμα των Αναμίξεων για να ολοκληρωθεί η σύσταση του προϊόντος. Βασικό μηχάνημα του τμήματος είναι ο Ζυγός και βοηθητικό το κλαρκ που μεταφέρει τις ζυγισμένες ύλες στα άλλα εμπλεκόμενα τμήματα. Τέλος, ο Χειριστής του ζυγού και ο Υπεύθυνος της Ζύγισης απαρτίζουν το απαιτούμενο ανθρώπινο δυναμικό του τμήματος.

Πίνακας 3.2 Βασικά μέρη τμήματος ζύγισης εργοστασίου

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΥΛΙΚΟ	ΑΝΘΡΩΠΟΣ
Κλαρκ	Α' ύλες	Χειριστής Ζυγού
Ζυγός		Υπεύθυνος Ζυγίσματος

Ο Υπεύθυνος ζύγισης παραλαμβάνει την παραγγελία που αναγράφει τις πρώτες ύλες και τις ποσότητες οι οποίες θα χρειαστούν για την παρασκευή των ημι-έτοιμων προϊόντων και δίνει οδηγίες υλοποίησης στον Χειριστή του Ζυγού. Ο Χειριστής ελέγχει εάν ο Ζυγός λειτουργεί σωστά και απομακρύνει οτιδήποτε μη χρήσιμο από το δωμάτιο εργασίας. Επιπλέον επιλέγει τον τύπο του εμπορευματοκιβωτίου (κοντέινερ) που θα χρησιμοποιηθεί για το ζύγισμα με βάση το υλικό της κάθε πρώτης ύλης. Κατόπιν μεταφέρει τις πρώτες ύλες κατά σειρά προτεραιότητας από τον χώρο αναμονής στον θάλαμο ζυγίσματος. Προτού ξεκινήσει το ζύγισμα επιλέγει τον ζυγό που θα χρησιμοποιήσει, τον μηδενίζει και μετρά το απόβαρο για να έχει σωστή μέτρηση. Εν συνεχεία, μεταφέρει το κοντέινερ στον ζυγό και επικυρώνει το ζύγισμα μόνο εφόσον το βάρος είναι μεταξύ των ορίων ανοχής που έχει θέση ο Υπεύθυνος Παραγωγής. Η διαδικασία προχωρά με τη δημιουργία νέων ετικετών barcode για τις ζυγισμένες πλέον πρώτες ύλες οι οποίες επικολλώνται στο κοντέινερ. Τέλος, η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη μεταφορά των πρώτων υλών σε παλέτες, τη μετακίνηση των παλετών στον χώρο αναμονής και την καταγραφή των ενεργειών και των νέων barcode σε αντίστοιχα έγγραφα. Οι αρμοδιότητες της Χειριστή δεν σταματούν εδώ καθώς με το πέρας των εργασιών, είναι υπεύθυνος για την επιστροφή του κοντέινερ στην Αποθήκη και τον καθαρισμό του Ζυγού.



Σχήμα 3.4: Διαδικασίες τμήματος Ζύγισης

3.1.3.3 Τμήμα Αναμίξεων

Το επόμενο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας απευθύνεται στο τμήμα των Αναμίξεων, όπου οι ζυγισμένες πρώτες ύλες ενώνονται σε μία ενιαία ρευστή μάζα η οποία αποτελεί την τελική ύλη που εμπεριέχεται στο τελικό προϊόν. Τα εμπλεκόμενα μέρη από ανθρώπινο δυναμικό είναι ο Υπεύθυνος Αναμίξεων – Γεμιστικών και ο Χειριστής Αναμίξεων και από μηχανήματα ο μίκτης

Πίνακας 3.3 Βασικά μέρη τμήματος αποθήκης εργοστασίου

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΥΛΙΚΟ	ΑΝΘΡΩΠΟΣ
Μίκτης	Α' ύλες	Χειριστής Μίκτη
		Υπεύθυνος

Κατά την έναρξη της διαδικασίας ανάμιξης, ο Υπεύθυνος Αναμίξεων παραλαμβάνει τη συνταγή με τις ακριβείς οδηγίες για τον τρόπο, το χρονικό διάστημα και τη θερμοκρασία της ανάμιξης. Ενημερώνει τον Χειριστή του μίκτη και γίνεται η επιλογή του μίκτη. Κατόπιν ο Χειριστής καθαρίζει και απολυμαίνει τον μίκτη σύμφωνα με το φύλλο υγειονομικού ελέγχου. Χειροκίνητα, συμπληρώνει τις απαραίτητες φόρμες και προχωρά σε ζύγισμα του μίκτη για τη συμπλήρωση του αρχείου ασφαλείας. Πολύ σημαντικό βήμα πριν εκτέλεση της ανάμιξης είναι ο έλεγχος των α' υλών που έχουν παραληφθεί. Ο Υπεύθυνος Αναμίξεων προχωρά σε ταυτοποίηση του κωδικού που αναγράφεται πάνω στην ζυγισμένη ύλη με τον κωδικό που αναγράφει η συνταγή. Την ίδια χρονική στιγμή πραγματοποιείται και ο χειροκίνητος έλεγχος της ημερομηνίας λήξης των α' υλών. Εφόσον ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες, ο περιέκτης γεμίζονται με το συνδυασμό των α' υλών και ξεκινά η διαδικασία της ανάμιξης. Ο περιέκτης ρυθμίζεται σε ότι αφορά τις προδιαγραφές ανάμιξης με βάση τη συνταγή όπως τον χρόνο ανακατέματος, την ταχύτητα και τη θερμοκρασία. Η ευθύνη για να τηρηθούν οι προδιαγραφές κατά τη διάρκεια της ανάμιξης είναι του Χειριστή μίκτη, ενώ αν συμβεί η οποιαδήποτε δυσλειτουργία επεμβαίνει ο Υπεύθυνος του τμήματος. Κατά τη διάρκεια της ανάμιξης ο Χειριστής προβαίνει σε σποραδικούς ελέγχους ποιότητας του χύδην φορτίου σύμφωνα με το φύλλο ελέγχου και ακολουθώντας τις αντίστοιχες μεθόδους. Όλες οι ενέργειες καταγράφονται σε ειδικό έντυπο. Αν τα αποτελέσματα των ελέγχων είναι αποδεκτά, επισυνάπτεται πράσινη κάρτα στο χύμα φορτίο, διαφορετικά επισυνάπτεται κάρτα κίτρινου χρώματος

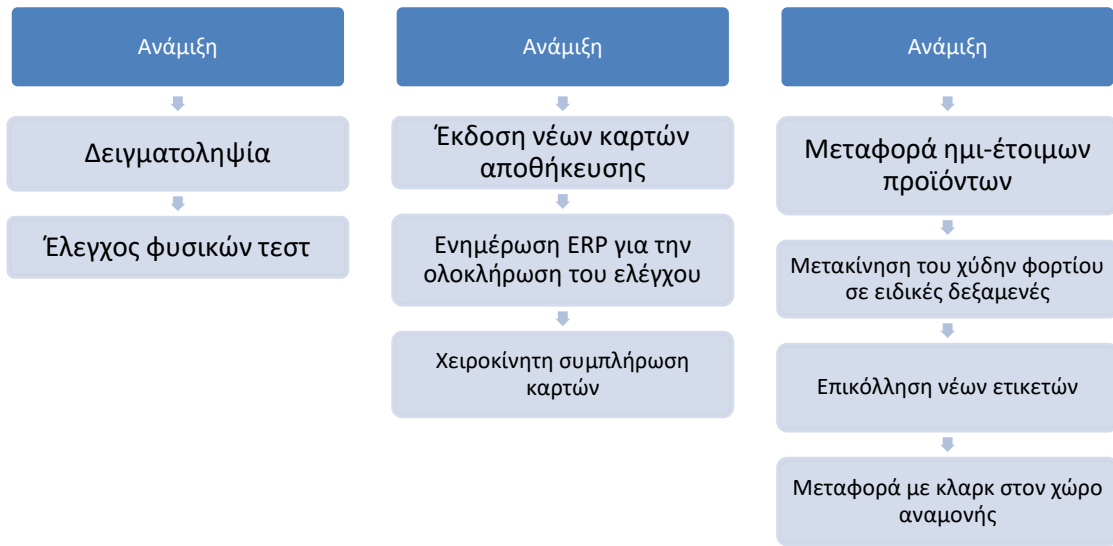




Σχήμα 3.5: Διαδικασίες τμήματος Αναμίξεων

Προτού μεταφερθεί το χύδην φορτίο σε ειδικές δεξαμενές κρίνεται απαραίτητο να γίνουν ορισμένοι φυσικοχημικοί έλεγχοι από τον Συντονιστή των διαδικασιών της Παραγωγής και από το τμήμα Ελέγχου Ποιότητας. Εφόσον το χύδην φορτίο κριθεί κατάλληλο, ο Χειριστής το μεταφέρει σε ειδικές δεξαμενές. Κατόπιν ο Υπεύθυνος Αναμίξεων αναλαμβάνει τον ρόλο ενημέρωσης του ERP για την ολοκλήρωση του ελέγχου. Τέλος, ο Χειριστής επικολλά τις νέες ετικέτες και μεταφέρει στον χώρο αναμονής το φορτίο.





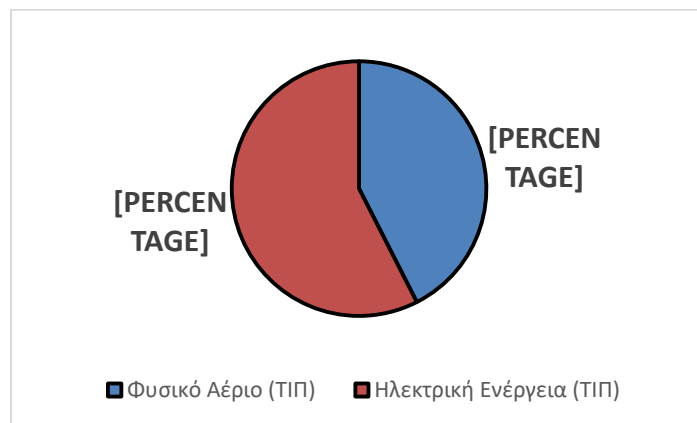
Σχήμα 3.6: Διαδικασίες τμήματος Αναμίξεων

Το αναμιγμένο φορτίο μεταφέρεται είτε στο τμήμα της Αποθήκης ως ημι-έτοιμο προϊόν για μελλοντική χρήση, είτε στο τμήμα της Συσκευασίας για την σύνθεση του τελικού προϊόντος.

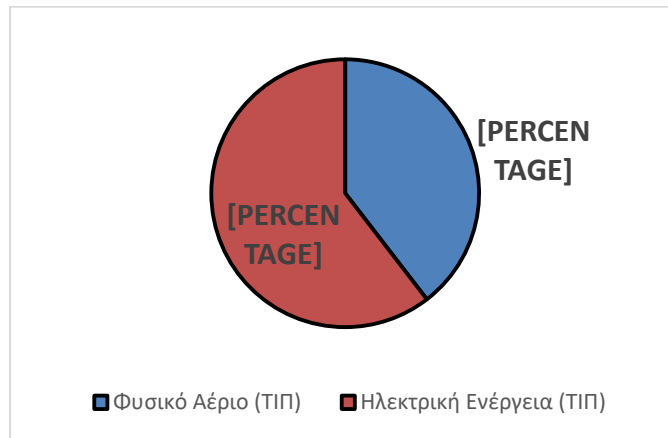
3.2 Κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανική μονάδα

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα γίνεται Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας και Κατανάλωση Φυσικού Αερίου.

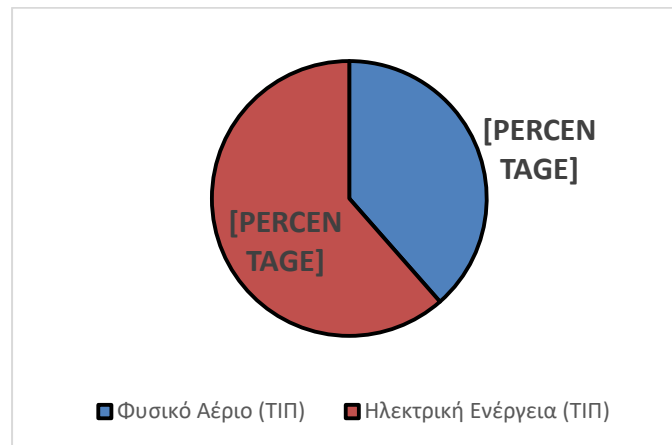
Παρακάτω ακολουθούν διαγράμματα που δείχνουν την ποσοστιαία χρήση ενέργειας αλλά και του κόστους ενέργειας στην βιομηχανική μονάδα για τα έτη 2015, 2016 και 2017.



Σχήμα 3.7: Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2015

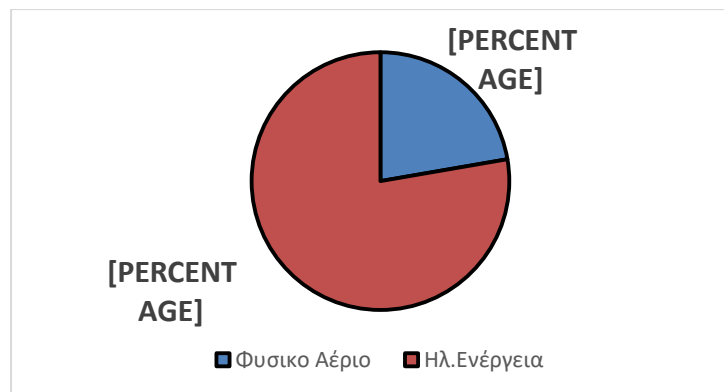


Σχήμα 3.8 Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2016

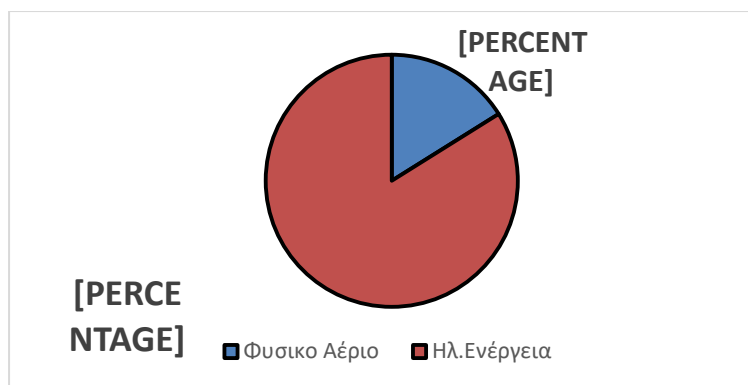


Σχήμα 3.9 Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2017

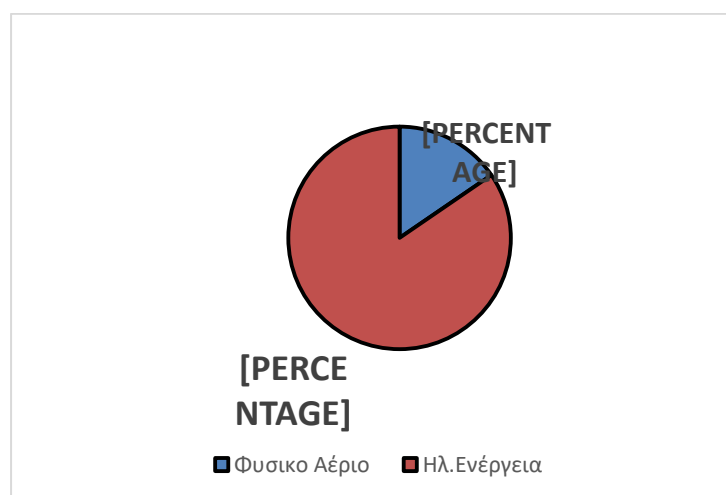
Στη συνέχεια ακολουθούν τα διαγράμματα που δείχνουν ποσοστιαία το κόστος ενέργειας στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα για τα έτη 2015, 2016 και 2017.



Σχήμα 3.10: Ποσοστιαία κατανομή κόστους ενέργειας για το έτος 2015



Σχήμα 3.11: Ποσοστιαία κατανομή κόστους ενέργειας για το έτος 2016



Σχήμα 3.12: Ποσοστιαία κατανομή κόστους ενέργειας για το έτος 2017

Παρατηρείται ότι τα τελευταία δύο χρόνια υπάρχει μεταβολή του κόστους για το Φυσικό Αέριο και αυτό οφείλεται αποκλειστικά στην μείωση της τιμής του.

3.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη βιομηχανική μονάδα

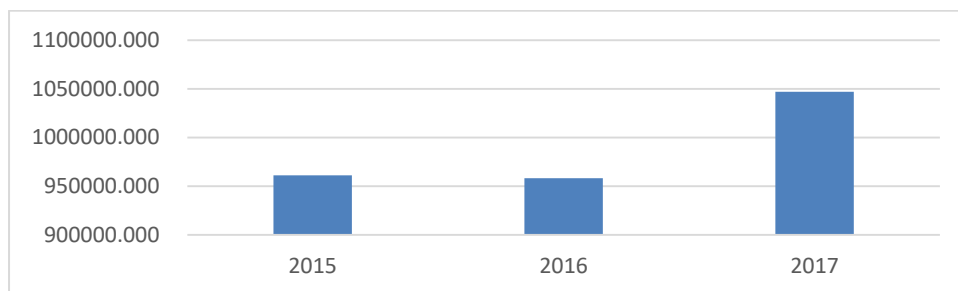
Η ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται για την παραγωγική διαδικασία, το φωτισμό, τη θέρμανση και την ψύξη και τις ηλεκτρικές συσκευές. Το εργοστάσιο είναι καταναλωτής μέσης τάσης (ΜΤ) και το κόστος της ενέργειας καθορίζεται με βάση το τιμολόγιο Γ23 της ΔΕΗ. Οι καταναλώσεις σε kWh από τα τιμολόγια της ΔΕΗ για τα έτη 2015, 2016 και 2017 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1. Η τιμή της kWh για την ζώνη ημέρας είναι 0,05903 ευρώ/kWh και για τη νυχτερινή ζώνη είναι 0,04614. Οι τιμές αυτές ισχύουν και για τα τρία έτη που συγκεντρώθηκαν στοιχεία.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 3.4 όπου παρατίθενται οι μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2015, 2016 και 2017.

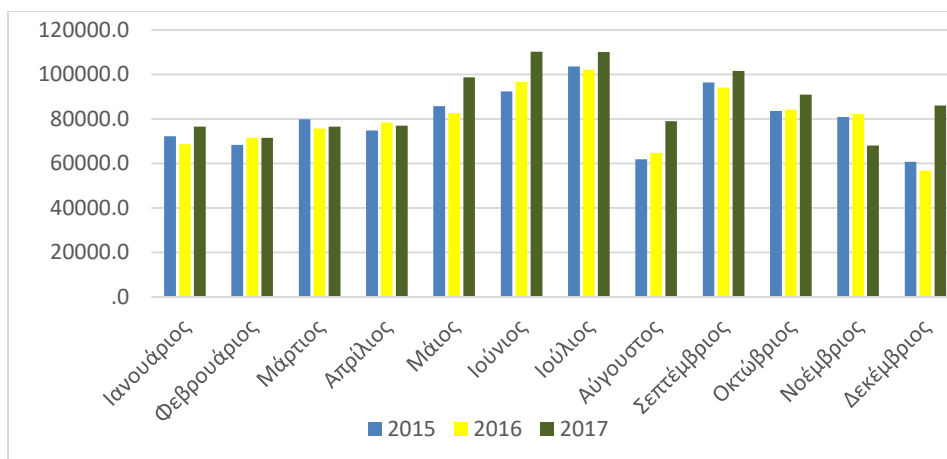
Πίνακας 3.4 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh για τα έτη 2015,2016 και 2017

Μήνες	2015 kWh	2016 kWh	2017 kWh
Ιανουάριος	72.306	68.752	76.650
Φεβρουάριος	68.387	3.366	71.527
Μάρτιος	79.909	75.723	76.650
Απρίλιος	74.855	3.694	77.069
Μάιος	85.757	82.629	98.740
Ιούνιος	92.448	96.577	110.247
Ιούλιος	103.602	102.218	110.184
Αύγουστος	61.982	64.834	79.032
Σεπτέμβριος	96.428	94.116	101.585
Οκτώβριος	83.712	84.299	91.032
Νοέμβριος	3.809	82.275	68.166
Δεκέμβριος	60.810	56.812	86.050
Σύνολο	961.135,75	958.262,58	1.046.932,43

Ακολουθούν τα διαγράμματα της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh (Διάγραμμα 3.12) και της μηνιαίας κατανάλωσης (Διάγραμμα 3.13) με βάση τα τιμολόγια της ΔΕΗ για την τελευταία τριετία (2015, 2016 και 2017).

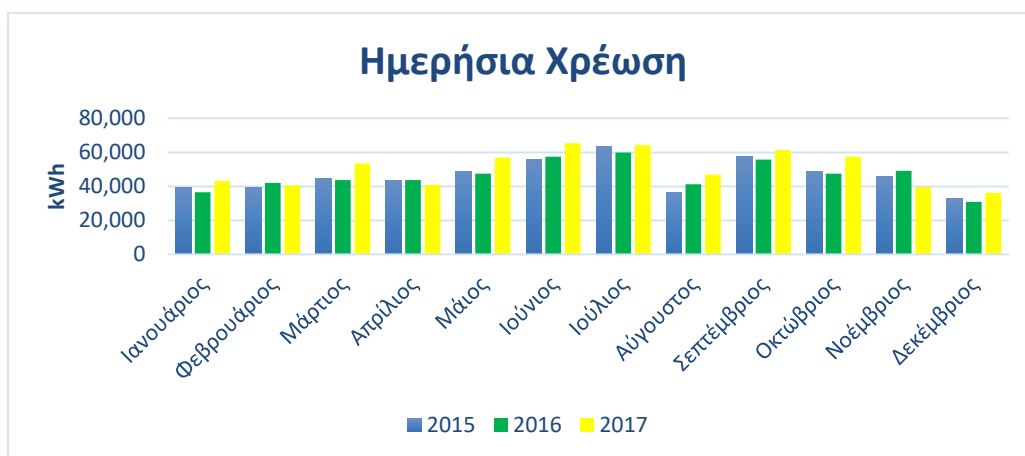


Σχήμα 3.13: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017

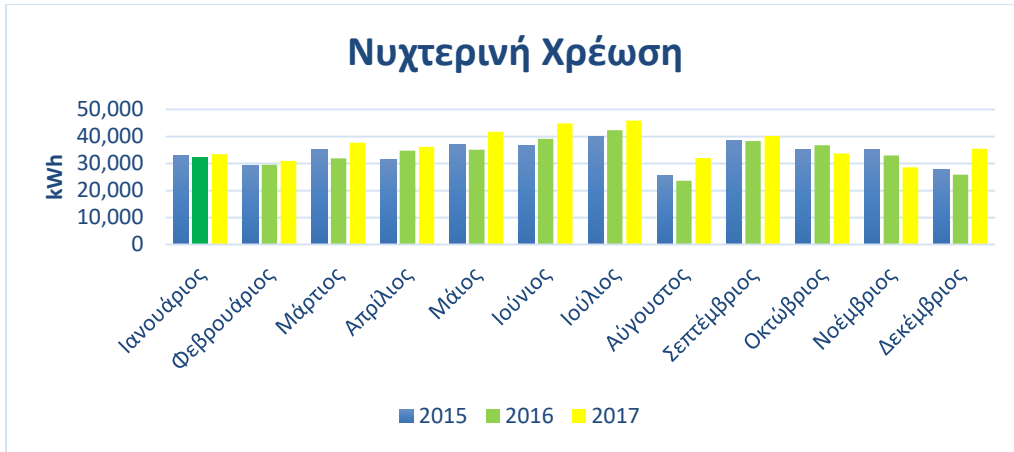


Σχήμα 3.14: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017

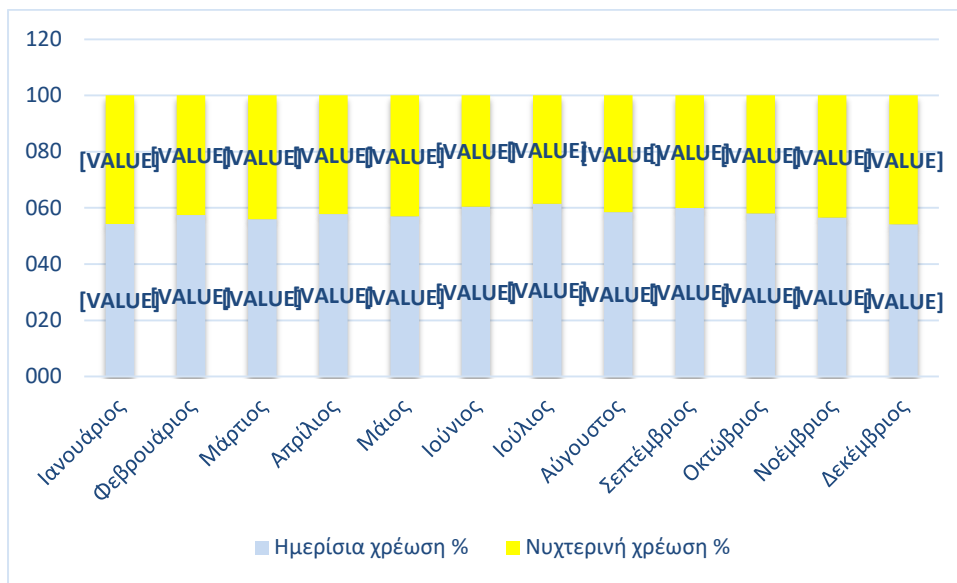
Η υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα έχει τη δυνατότητα χρήσης του νυχτερινού τιμολογίου. Ακολουθούν τα διαγράμματα που αποτυπώνουν την μηνιαία κατανάλωση της βιομηχανικής μονάδας σε kWh τόσο στη ζώνη ημέρας όσο και στη νυχτερινή ζώνη για τα έτη 2015,2016 και 2017.



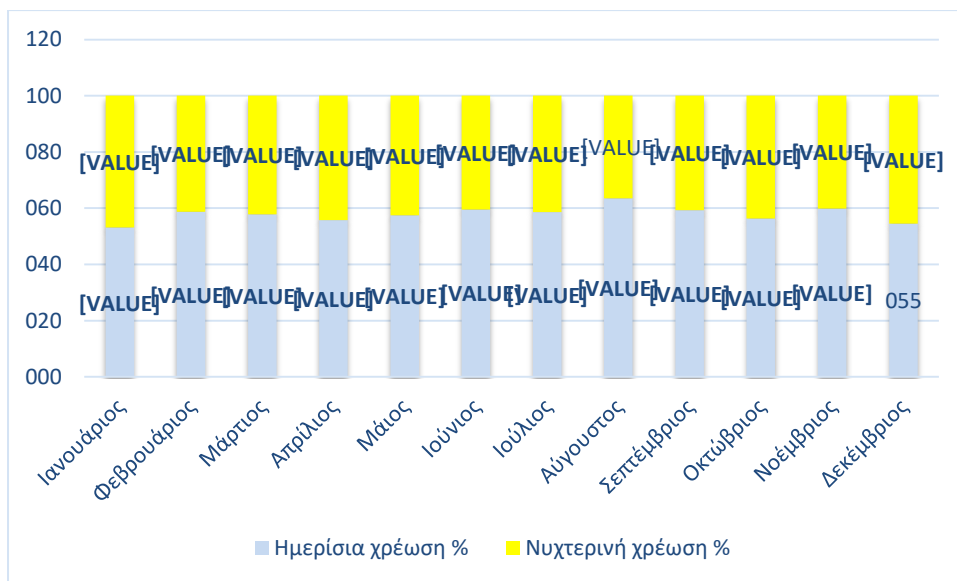
Σχήμα 3.15: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην ημερήσια ζώνη για τα έτη 2015,2016 και 2017



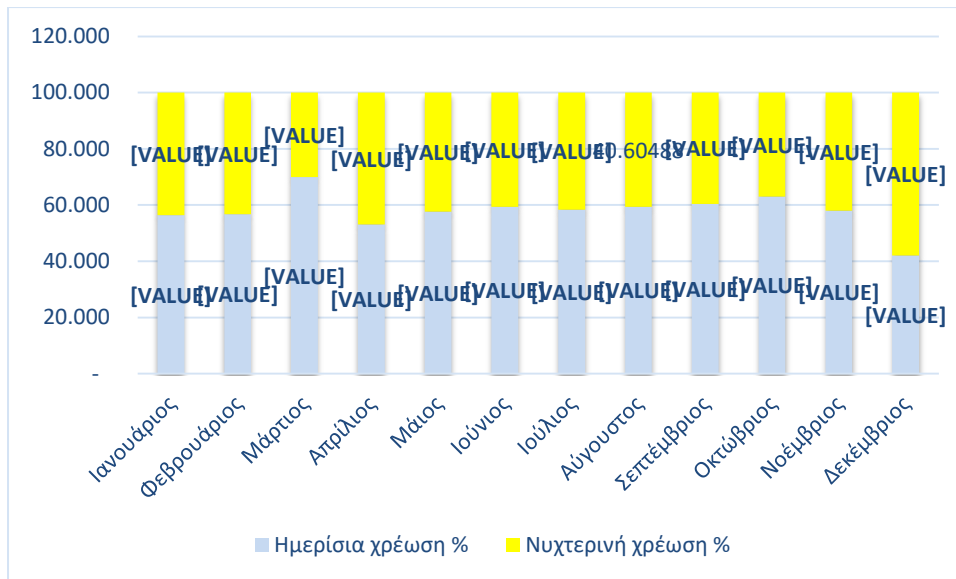
Σχήμα 3.16: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην νυχτερινή ζώνη για τα έτη 2015,2016 και 2017



Σχήμα 3.17: Ποσοστιαία ημερήσια και νυχτερινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για το έτος 2015



Σχήμα 3.18: Ποσοστιαία ημερήσια και νυχτερινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για το έτος 2016



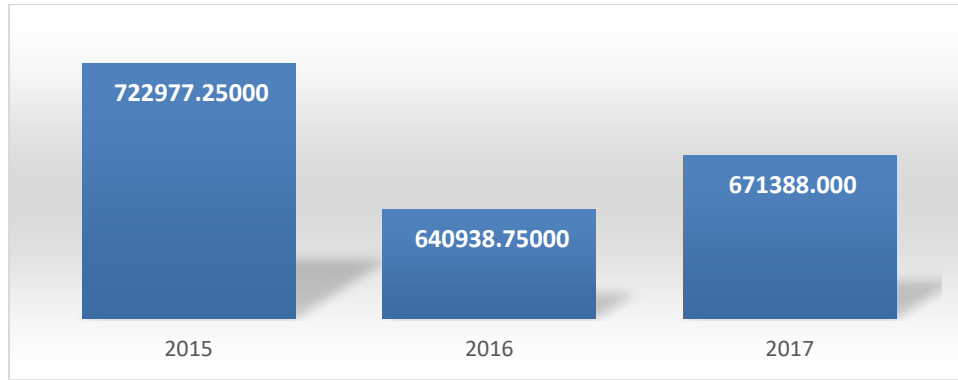
Σχήμα 3.19: Ποσοστιαία ημερήσια και νυχτερινή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα για το έτος 2017

Παρατηρείται ότι τα έτη 2015, 2016 η κατανάλωση είναι σχεδόν ίδια. Το έτος όμως 2017 παρατηρείται από το διάγραμμα 3.13 ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού αυξάνεται σημαντικά κοντά στις 400.000 kWh. Από το διάγραμμα 3.14 παρατηρείται ότι η αύξηση αυτή στη συνολική κατανάλωση προκύπτει με αύξηση της μηνιαίας κατανάλωσης σε όλους σχεδόν τους μήνες με εξαίρεση τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση αυτή στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αύξηση της παραγωγής της βιομηχανικής μονάδας.

3.4 Κατανάλωση Φυσικού Αερίου

Στο εργοστάσιο καταναλώνεται φυσικό αέριο αποκλειστικά για την παραγωγή ατμού. Πιο συγκεκριμένα ο ατμός παράγεται όταν θερμαίνεται νερό υπό συγκεκριμένη πίεση, ελεγχόμενα μέσα στο ατμολέβητα. Η θέρμανση του νερού στον ατμολέβητα γίνεται με την καύση φυσικού αερίου. Ο ατμός μέσω διαφόρων εναλλακτών μετατρέπεται σε ζεστό νερό για χρήση.

Οι ετήσιες καταναλώσεις φυσικού αερίου που προκύπτουν από τα τιμολόγια της Εταιρείας Παροχής Φυσικού Αερίου παρατίθενται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 3.20: Κατανάλωση φυσικού αερίου σε kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017

3.5 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η βιομηχανική μονάδα είναι καταναλωτής μέσης τάσης 800 kW και οι χρεώσεις γίνονται βάση του ΒΥ τιμολογίου (Υψηλού Συντελεστή Χρησιμοποίησης) της ΔΕΗ.

Η χρέωση προκύπτει με βάση την ενέργεια και την ισχύ που καταναλώνεται. Οπότε γίνεται καταμέτρηση των παρακάτω μεγεθών για τους ανάλογους υπολογισμούς με βάση τους παρακάτω τύπους [11]:

- MZA (Kw) : Μέγιστη ζήτηση σε ώρες Αιχμής (11:00- 14:00)
- MZN (Kw) : Μέγιστη ζήτηση Νύχτας
- KMZ Kw) : Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση, οποιαδήποτε ώρα ημέρας ή νύχτας
- Ενδείξεις ενεργών και άεργων καταναλώσεων ενέργειας
- Ως Μέγιστη Ζήτηση (MZ) χρησιμοποιείται η KMZ, η οποία μπορεί να είναι διαφορετική των μέγιστων αιχμής ή νύχτας.
- Η Χρεωστέα Ζήτηση προκύπτει από τον υπολογισμό :

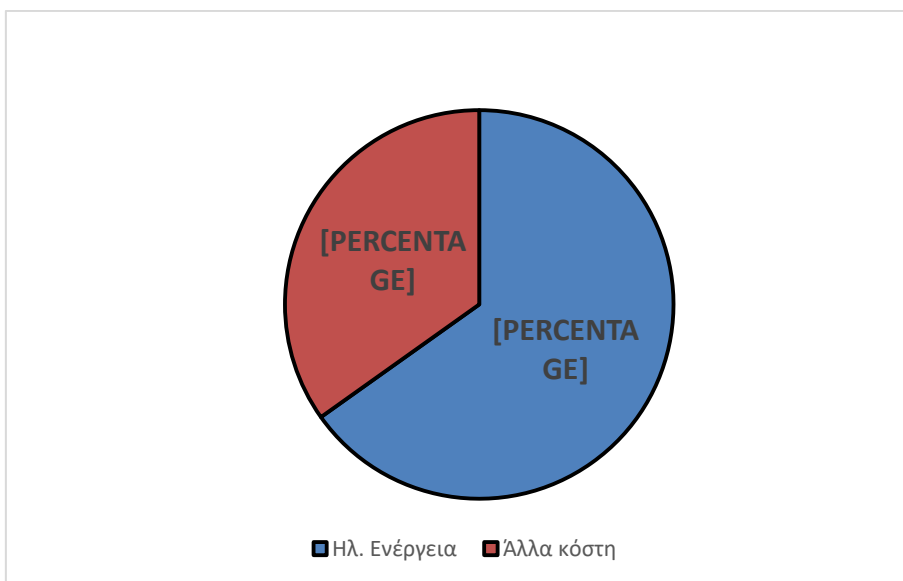
$$XZ = MZ * \text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης}$$

- Υπολογίζεται και ο συντελεστής Χρησιμοποίησης (Σ.ΧΡΣ)

$$\Sigma.ΧΡΣ = \text{Κατανάλωση Περιόδου} / (24 * \text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης} * KMZ)$$

Για λόγους εμπιστευτικότητας των δεδομένων λόγω εταιρικού απορρήτου, δεν είναι εφικτό να παρατεθεί η ανάλυση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας της συγκεκριμένης βιομηχανίας με ακριβή νούμερα.

Παρόλα αυτά στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται ποσοστιαία η αναλογία που συνδέει την χρέωση καθαρά για ηλεκτρική ενέργεια με τα άλλα κόστη που προκύπτουν από τα τιμολόγια της ΔΕΗ.



Σχήμα 3.21: Αναλογία χρεώσεων kWh για τα έτη 2015, 2016 και 2017

3.6 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση

Για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα και για την εκτίμηση του ενεργειακού της προφίλ, πραγματοποιήθηκε καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Η καταγραφή αυτή περιλαμβάνει πληροφορίες από τους υπεύθυνους των αρμόδιων τμημάτων καθώς και επιτόπιες καταγραφές για το είδος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, την ονομαστική του ισχύ και τις ώρες λειτουργίας του.

3.6.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό προκύπτει από την καταμέτρηση των φωτιστικών σωμάτων και της ισχύος τους σε κάθε χώρο της βιομηχανικής μονάδας και από την εκτίμηση των ωρών λειτουργίας τους ετησίως ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στο εργοστάσιο, συνολικά μετρήθηκαν 141 λαμπτήρες: 45 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 18W, 54 λαμπτήρες φθορισμού των 36W, 40 λαμπτήρες φθορισμού T5 των 54, 3 λαμπτήρες φθορισμού T5 των 39W, 7 λαμπτήρες E40 των 250 W και 2 λαμπτήρες συμπαγούς φθορισμού των 26W.

Η καταγραφή των λαμπτήρων ανά χώρο παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 3.5 Καταγραφή λαμπτήρων ανά χώρο

Περιγραφή	Τεμάχια	Ονομαστική ισχύς (Watt)	Ώρες λειτουργίας	Σύνολο (kWh)
Γραφεία 1				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	7	72	2.760	1391,04
Στεγανό Φωτιστικό Φθορισμού T8 2*36W	1	72	2.760	198,72
Είσοδος				
PL Φωτιστικό Συμπαγούς Φθορισμού 2*26W 2P	2	52	2.760	287,04
Χώρος 1				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	2	72	2.000	288
Αρχείο				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	5	72	1.932	695,52
Χώρος 2				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	3	72	1.932	417,12
Εργαστήριο				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*36W	7	144	2.760	2.782,08
Χώρος Αποθήκης				
Καμπίνα βιομηχανικού τύπου E40 250W	7	250	2.840	4.970
Κεντρικός Διάδρομος				
Φωτιστικό Φθορισμού T5 2*54W	15	108	2.000	2.592
Χώρος Παραγωγής1				
Φωτιστικό Φθορισμού T5 2*54W	24	108	5.696	14.148,86
Χώρος Παραγωγής2				
Φωτιστικό Φθορισμού T8	23			18.865,15

4*36W		144	5.696	
Χώρος Παραγωγής3				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*36W	23	144	5.969	12.893,04
Γραφεία				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*36W	4	144	2.380	1.370,88
Χώρος 3				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	3	72	5.696	1.230,336
Χώρος 4				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	9	72	3.416	2.213,568
Αίθουσα				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	8	72	300	172,8
διάδρομος 1				
T5 Φθορισμού 39W	3	39	2.000	234
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	2	72	2.000	288
διάδρομος 2				
Φωτιστικό Φθορισμού T8 4*18W	5	72	2.760	993.6
ΣΥΝΟΛΟ				74.991,63

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό, λαμβάνεται υπ' όψη και η κατανάλωση των ballast που διαθέτουν τα φωτιστικά σώματα. Υπολογίζεται ότι τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast προκαλούν προσαύξηση της ηλεκτρικής ισχύος των λαμπτήρων κατά 25%.

Βάσει των παραπάνω δεδομένων, υπολογίζεται προσεγγιστικά ότι η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου για φωτισμό είναι: $E_{\text{φωτ}} = 96.739,38 \text{ kWh}$

3.6.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση

3.6.2.1 Ψύκτες νερού

Για την εύρεση της εγκατεστημένης ισχύος των ψυκτών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ψυχρού νερού, το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάγκες ψύξης της βιομηχανικής μονάδας, χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

1 BTU/h = 2,931*10⁻⁴ kw

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ψύκτες νερού που βρίσκονται στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα ανά χώρο, η ισχύς τους σε BTU/h καθώς επίσης και η ισχύς σε Kw υπολογισμένη με τη βοήθεια της παραπάνω σχέσης.

Πίνακας 3.6 Στοιχεία ψυκτών νερού στη βιομηχανική μονάδα

A/A	Κλιματιζόμενος χώρος	Χώρος εγκατάστασης μονάδας	Ισχύς (Kw)	Ισχύς BTU/h
1	Παραγωγή ψυχρού νερού	ΕΞΩΤΕΡ.ΠΕΡΙΒ.ΧΩΡΟΣ	85,2	290.784,98
2	Παραγωγή ψυχρού νερού	ΕΞΩΤΕΡ.ΠΕΡΙΒ.ΧΩΡΟΣ	104,1	355.290,10
3	Παραγωγή ψυχρού νερού	ΕΞΩΤΕΡ.ΠΕΡΙΒ.ΧΩΡΟΣ	97,16	331.604,09
4	Παραγωγή ψυχρού νερού	ΕΞΩΤΕΡ.ΠΕΡΙΒ.ΧΩΡΟΣ	65,96	225.119,45
5	Παραγωγή ψυχρού νερού	ΔΩΜΑ	38,7	132.662,116

Η κατανάλωση των ψυκτών νερού υπολογίζεται από το βαθμό απόδοσης τους. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας με τους βαθμούς απόδοσης κάθε ψύκτη έτσι ώστε να υπολογιστεί η ηλεκτρική τους ισχύ.

Πίνακας 3.7 Βαθμοί απόδοσης ψυκτών

A/A	EER
1	2,84
2	2,776
3	2,776
4	1,94
5	1,173

Άρα, η ηλεκτρική ισχύς σε kW για θέρμανση και ψύξη των κλιματιστικών σωμάτων παρατίθεται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.8 Ονομαστικά στοιχεία ψυκτών βιομηχανικής μονάδας

A/A	Ηλ. Ισχύς (kW)
1	30
2	37,5

3	35
4	34
5	33

Από τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από το αρμόδιο τεχνικό τμήμα θεωρείται ότι οι ψύκτες νερού είναι σε λειτουργία για 24 ώρες την ημέρα, για 5 ημέρες την εβδομάδα και για 46 εβδομάδες το χρόνο καθώς επίσης και για 22 μέρες τα σαββατοκύριακα για 8 ώρες . Επομένως, υπολογίζονται προσεγγιστικά οι επιμέρους ηλεκτρικές καταναλώσεις των ψυκτών νερού και παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.9 Ετήσια κατανάλωση ψυκτών βιομηχανικής μονάδας

A/A	Ετήσια Κατανάλωση Ηλ.Ενέργειας (kWh)
1	121,035
2	151,294
3	141,208
4	137,173
5	133,139

Βάσει όλων των παραπάνω δεδομένων, υπολογίζεται προσεγγιστικά ότι η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση των ψυκτών νερού, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ψυχρού νερού και είναι: $E_{\text{ηλ.κατ/ετήσια}} = 683.848\text{kWh}$.

3.6.2.2 Κλιματιστικά τύπου split

Τα κλιματιστικά τύπου split που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης στο εξεταζόμενο κτίριο, αποτελούν τα συμβατικά κλιματιστικά σταθερών στροφών, δηλαδή δεν είναι κλιματιστικά τεχνολογίας inverter. Στην τεχνολογία σταθερών στροφών, όταν επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο, το συμβατικό κλιματιστικό σταματά τη λειτουργία του, ενώ όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί πέρα από κάποιο όριο, τότε η εξωτερική μονάδα ξεκινά να λειτουργεί πάλι. Αυτές οι επανεκκινήσεις, οι οποίες στην παρούσα μελέτη είναι αρκετά συχνές σε καθημερινή βάση λόγω της συνεχούς λειτουργίας των κλιματιστικών, χρειάζονται κάποιο χρόνο και έχουν σημαντικές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια.

Για την εύρεση της εγκατεστημένης ισχύος των κλιματιστικών τύπου split, χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$1 \text{ BTU/h} = 2,931 \cdot 10^{-4} \text{ kW}$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κλιματιστικά τύπου split που βρίσκονται στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα ανά χώρο, η ισχύς τους σε BTU/h καθώς επίσης και η ισχύς σε Kw υπολογισμένη με τη βοήθεια της παραπάνω σχέσης.

Η κατανάλωση των κλιματιστικών τύπου split υπολογίζεται από το βαθμό απόδοσης των συσκευών. Για τα κλιματιστικά που καταγράφηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ισχύουν:

- Συντελεστής ισχύος θέρμανσης: COP = 3,35
- Συντελεστής ισχύος ψύξης: EER = 2,96

Άρα, η ηλεκτρική ισχύς σε kW για θέρμανση και ψύξη των κλιματιστικών σωμάτων παρατίθεται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 3.10 Βαθμοί απόδοσης κλιματιστικών βιομηχανικής μονάδας

	9000 BTU	12000BTU	18000
Ηλεκτρική Ισχύς για θέρμανση (kW)	0,788	1,051	1,574
Ηλεκτρική Ισχύς για ψύξη(kW)	0,892	1,189	1,782

Από τις πληροφορίες που δόθηκαν από τους χρήστες των εξεταζόμενων χώρων, θεωρείται ότι τα κλιματιστικά είναι σε κατάσταση λειτουργίας 6 ώρες ημερησίως. Κατά τους θερινούς μήνες (από Ιούνιο μέχρι και Σεπτέμβριο) τα κλιματιστικά εξυπηρετούν ανάγκες ψύξης των χώρων, ενώ τους χειμερινούς μήνες (από Οκτώβριο μέχρι Μάιο) εξυπηρετούν ανάγκες θέρμανσης. Επομένως, υπολογίζονται προσεγγιστικά οι επιμέρους ηλεκτρικές καταναλώσεις των κλιματιστικών:

$$E_{\psi\upsilon\chi\epsilon, \kappa\lambda.\sigma.} = 22.250,9 \text{ kWh}, \text{ και } E_{\theta\epsilon\rho, \kappa\lambda.\sigma.} = 19.716,5 \text{ kWh.}$$

Βάσει όλων των παραπάνω δεδομένων, υπολογίζεται προσεγγιστικά ότι η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη μέσω των κλιματιστικών μονάδων τύπου split είναι: $E_{\theta\epsilon\rho\mu/\psi\upsilon\chi\epsilon} = 41.967,4 \text{ kWh.}$

3.6.2.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας
Εκτός από την κατηγορία των αυτόνομων κλιματιστικών μηχανημάτων (Split Units), τα οποία προορίζονται να καλύπτουν ανάγκες κλιματισμού μικρών χώρων, υπάρχει και η κατηγορία των κλιματιστικών μηχανημάτων, τα οποία προορίζονται να καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού μεγαλύτερων χώρων. Τα μηχανήματα αυτά εξυπηρετούν εγκαταστάσεις Ημικεντρικού ή Κεντρικού Κλιματισμού.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μηχανήματα, με τα οποία οι εγκαταστάσεις κλιματισμού μπορούν να δημιουργούν, να ελέγχουν και να διατηρούν σε ικανοποιητικά επίπεδα, όλους τους συντελεστές-παράγοντες, που διαμορφώνουν τις συνθήκες και την ατμόσφαιρα άνεσης, που πρέπει να έχουν οι κλιματιζόμενοι χώροι: τη θερμοκρασία, την υγρασία, την καθαρότητα του αέρα και την ανανέωση, την ταχύτητα και την κατανομή του αέρα στο χώρο και τη στάθμη θορύβου.

Η ισχύς της Κλιματιστικής Μονάδας είναι: 16.000 BTU. Βάσει της σχέσης που αναλύθηκε στην προηγούμενη υποενότητα, αντιστοιχεί σε ηλεκτρική ισχύ: 5 kW.

Βάσει των παραπάνω υπολογίζεται προσεγγιστικά ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι $E_{\text{κεντ.κλιμ}} = 27.972 \text{ kWh}$.

3.6.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στους αεροσυμπιεστές

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα είναι εγκατεστημένοι δύο αεροσυμπιεστές για την παραγωγή πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος χρησιμοποιείται σε διάφορες λειτουργίες της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας.

Σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν από το αρμόδιο τμήμα της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας στους αεροσυμπιεστές.

Για τον αεροσυμπιεστή N^o1 είναι διαθέσιμα τα ακόλουθα στοιχεία για τις ώρες λειτουργίας του και το φορτίο στο οποίο δουλεύει για τα έτη 2016, 2017.

Οι συνολικές ώρες που δουλεύει ο αεροσυμπιεστής N^o1 είναι 5.916 ώρες. Για ποσοστό 16% του συνολικού χρόνου, ο αεροσυμπιεστής N^o1 χρησιμοποιεί το 30% της ονομαστικής του ισχύς, για ποσοστό 51% του συνολικού χρόνου χρησιμοποιεί το 50% της ονομαστικής του ισχύς, για 29% του συνολικού χρόνου χρησιμοποιεί το 70% της ονομαστικής του ισχύς και για 4% του συνολικού χρόνου χρησιμοποιεί το 90% της ονομαστικής του ισχύς.

Η ονομαστική ισχύς του αεροσυμπιεστή N^o1 είναι 32 kW.

Η κατανάλωση λοιπόν του αεροσυμπιεστή με βάση τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζεται στους Πίνακες 3.11 και 3.12.

Πίνακας 3.11 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2016

Ώρες λειτουργίας (h)	Ισχύς (kW)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)
947	9,6	9.086,976
3,017	16	48.2745,6
1,716	22.4	38.430,34
237	28.8	6.815,232
Σύνολο		102.607,1

Πίνακας 3.12 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2017

Ώρες λειτουργίας (h)	Ισχύς (kW)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)
947	9,6	9.086,976
3,017	16	48.2745,6
1,716	22.4	38.430,34
237	28.8	6.815,232
Σύνολο		102.607,1

Για τον αεροσυμπιεστή N_o2, ο οποίος είναι εφεδρικός, είναι διαθέσιμα τα ακόλουθα στοιχεία, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13 και στον Πίνακα 3.14 για τις ώρες λειτουργίας του και το φορτίο στο οποίο δουλεύει (ονομαστικό) για τα έτη 2016,2017 αντίστοιχα.

Με βάση αυτά τα στοιχεία υπολογίζεται την κατανάλωση ηλεκτρικής του ενέργειας.

Πίνακας 3.13 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2016

Έτος	Ώρες λειτουργίας	Ισχύς	Ηλεκτρική Ενέργεια
------	------------------	-------	--------------------

	(h)	(kW)	(kWh)
2016	108.75	22	2.392,5

Πίνακας 3.14 Ώρες λειτουργίας, ισχύς και ετήσια κατανάλωση του αεροσυμπιεστή για το έτος 2016

Έτος	Ώρες λειτουργίας (h)	Ισχύς (kW)	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)
2017	108.75	22	2.392,5

Οπότε με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι η συνολική κατανάλωση και των 2 αεροσυμπιεστών για κάθε έτος είναι ίση με $E_{\text{αεροσυμπ}} = 104.999,6 \text{ kWh}$

3.6.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις γραμμές παραγωγής

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα λειτουργούν τέσσερις γραμμές παραγωγής. Στις γραμμές παραγωγής γίνεται η τοποθέτηση του παραγόμενου προϊόντος σε μπουκάλια, η τοποθέτηση της ετικέτας και τέλος σε κάποιες εξ' αυτών γίνεται και το πακετάρισμα των μπουκαλιών σε κουτιά.

Έπειτα από αυτοψία στις γραμμές παραγωγής καταγράφηκαν όλα τα μοτέρ της εκάστοτε γραμμής και έγινε λεπτομερής καταγραφή των ονομαστικών στοιχείων του κάθε μοτέρ, έτσι ώστε σε συνδυασμό με τις ώρες λειτουργίας κάθε γραμμής παραγωγής που δόθηκαν από το αρμόδιο τμήμα της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας να εκτιμηθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κάθε γραμμής παραγωγής.

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με τα μοτέρ που καταγράφηκαν σε κάθε γραμμή παραγωγής με την ονομαστική ισχύ τους, τις ώρες λειτουργίας τους ανά έτος όπως αυτές αντλήθηκαν από το αρμόδιο τμήμα και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των γραμμών παραγωγής.

Είναι κρίσιμο σε αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι οι γραμμές παραγωγής λειτουργούν βάση του δείκτη παραγωγικότητας (ΟΟΕ), ο οποίος στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα είναι στο 50%. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το 50% των ωρών που είναι σε λειτουργία κάθε γραμμή παραγωγής δουλεύουν όλα τα μοτέρ που βρίσκονται στην γραμμή αυτή και το υπόλοιπο 50% των ωρών δουλεύουν μόνο τα μοτέρ που έχουν να κάνουν με τη λειτουργία των ταινιοδρόμων.

Πίνακας 3.15 Γραμμή παραγωγής L5

Μοτέρ A/A	Ισχύς (Kw)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	0,37	5.696
2	0,55	5.696
3	0,55	5.696
4	0,37	5.696
5	0,09	5.696

6	0,37	5.696
7	0,37	5.696
8	0,55	5.696
9	0,55	5.696
10	0,55	5.696
11	0,37	5.696
12	0,09	5.696
13	0,09	5.696
14	0,37	5.696
15	0,37	5.696
16	0,37	5.696
17	0,18	5.696
ΣΥΝΟΛΟ	6,16	5.696

Η συνολική κατανάλωση της γραμμής L5 είναι $E_{L5} = 37.058,42 \text{ kWh}$

Πίνακας 3.16 Γραμμή παραγωγής L6

Μοτέρ Α/Α	Ισχύς (Kw)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	0,18	5.696
2	0,18	5.696
3	0,37	5.696
4	0,18	5.696
5	0,37	5.696
6	0,09	5.696
7	0,09	5.696
8	0,37	5.696
9	0,37	5.696
10	0,09	5.696
11	0,09	5.696
12	0,37	5.696
13	0,37	5.696
14	0,09	5.696
15	0,09	5.696
16	0,18	5.696
ΣΥΝΟΛΟ	2,56	5.696

Η συνολική κατανάλωση της γραμμής L6 είναι $E_{L6} = 17.344,32 \text{ kWh}$

Πίνακας 3.17 Γραμμή παραγωγής L7

Μοτέρ Α/Α	Ισχύς (Kw)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	0,37	5.696
2	0,55	5.696
3	0,55	5.696
4	0,55	5.696

5	0,37	5.696
6	0,37	5.696
7	0,37	5.696
8	0,25	5.696
9	0,37	5.696
10	0,37	5.696
11	0,06	5.696
12	0,37	5.696
13	0,37	5.696
14	0,37	5.696
15	0,09	5696
ΣΥΝΟΛΟ	5,01	5696

Η συνολική κατανάλωση της γραμμής L7 είναι $E_{L7} = 27.511,68 \text{ kWh}$

Πίνακας 3.18 Γραμμή παραγωγής L8

Μοτέρ Α/Α	Ισχύς (Kw)	Ώρες λειτουργίας (h)
1	0,37	5.696
2	0,55	5.696
3	0,55	5.696
4	0,55	5.696
5	0,37	5.696
6	0,37	5.696
7	0,18	5.696
8	0,18	5.696
9	0,06	5.696
10	0,06	5.696
11	0,37	5.696
12	0,37	5.696
13	0,37	5.696
14	0,18	5.696
15	0,25	5.696
16	0,12	5.696
17	0,18	5.696
ΣΥΝΟΛΟ	5,08	5.696

Η συνολική κατανάλωση της γραμμής L8 είναι $E_{L8} = 26.628,8 \text{ kWh}$

Οπότε η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά στις γραμμές παραγωγής κατά τη διάρκεια ενός έτους είναι: $E_{Γ.Π} = 108.537,28 \text{ kWh}$

3.6.5 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις αναμίξεις

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα υπάρχουν 6 δοχεία αναμίξεων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάμιξη των πρώτων υλών και τελικά τη δημιουργία του ημιέτοιμου προϊόντος.

Τα δοχεία των αναμίξεων αποτελούνται, από την αντλία προϊόντος, την αντλία κενού, τον ομογενοποιητή, τις δύο άγκυρες και το CIP. Τα παραπάνω λειτουργούν σε διαφορετικά στάδια της ανάμιξης. Σύμφωνα λοιπόν με μετρήσεις που έχει κάνει το αρμόδιο τμήμα αναμίξεων σχετικά με την μέση ισχύ ανά ώρα των παραπάνω στοιχείων που χρησιμοποιείται σε κάθε ανάμιξη και σε κάθε δοχείο ανάμιξης και σε συνδυασμό με τη χρονική διάρκεια της κάθε ανάμιξης καθώς και τον αριθμό των αναμίξεων ανά ημέρα, υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση για το έτος 2017.

Παρατίθεται παρακάτω πίνακας για τον υπολογισμό της κατανάλωσης των δοχείων των αναμίξεων.

Πίνακας 3.19 Υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης των δοχείων αναμίξεων

Δοχεία	Αριθμός παρτίδων/ημέρα	Ισχύς/ώρα (Kw/h)	Διάρκεια παρτίδας (h)	Εργάσιμες μέρες /χρόνο	Κατανάλωση ενέργειας/χρόνο (kWh)
1	2,6	6,5	1,6	252	6.814,08
2	2,6	6,5	1,6	252	6.814,08
3	2,6	6,5	1,6	252	6.814,08
4	2,6	6,5	1,6	252	6.814,08
5	2,6	6,5	1,6	252	6.814,08
6	2	3	1	252	1.512
ΣΥΝΟΛΟ					35.582,4

Οπότε με βάση όλους του παραπάνω υπολογισμούς υπολογίζεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα δοχεία των αναμίξεων είναι: $E_{ANAM} = 35.582,4kWh$

3.6.6 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον θερμαινόμενο χώρο

Ο θερμοθάλαμος είναι ένας χώρος στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα όπου αποθηκεύεται ημίετοιμο προϊόν, το οποίο παράγεται στα δοχεία των αναμίξεων, πριν πάει στις γραμμές παραγωγής (γεμιστικές).

Ο χώρος αυτός απαιτείται να έχει θερμοκρασία 38⁰ C για να διατηρείται το ημίετοιμο προϊόν σύμφωνα με τις προδιαγραφές.

Για την επίτευξη της θερμοκρασίας αυτής χρησιμοποιούνται 4 αερόθερμα.

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με την ονομαστική τους ισχύ, τις ώρες λειτουργίας τους και την συνολική κατανάλωση τους.

Πίνακας 3.20 Ονομαστική Ισχύς, ώρες λειτουργίας και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αερόθερμων

A/A	Ισχύς (kW)	Ώρες λειτουργίας (h)	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)
Αερόθερμο 1	2,1	5.696	11.961,6
Αερόθερμο 2	2,1	5.696	11.961,6
Αερόθερμο 3	2,1	5.696	11.961,6
Αερόθερμο 4	2,1	5.696	11.961,6
ΣΥΝΟΛΟ			47.846,4

3.6.7 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον βιολογικό καθαρισμό

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα υπάρχει βιολογικός καθαρισμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για καθαρισμό του νερού που χρησιμοποιείται στις αναμίξεις. Αυτή η διαδικασία γίνεται, διότι το νερό αυτό με τη χημική σύσταση που έχει μετά τη διαδικασία των αναμίξεων δεν μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο της Ε.Υ.Δ.Α.Π. Οπότε γίνεται ο καθαρισμός του, μέχρι το σημείο εκείνο που το νερό θα μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο. Τα στερεά απόβλητα που μένουν αποθηκεύονται και απομακρύνονται με συγκεκριμένη διαδικασία από εξειδικευμένη εταιρεία.

Οι μηνιαίες καταναλώσεις στον βιολογικό καθαρισμό για το έτος 2017 όπως δόθηκαν από το αρμόδιο τμήμα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.21

Πίνακας 3.21 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας στον βιολογικό καθαρισμό

ΜΗΝΕΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)
Ιανουάριος	3.586,5
Φεβρουάριος	3.022
Μάρτιος	3.364,75
Απρίλιος	2.834,5
Μάιος	1.918,5
Ιούνιος	1.952,75
Ιούλιος	1.992,75
Αύγουστος	1.861
Σεπτέμβριο	1.726,5
Οκτώβριος	3.784,5
Νοέμβριος	3.794,25
Δεκέμβριος	4.092

ΣΥΝΟΛΟ	33.930
---------------	---------------



Σχήμα 3.22: Μηνιαία Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Βιολογικού καθαρισμού

Η διακύμανση της κατανάλωσης που παρατηρείται σε κάθε μήνα έχει να κάνει αποκλειστικά με την παραγωγή.

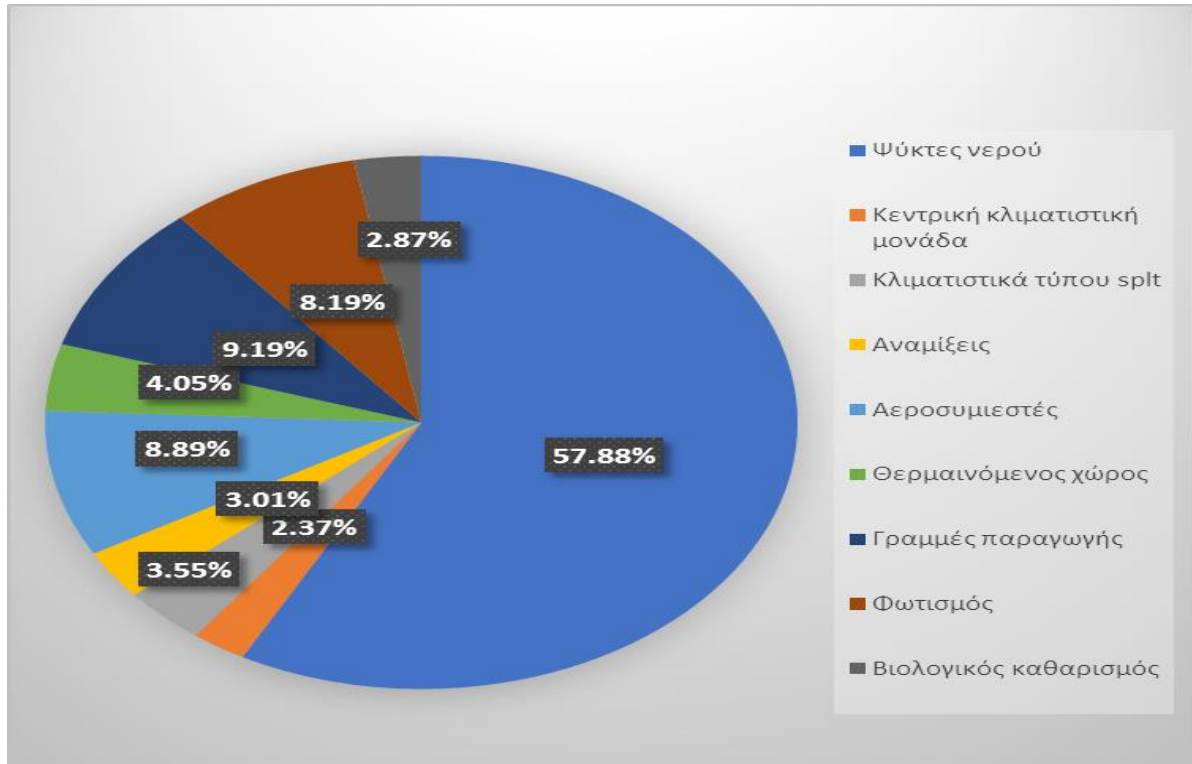
3.6.8 Τελικές καταναλώσεις-Συγκεντρωτικά

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τελικές συνολικές καταναλώσεις στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα όπως υπολογίστηκαν στις προηγούμενες υποενότητες.

Πίνακας 3.22 Τελικές καταναλώσεις

Περιοχή	Τελική Κατανάλωση (kWh)
Ψύκτες νερού	683.848
Κλιματιστικά (split)	41.967,40
Κεντρικές κλιματιστικές μονάδες	27.972
Αεροσυμπιεστής1	102.607,1
Αεροσυμπιεστής2	2.392,50
Γραμμές Παραγωγής	108.537,28
Φωτισμός	96.739,38
Βιολογικός	33.930
Θερμοθάλαμος	47.846,4
Αναμίξεις	35.582,4
ΣΥΝΟΛΟ	1.181.442,46

Παρακάτω παρουσιάζεται διάγραμμα που στο οποίο απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανάλωση της κάθε χρήσης σε σχέση με την συνολική κατανάλωση της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας.



Σχήμα 3.23: Ποσοστιαίος επιμερισμός ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά χρήση

3.7 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου

3.7.1 Μεθοδολογία υπολογισμού

3.7.1.1 Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας

Στη παρούσα ενότητα γίνεται μελέτη της θερμομόνωσης του κτιρίου σύμφωνα με τον κανονισμό θερμικών μονώσεων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010 (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) [12].

Τα βασικά φυσικά μεγέθη που συναντώνται στις μελέτες θερμομόνωσης είναι:

Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας (λ):

Είναι η ποσότητα της θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1°C. Μονάδα: W/mK.

Συντελεστής θερμοδιαφυγής (Λ):

Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον 1°C. Μονάδα: W/m²K (Αντίσταση θερμοδιαφυγής (1/ Λ))

Συντελεστής Θερμικής Μετάβασης

Είναι η ποσότητα που μεταβιβάζεται στη μονάδα του από την επιφάνεια 1 m² ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου-αέρα διατηρείται σταθερή στον 1°C. Μονάδα: W/m²K (Αντίστασή Θερμικής Μετάβασης (1/a))

Συντελεστής Θερμοπερατότητας (K)

Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Μονάδα: W/m²K (Αντίσταση Θερμοπερατότητας (1/K))

Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του TEE (15) η θερμομονωτική προστασία του κτιρίου αξιολογείται σε δύο στάδια:

1. Αρχικώς, ελέγχεται η επάρκεια των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας τους (U), ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ [12]. Ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας. Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονωμένα και να εξετάζονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους, που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή τους κελύφους, όπως αυτή ορίζεται κάθε φορά.
2. Έπειτα, ελέγχεται η θερμική επάρκεια του κτιριακού κελύφους συνολικά μέσω του προσδιορισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου (U_m), ο οποίος οφείλει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη τιμή που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ [12]

Πίνακας 3.23 Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης

A/A	Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμικής μετάβασης 1/Ri W/(m ² K)	Συντελεστής θερμικής μετάβασης 1/Ra W/(m ² K)	Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης Ri (m ² K)/W	Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης Ra (m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ.αέρα)	7,7	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,7	7,7	0,13	0,13
3	Τοίχος με επαφή στο έδαφος	7,7	-	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα, (ανερχόμενη ροή)	10,0	25,00	0,10	0,04

	θερμότητας)				
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοιχτή διάβαση(πιλοτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από ε θερμαινόμενο χώρο	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	-	0,17	0,00

[13]

Πίνακας 3.24 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη

Δομικό Στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² Κ)	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² Κ)	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² Κ)	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² Κ)
		Κλιματική ζώνη Α	Κλιματική ζώνη Β	Κλιματική ζώνη Γ	Κλιματική ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	UO	0,5	0,45	0,4	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	Uw	0,6	0,5	0,45	0,4
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	UDL	0,5	0,45	0,4	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	UG	1,2	0,9	0,75	0,7
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	UWF	1,5	1,00	0,8	0,7
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κ.α)	UF	3,2	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	UGF	2,2	2,00	1,80	1,80

[13]

Πίνακας 3.25 Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής U_m

F/V (m-1)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (Um)σε W/(m ² K)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (Um)σε W/(m ² K)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (Um)σε W/(m ² K)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (Um)σε W/(m ² K)
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
1,00	0,81	0,73	0,66	0,60

[13]

3.7.2 Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας

Για την εφαρμογή των ανωτέρω, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, βάσει των βαθμομερών θέρμανσης. Οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) προσδιορίζονται ως εξής:

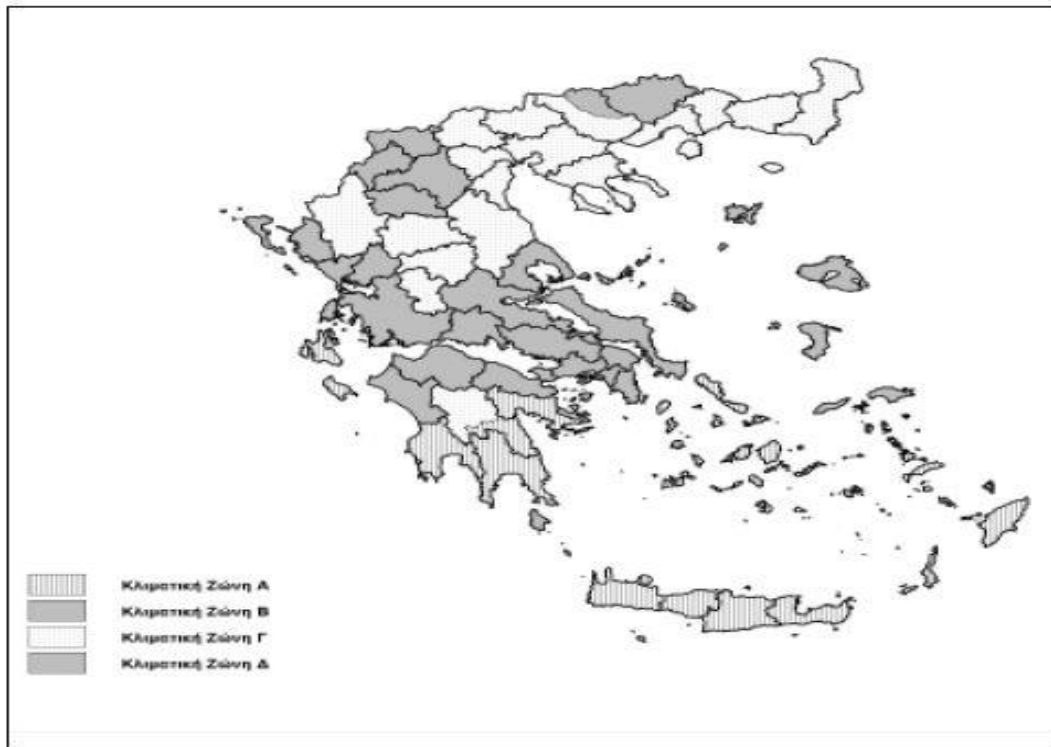
Ζώνη Α: Νομοί Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας και Ιθάκης, Κύθηρα και νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).

Ζώνη Β: Νομοί Αττικής (εκτός Κυθήρων και νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.

Ζώνη Γ: Νομοί Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός Βορειοανατολικού τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.

Ζώνη Δ: Νομοί Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (Βορειοανατολικό τμήμα, Δράμας).

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται σχηματικά αυτές οι ζώνες:



[13]

Σχήμα 3.24:Χάρτης κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

3.7.2.1 Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου η στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{ot} + R_a} \quad [W / (m^2 K)]$$

Όπου:

U [W / (m² K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n: το πλήθος στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d [m]: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

λ [W / (mK)]: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

R_i [(m²K) / W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_a[(m²K) / W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα

αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον, $R_{al}[(m^2K) / W]$: η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος.

3.7.2.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών υλικών

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος U_K μπορεί:

- Να υπολογισθεί αναλυτικά
- Να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής

Για τον αναλυτικό υπολογισμό του U_K , χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αναλόγως το είδος του κουφώματος:

- Μονό κούφωμα με μονό/διπλό/τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου
- Μονό κούφωμα με πέτασμα με μονό/διπλό/τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου
- Διπλό κούφωμα (κούφωμα αποτελούμενο από δυο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακες τους).

όπου και λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f), του υαλοπίνακα (U_g) καθώς επίσης και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (Ψ_g).

3.7.2.3 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου U_m προκύπτει από τον συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επιμέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου κτιριακού κελύφους ανάλογα με το εμβαδόν τους. Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^n \Psi_i \cdot l_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} [W / (m^2 K)]$$

Όπου:

U_m [$W / (m^2 K)$]: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου,

n : το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου,

k : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας F του κελύφους,

A_j [m^2]: το εμβαδόν επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου,

U_j : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου,

l_j [m]: το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

Ψ_j : ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

b : μειωτικός συντελεστής

Εκτός από τον υπολογισμό του U_m για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιρίου, είναι

απαραίτητος και ο υπολογισμός:

- Των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων (F)
- Του όγκου του κτιρίου (V) και
- Των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών

Στη συνέχεια, από το λόγο F/V προσδιορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή U_m όπως αυτή ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.ΤΕΕ.

Ειδικότερα, για τον υπολογισμό του λόγου F/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες, που διαμορφώνουν το κτιριακό κέλυφος, είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας. Το κτίριο κρίνεται θερμικά επαρκές εφόσον ισχύει $U_m \leq U_{mmax}$.

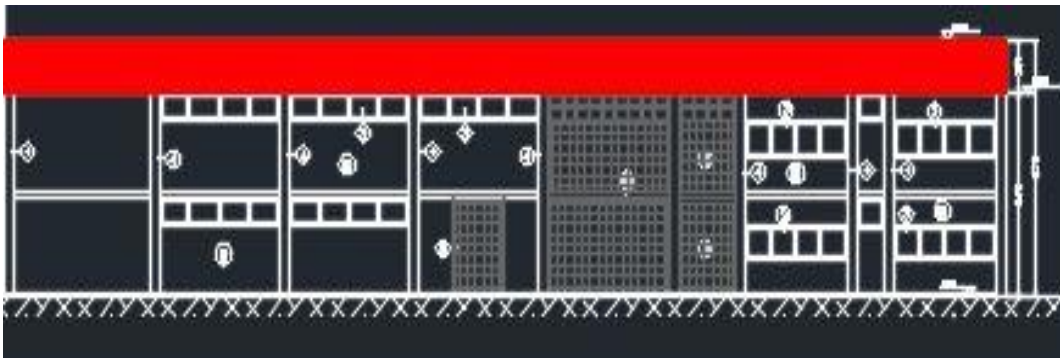
3.7.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Το πρώτο δομικό στοιχείο που μελετάται είναι η εξωτερική τοιχοποιία (τοιχοί πληρώσεως). Η εξωτερική τοιχοποιία (Α, Β ΚΑΙ Γ όψη) αποτελείται από δύο διαφορετικούς τύπους δόμησης. Ο πρώτος με τοίχο πληρώσεως 22cm και ο δεύτερος αποτελείται από πάνελ πολυουρεθάνης. Συνολικά λοιπόν, για το κτίριο των γραφείων της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι εξωτερικής τοιχοποιίας .

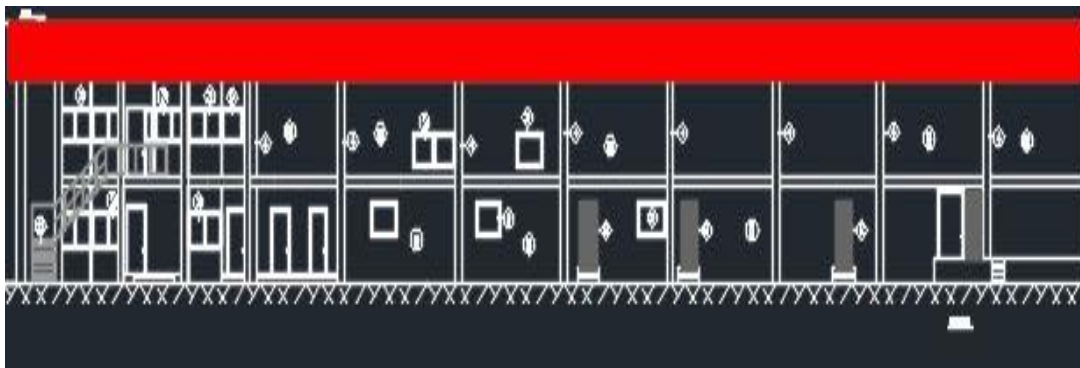
Στον Πίνακα 3.39 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών της εξωτερικής τοιχοποιίας 22 cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (RA) του δομικού στοιχείου.



Σχήμα 3.25: Όψη Α του κτιρίου των γραφείων της βιομηχανικής μονάδας



Σχήμα 3.26: Όψη Β του κτιρίου των γραφείων της βιομηχανικής μονάδας



Σχήμα 3.27: Όψη Γ του κτιρίου των γραφείων της βιομηχανικής μονάδας

Για την εξωτερική τοιχοποιία από πάνελ πολυουρεθάνης ισχύει:



Σχήμα 3.28: Πάνελ πολυουρεθάνης

Πίνακας 3.26 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης πάνελ πολυουρεθάνης

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμική Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K)/ W
Πάνελ πολυουρεθάνης	0,03	0,026	1,154

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.20 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

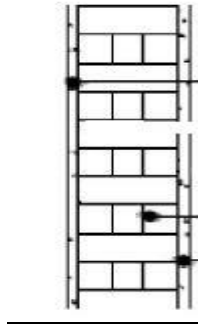
$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_L} = 0,755 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) για κτίρια της Ζώνης Β, είναι $U_{max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Για την εξωτερική τοιχοποιία των 22cm ισχύει:



Σχήμα 3.29: Τομή εξωτερικής τοιχοποιίας

Στον Πίνακα 3.27 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών της εξωτερικής τοιχοποιίας 20 cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (RΛ) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.27 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής τοιχοποιίας 22cm

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμική Αντίσταση (di/λi)
	M	W / (mK)	(m ² K)/ W
Επίχρισμα Εξωτερικό	0,02	0,87	0,023
Οπτόπλινθοι	0,18	0,52	0,346
Επίχρισμα Εξωτερικό	0,02	0,87	0,023
ΣΥΝΟΛΟ	0,22		0,392

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.20

προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

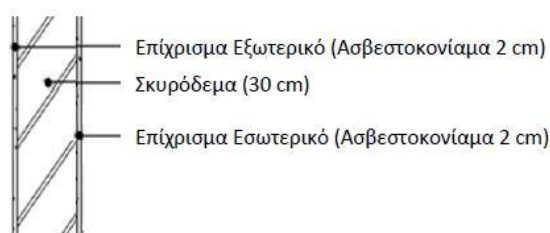
$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\Lambda}} = 1,779 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{max} = 0,5 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Το δεύτερο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι οι κρεμάσεις δοκών (τοιχοποιία, στύλοι)

Στο Σχήμα 3.30 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν:



Σχήμα 3.30: Τομή των κρεμάσεων δοκών

Στον πίνακα 3.25 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών των κρεμάσεων δοκών και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται όμοια με προηγουμένως η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμά τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_L) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.28 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης των κρεμάσεων δοκών

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (li)	Θερμική Αντίσταση (di/li)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,3	2,3	0,130
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
ΣΥΝΟΛΟ	0,34		0,176

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.20 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 2,887 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές. Αυτό συμβαίνει, καθώς οι κρεμάσεις δοκών είναι τελείως αμόνυτες.

Το τρίτο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι τα δώματα:

Πίνακας 3.29 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δώματος

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμική Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K)/ W
Ασφαλτικό πανί	0,02	0,023	0,870
Περλιτομπετόν ρύσεων	0,20	0,14	1,429
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,20	2,3	0,087
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
ΣΥΝΟΛΟ	0,44		2,408

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.20

προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 0,399 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

Το τέταρτο και τελευταίο στοιχείο που εξετάζεται είναι τα δάπεδο:

Στο Σχήμα 3.31 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν:



Σχήμα 3.31: Τομή του δαπέδου

Πίνακας 3.30 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δαπέδου

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λi)	Θερμική Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Μαρμάρινη επένδυση	0,02	3,5	0,006
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,17	2,3	0,074
Σύνολο	0,19		0,080

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.20

προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 4,000 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

3.7.4 Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου των γραφείων

Πίνακας 3.31 Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας

Υάλωση			U_g [W/(m ² K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,8	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,6	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

[14]

Στα ανοίγματα και των τριών όψεων του κτιρίου των γραφείων υπάρχουν δίδυμοι μονωτικοί υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 6mm επί μεταλλικού πλαισίου χωρίς θερμοδιακοπή χρονολογίας 2009. Σύμφωνα με τον πίνακα 3.43 ισχύει $U_m = 3,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Σύμφωνα με τον πίνακα της T.O.TEE [12] για την ζώνη Β πρέπει να ισχύει: $U_{wmax} = 3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Κατά συνέπεια το δομικό αυτό στοιχείο δεν πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

3.7.5 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι απαραίτητα τα αναλυτικά m² των διαφόρων όψεων του κτιρίου των γραφείων της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας. Τα στοιχεία για τις 3 όψεις παρουσιάζονται στους ακόλουθους τρεις πίνακες.

Πίνακας 3.32 Στοιχεία Όψης Α

Συνολική επιφάνεια Όψης	228,74 m ²
Επιφάνεια Υαλοπινάκων και κουφωμάτων	30,55 m ²
Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας	83,75 m ²
Επιφάνεια τοίχων 22 cm	48,79 m ²
Επιφάνεια τοίχων με πάνελ πολυουρεθάνης	65,65 m ²

Πίνακας 3.33 Στοιχεία Όψης Β

Συνολική επιφάνεια Όψης	201,42 m ²
Επιφάνεια Υαλοπινάκων και κουφωμάτων	7,08 m ²
Επιφάνεια πορτών από μέταλλο	5,5 m ²
Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας	94,42 m ²
Επιφάνεια τοίχων 22 cm	70,435 m ²
Επιφάνεια τοίχων με πάνελ πολυουρεθάνης	23,985 m ²

Πίνακας 3.34 Στοιχεία Όψης Γ

Συνολική επιφάνεια Όψης	71,82 m ²
Επιφάνεια Υαλοπινάκων και κουφωμάτων	8,045 m ²
Επιφάνεια πορτών από μέταλλο	14,625 m ²
Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας 22cm	49,15 m ²

Πίνακας 3.35 Θερμομόνωση περιβλήματος

A/A	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια A _j σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας U _j σε W/m ² K	A _j *U _j
1	Εξωτερική τοιχοποιία 22cm	168,375	1,779	299,539
2	Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας	178,17	2,887	514,377
3	Εξωτερική τοιχοποιία πάνελ πολυουρεθάνης	89,635	0,755	67,674
4	Δίδυμος υαλοπίνακας αέρα 6 mm	45,675	3,3	150,728
5	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	20,125	6	120,75

6	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	44,568	4,000	178,272
ΣΥΝΟΛΟ		546,548		1.331,34

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τον επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του F/V.

Πίνακας 3.36 Επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του

F/V m ⁻¹	k _m σε kcal/m ² h°C			k _m σε W/m ² K		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
≤0,2	1,335	1,015	0,807	1,553	1,180	0,938
0,3	1,245	0,955	0,760	1,448	1,111	0,884
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,831
0,5	1,092	0,845	0,675	1,270	0,983	0,775
0,6	1,030	0,795	0,635	1,198	0,924	0,738
0,7	0,985	0,750	0,600	1,145	0,872	0,698
0,8	0,947	0,717	0,575	1,101	0,834	0,669
0,9	0,927	0,695	0,550	1,078	0,808	0,640
≥1,0	0,920	0,680	0,530	1,070	0,791	0,616

[13]

Η υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα βρίσκεται στη ζώνη Β. Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι: : 16.524 m³. Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 2.363,61 m². Από το πηλίκο F/V που προκύπτει, θα προσδιοριστεί ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάσει του Πίνακα 3.36. Για τα δεδομένα του κτιρίου προκύπτει:

$$F/V = 2.363,61 / 16.524 = 0,14 \text{ m}^{-1}$$

Και από τον Πίνακα 3.36 μέσω γραμμικής παρεμβολής, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας U_{m,max} = 1,14 W/m²K

Τελικά, το κτίριο των γραφείων της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας παρουσιάζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b}{\sum_{j=1}^n A_j} = 2,436 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Στον υπολογισμό του U_m δε λήφθηκε καθόλου υπόψη ο υπολογισμός των θερμογεφυρών στα όρια του κελύφους. Ο μειωτικός συντελεστής στην περίπτωση αυτή είναι παντού b=1. Ένας

απλός τρόπος για να ληφθούν υπόψη οι θερμογέφυρες στο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας είναι η προσαύξηση του τελευταίου κατά 0,1. Έτσι, τελικώς προκύπτει:

$$U_m=2,536 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπόμενη και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο. Η υπέρβαση του μέσου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας ήταν όντως αναμενόμενη, καθώς το κτίριο δεν είναι επαρκώς θερμομονωμένο.

4 Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό

4.1 Θερμογράφηση

4.1.1 Εισαγωγή

Η θερμογράφηση του κτιριακού κελύφους αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του ολοκληρωμένου ελέγχου της θερμικής επάρκειας ενός κτιρίου και κατά συνέπεια και της συνολικής διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης.

Η αρχή της θερμογραφίας, βασίζεται στην ανίχνευση των διαφορετικών θερμοκρασιών των διαφόρων δομικών υλικών με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητάς τους. Με τη χρήση της ειδικής θερμοκάμερας ανακαλύπτονται ατέλειες στο σχεδιασμό του κτιρίου που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι, όπως ασυνέχειες στη μόνωση, θερμογέφυρες (σημεία διαφυγής θερμότητας), σημεία συσσωρευμένης υγρασίας ή διείδυσης αέρα κ.α. Κατά αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ευκολότερη η ερμηνεία των θερμοκρασιακών διαφορών σε σημεία που βάσει σχεδιασμού δεν είναι δικαιολογημένη η εμφάνισή τους και διευκολύνεται η αντιμετώπιση του προβλήματος ανάλογα την περίπτωση.

4.1.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας

Το βασικό εργαλείο για τη θερμογράφηση ενός κτιρίου, μιας μηχανολογικής ή ηλεκτρικής εγκατάστασης, είναι η θερμοκάμερα, η οποία πρακτικά απεικονίζει τη διαφορά στη θερμοκρασία των σωμάτων με τρόπο ώστε να γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι χάρη στη χρήση μιας παλέτας χρωμάτων, σε καθένα από την οποία αντιστοιχεί διαφορετική θερμοκρασία. Στην ουσία, μετατρέπει κάτι αόρατο, όπως είναι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου, σε κάτι ορατό και, χάρις σε κατάλληλο λογισμικό, επιτρέπει και την περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών.

Η θερμοκάμερα είναι μια συσκευή που σχηματίζει μια ει

4.1.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών

Κατά τη λήψη θερμοφωτογραφιών λόγω του ότι η θερμοκρασία που φτάνει στην θερμοκάμερα προέρχεται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες (εκπομπή του ίδιου του αντικειμένου, εκπομπή μέσω ανάκλασης από το περιβάλλον και εκπομπή από την ατμόσφαιρα) είναι απαραίτητη η ρύθμιση κάποιων βασικών παραγόντων όπως:

- Ο συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου που μελετάται (emissivity) ο οποίος εκφράζει την ποσότητα της ακτινοβολίας που ανακλάται από ένα αντικείμενο ως προς την ποσότητα

της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό και είναι ένας πραγματικός αριθμός μεταξύ 0-1. Συγκεκριμένα, για τα βασικά δομικά υλικά κυμαίνεται από 0,75 (τούβλο) μέχρι 0,97 (σκυρόδεμα). Ο σωστός καθορισμός του συντελεστή εκπομπής είναι καθοριστικής σημασίας στη λήψη έγκυρων μετρήσεων.

- Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης, η οποία αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται στο αντικείμενο και επιστρέφει στην κάμερα. Για αυτό το λόγο, στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε μια φορητή επιφάνεια αναφοράς, από την οποία καθορίζεται μέσω κατάλληλου λογισμικού στη μετέπειτα επεξεργασία των μετρήσεων η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης.
- Η απόσταση της θερμοκάμερας από το αντικείμενο λήψης.
- Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία

4.1.4 Ιδανικές συνθήκες λειτουργίας

Για όσο το δυνατόν καλύτερες λείψεις είναι θεμιτό να τηρούνται κάποιοι άτυποι κανόνες κατά τη θερμογράφηση ενός κτιρίου:

- Η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με την θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να είναι τουλάχιστον +10 C αρκετές ώρες πριν την διενέργεια της θερμογράφησης αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο είναι ευκολότερο τους χειμερινούς μήνες ή γενικότερα σε περιόδους που η πτώση θερμοκρασίας επιβάλλει τη χρήση θέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης η διαφορά θερμοκρασιών περιβάλλοντος δεν πρέπει να ποικίλει περισσότερο από το 30 τοις εκατό της διαφοράς εσωτερικού κι εξωτερικού χώρου ενώ η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να μην αποκλίνει περισσότερο από 2 C . Απαιτείται δηλαδή σταθερότητα στις θερμοκρασίες τόσο στους εσωτερικούς χώρους όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον όσο διεξάγονται οι μετρήσεις.
- Είναι προτιμότερο στις θερμοφωτογραφίες εξωτερικών χώρων να μην απεικονίζεται τμήμα του ουρανού καθώς αυτό διευρύνει το θερμοκρασιακό εύρος των εικόνων και αλλοιώνει την ακρίβεια των μετρήσεων. Η ίδια ακριβώς λογική ισχύει για τους εσωτερικούς χώρους όταν υπάρχουν θερμές πηγές (θερμαντικά σώματα, κλιματιστικά) σε λειτουργία.
- Για αρκετές ώρες πριν την έναρξη της θερμογράφησης και για όσο διάστημα είναι σε εξέλιξη, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία, για αυτό το λόγο οι πρώτες πρωινές ώρες (7:00- 10:00) είναι ιδανικότερες.
- Ιδανικά, για τον εντοπισμό διαρροών αέρα στο κτίριο, απαιτείται αρνητική πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής περίπου 10-50 Pa.

4.1.5 Θερμογέφυρες

Θερμικές γέφυρες ή θερμογέφυρες ονομάζονται τα επιμέρους τμήματα (ή περιοχές) του εξωτερικού κελύφους ενός κτιρίου, στα οποία η θερμική αντίσταση υπολείπεται σημαντικά αυτής στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του περιβλήματος.

Στις θέσεις των θερμογεφυρών οι ροές θερμότητας παρουσιάζονται δυσανάλογα αυξημένες σε σύγκριση με τις ροές θερμότητας στο υπόλοιπο κτιριακό κέλυφος. Για αυτό και οι θερμογέφυρες αποτελούν τα 'ασθενή' σημεία του κτιριακού κελύφους και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική προστασία, καθώς αποτελούν υπολογίσιμη και συνεχή σπατάλη ενέργειας. Επισημαίνεται ότι οι θερμικές απώλειες αποτελούν σημαντικό ποσοστό των ολικών απωλειών του κτιρίου, παρά το γεγονός ότι συνήθως αποτελούν ένα μικρό μόνο τμήμα του εξωτερικού κελύφους του. Επιπλέον, επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου, καθώς δημιουργούνται κρύα ρεύματα. Ταυτόχρονα, ευνοούν την εκδήλωση του φαινομένου της επιφανειακής και κρυφής συμπύκνωσης των υδρατμών και την ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και διαφόρων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων, με αποτέλεσμα τη συνεχή ανάγκη για επισκευή και συντήρηση.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683, υπάρχουν δύο τύποι θερμογεφυρών, οι γραμμικές και οι σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση, ενώ οι σημειακές δεν έχουν σε καμία διάσταση. Για τις ανάγκες του ενεργειακού επιθεωρητή, δίνεται έμφαση στις γραμμικές θερμογέφυρες, καθώς έχουν συγκριτικά μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των θερμογεφυρών και η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές, είναι συνήθως αμελητέα.

Οι θερμογέφυρες δημιουργούνται από κατασκευαστικές αδυναμίες, κακοτεχνίες, αστοχίες, αμέλεια και παραλείψεις, άγνοια ή ακόμα και φθορές λόγω παλαιότητας της εγκατάστασης. Κοινή συνισταμένη σε όλες τις περιπτώσεις αναδεικνύεται η μειωμένη θερμομονωτική προστασία σε εκείνη τη θέση.

Σε γενικές γραμμές, η εμφάνιση θερμογεφυρών μπορεί να οφείλεται στα εξής:

- Κατασκευαστικοί λόγοι που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής
- Αλλαγή της σύνθεσης των υλικών ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης)

- Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος
- Συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη
- Απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή μείωσης του πάχους της
- Διέδρες ή τριέδρες εξωτερικές γωνίες, εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας

Οι τύποι και η θέση των πλέον κοινών θερμογεφυρών που εμφανίζονται στο κτιριακό κέλυφος απεικονίζονται στο σχήμα που ακολουθεί:

Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών σε μία κατασκευή αποτελεί η πλήρη θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Αυτό ισχύει όχι απαραίτητα επειδή δεν έχει εκπονηθεί σωστά η προβλεπόμενη από τον κανονισμό μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου ή επειδή η μελέτη δεν έχει εφαρμοσθεί πλήρως, αλλά επειδή κάποιο σημείο ή τμήμα ενός δομικού στοιχείου λόγω της θέσης του ή του κατασκευαστικού σχήματος του περιβλήματος θα παρουσιάζει υψηλότερες θερμικές απώλειες, τις οποίες ένας τυπικός υπολογισμός της μελέτης θερμομόνωσης δεν μπορεί να αντιμετωπίσει.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν εκπονηθεί, οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν τις ενεργειακές απώλειες του κτιρίου σχετικά με τις θεωρητικά υπολογιζόμενες κατά ένα ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%. Αυτό το ποσοστιαίο εύρος έχει να κάνει με το μέγεθος του κτιρίου, τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, τα αρχιτεκτονικά του στοιχεία και κατ' επέκταση με το πλήθος των εμφανιζόμενων θερμογεφυρών. Επισημαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποφυγή των θερμογεφυρών είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς το όφελος από την εξάλειψή τους είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με τη συνθετότητα και το κόστος των λύσεων για την αντιμετώπισή τους.

4.1.6 Θερμοκάμερα

Το μοντέλο της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υπέρυθη κάμερα FLIR B50 [15]. Το μοντέλο απεικονίζεται στην εικόνα που ακολουθεί:

Οι θερμοκάμερες μπορούν να εξάγουν τρεις διαφορετικές μορφές εικόνων:

- Υπέρυθρες εικόνες/θερμογραφήματα

- Ψηφιακές εικόνες
- Υπέρυθρες εικόνες μέσα σε ψηφιακές

Η υπέρυθρη θερμοκάμερα μετράει και απεικονίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του αντικειμένου. Επομένως, επιτρέπει στη με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού να υπολογίζει και να εμφανίζει την εν λόγω θερμοκρασία. Η κατανομή των θερμοκρασιών σε διάφορες επιφάνειες απεικονίζεται μέσω γραφικών εικόνων.

Τα θερμογραφήματα της θερμοκάμερας μπορούν να αποθηκευτούν σε ηλεκτρονική συσκευή αποθήκευσης (στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε συσκευή USB). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πακέτο Flir QuickReport της εταιρίας Flir Systems, οι εικόνες επεξεργάζονται περαιτέρω σε υπολογιστή, ώστε να εξαχθούν ασφαλή και χρήσιμα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, η χρήση του λογισμικού δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία εικόνων, δημιουργία ισόθερμων, προσδιορισμός θερμότερου και ψυχρότερου σημείου, αλλαγή του εύρους κλίμακας της θερμοκρασίας, αλλαγή της χρωματικής παλέτας κ.ά. Η χρήση του λογισμικού και η επεξεργασία των εικόνων είναι αναπόσπαστο κομμάτι της υπέρυθρης θερμογραφίας και παίζει καθοριστικό ρόλο στη σωστή ερμηνεία των θερμογραφημάτων.

4.1.7 Διεξαγωγή των μετρήσεων

Για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πιο ακριβή μέτρηση, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη οι παράμετροι της θερμογραφικής λήψης, οι οποίοι παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί:

Οι απαιτήσεις ακριβούς μέτρησης είναι οι εξής:

- Η απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης απόστασης εστίασης
- Ακριβής εστίαση
- Σωστή επιλογή θερμοκρασιακής κλίμακας (αυτόματα ή χειροκίνητα)
- Το FOV (Field of View, συνολική επιφάνεια που 'βλέπει' η θερμοκάμερα) πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο του μεγέθους του μετρούμενου αντικειμένου
- Το IFOV (Instant Field of View, αντιπροσωπεύει ένα pixel σε μία γραμμή ανίχνευσης ή θερμογραφήματος) πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από το 1/2.5 του μεγέθους του θερμού σημείου

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η διαδικασία της θερμογράφησης διεξήχθη συνολικά 2 φορές στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα:

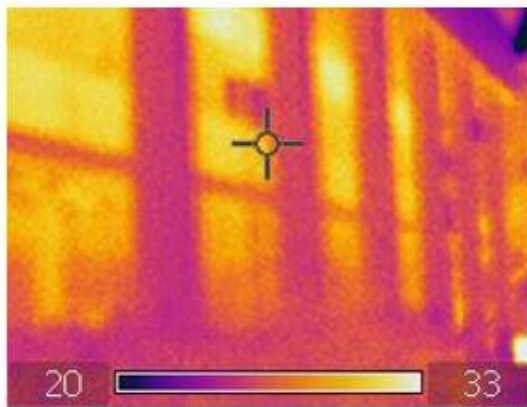
- Η πρώτη πραγματοποιήθηκε Σάββατο 7 Ιουλίου και ώρα 18:00

- Η δεύτερη πραγματοποιήθηκε Σάββατο 14 Ιουλίου και ώρα 18:00

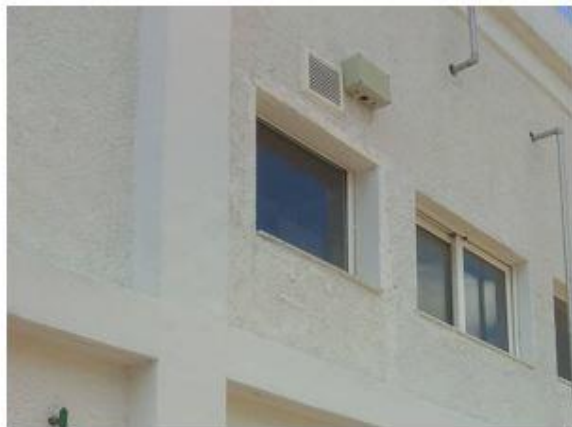
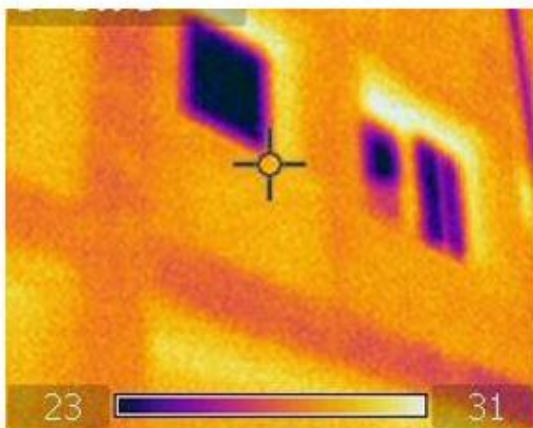
4.1.8 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

Τα θερμογραφήματα που λήφθηκαν με τη θερμοκάμερα και τα οποία έχουν επιλεγεί λόγω του ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν σε σχέση με το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής. Επίσης, δίπλα σε κάθε θερμογράφημα παρατίθεται η ψηφιακή εικόνα του αντικειμένου που αυτό αφορά και ακολουθεί παρατήρηση και ανάλυσή τους. Αρχικά παρουσιάζονται και αναλύονται τα θερμογραφήματα που αφορούν το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου και στη συνέχεια το εσωτερικό του καθώς και κάποια σημεία ενδιαφέροντος. Δυστυχώς, λόγω τεχνικού προβλήματος, δεν κατέστη δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία των θερμογραφημάτων με μέτρηση της ακριβούς θερμοκρασίας κάθε σημείου ενδιαφέροντος.

Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζεται μια γενική άποψη της εξωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου, ενώ στην Σχήμα 4.2 μία άποψη της εξωτερικής τοιχοποιίας στην αριστερή πλευρά του κτιρίου:

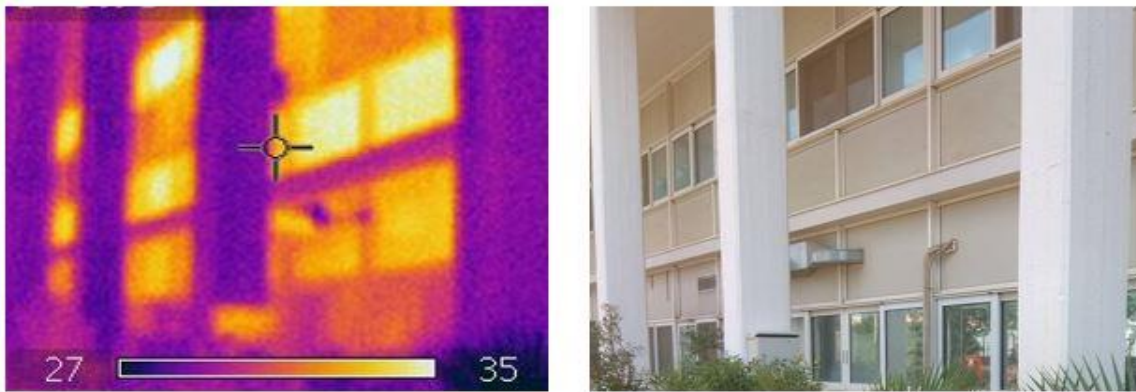


Σχήμα 4.1: Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου



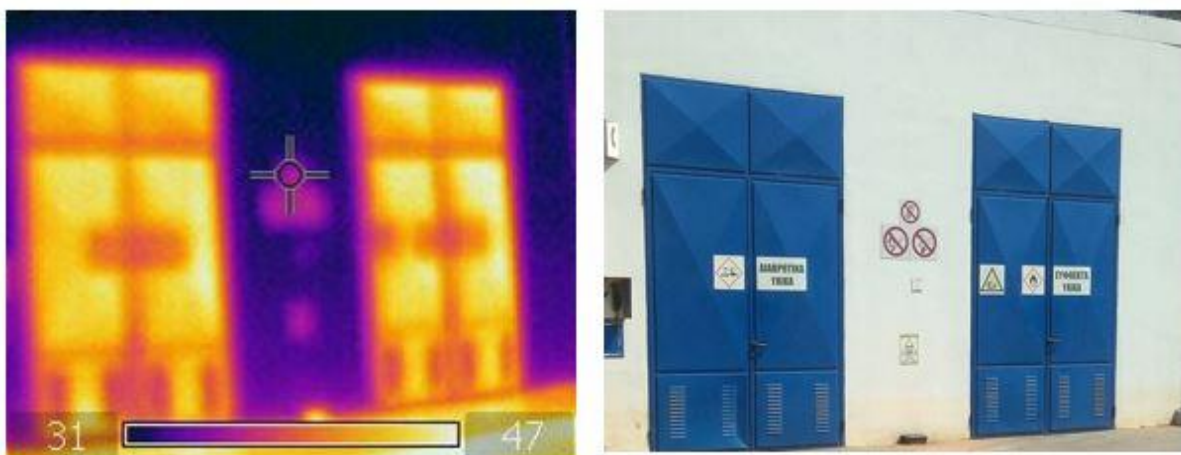
Σχήμα 4.2: Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου Β όψης

Από το Σχήμα 4.1 γίνεται εμφανής η ύπαρξη θερμογέφυρας στο σημείο συναρμογής της οροφής με την τοιχοποιία, με τη θερμοκρασία να φτάνει και να ξεπερνάει τους 33°C, την στιγμή που στα αμόνωτα δομικά στοιχεία του σκελετού του κτιρίου η θερμοκρασία κινείται περί τους 22-25°C. Αντίστοιχα, στο Σχήμα 4.2 παρατηρείται κακή μόνωση στα κουφώματα και στους υαλοπίνακες, στοιχεία που και τα δύο πρέπει να αλλαχθούν. Το ίδιο συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί και από την παρατήρηση άλλης άποψης του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου, και συγκεκριμένα της πρόσοψης, η οποία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.3.



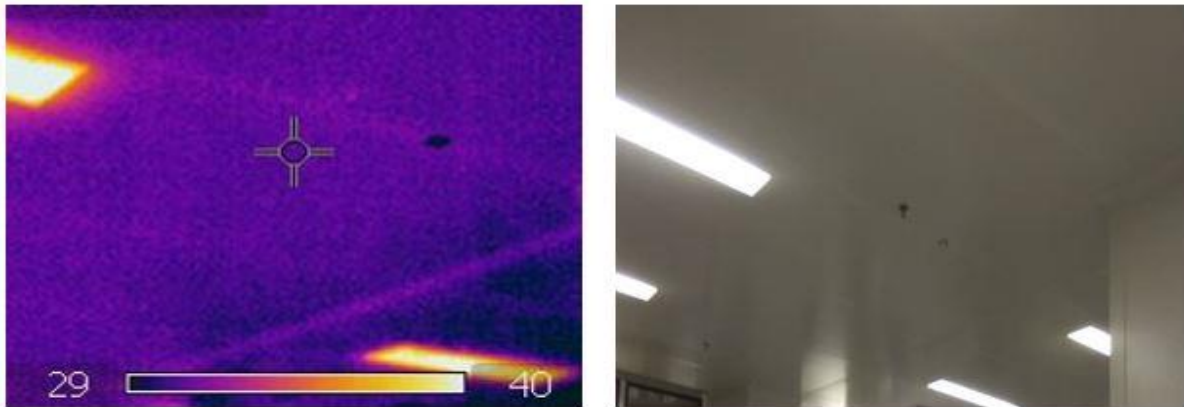
Σχήμα 4.3: Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου Β όψης

Σημαντική είναι η σύγκριση των θερμογραφημάτων του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου με αυτά μίας παρακείμενης αποθήκης εύφλεκτων και διαβρωτικών υγρών, όλα τα στοιχεία της οποίας είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό. Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.4, όλη η πλευρά της αποθήκης διατηρεί την ίδια θερμοκρασία, με προφανή εξαίρεση τις 2 μεταλλικές πόρτες εισόδου στην αποθήκη.



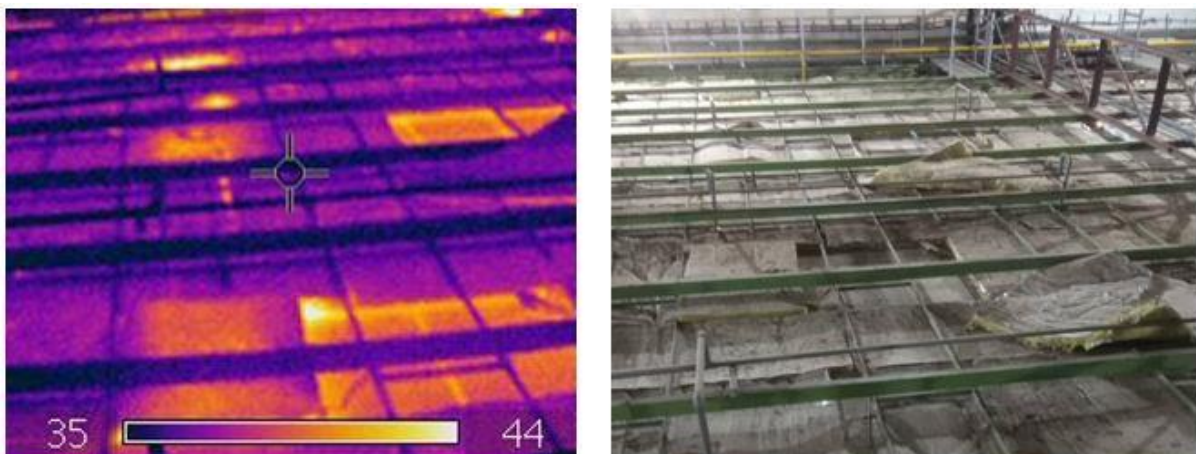
Σχήμα 4.4: Αποθήκη εύφλεκτων και διαβρωτικών υλικών

Όσον αφορά το εσωτερικό μέρος του κτιρίου, παρατηρείται μία πολύ καλή συμπεριφορά του υλικού της οροφής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.5 όπου παρουσιάζεται μία άποψη της οροφής στον χώρο παραγωγής στην οποία η διαφορά θερμοκρασίας στα σημεία ένωσης είναι ανεπαίσθητη.

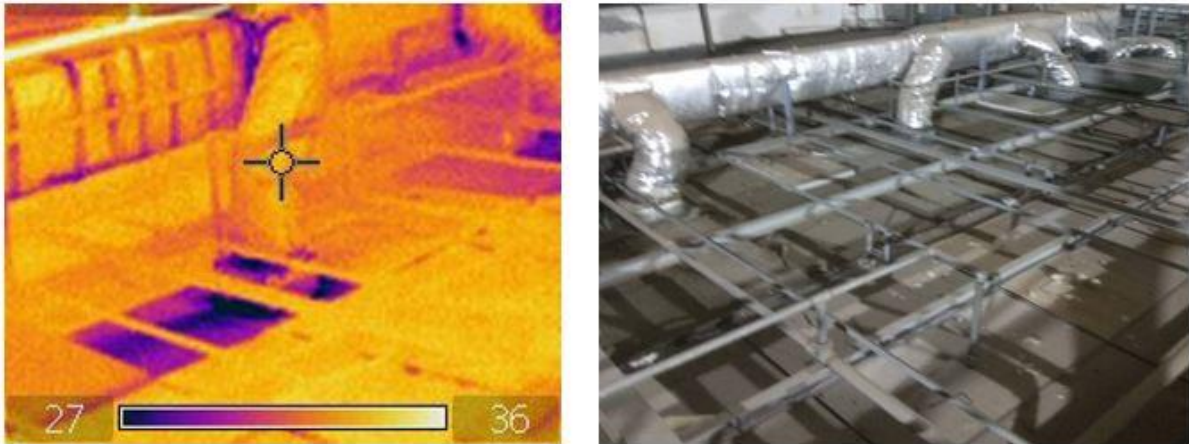


Σχήμα 4.5: Οροφή χώρου παραγωγής

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο θερμαινόμενος χώρος που υπάρχει στο κτίριο, όπου για λόγους της διαδικασίας παραγωγής η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται σταθερή σε υψηλά επίπεδα, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με τη χρήση αερόθερμων. Ο θερμογραφικός έλεγχος του θερμοθαλάμου κρίνεται απαραίτητος λόγω του μεγάλου δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας που υπάρχει σε περίπτωση διόρθωσης πιθανών κακών μονώσεων και θερμογεφυρών. Πράγματι, όπως παρουσιάζεται στα Σχήματα 4.6 και 4.7, υπάρχουν συγκεκριμένα σημεία στον θερμοθάλαμο όπου είναι εμφανής η απώλεια θερμότητας.

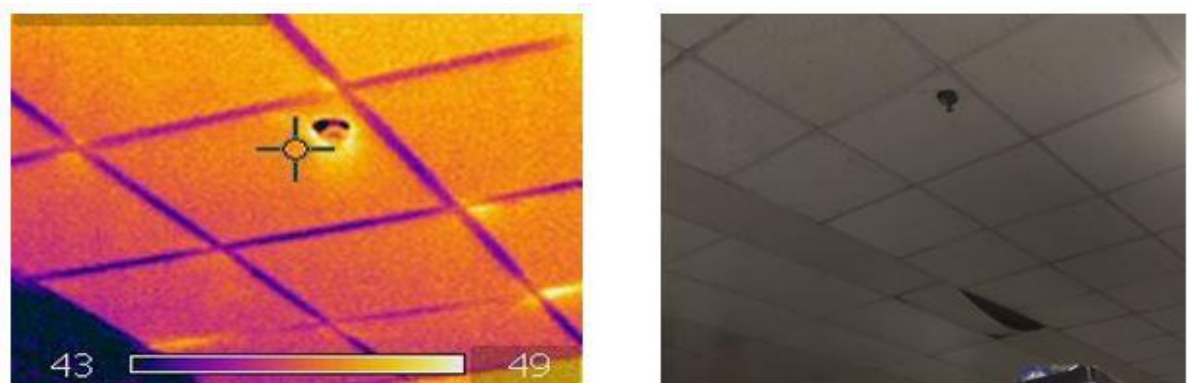


Σχήμα 4.6: Εξωτερική λήψη της οροφής του θερμαινόμενου χώρου



Σχήμα 4.7: Εξωτερική λήψη της οροφής του θερμαινόμενου χώρου

Τέλος, στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζεται μία άποψη της οροφής του θερμοθαλάμου, με την διαφορά θερμοκρασίας στους αρμούς μεταξύ των υλικών της οροφής να είναι εμφανής.



Σχήμα 4.8: Οροφή θερμαινόμενου χώρου

4.1.9 Συμπεράσματα

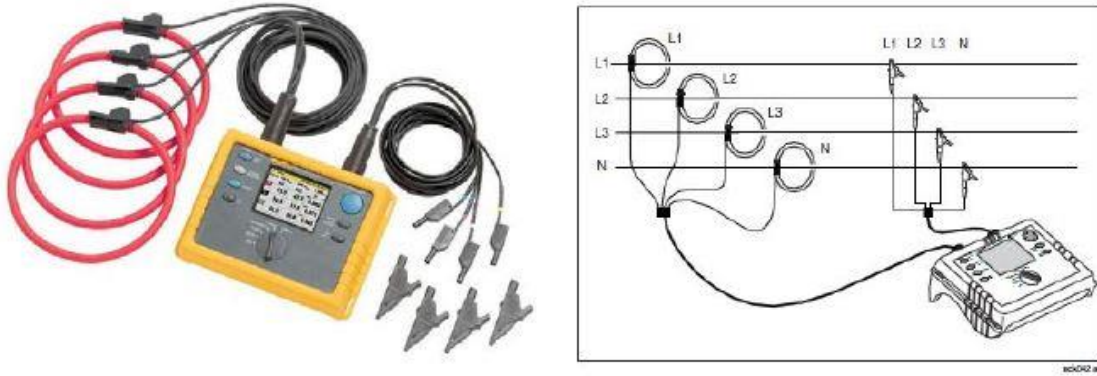
Συνοψίζοντας, τα ευρήματα που προέκυψαν από την θερμογράφιση του κτιρίου είναι τα εξής:

1. Διαπιστωμένη ύπαρξη θερμογεφυρών στα σημεία συναρμογής διαφορετικών στοιχείων του εξωτερικού σκελετού του κτιρίου.
2. Αναγκαιότητα αλλαγής των παλιών κουφωμάτων και υαλοπινάκων λόγω σοβαρών θερμικών απωλειών.
3. Θερμικές απώλειες στις πόρτες του κτιρίου.
4. Φθαρμένη μόνωση στον θερμοθάλαμο, με μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης σε περίπτωση επιδιόρθωσης ή ανακατασκευής της.

4.2 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

4.2.1 Γενικά στοιχεία

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών.



Σχήμα 4.9: Ηλεκτρικός Αναλυτής Ενέργειας FLUKE 1735 [16] Σχήμα 4.10: Συνδεσμολογία αστέρα FLUKE 1735

Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο τάσης, έντασης, φαινόμενης άεργου και ενεργού ισχύος, $\cos\phi$, ενέργειας. Οι μετρήσεις είναι στιγμιαίες και ανανεώνονται ανάλογα με τον χρόνο καταγραφής. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη (memory rack) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εκτός από τις προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις, ο αναλυτής ενέργειας προσφέρει και στιγμιαίες μετρήσεις. Οι αποθηκευμένες στη μνήμη (memory rack) μετρήσεις αναλύονται και επεξεργάζονται με το λογισμικό πακέτο FLUKE Power Log 2.9.2 Software [17]. Από τα αποτελέσματα αυτά δημιουργούνται γραφήματα στα οποία απεικονίζεται η απορρόφηση ισχύος κατά την χρονική περίοδο της μέτρησης καθώς και η διακύμανση του $\cos\phi$. Ακόμη αναγράφεται και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh του μετρούμενου μηχανήματος για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο καθώς και η άεργος ισχύς ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.

4.2.2 Αποτελέσματα μετρήσεων του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

Για τους σκοπούς της διεξαγωγής της ενεργειακής επιθεώρησης στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα, θεωρήθηκε σημαντικό να συνδεθεί ο αναλυτής στα μεγάλα φορτία του συστήματος, έτσι ώστε να αποσαφηνιστεί καλύτερα η λειτουργία τους. Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέθηκε στους ψύκτες νερού σε συνδεσμολογία αστέρα (τρεις φάσεις L1, L2, L3 και ουδέτερος N). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τον Σεπτέμβριο του 2018.

4.2.2.1 Ενεργός ισχύς, άεργος ισχύς και συντελεστής ισχύος

Ψύκτης νερού C1

Η ανάλυση των δεδομένων συνοδεύεται από τη γραφική τους απεικόνιση, βοηθώντας ιδιαίτερα στην άμεση σύγκριση μεγεθών μεταξύ τους. Παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα γραφήματα των διακυμάνσεων της καταναλισκόμενης και απορροφούμενης ισχύος, όπως επίσης και της διακύμανσης του συντελεστή ισχύος, κατά τη διάρκεια της περιόδου καταγραφής. Σε όλα τα διαγράμματα απεικονίζονται οι μέσες τιμές των μεγεθών.

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ενεργού ισχύος, της άεργου ισχύος και του συντελεστή ισχύος συγκεντρωτικά για τις 23 ώρες που έγινε η μέτρηση .



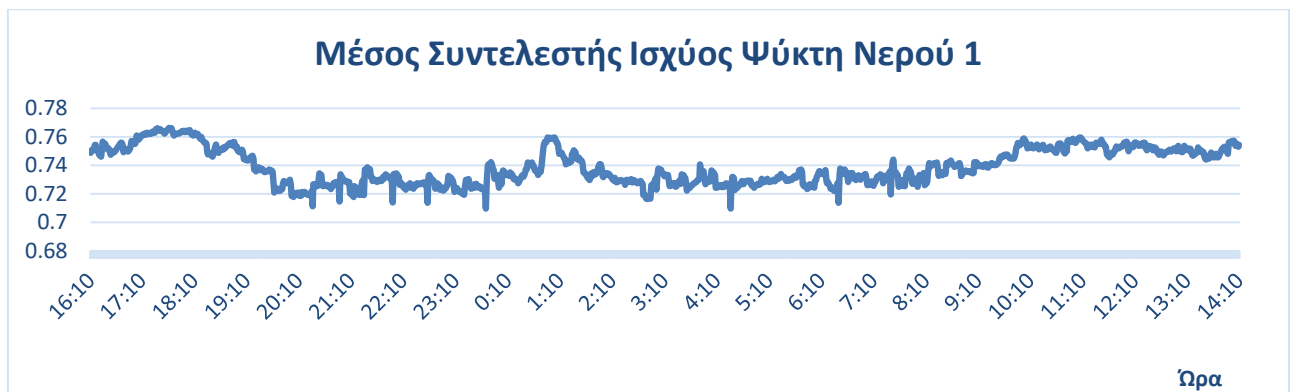
Σχήμα 4.11: Διάγραμμα μέσης ενεργούς ισχύος

Παρατηρείται από το παραπάνω διάγραμμα ότι η μέση κατανάλωση ενεργούς ισχύος μια τυπική μέρα για τον ψύκτη νερού1 δεν φτάνει σε καμιά περίπτωση τα ονομαστικά μεγέθη. Η μέγιστη κατανάλωση είναι κοντά στα 23 kW και η ελάχιστη κοντά στα 5 kW. Ένας μέσος όρος που υπολογίστηκε είναι 11,65 kW (αρκετά μακριά από τα ονομαστικά μεγέθη). Επίσης παρατηρείται ότι ο Ψύκτης Νερού 1 καταναλώνει περισσότερη ενέργεια κατά τις ώρες που το εργοστάσιο είναι σε ώρα αιχμής, δηλαδή τις ώρες που δουλεύει και το διοικητικό προσωπικό. (09:00-18:00)



Σχήμα 4.12: Διάγραμμα μέσης άεργου ισχύος

Παρατηρείται ότι η άεργος ισχύς του ψύκτη Νερού 1 βρίσκεται σε αναμενόμενα επίπεδα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.



Σχήμα 4.13: Διάγραμμα μέσου συντελεστή ισχύος

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής ισχύος του ψύκτη Νερού 1 κυμαίνεται αρκετά κάτω από το αναμενόμενο σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Για το λόγο αυτό χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Ψύκτης νερού C2

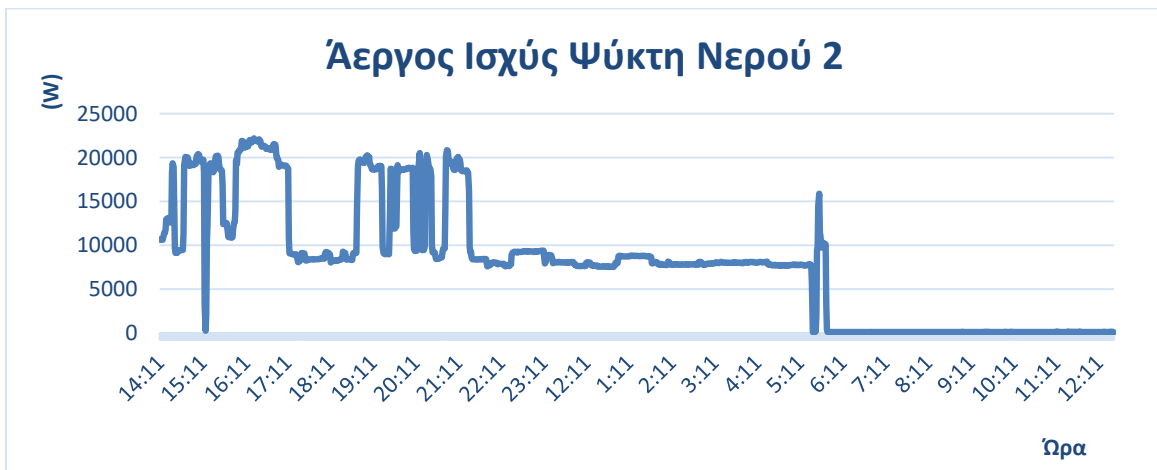
Η ανάλυση των δεδομένων συνοδεύεται από τη γραφική τους απεικόνιση, βοηθώντας ιδιαίτερα στην άμεση σύγκριση μεγεθών μεταξύ τους. Παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα γραφήματα των διακυμάνσεων της καταναλισκόμενης και απορροφούμενης ισχύος, όπως επίσης και της διακύμανσης του συντελεστή ισχύος, κατά τη διάρκεια της περιόδου καταγραφής. Σε όλα τα διαγράμματα απεικονίζονται οι μέσες τιμές των μεγεθών.

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα της ενεργού ισχύος, της άεργου ισχύος και του συντελεστή ισχύος συγκεντρωτικά για τις 23 ώρες που έγινε η μέτρηση.



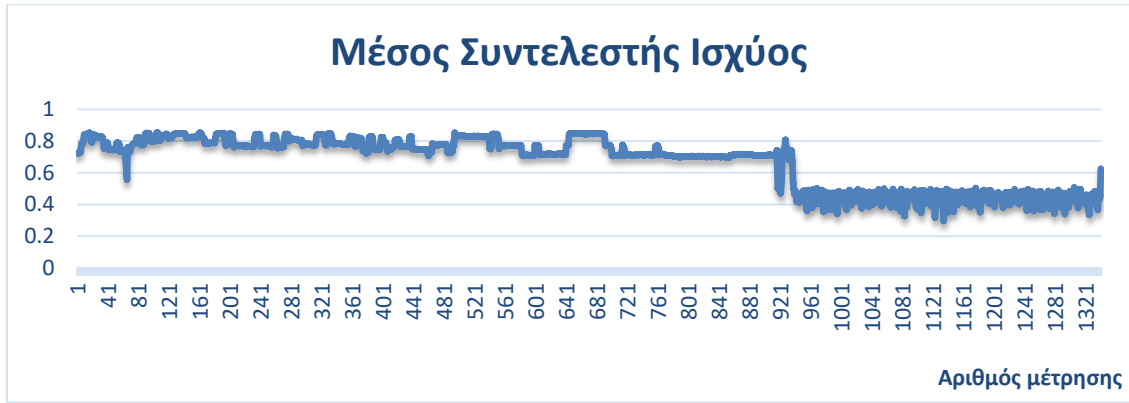
Σχήμα 4.14: Διάγραμμα μέσης ενεργούς ισχύος

Παρατηρείται από το παραπάνω διάγραμμα ότι η μέση κατανάλωση ενεργούς ισχύς μια τυπική μέρα για τον ψύκτη νερού 1 δεν φτάνει σε καμιά περίπτωση τα ονομαστικά μεγέθη. Η μέγιστη κατανάλωση είναι κοντά στα 35 kW και η ελάχιστη κοντά στα 5 kW. Ένας μέσος όρος που υπολογίστηκε είναι 10,37 kW. (αρκετά μακριά από τα ονομαστικά μεγέθη). Επίσης παρατηρείται ότι ο Ψύκτης Νερού 1 καταναλώνει περισσότερη ενέργεια κατά τις ώρες που το εργοστάσιο είναι σε ώρα αιχμής, δηλαδή τις ώρες που δουλεύει και το διοικητικό προσωπικό. (09:00-18:00)



Σχήμα 4.15: Διάγραμμα μέσης άεργου ισχύος

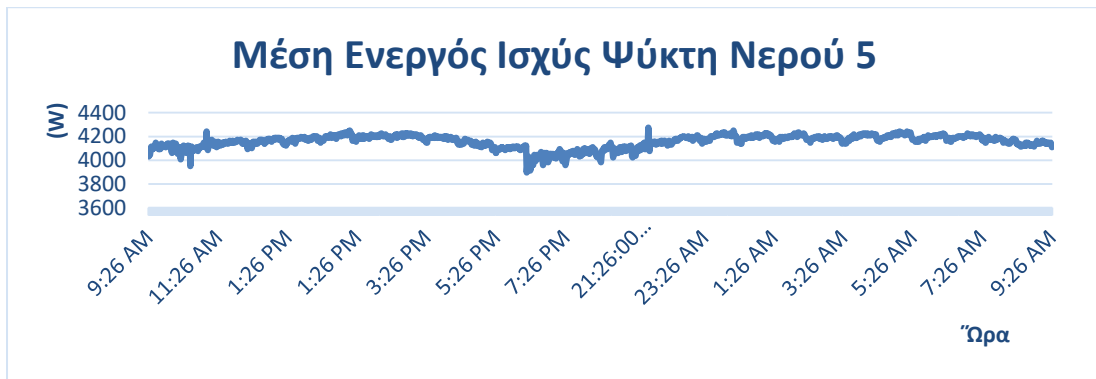
Παρατηρείται ότι η άεργος ισχύς του ψύκτη Νερού 2 βρίσκεται σε αναμενόμενα επίπεδα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.



Σχήμα 4.16: Διάγραμμα μέσης μέσου συντελεστή ισχύος

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής ισχύος κυμαίνεται κοντά στη μονάδα όταν ο Ψύκτης νερού C2 λειτουργεί σε μεγαλύτερο φορτίο.

Ψύκτης νερού C5



Σχήμα 4.17: Διάγραμμα μέσης ενεργούς ισχύος

Η μέση ενεργός ισχύς του Ψύκτη Νερού 5 κυμαίνεται στις 4Kw στο διάστημα που μετρήθηκε (αρκετά μακριά από τα ονομαστικά μεγέθη του). Παρατηρείται επίσης μια σταθερή κατανάλωση κατά τη διάρκεια της μέρας.



Σχήμα 4.18: Διάγραμμα μέσης άεργου ισχύος

Παρατηρείται ότι η άεργος ισχύς του ψύκτη Νερού 5 βρίσκεται σε αναμενόμενα επίπεδα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

4.2.2.2 Αρμονικές ρεύματος και τάσης

Η ύπαρξη αρμονικών στη τάση και την ένταση (υπέρθυση συχνοτήτων πολλαπλάσιων της θεμελιώδους - 50 Hz) οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή, που παίρνουν ρεύμα διαφορετικής κυματομορφής από την τάση, άγουν με άλλα λόγια ρεύμα μόνο σε ορισμένες περιοχές της τάσης.

Το φάσμα των αρμονικών (ο μετασχηματισμός Fourier δηλαδή της κυματομορφής ώστε να υπολογισθούν οι συχνότητες τις οποίες περιέχει) εξαρτάται από την φύση αυτών των φορτίων. Μέσω της τάσης και σε συνάρτηση με την ισχύ βραχυκυκλώσεως του δικτύου, οι αρμονικές που παράγονται σε ένα σημείο μεταδίδονται και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φορτία.

Ορισμένα μη γραμμικά φορτία είναι:

1. Φορτία με ηλεκτρονικά ισχύος: ανορθωτές, PLC, κ.α.
2. Φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό τόξο: λάμπες φθορισμού
3. Φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά: Ηλ. υπολογιστές, εκτυπωτές, φωτοαντιγραφικά

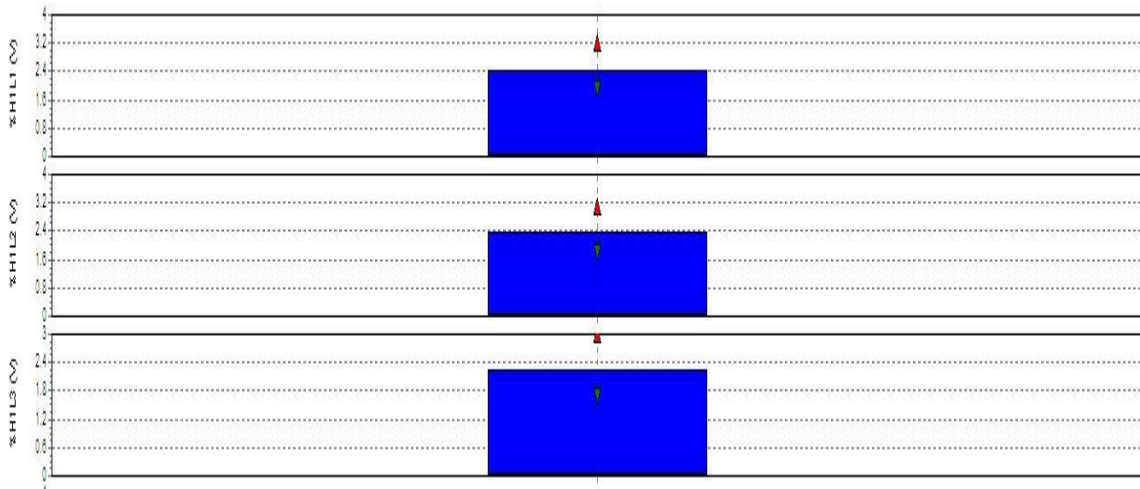
Οι επιπτώσεις των αρμονικών συνδέονται με την αύξηση είτε του πλάτους είτε της ενεργού τιμής είτε του φάσματος τόσο της τάσης όσο και της έντασης. Ειδικά οι αρμονικές του ρεύματος συντελούν στην αύξηση της άεργης ισχύος. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο ρεύμα για μία δεδομένη ενεργό ισχύ. Έτσι οι αρμονικές αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας στα καλώδια και στους μετασχηματιστές. Επίσης, καθώς ρέουν στα καλώδια δημιουργούν αντίστοιχες πτώσεις τάσης. Εάν η σύνθετη αντίδραση του καλωδίου είναι μεγάλη τότε δημιουργείται και παραμόρφωση της τάσης με αρμονικές.

Εξαιτίας των αρμονικών ενδέχεται να λειτουργήσουν λανθασμένα συσκευές προστασίας, ειδικά αυτές που χρησιμοποιούν θερμικά μοντέλα. Αν ο υπολογισμός της ενεργού τιμής της έντασης γίνεται χρησιμοποιώντας την μέγιστη τιμή της κυματομορφής της, αυξάνεται η πιθανότητα λάθους και ανεπιθύμητης λειτουργίας της προστασίας. Για τον ίδιο λόγο λάθη παρουσιάζονται και σε μετρητικές συσκευές. Οι αρμονικές επίσης είναι η αιτία για προβλήματα στην λειτουργία ηλεκτρονικών συστημάτων. Οι αρμονικές επίσης προκαλούν υπερφόρτιση (δηλαδή υπερθέρμανση) και αυξάνουν τις δονήσεις και τον θόρυβο (μηχανική καταπόνηση) σε συσκευές όπως μετασχηματιστές, μηχανές και πίνακες χαμηλής τάσης. Μακροχρόνια οι αρμονικές προκαλούν πρόωρη γήρανση των συσκευών. Οι αρμονικές επίσης υπερθερμαίνουν τον αγωγό

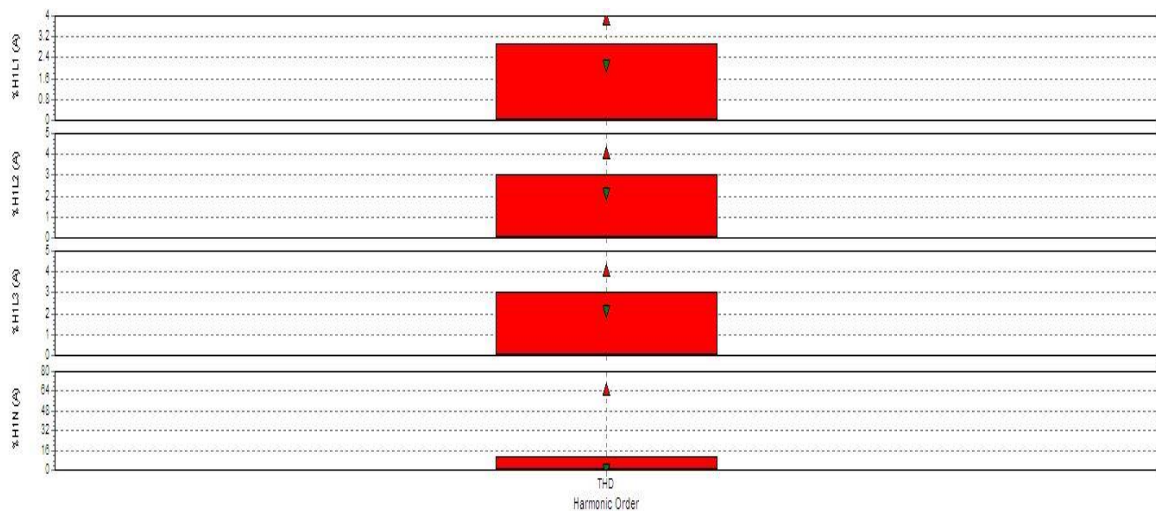
ουδετέρου καθώς προστίθενται και δίνουν ρεύματα κατά πολύ μεγαλύτερα από όταν τα φορτία είναι γραμμικά. Οι πυκνωτές είναι επίσης ευαίσθητοι στις αρμονικές ιδιαίτερα αν η συχνότητα του συνδυασμού πυκνωτή και δικτύου παροχής μέχρι το σημείο σύνδεσης είναι ίδια με την αρμονική που παράγεται από το φορτίο. Κάτω από αυτές τις συνθήκες προκαλείται συντονισμός, αύξηση του μεγέθους της αρμονικής, υπερθέρμανση του πυκνωτή και ενδεχομένως καταστροφή του διηλεκτρικού του υλικού ή λειτουργία της προστασίας του (συνήθως ασφάλεια) και αποσύνδεση του. Η μέτρηση των αρμονικών (αντίθετα από τις μετρήσεις βυθίσεις τάσης, διακοπών και υπερτάσεων) γίνεται υπολογίζοντας τον μέσο όρο των αρμονικών για κάποιο χρονικό διάστημα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Δύο μεγέθη που χρησιμοποιούνται ευρέως, ως άμεση εικόνα της ποιότητας του δικτύου σε ένα συγκεκριμένο σημείο, είναι η συνολική διαταραχή λόγω αρμονικών (Total Harmonic Distortion, THD) τόσο για την τάση όσο και για το ρεύμα. Προκύπτει από την ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων του πλάτους κάθε αρμονικής διαιρεμένου με το τετράγωνο της συνιστώσας στην θεμελιώδη συχνότητα (50 Hz). Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται επίσης και για τον καθορισμό ορίων που αφορούν τις αρμονικές. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, τα όρια που ορίζονται για τις αρμονικές THD ρεύματος και τάσης είναι $THD (A) \leq 8\%$ και $THD (V) \leq 2\%$

Οι αρμονικές συνδέονται άμεσα με τον συντελεστή ισχύος. Ο πραγματικός συντελεστής ισχύος είναι ο μέσος όρος της ενεργού ισχύος προς το γινόμενο της ενεργού τάσης με την ενεργό ένταση. Σε περιβάλλον χωρίς αρμονικές ο πραγματικός συντελεστής ισχύος (ΣΙ) ισούται με το συνημίτονο της γωνίας μεταξύ της τάσης και της έντασης (ΣΙ μετατόπισης). Η ύπαρξη αρμονικών οδηγεί σε μείωση του πραγματικού ΣΙ καθώς αυξάνεται η ενεργός τάση αλλά κυρίως η ενεργός ένταση. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από αρμονικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο. Το φίλτρο είναι συνδυασμός πυκνωτή και πηνίου και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των χαρακτηριστικών του διότι υπάρχει κίνδυνος αντί να μειωθεί το πρόβλημα των αρμονικών αυτό να αυξηθεί. Σε αρκετές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η επανεκτίμηση της θέσης των πυκνωτών στο δίκτυο. Η εγκατάσταση νέου πυκνωτή πρέπει να γίνεται αφού πρώτα διαπιστωθεί μέσω μελέτης ότι οι επικρατούσες αρμονικές δεν συμπίπτουν με τις συχνότητες συντονισμού που δημιουργεί ο πυκνωτής. Τα φίλτρα συμβάλουν και στην αντιστάθμιση της άεργης ισχύος. Προκειμένου να μειωθεί η υπερθέρμανση μετασχηματιστών πρέπει να επαναυπολογιστεί το φορτίο τους συνεκτιμώντας την μόλυνση από τις αρμονικές. Επίσης, οι αγωγοί ουδετέρου θα πρέπει να υπολογιστούν ανάλογα, αν προορίζονται για χρήση σε περιβάλλον με αρμονικές, όπως είναι τα γραφεία.

Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα των αρμονικών της τάσης και του ρεύματος όπως προέκυψαν από τον αναλυτή ενέργειας.

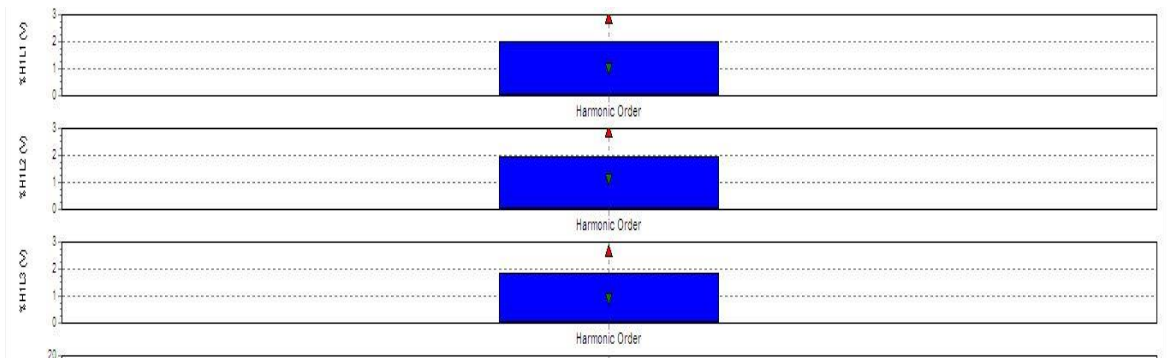


Σχήμα 4.19: Αρμονικές τάσης ψύκτη νερού 1

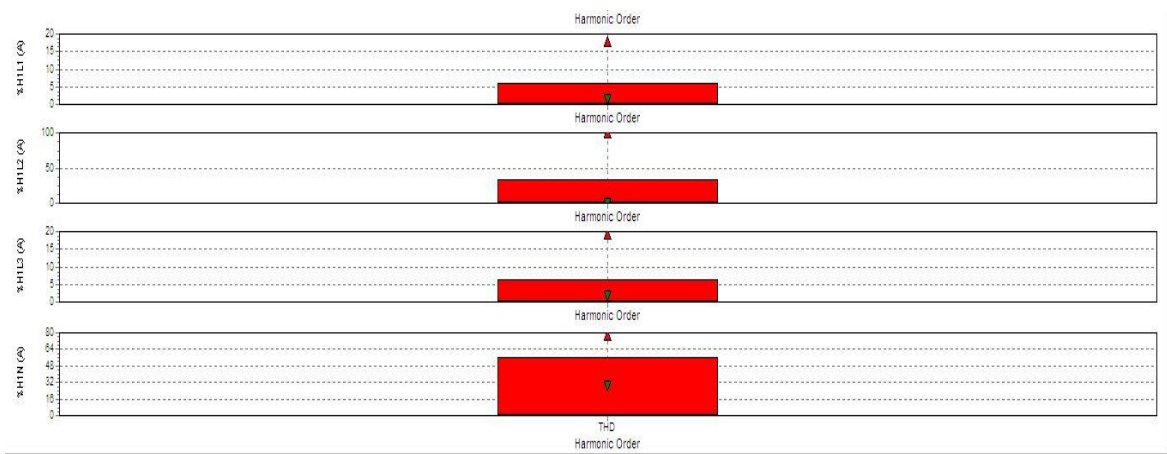


Σχήμα 4.20: Αρμονικές έντασης ψύκτη νερού 1

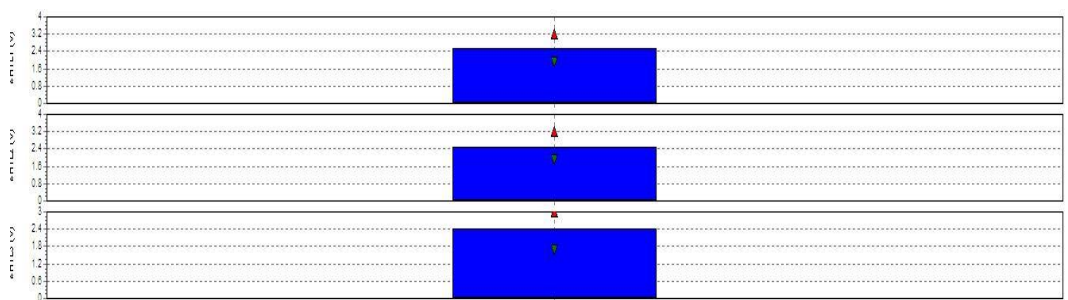
Από το διάγραμμα αρμονικών τάσης στο Σχήμα 4.19, οι τιμές είναι λίγο πάνω από το επιτρεπόμενο όριο. Αντιθέτως, από το διάγραμμα αρμονικών ρεύματος 4.20, οι τιμές και στις τρεις φάσεις είναι όλες εντός ορίων.



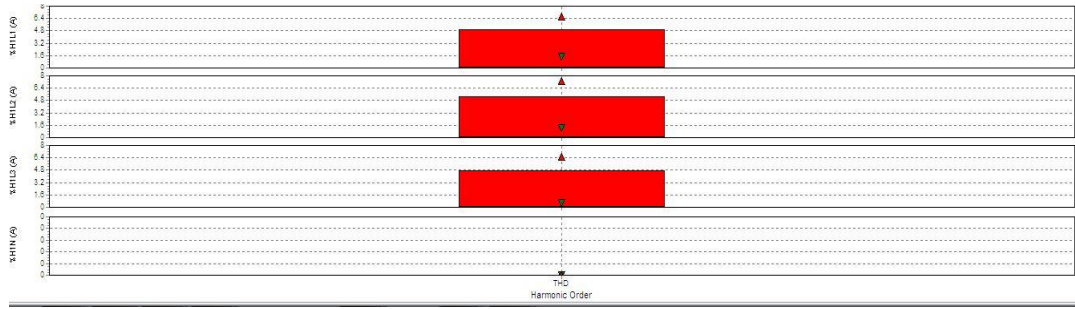
Σχήμα 4.21: Αρμονικές τάσης ψύκτη νερού 2



Σχήμα 4.22: Αρμονικές έντασης ψύκτη νερού 2



Σχήμα 4.23: Αρμονικές τάσης ψύκτη νερού 5



Σχήμα 4.24: Αρμονικές έντασης ψύκτη νερού 2

Από το διάγραμμα αρμονικών τάσης 4.21, οι τιμές είναι λίγο πάνω από το επιτρεπόμενο όριο. Αντιθέτως, από το διάγραμμα αρμονικών ρεύματος 4.22, οι τιμές και στις τρεις φάσεις είναι όλες εντός ορίων.

4.3 Μετρήσεις από συστήματα καταγραφής που είναι εγκατεστημένα στην βιομηχανική μονάδα

Στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα υπάρχει σύστημα καταγραφής της πραγματικής ενεργού ισχύος που καταναλώνει ο αεροσυμπιεστής 1. Σύμφωνα λοιπόν με τις μετρήσεις που αντλήθηκαν από το σύστημα αυτό για 29 μέρες, παρατίθεται παρακάτω το διάγραμμα ενεργού ισχύος για το διάστημα αυτό. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η κάθε μέτρηση είναι ανά πέντε λεπτά. Η πρώτη μέτρηση ξεκινάει στις 22/5/2018 στις 00:05.



Σχήμα 4.25: Διάγραμμα ενεργού ισχύος αεροσυμπιεστή 1

Επίσης είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η μέση κατανάλωση ενεργού ισχύος για τις 29 μέρες που έγιναν οι μετρήσεις αυτές είναι **19,45 kW**.

4.4 Συμπεράσματα

Το πιο ουσιώδες συμπέρασμα που προκύπτει από την χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι παρατηρήθηκε ότι τα σημαντικότερα φορτία της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας δεν λειτουργούν στα ονομαστικά τους μεγέθη λόγω ύπαρξης inverter. Αυτό είναι κάτι αναμενόμενο, με βάση την απόκλιση που προκύπτει από την καταναλωθείσα ενέργεια που καταγράφεται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (μειωμένη κατά 17%).

5 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στη βιομηχανική μονάδα

5.1 Εισαγωγή

Το τελευταίο και ίσως σημαντικότερο στάδιο μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι η διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων και λύσεων, είτε για την αντιμετώπιση των υπαρχόντων ενεργειακών προβλημάτων είτε για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας της υπό μελέτη βιομηχανικής μονάδας.

Στόχος της διαδικασίας είναι η δημιουργία προοπτικών και προϋποθέσεων για τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους. Λαμβάνονται υπ' όψη όλους τους βασικούς τεχνοοικονομικούς παράγοντες και τις πιθανές μεταβολές τους (τιμές καυσίμων, επικείμενα νομοθετικά πλαίσια, οικονομικοί δείκτες, επιδοτήσεις κ.ά.).

Κύριο μέλημα στο σχεδιασμό των δράσεων είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων φυσικών πόρων με σκοπό την εξασφάλιση ιδανικών θερμικών συνθηκών με το μικρότερο δυνατό κόστος (βιοκλιματικός σχεδιασμός), αλλά και η ελαχιστοποίηση των μη αναγκαίων καταναλώσεων. Στον δεύτερο τομέα, είναι απαραίτητη η ευαισθητοποίηση και η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα.

Πέρα όμως από τα άμεσα οφέλη, εξίσου σημαντική είναι η συνεισφορά των προτεινόμενων δράσεων και στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης εξοπλισμού φιλικότερου προς αυτό και της μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών. Για αυτό το λόγο έχουν θεσμοθετηθεί κανόνες αλλά και επιδοτήσεις προς αυτή την κατεύθυνση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Εν γένει, οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη διαδικασία του ενεργειακού ελέγχου, κατατάσσονται στις εξής τρεις κατηγορίες :

1. Δράσεις νοικοκυρέματος. Είναι μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου. Τα μέτρα αυτά εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Συχνά έχουν σχέση με την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου.
2. Δράσεις χαμηλού κόστους. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό του εκάστοτε κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αποπληρώνεται συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα (εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και συνήθως σε λιγότερο από δύο χρόνια).

3. Δράσεις ανακατασκευής. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμής τους. Οι επεμβάσεις προϋποθέτουν τεχνοοικονομική μελέτη αξιολόγησης.

5.2 Κριτήρια επιλογής

Η αξιολόγηση και η επιλογή των προτάσεων γίνεται μέσω διεξοδικής ανάλυσης των ελλείψεων και των αναγκών της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας βάσει της μελέτης που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Λαμβάνονται κάθε φορά υπόψη ποικίλοι παράγοντες όπως η τοποθεσία της βιομηχανικής μονάδας, η ανάγκες παραγωγής, οι δυνατότητες εφαρμογής των μέτρων αλλά και οι εργασιακές συνθήκες με γνώμονα πάντα τη βέλτιστη κάλυψη των αναγκών των εργαζομένων. Η επιλογή του εκάστοτε εξοπλισμού γίνεται βάσει συγκεκριμένων τεχνικών προδιαγραφών (ειδικά χαρακτηριστικά, παρεχόμενη εγγύηση, έξοδα συντήρησης κλπ.) και πάντα κατόπιν συμβουλής εξειδικευμένου προσωπικού σε κάθε τομέα εφαρμογής, με στόχο τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό αξιοπιστίας, απόδοσης και τιμής. Σε κάθε περίπτωση, υπολογίζεται η εκτιμωμένη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος που θα προκύψει σε ετήσια βάση, συνυπολογίζοντας και τη βελτίωση των εργασιακών συνθηκών (πχ. καλύτερα επίπεδα φωτισμού, θέρμανσης κλπ.).

Ωστόσο η διαδικασία επιλογής βασίζεται κατά κύριο λόγο στα βασικά οικονομικά κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) της επένδυσης.

5.2.1 Δείκτες Οικονομικής Αξιολόγησης Επεμβάσεων

5.2.1.1 Καθαρή Παρούσα Αξία

Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ του λειτουργικού κόστους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανοιγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας της επένδυσης. Η Καθαρή Παρούσα Αξία προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$ΚΠΑ = -K + \sum_{i=1}^N \frac{Fi}{(1+d)^i} + \frac{YA_N}{(1+d)^N}$$

5.2.1.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που μηδενίζει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων. Εκφράζει ουσιαστικά την απόδοση του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης κατά τη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, τόσο πιο συμφέρον θεωρείται το επενδυτικό σχέδιο. Προσδιορίζεται ως η λύση της εξίσωσης [16]:

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης προτιμάται από τους επιχειρηματίες παρ' όλο που το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας μίας επένδυσης θεωρείται περισσότερο ακαδημαϊκό. Αυτό συμβαίνει γιατί, μεταξύ άλλων, ο ΕΒΑ προκύπτει ως ποσοστό, συνεπώς αποτελεί καλύτερο εργαλείο σύγκρισης, αποφεύγοντας τους εγχώριους νομισματικούς όρους.

5.2.1.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής

Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου (επιτόκιο αγοράς). Επισημαίνεται ότι δεν εκφράζει αποτελέσματα κέρδους, ούτε εξετάζει την πορεία της επένδυσης μετά την περίοδο αποπληρωμής. Προσδιορίζεται ως η λύση της εξίσωσης [16]:

$$ΚΠΑ(N=ΕΠΑ) = 0$$

Μία επιχειρησιακή μονάδα θεωρείται οικονομικά βιώσιμη εάν η τιμή της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς το χρόνο αποπληρωμής. Πρακτικά, εάν η ΕΠΑ είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου, τότε το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο.

5.2.1.4 Αξιοποίηση Δεικτών Οικονομικής Αξιολόγησης Επεμβάσεων

Όταν συγκρίνονται εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια με χρήση των παραπάνω κριτηρίων οικονομικής αξιολόγησης, επιλέγονται εκείνα που παρουσιάζουν είτε τη μεγαλύτερη ΚΠΑ για την ίδια πάντα χρονική διάρκεια ζωής της επένδυσης, είτε εκείνα με το μεγαλύτερο ΕΒΑ, είτε τέλος όσα παρουσιάζουν τη μικρότερη ΕΠΑ. Επισημαίνεται ότι κάνοντας οικονομική ανάλυση με τη μέθοδο του ΕΒΑ, εξάγονται θετικότερα συμπεράσματα για επεμβάσεις με μεγαλύτερες χρηματοροές τα πρώτα χρόνια, ενώ με τη μέθοδο της ΚΠΑ μετά από μερικά χρόνια. Επομένως, για τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας που δεν αποδίδουν αμέσως, προτιμάται η μέθοδος της ΚΠΑ [16].

5.3 Προτεινόμενες Δράσεις Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας

5.3.1 Αντικατάσταση συμβατικού φωτισμού με φωτιστικά τεχνολογίας Led

5.3.1.1 Εισαγωγή

Ο τομέας του φωτισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επιδρά στη λειτουργικότητα και κατά συνέπεια στην παραγωγικότητα μιας μονάδας. Ιδιαίτερα σε βιομηχανικές μονάδες όπου η φύση της εργασίας απαιτεί υψηλά επίπεδα φωτεινότητας και καλής ποιότητας φωτισμό, η εγκατάσταση φωτισμού οφείλει να είναι πολύ προσεγμένη.

Στο μεγαλύτερο κομμάτι του εξεταζόμενου κτιρίου, ο προσανατολισμός του και η δόμηση της περιοχής δεν καθιστούν εύκολη την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, με αποτέλεσμα την πρακτικά αδιάλειπτη χρήση του..

Όπως προέκυψε από τη μελέτη που έγινε στο κεφάλαιο 3 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στο 6% της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης ρεύματος της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας. Το ποσοστό αυτό δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι στο κτίριο χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία τους λαμπτήρες οικονομίας. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της ηλεκτρικής κατανάλωσης για φωτισμό.

Για τη βελτίωση λοιπόν της ηλεκτρικής κατανάλωσης για το φωτισμό προτείνεται η χρήση φωτιστικών τεχνολογίας LED με βασικά πλεονεκτήματα τα παρακάτω [17]:

1. Τα φωτιστικά τεχνολογίας LED είναι συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και έχουν διάρκεια ζωής άνω των 50.000 ωρών.
2. Με τη χρήση φωτιστικών LED είναι εφικτή η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος που ξεπερνά το 70% με αποτέλεσμα την μείωση του λογαριασμού του ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Έχουν υψηλή ποιότητα φωτισμού χωρίς τρεμόπαιγμα και μεγάλο συντελεστή απόδοσης χρωμάτων.
4. Δεν εκπέμπουν ακτινοβολία.
5. Είναι 100% φιλικά προς το περιβάλλον κατά την χρήση και κατά την ανακύκλωση. Τα LED δεν παράγουν θερμότητα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο μεγάλος χρόνος ζωής τους καθώς και η μειωμένη ανάγκη ψύξης των εσωτερικών χώρων εγκατάστασης κατά τους θερινούς μήνες.
6. Η αξιοπιστία, το ποιοτικό και αισθητικό αποτέλεσμα, η προσιτή τιμή και η εγγύηση που έχουν των φωτιστικά, τα καθιστούν την ιδανική λύση για κάθε είδους εγκατάσταση.

7. Αντικαθιστούν κάθε συμβατικό τύπο φωτιστικού χωρίς οποιαδήποτε τροποποίηση στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση.
8. Η συντήρηση των φωτιστικών είναι μηδαμινή.
9. Μεγάλη ποικιλία στην απόχρωση (θερμοκρασία) φωτισμού (θερμό λευκό, ουδέτερο, daylight, ψυχρό).

5.3.1.2 Αξιολόγηση επένδυσης αντικατάστασης λαμπτήρων φωτισμού με λαμπτήρες τεχνολογίας LED

Η δράση που προτείνεται για τον τομέα του φωτισμού είναι η αντικατάσταση όλων των λαμπτήρων συμβατικού φωτισμού με φωτιστικά τεχνολογίας LED.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα μετά την αντικατάσταση του συμβατικού φωτισμού από φωτιστικά τεχνολογίας LED.

Πίνακας 5.1 Φωτιστικά τεχνολογίας LED

ΤΕΜΑΧΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΩΡΕΣ	Ισχύς (kWh)
74	40	5.696	16.860,16
35	72	5.696	14.353,92
6	100	1.932	1.159,2
15	46	2.760	1.904,4
1	30	2.760	82,8
ΣΥΝΟΛΟ			34.263.01

Παρατηρείται στο σημείο αυτό, βρίσκοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των φωτιστικών με τεχνολογία LED, ότι προκύπτει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει είναι: $E=96.739,38 - 34.263,01 = 62.476,37 \text{ kWh/έτος}$

Με την τιμή της kWh για το έτος 2018 να διαμορφώνεται στα 0,1 ευρώ/kWh, προκύπτει ότι η εξοικονόμηση στους λογαριασμούς της ΔΕΗ θα είναι **6.247,637 ευρώ/έτος**.

Για οικονομικό κύκλο ζωής της επένδυσης $N=5$ έτη υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες της επένδυσης:

Πίνακας 5.2 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	7.500
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	5
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	6.247
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	22.504,98
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	75,3%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	1,2

ΚΠΑ=22.504,98>0 και ΕΒΑ= 75,3% >5%, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.2 Αντικατάσταση υαλοπινάκων

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλά τζάμια λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως: το ότι μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους, αλλά και μειώνουν το θόρυβο.

Μετά και από τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τη θερμογραφία αποφασίστηκε η αλλαγή των υαλοπινάκων και των τριών όψεων του κτιρίου όπου και βρίσκονται τα γραφεία της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας.

Για τον υπολογισμό των απωλειών ανά μήνα, οι ώρες λειτουργίας που χρησιμοποιήθηκαν είναι 230 ώρες /μήνα.

Ο τρόπος υπολογισμού της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται φαίνεται στους Πίνακες 5.3 και 5.4.

Πίνακας 5.3 Υπολογισμός απωλειών υαλοπινάκων πριν την αντικατάστασή τους ($U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική θερμοκρασία (K)	Εξωτερική θερμοκρασία (K)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	45,675	297	283,3	2.064,97	474,94
Φεβρουάριος	45,675	297	286,6	1.567,57	360,54
Μάρτιος	45,675	297	285,3	1.763,51	405,61
Απρίλιος	45,675	297	288,9	1.220,89	280,81
Μάιος	45,675	297	293,7	497,40	114,40
Ιούνιος	45,675	297	298,2	180,87	41,60
Ιούλιος	45,675	297	301	602,91	138,67
Αύγουστος	45,675	297	300,8	572,76	131,74
Σεπτέμβριος	45,675	297	297,2	30,15	6,93
Οκτώβριος	45,675	297	292,5	678,27	156
Νοέμβριος	45,675	297	288,4	1.296,26	298,14
Δεκέμβριος	45,675	297	285	1.808,73	416,01
ΣΥΝΟΛΟ				12.284,29	2.825,39

Πίνακας 5.4 Υπολογισμός απωλειών υαλοπινάκων πριν την αντικατάστασή τους ($U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική θερμοκρασία (K)	Εξωτερική θερμοκρασία (K)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	45,675	297	283,3	813,47	187,10
Φεβρουάριος	45,675	297	286,6	617,53	142,03
Μάρτιος	45,675	297	285,3	694,72	159,78
Απρίλιος	45,675	297	288,9	480,96	110,62
Μάιος	45,675	297	293,7	195,95	45,07
Ιούνιος	45,675	297	298,2	71,25	16,39
Ιούλιος	45,675	297	301	237,51	54,63

Αύγουστος	45,675	297	300,8	225,63	51,0
Σεπτέμβριος	45,675	297	297,2	11,88	2,73
Οκτώβριος	45,675	297	292,5	267,20	61,46
Νοέμβριος	45,675	297	288,4	510,65	117,45
Δεκέμβριος	45,675	297	285	712,53	163,88
ΣΥΝΟΛΟ				4.839,27	1.113,03

Η εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από την θερμομόνωση αντιστοιχεί πρακτικά σε μείωση της ενέργειας που ξοδεύεται για θέρμανση (ηλεκτρική ενέργεια για τα κλιματιστικά τύπου split τους μήνες Οκτώβριο έως Απρίλιο και της ενέργειας για την ψύξη των ορόφων (ηλεκτρική ενέργεια για τα κλιματιστικά τύπου split και ηλεκτρική ενέργεια για τους ψύκτες) τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο. Έτσι, η συνολική εξοικονόμηση εκτιμάται στις **2.825,39 – 1.113,03 = 1.712,36 kWh**.

Η προσφορά για τους καινούριους υαλοπίνακες είναι 60 ευρώ/ m². Παρακάτω παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα που θα ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση της επένδυσης σε συμφέρουσας η μη.

Πίνακας 5.5 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	2.740
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	15
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	171,2
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-185,23
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	0
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	0

ΚΠΑ=-185.23<0 η επένδυση δεν κρίνεται συμφέρουσα.

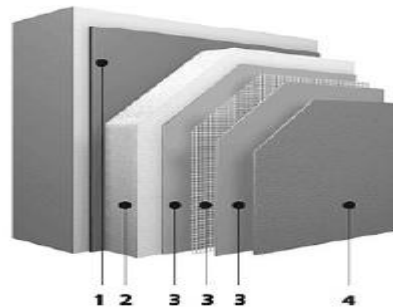
5.3.3 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας

Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών εξωτερικά από τα δομικά στοιχεία (πχ. τούβλα-μπετό ή παλιός σοβάς) και επίστρωση τους με έτοιμα λεπτά, βιομηχανικώς παραγόμενα ελαστικά επιχρίσματα (αντί για συμβατικό σοβά).

Στο σενάριο αυτό προτείνεται:

1. Συγκολλητικά υλικά, τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα, ενισχυμένη με πολυμερή συστατικά (ρητίνες), σε κατανάλωση 2,0 - 4,0 kg/m
2. Μονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης διαστάσεων 1,00x0,50μ, πάχους 3cm, EPS 100 (20kg/m³), λ=0,036 W/m*K
3. Αντιαλκαλικό υαλόπλεγμα ενίσχυσης, βάρους 161 gr/m, ±10 % κατά DIN 53854, 100cm με άνοιγμα καρέ 3,5 x 4,0 mm
4. Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης με διάφορα αδρανή (για λεία επιφάνεια), ενισχυμένου με ρητίνες, σε καταναλώσεις που κυμαίνονται από 1,8kg/m²/3mm έως 5kg/m²/3mm πάχος επιχρίσματος 30 mm.

Σχήμα 5.1: Εξωτερική θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας [18]



Εικόνα 5.5: Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας (επεξεργασμένη εικόνα από το σύστημα StoTherm Classic)

Τα στοιχεία των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας για το σενάριο που προτείνεται υπάρχουν στον ακόλουθο Πίνακα 5.19

Πίνακας 5.6 Θερμικές αντιστάσεις εξωτερικής θερμομόνωσης

Στρώσεις Δομικού Υλικού	Πάχος Στρώσεως	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m ² K/W
Επίχρισμα εξωτερικό (ασβεστοκονίαμα)	0,02	0,87	0,023
Θερμομονωτικό Επίχρισμα (σοβά)	0,03	0,08	0,375
Υαλόπλεγμα	0,02	0,05	0,400
Πλάκες Πολυστερίνης	0,03	0,04	0,750
Κόλλα	0,02	0,19	0,105
Επίχρισμα εσωτερικό (ασβεστοκονίαμα)	0,02	0,87	0,023
ΣΥΝΟΛΟ	0,14		1,676

Επομένως η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι ίση με $1,676 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.20 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

$$R_a \text{ (εξωτερικά)} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής για τα δύο είδη εξωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου των γραφείων της υπό μελέτη βιομηχανικής μονάδας (Πίνακας 5.7)

Πίνακας 5.7 Υπολογισμός συντ. θερμοπερατότητας για τα είδη εξωτερικής τοιχοποιίας της βιομηχανικής μονάδας

	Τρέχουσα Θερμική Αντίσταση (m^2K) / W	Θερμική Αντίσταση εξ. Θερμομόνωσης (m^2K) / W	Νέα Θερμική Αντίσταση R_L (m^2K) / W	$U=1/(R_i$ $+ R_a + R_L)$ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Τοιχοποιία 22cm	0,392	1,676	2,068	0,447
Πάνελ πολυουρεθάνης	1,15	1,676	2,826	0,334

Σε κάθε περίπτωση λοιπόν, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι πολύ μικρότερος από την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ [12] για κτίρια της Ζώνης Β που ισούται με $U_{\max} = 0,5 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$.

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι απώλειες του κελύφους πριν και μετά την θερμομόνωση.

Πίνακας 5.8 Υπολογισμός απωλειών των πάνελ πολυουρεθάνης πριν την θερμομόνωση του

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική θερμοκρασία (K)	Εξωτερική θερμοκρασία (K)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	89,635	297	283,3	927,139	213,242
Φεβρουάριος	89,635	297	286,6	703,814	161,877
Μάρτιος	89,635	297	285,3	791,790	182,111
Απρίλιος	89,635	297	288,9	548,162	126,077
Μάιος	89,635	297	293,7	223,325	51,364
Ιούνιος	89,635	297	298,2	81,209	18,678
Ιούλιος	89,635	297	301	270,697	62,260
Αύγουστος	89,635	297	300,8	257,162	59,147
Σεπτέμβριος	89,635	297	297,2	13,534	3,113

Οκτώβριος	89,635	297	292,5	304,534	70,043
Νοέμβριος	89,635	297	288,4	582	133,860
Δεκέμβριος	89,635	297	285	812,093	186,781
ΣΥΝΟΛΟ				5.515,465	1.268,557

Πίνακας 5.9 Υπολογισμός απωλειών των πάνελ πολυουρεθάνης μετά την θερμομόνωση του

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m ²)	Εσωτερική Θερμοκρασία (K)	Εξωτερική Θερμοκρασία (K)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U*A*\Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	89,635	297	283,3	410,151	94,334
Φεβρουάριος	89,635	297	286,6	311,356	71,611
Μάρτιος	89,635	297	285,3	350,275	80,563
Απρίλιος	89,635	297	288,9	242,498	55,7746
Μάιος	89,635	297	293,7	98,795	22,723
Ιούνιος	89,635	297	298,2	35,925	8,262
Ιούλιος	89,635	297	301	119,752	27,543
Αύγουστος	89,635	297	300,8	113,764	26,165
Σεπτέμβριος	89,635	297	297,2	5,987	1,377
Οκτώβριος	89,635	297	292,5	134,721	30,985
Νοέμβριος	89,635	297	288,4	257,467	59,217
Δεκέμβριος	89,635	297	285	359,257	82,629
ΣΥΝΟΛΟ				2.439,954	561,189

Πίνακας 5.10 Υπολογισμός απωλειών της τοιχοποιίας 22 cm πριν την αντικατάσταση

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m ²)	Εσωτερική Θερμοκρασία (K)	Εξωτερική Θερμοκρασία (K)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U*A*\Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	168,375	297	283,3	4.103,686	943,8478
Φεβρουάριος	168,375	297	286,6	3.115,206	716,4976
Μάρτιος	168,375	297	285,3	3.504,607	806,0598
Απρίλιος	168,375	297	288,9	2.426,266	558,0414
Μάιος	168,375	297	293,7	988,479	227,3502
Ιούνιος	168,375	297	298,2	359,446	82,6728
Ιούλιος	168,375	297	301	1.198,156	275,576

Αύγουστος	168,375	297	300,8	1.138,248	261,7972
Σεπτέμβριος	168,375	297	297,2	59,907	13,7788
Οκτώβριος	168,375	297	292,5	1.347,926	310,023
Νοέμβριος	168,375	297	288,4	2.576,036	592,4884
Δεκέμβριος	168,375	297	285	3.594,469	826,728
ΣΥΝΟΛΟ				24.412,4387	5.614,861

Πίνακας 5.11 Υπολογισμός απωλειών της τοιχοποιίας 22 cm μετά την αντικατάσταση

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m ²)	Εσωτερική θερμοκρασία (K)	Εξωτερική θερμοκρασία (K)	Θερμότητα ανά ώρα Q=U*A*ΔT	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	168,375	297	283,3	1.031,112	237,155
Φεβρουάριος	168,375	297	286,6	782,741	180,030
Μάρτιος	168,375	297	285,3	880,584	202,534
Απρίλιος	168,375	297	288,9	609,635	140,216
Μάιος	168,375	297	293,7	248,370	57,125
Ιούνιος	168,375	297	298,2	90,316	20,772
Ιούλιος	168,375	297	301	301,054	69,242
Αύγουστος	168,375	297	300,8	286,0018	65,780
Σεπτέμβριος	168,375	297	297,2	15,052	3,4621
Οκτώβριος	168,375	297	292,5	338,686	77,897
Νοέμβριος	168,375	297	288,4	647,267	148,871
Δεκέμβριος	168,375	297	285	903,163	207,727
ΣΥΝΟΛΟ				6.133,985	1.410,817

Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι **(1.268,557 - 561,189 + 5.614,861 - 1.410,817) kWh = 4911,411 kWh**

Με τιμή για την kWh 0,1 ευρώ προκύπτει εξοικονόμηση **491,1 ευρώ/έτος**

Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου ανέρχεται στα 30 €/m². Δηλαδή **K = 258,01 m² * 30 = 7.740,3 ευρώ**. Παρακάτω παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα που θα ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση της επένδυσης σε συμφέρουσας η μη.

Πίνακας 5.12 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	7.740,3
------------------------------------	----------------

Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	10
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	491,1
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-2.842,72
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	0
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	0

ΚΠΑ=-2.842,72<0

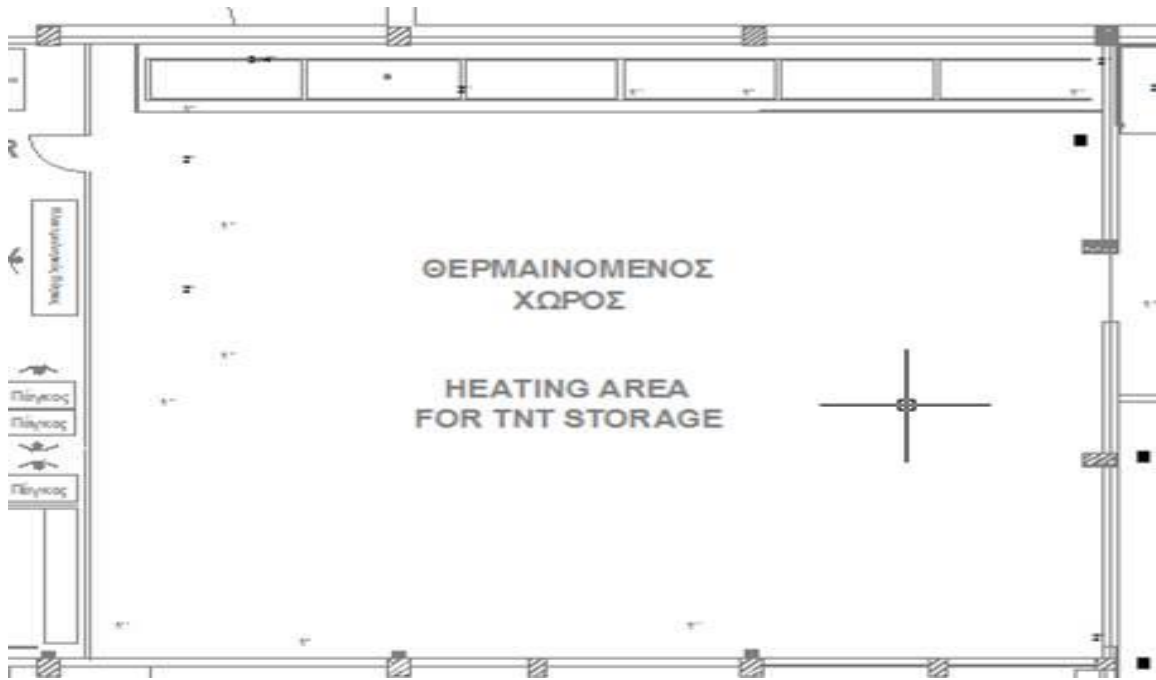
Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία η επένδυση δεν κρίνεται συμφέρουσα. Παρόλα αυτά συστήνεται ανεπιφύλακτα καθώς το κτίριο θα εναρμονιστεί με τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης.

5.3.4 Αντικατάσταση μόνωσης στο θερμοθάλαμο

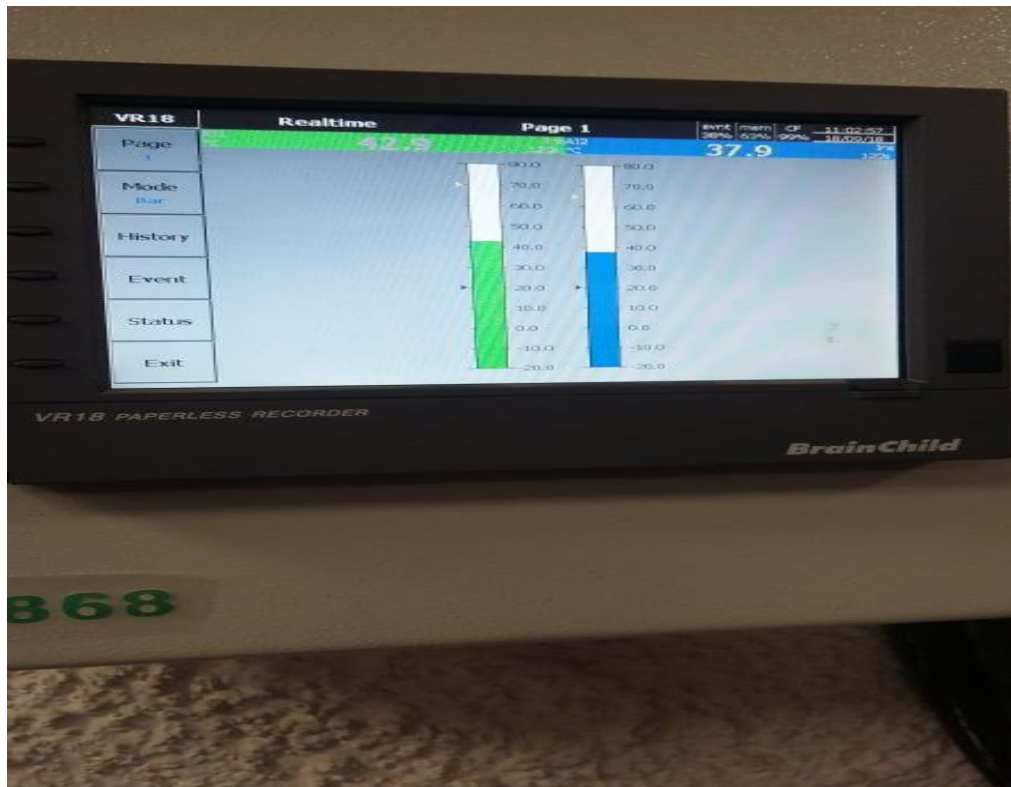
5.3.4.1 Εισαγωγή

Όπως περιγράφηκε και στο τρίτο κεφάλαιο υπάρχει ένας χώρος στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα όπου αποθηκεύεται ημιέτοιμο προϊόν σε θερμοκρασία 38⁰ C.

Κάνοντας αυτοψία στον χώρο παρατηρήσαμε ότι η υπάρχει τεράστιο πρόβλημα μόνωσης στη οροφή του θερμοθαλάμου καθώς και στην πόρτα εισόδου-εξόδου του χώρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας να επιτυγχάνεται με παραπάνω χρήση των αερόθερμων. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τον ψηφιακό θερμοστάτη η θερμοκρασία στο χώρο των αερόθερμων είναι 42,9⁰ C, ενώ στον χώρο όπου αποθηκεύεται το ημιέτοιμο προϊόν η θερμοκρασία είναι 37,9.



Σχήμα 5.2:Κάτοψη θερμοθαλάμου



Σχήμα 5.3:Ψηφιακός θερμοστάτης θερμοθαλάμου

5.3.4.2 Αντικατάσταση οροφής

Η οροφή του θερμοθαλάμου είναι 76m^2 και αποτελείται από πλακίδια ορυκτής ίνας. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου υλικού είναι $6,4\text{ W/mK}$.

Η νέα οροφή που θα τοποθετηθεί θα είναι από πάνελ πετροβάμβακα 100 mm για να μπορεί να στηριχτεί χωρίς επιπλέον κατασκευή. Το υλικό αυτό έχει καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας από τα πλακίδια ορυκτής ίνας και είναι $0,035\text{ W/mK}$.

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $Q = U * A * \Delta T$, όπου

U : Συντελεστής θερμοπερατότητας υλικού

A : Επιφάνεια Οροφής

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

Στον Πίνακα 5.13 γίνεται υπολογισμός των απωλειών πριν την αλλαγή της οροφής και στον Πίνακα 5.14 γίνεται υπολογισμός των απωλειών μετά την αλλαγή της.

Πίνακας 5.13 Υπολογισμός απωλειών οροφής πριν την αλλαγή της οροφής ($U = 6,4\text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Εξωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U * A * \Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	76	38	30	3.878	1.840,5
Φεβρουάριος	76	38	30	3.878	1.840,5
Μάρτιος	76	38	30	3.878	1.840,5
Απρίλιος	76	38	30	3.878	1.840,5
Μάιος	76	38	30	3.878	1.840,5
Ιούνιος	76	38	30	3.878	1.840,5
Ιούλιος	76	38	30	3.878	1.840,5
Αύγουστος	76	38	30	3.878	1.840,5
Σεπτέμβριος	76	38	30	3.878	1.840,5
Οκτώβριος	76	38	30	3.878	1.840,5
Νοέμβριος	76	38	30	3.878	1.840,5
Δεκέμβριος	76	38	30	3.878	1.840,5
ΣΥΝΟΛΟ				46.536	22.086

Πίνακας 5.14 Υπολογισμός απωλειών οροφής μετά την αλλαγή της οροφής ($U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Εξωτερική Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U*A*\Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	76	38	30	212	100,6
Φεβρουάριος	76	38	30	212	100,6
Μάρτιος	76	38	30	212	100,6
Απρίλιος	76	38	30	212	100,6
Μάιος	76	38	30	212	100,6
Ιούνιος	76	38	30	212	100,6
Ιούλιος	76	38	30	212	100,6
Αύγουστος	76	38	30	212	100,6
Σεπτέμβριος	76	38	30	212	100,6
Οκτώβριος	76	38	30	212	100,6
Νοέμβριος	76	38	30	212	100,6
Δεκέμβριος	76	38	30	212	100,6
ΣΥΝΟΛΟ				10.180,8	1.207,5

Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την αλλαγή της οροφής είναι: $22.086 - 1.207,5 = 20.878,44$ kWh

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα που θα ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση της επένδυσης σε συμφέρουσας η μη.

Πίνακας 5.15 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	6.250
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	10
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	2.087
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	13.524,89
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	28,4%
EPA (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	2,99

$KPA=13524,89 > 0$ και $EBA= 28,4 > 5\%$, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.4.3 Αντικατάσταση πόρτας θερμοθαλάμου

Μια άλλη ενέργεια που επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί είναι η αλλαγή της πόρτας του θερμοθαλάμου.

Στον Πίνακα 5.16 γίνεται υπολογισμός των απωλειών πριν την αλλαγή της πόρτας και στον Πίνακα 5.17 γίνεται υπολογισμός των απωλειών μετά την αλλαγή της πόρτας.

. Πίνακας 5.16 Υπολογισμός απωλειών πριν την αλλαγή της πόρτας ($U = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Εξωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	6	38	15	3.450	1.602,87
Φεβρουάριος	6	38	15	3.450	1.602,87
Μάρτιος	6	38	15	3.450	1.602,87
Απρίλιος	6	38	15	3.450	1.602,87
Μάιος	6	38	25	1.950	905,97
Ιούνιος	6	38	25	1.950	905,97
Ιούλιος	6	38	25	1.950	905,97
Αύγουστος	6	38	25	1.950	905,97
Σεπτέμβριος	6	38	25	1.950	905,97
Οκτώβριος	6	38	15	3.450	1.602,87
Νοέμβριος	6	38	15	3.450	1.602,87
Δεκέμβριος	6	38	15	3.450	1.602,87
ΣΥΝΟΛΟ				33.900	15.750

. Πίνακας 5.17 Υπολογισμός απωλειών μετά την αλλαγή της πόρτας ($U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Επιφάνεια (A) (m^2)	Εσωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Εξωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Θερμότητα ανά ώρα $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	6	38	15	48,3	22,44
Φεβρουάριος	6	38	15	48,3	22,44
Μάρτιος	6	38	15	48,3	22,44
Απρίλιος	6	38	15	48,3	22,44
Μάιος	6	38	25	27,3	12,68
Ιούνιος	6	38	25	27,3	12,68
Ιούλιος	6	38	25	27,3	12,68
Αύγουστος	6	38	25	27,3	12,68
Σεπτέμβριος	6	38	25	27,3	12,68
Οκτώβριος	6	38	15	48,3	22,44
Νοέμβριος	6	38	15	48,3	22,44

Δεκέμβριος	6	38	15	48,3	22,44
ΣΥΝΟΛΟ				474,6	220,5

Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την αλλαγή της πόρτας είναι: $15750-220,5=15.529,5 \text{ kWh}$

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα που θα ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση της επένδυσης σε συμφέρουσας η μη.

Πίνακας 5.18 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	12.000
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	10
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	1.552
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	2.899
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	4,2%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	7,73

ΚΠΑ=2899>0 και ΕΒΑ=4,2% < 5%, η επένδυση δεν κρίνεται συμφέρουσα

Για το λόγο αυτό δεν θα αντικατασταθεί μόνο η πόρτα. Προτείνεται να συνδυαστεί η δράση για θερμομόνωση της οροφής με την αντικατάσταση της πόρτας.

Παρακάτω παρατίθενται τα οικονομικά δεδομένα της πρότασης αυτής.

Πίνακας 5.19 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	18.500
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	10
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	3.639
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	17.790,13
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	14,7%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	5,09

ΚΠΑ=17.790,83>0 και ΕΒΑ=14,7% >5%, συνδυαστικά η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα

5.3.5 Αντικατάσταση των αερόθερμων

Η δράση εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνεται είναι η αντικατάσταση των αερόθερμων που υπάρχουν στον θερμοθάλαμο και χρησιμοποιούνται για την θέρμανση των ημιέτοιμων

προϊόντων, για να μπορέσουν να τοποθετηθούν στις γεμιστικές. Ουσιαστικά πρόκειται για εντελώς άλλη προσέγγιση στην διαδικασία προετοιμασίας του ημιέτοιμου προϊόντος.

Όπως αναφέρθηκε και στο τρίτο κεφάλαιο, στο θερμοθάλαμο, όπου αποθηκεύονται τα ημιέτοιμα προϊόντα είναι επιθυμητό να υπάρχει μια σταθερή θερμοκρασία 38⁰C για να είναι έτοιμα ανά πάσα στιγμή για μεταφορά στις γεμιστικές. Ο τρόπος που προτείνεται πλέον να γίνεται η διαδικασία αυτή, είναι να προγραμματίζεται για κάθε μέρα η ποσότητα του ημιέτοιμου προϊόντος θα πρέπει να προθερμαθεί για να πάει στις γεμιστικές. Έτσι δεν θα χρειάζεται τα αερόθερμα να λειτουργούν τόσες ώρες.

Για το λόγο αυτό θα γίνει αντικατάσταση των αερόθερμων με θαλάμους θέρμανσης βαρελιών. Σε αυτούς θα τοποθετούνται τα ειδικά διαμορφωμένα δοχεία με το ημιέτοιμο προϊόν για προθέρμανση. Η πρόταση αυτή θα συμβάλει στην αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Δεδομένου ότι στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα υπάρχει δίκτυο ατμού, θεωρήσαμε καταλληλότερο οι θάλαμοι θέρμανσής βαρελιών να λειτουργούν με ατμό.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία λειτουργίας του θαλάμου θέρμανσης βαρελιών με ατμό που προτάθηκε.

Πίνακας 5.20 Στοιχεία θαλάμου θέρμανσης βαρελιών

Χωρητικότητα	16 βαρέλια 200 λίτρων
Λειτουργία	Ατμού
Τάση λειτουργίας	400 volt
Ισχύς Θαλάμου	1,5 kW
Παροχή ατμού	8 bar
Κατανάλωση Ατμού	1 x 11 kg/h
Θέρμανση	Εναλλάκτης θερμότητας με σωλήνες από ανθρακούχο χάλυβα με πλέγμα χ 2
Κυκλοφορία Αέρα	Axial fans 0,75 kW / x 2
Θερμοκρασία λειτουργίας	Έως 100 ⁰ C
Τύπος μόνωσης	100mm υαλοβάμβακας
Πίνακας ελέγχου	Περιλαμβάνεται
Πάτωμα Θαλάμου	Απλό
Πλάτος Θαλάμου	3900 mm
Βάθος θαλάμου	1650 mm
Ύψος Θαλάμου	2950 mm
Βάρος Θαλάμου	2.500 kg

Για να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει από την αντικατάσταση αυτή έπρεπε αρχικά να υπολογιστεί πόσες παλετοδεξαμενές (TNT) χρειάζεται να προθερμαίνονται

την ημέρα. Σύμφωνα με στοιχεία από το αρμόδιο τμήμα, αυτά υπολογίζονται σε 39,55 δοχεία χωρητικότητας ενός κυβικού ανά ημέρα.

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοχωρητικότητας μιας τυπικής παρτίδας ημιέτοιμου προϊόντος, με βάση την σύνθεση του.

Πίνακας 5.21 Υπολογισμός μέσου συντελεστή μερικής θερμοχωρητικότητας ημιέτοιμου προϊόντος

Πυκνότητα	Ποσοστό κατά μάζα	Μερική Πυκνότητα (kg/m ³ μίγματος)	Ειδική θερμοχωρητικότητα (KJ/Kg/K)	Μέση μερική θερμοχωρητικότητα ημιέτοιμου προϊόντος
1000	70%	700,00	4,186	2,9302
1260	15%	189,00	2,43	0,3645
1010	15%	151,50	1,8	0,27
Σύνολο		1.040,5		3,5647

Στη συνέχεια θεωρείται ως υπόθεση (worst case scenario) ότι το ημιέτοιμο προϊόν θα βρίσκεται στους 0^oC και ενώ η επιθυμητή θερμοκρασία είναι στους 40 ^oC, για να είναι έτοιμο για τοποθέτηση στις γεμιστικές. Έτσι χρησιμοποιώντας τον τύπο $Q=N*m*C_p*(T_2-T_1)$ υπολογίζεται η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται ανά ημέρα για την θέρμανση του ημιέτοιμου προϊόντος (συνολικού). Η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για το κάθε IBC (International bulk container) είναι $5.867.609,365/39,55 = 148.362,81$ kJ

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ατμογεννήτριας της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας είναι γνωστό ότι ατμοπαραγωγή 2.500 kg/h, σε πίεση λειτουργίας $p = 8$ bar, αντιστοιχεί σε θερμική ισχύ 1.500.000 kcal /h.

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φούρνου συμπεραίνεται ότι απαιτούνται 43 kg ατμού/ h, δηλαδή 25.800 kcal /h, σε πίεση λειτουργίας $p = 8$ bar, που αντιστοιχεί σε **107.947,2 kJ/ h**.

Όποτε τελικά ένα TNT χρειάζεται για να αποκτήσει την κατάλληλη θερμοκρασία χρειάζεται:

$$148.362,81 \text{ kJ} / 107.947,2 \text{ kJ/ h} = 1,374 \text{ ώρες.}$$

Στη συνέχεια θέλοντας να υπολογιστεί το κόστος ανά κιλό ατμού, το οποίο απαιτείται για τον τελικό προσδιορισμό της εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 5.22 Υπολογισμός κόστος ανά κιλό ατμού

Ωριαία παραγωγή	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας το	Ετήσια παραγωγή	Κόστος ανά κιλό ατμού
-----------------	------------------	-----------------------	-----------------	-----------------------

ατμού (kg)	ατμογεννήτριας / ημέρα	χρόνο	ατμού	(ευρώ/kg ατμού)
2500	20	252	112.600.000	0,0057936

Είναι γνωστό λοιπόν από τα στοιχεία του κατασκευαστή ότι ο κάθε θάλαμος χρειάζεται 11kg/h. Οπότε σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα το κόστος λειτουργίας του θαλάμου ανά ώρα θα είναι **0,0637302 ευρώ/ώρα** και ανά μέρα θα είναι: **0,0637302 ευρώ/ ώρα * 24 = 1,512 ευρώ/ημέρα.**

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος λειτουργίας και των τεσσάρων θαλάμων που θα τοποθετηθούν, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει και το ανεμιστηράκι του.

Πίνακας 5.23 Συνολικό κόστος θαλάμων θέρμανσης βαρελιών

Κόστος Ενέργειας από Φυσικό Αέριο (ευρώ/χρόνο)/θάλαμο	Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (ευρώ/χρόνο)	Συνολικό Κόστος (ευρώ/χρόνο) (4 θάλαμοι)
385,44	907,2	2.448,96

Τελικά η εξοικονόμηση που προκύπτει ανά έτος με τη χρήση των θαλάμων θέρμανσης βαρελιών είναι = **4.700 - 2.448,96= 2.252,04 ευρώ/χρόνο**

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα που θα ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση της επένδυσης σε συμφέρουσας η μη .

Πίνακας 5.24 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	6000
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	15
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	2.252,04
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	27645,26
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	37,4
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	2,66

ΚΠΑ=27645,26>0 EBA=37,4>5%, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.6 Διακοπή λειτουργίας ταινιοδρόμων των γραμμών παραγωγής όταν οι γεμιστικές είναι εκτός λειτουργίας.

Στην επί τόπου αυτοψία στους χώρους παραγωγής παρατηρήθηκε ότι όταν οι γραμμές είναι εκτός λειτουργίας οι ταινιόδρομοι των γραμμών λειτουργούν κανονικά. Αυτό δεν θα έπρεπε να γίνεται ιδανικά. Σύμφωνα με τα στοιχεία των καταναλώσεων των γραμμών παραγωγής που έχουν παρατεθεί στο τρίτο κεφάλαιο προκύπτει ότι η εξοικονόμηση που θα προκύψει, εάν δεν γινόταν αυτή η παράβλεψη θα ήταν στις **9.375 kWh**. Με τιμή 0,1 ευρώ/ kWh, προκύπτει ετήσιο όφελος **937,5** ευρώ. Η δράση αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί πολύ απλά με την έκδοση οδηγίας, η οποία να υποχρεώνει τους χειριστές να κλείνουν όλους τους ταινιόδρομους από τους διακόπτες τους, κάθε φορά που μια γραμμή παραγωγής βγαίνει εκτός λειτουργίας.

5.3.7 Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης στο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα

Παρατηρώντας τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το καταγραφικό σύστημα που υπάρχει εγκατεστημένο στην υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν απώλειες στο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα. Αυτό διαπιστώθηκε σε μέρα, όπου η υπό μελέτη βιομηχανική ήταν εκτός λειτουργίας. Ο αεροσυμπιεστής λειτουργούσε κανονικά αλλά ο χωρίς να απαιτείται χρήση του πεπιεσμένου αέρα δεν χρησιμοποιούνταν σε καμία διεργασία. Παρόλα αυτά διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν απώλειες διότι ο αεροσυμπιεστής χρειαζόταν ανά κάποια δευτερόλεπτα να λειτουργεί ξανά για να γεμίζει το αεριοφυλάκιο. Αυτό δεν θα έπρεπε να συμβαίνει, καθώς όπως ήδη αναφέρθηκε στο εργοστάσιο δεν εκτελούνταν καμία διεργασία.

Η παραπάνω ισχύς που χρησιμοποιεί ο αεροσυμπιεστής για να καλύψει τις απώλειες είναι 10kw. Οπότε η ενέργεια που καταναλώνει ο αεροσυμπιεστής, ενώ δεν θα έπρεπε, είναι: **60.480 kwh**.

Λαμβάνοντας υπόψιν και τη διεθνή βιβλιογραφία και πρακτικές που εφαρμόζονται σε βιομηχανίες και επειδή είναι αδύνατο να μην υπάρχουν απώλειες καθόλου, με ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης του δικτύου πεπιεσμένου αέρα είναι δυνατό να επιτευχθεί εξοικονόμηση κοντά στις **36.000kWh/έτος**.

Το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης θα είναι σε εβδομαδιαία βάση και θα περιλαμβάνει εντοπισμό και επιδιόρθωση στις περιοχές που παρατηρούνται διαρροές.

Στο κόστος του προγράμματος αυτού θα περιλαμβάνεται το κόστος των υλικών καθώς και το κόστος των εργατικών που θα ανέρχεται σε **850 ευρώ/ χρόνο**.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι οικονομικοί δείκτες της παραπάνω επένδυσης.

Πίνακας 5.25 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	850
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	1
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	3.600
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	2.748,2
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	323,6%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	0,24

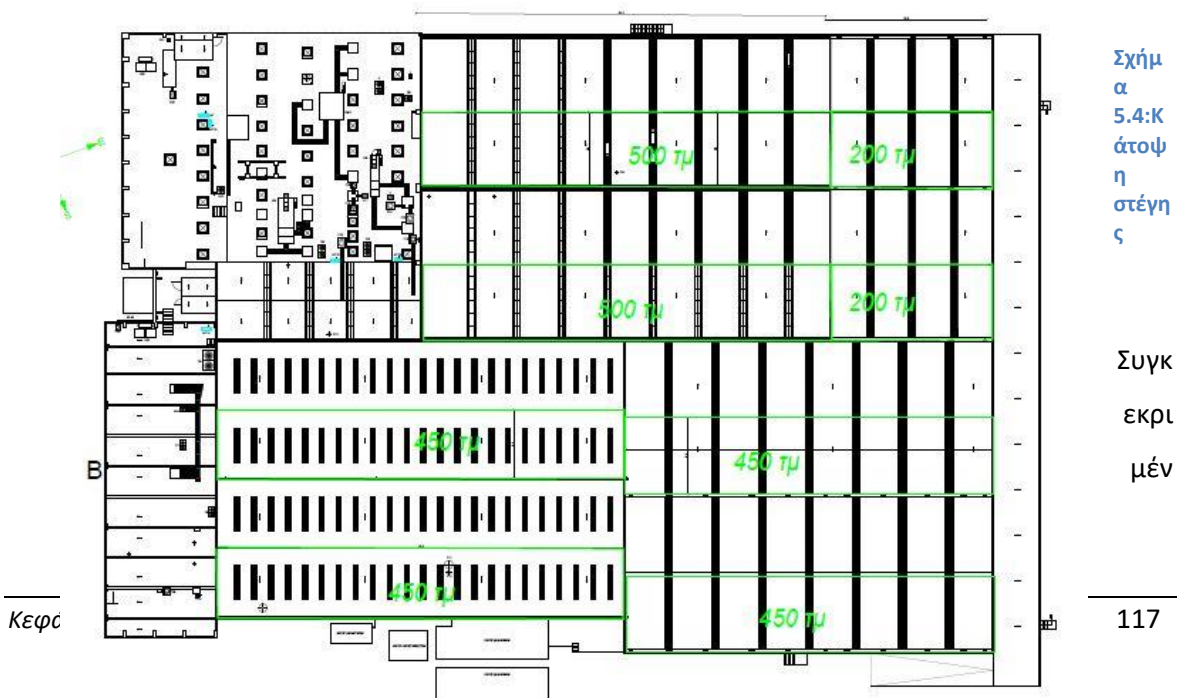
ΚΠΑ=2.748,2>0 ΕΒΑ=323,6%>5%, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.8 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Γεννητριών στην οροφή της βιομηχανικής μονάδας και ενεργειακός συμψηφισμός

5.3.8.1 Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου

Η υπό μελέτη βιομηχανική μονάδα διαθέτει μεγάλο και αναξιοποίητο χώρο στην οροφή της. Σε συνδυασμό με τον ευνοϊκό προσανατολισμό, την μηδενική σκίαση του και τα υψηλά ετήσια ποσοστά ηλιοφάνειας της περιοχής το καθιστούν μια πολύ ελκυστική επένδυση για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων για αυτοπαραγωγή.

Θεωρώντας ότι θα καλυφθούν όλες οι νότιες επιφάνειες όπως φαίνεται και στην κάτοψη της στέγης που φαίνεται παρακάτω, έχουμε διαθέσιμη επιφάνεια περίπου 3.200 m². Αφαιρούμε 15% του χώρου ακάλυπτο που θα αφηθεί για πρόσβαση, οπότε η διαθέσιμη τελικά επιφάνεια προς χρήση θα είναι 2700 m².



α η συνολική ονομαστική ισχύς της γεννήτριας ισούται με 100 kWp. Το σύστημα στήριξης των πλαισίων θα γίνει με βάσεις σταθερής κλίσης, ρυθμισμένη στις 30°. Δεδομένου ότι η εγκατάσταση θα γίνει σε επίπεδη ταράτσα θα πρέπει να έχει υψηλή μηχανική αντοχή, αντοχή στις ανεμοπιέσεις αλλά και χαμηλό βάρος ώστε να μην επιβαρύνει τη στατικότητα του κτιρίου. Επίσης η συνολική ισχύς του τριφασικού αντιστροφέα θα πρέπει να είναι 380 kW.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία η εκτιμώμενη παραγωγή θα είναι 1500-1600 kWh/ έτος ανά εγκαταστημένο kWp. Η μέση αναμενόμενη απόδοση είναι 1550 kWh/ έτος ανά εγκατεστημένο kWp. Οπότε με βάση τα παραπάνω στοιχεία, υπολογίζεται ότι η ετήσια αναμενόμενη ενεργειακή απολαβή του Φ/Β συστήματος θα είναι: 155.000 kWh/ έτος.

Τέτοιου μεγέθους έργα σύμφωνα με προσφορές εκτιμώνται με κόστος 750- 950 € / kw. Επομένως παίρνοντας μια μέση τιμή 850 € / kw, το εκτιμώμενο κόστος θα είναι 85.000 €.

Οι αναμενόμενες συνολικές απώλειες της εγκατάστασης υπολογίζονται περίπου στο 20% της ονομαστικής ισχύος.

5.3.8.2 Αυτοπαραγωγή και συμψηφισμός (net metering)

Ο συμψηφισμός παραγόμενης -καταναλισκόμενης ενέργειας (net- metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με ΑΠΕ και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Το net-metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεων του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας.

Ο όρος “net” προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μια ορισμένη χρονική περίοδο.

Προϋποθέσεις ενεργειακού συμψηφισμού:

A) Διασυνδεδεμένα τμήματα της χώρας

1. Η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 κιλοβάτ (kWp) μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 20 kWp.
2. Ειδικά για νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.

3. Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί δεν μπορεί να υπερβαίνει το όριο των 500 kWp.

B) Μη διασυνδεδεμένα τμήματα της χώρας

1. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, η ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να ανέρχεται μέχρι 10 kWp και ειδικά στην Κρήτη μέχρι 20 kWp ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 10 kWp ή για την Κρήτη τα 20 kWp.
2. Ειδικά για νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.
3. Η μέγιστη ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά δεν μπορεί να υπερβαίνει το όριο των 50 kWp για την Κρήτη και των 20 kWp για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Εξαίρεση αποτελούν οι περιπτώσεις εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σταθμών από νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά εκτός της Κρήτης, όπου η ισχύς δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτατο όριο των 100 kWp, και ειδικά για την Κρήτη, δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτατο όριο των 300 kWp.

Βασικοί όροι και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών συστημάτων αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό:

1. Η ύπαρξη ενεργού μόνιμης παροχής ρεύματος στο όνομα του αυτοπαραγωγού μέσω της οποίας τροφοδοτείται η εγκατάσταση κατανάλωσής του
2. Το φωτοβολταϊκό σύστημα αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με έναν μετρητή κατανάλωσης, δηλαδή με τον μετρητή της εγκατάστασης κατανάλωσης την οποία τροφοδοτεί (δεν ισχύει στις περιπτώσεις εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού).
3. Το φωτοβολταϊκό σύστημα εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης προς την οποία αντιστοιχίζεται (δεν είναι επιτρεπτός ο συμψηφισμός με καταναλώσεις του ιδίου φυσικού ή νομικού προσώπου σε άλλες θέσεις εγκατάστασης, με εξαίρεση τις κατηγορίες αυτοπαραγωγών για τους οποίους ισχύει ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός).
4. Ο ενδιαφερόμενος έχει τη νόμιμη χρήση του χώρου εγκατάστασης του συστήματος.

5. Ο ενδιαφερόμενος έχει εξοφλήσει πλήρως τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας του οικείου Προμηθευτή (ή έχει ενταχθεί σε καθεστώς ρύθμισης οφειλών).

Ο φωτοβολταϊκός σταθμός συνδέεται στο Δίκτυο ως εξής:

Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού, για τη σύνδεση ο Διαχειριστής του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ), κάνει χρήση της παροχής μέσω της οποίας τροφοδοτείται η εγκατάσταση κατανάλωσης όπου εγκαθίσταται ο φωτοβολταϊκός σταθμός, όταν αυτό είναι τεχνικά δυνατό. Ο αυτοπαραγωγός απαιτείται να μεριμνήσει για τη δυνατότητα εγκατάστασης του απαιτούμενου μετρητή απορροφηθείσας-εγχυθείσας ενέργειας, στη θέση της υφιστάμενης παροχής, καθώς και για την εγκατάσταση μετρητή παραγωγής που θα αποτελεί μέρος της εσωτερικής ηλεκτρικής του εγκατάστασης. Η σύνδεση αντιστοιχεί σε υφιστάμενο αριθμό παροχής κατανάλωσης επ' ονόματι του αυτοπαραγωγού. Διευκρινίζεται ότι σε υφιστάμενες μονοφασικές παροχές ΧΤ, η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 5 kWp. Για μεγαλύτερη ισχύ φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτείται προηγούμενη επαύξηση της παροχής με μετατροπή της σε τριφασική. Για την εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού απαιτείται η καταγραφή τόσο της εισερχόμενης ενέργειας (ενέργεια που απορροφάται από το δίκτυο) όσο και της εξερχόμενης ενέργειας (ενέργειας που εγχέεται στο Δίκτυο). Προς τούτο εφόσον ο υφιστάμενος μετρητής της εγκατάστασης κατανάλωσης δεν διαθέτει ήδη τη δυνατότητα αυτή, αντικαθίσταται με νέο μετρητή διπλής κατεύθυνσης – καταγραφής. Περαιτέρω απαιτείται η εγκατάσταση και δεύτερου μετρητή για τη μέτρηση της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας. [20]

5.3.8.3 Αξιολόγηση επένδυσης αυτοπαραγωγής και ενεργειακού συμψηφισμού

Η δράση για εξοικονόμηση ενέργειας που προτείνεται είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην οροφή της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας με σκοπό την αυτοπαραγωγή και τον ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering).

Σύμφωνα με τον ΔΕΔΔΗΕ σε περίπτωση κλιμακούμενης χρέωσης στο τιμολόγιο κατανάλωσης ή πολυζωνικού τιμολογίου, ο συμψηφισμός πραγματοποιείται με τρόπο ώστε να προκύπτουν οι χαμηλότερες χρεώσεις για τον αυτοπαραγωγό στο επίπεδο του εκάστοτε εκκαθαριστικού λογαριασμού». Αλλά και να μην ίσχυε αυτό έτσι και αλλιώς οι ημερήσιες ανάγκες του εργοστασίου ξεπερνούν την παραγόμενη ενέργεια των ΦΒ. Άρα η παραγόμενη ενέργεια αφαιρείται από την χρέωση Ημέρας.

Στον Πίνακα 5.24 παρουσιάζεται η ετήσια εξοικονόμηση που προκύπτει από την παραπάνω δράση.

Το ετήσιο κέρδος από ενέργεια προκύπτει με την τιμή της kWh να είναι 0,05903 (χρέωση ημέρας). **0,05903*155.000 kWh= 9.150 ευρώ.**

Πίνακας 5.26 Ετήσια εξοικονόμηση (ευρώ)

ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ	ΕΥΡΩ
Ετήσιο κέρδος από ενέργεια (ευρώ)	9.150
Ετήσιο κέρδος από ρυθμιζόμενες χρεώσεις	1.000
Ετήσιο κέρδος από CO ₂	300
ΣΥΝΟΛΟ	10.450

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οικονομικά δεδομένα που θα ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση της επένδυσης σε συμφέρουσας η μη.

Πίνακας 5.27 Στοιχεία επένδυσης και οικονομικοί δείκτες

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	85.000
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	0,05
Διάρκεια Ζωής της Επένδυσης (N)	25
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	10.500
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	17.5801.4
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	11.6%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	8.11

ΚΠΑ=17.5801.4>0 και ΕΒΑ=11.6%>5%, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

6 Συμπεράσματα και προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής έδωσε μια σαφή εικόνα του ενεργειακού προφίλ της βιομηχανικής μονάδας φανερώνοντας τις ελλείψεις σε βασικούς τομείς, αλλά και επισημαίνοντας τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ενεργειακή επιθεώρηση της βιομηχανικής μονάδας:

1. Βελτιωτικές δράσεις στο φωτισμό θα προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση.

Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες τεχνολογίας LED θα μείωνε αρκετά το κόστος για φωτισμό και θα βελτίωνε τις συνθήκες εργασίας για το προσωπικό

2. Βελτιωτικές δράσεις στην εξωτερική τοιχοποιία και στους υαλοπίνακες της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας

Στο σενάριο αυτό προτάθηκαν δράσεις για τοποθέτηση θερμοπρόσοψης στα δύο είδη εξωτερικής τοιχοποιίας που έχει το κτίριο των γραφείων της υπό μελέτης βιομηχανικής μονάδας καθώς και αλλαγή των υφιστάμενων υαλοπινάκων. Από την ανάλυση που έχει γίνει προηγουμένως παρατηρείται ότι δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα πρόταση αλλά είναι επιβεβλημένη για να είναι η κτιριακή εγκατάσταση εντός των προβλεπόμενων κανονισμών ενεργειακής απόδοσης.

3. Η επένδυση για εγκατάσταση Φ/Β γεννητριών για αυτοπαραγωγή είναι άκρως βιώσιμη.

Η εγκατάσταση Φ/Β γεννητριών στο δώμα του κτιρίου για αυτοπαραγωγή και συμψηφισμό είναι μια επένδυση με μεγάλη διάρκεια ζωής που θα αποφέρει σημαντικό οικονομικό όφελος στην επιχείρηση μακροπρόθεσμα, ενώ η απόσβεση της εκτιμάται στα 6,5 χρόνια, εάν η επένδυση γίνει με ίδια κεφάλαια. Τέλος, υπάρχει πάντα και η δυνατότητα μερικής ή ολικής χρηματοδότησης της επένδυσης με τη μορφή δανείου.

4. Η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι άκρως καθοριστική

Καθοριστικής σημασίας στη μείωση των καταναλώσεων και στην ορθολογική χρήση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και των συστημάτων θέρμανσης είναι η ευαισθητοποίηση του προσωπικού για αυτά τα ζητήματα. Συνίσταται η αποφυγή άσκοπης χρήσης του φωτισμού σε περιπτώσεις που ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, η σύνεση στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών ,κλιματισμού (π.χ. απενεργοποίηση τους όταν δεν χρησιμοποιούνται) και στην διακοπή της λειτουργίας των ταινιοδρόμων, όταν οι γραμμές παραγωγής δεν χρησιμοποιούνται. Όλα αυτά μπορούν να γίνουν πράξη με τη διοργάνωση εκ μέρους της διεύθυνσης σεμιναρίων απόκτησης ενεργειακής ευσυνειδησίας.

5. Η επένδυση για θερμομόνωση της αίθουσας του θερμοθαλάμου ή αντικατάσταση των αερόθερμων με θαλάμους θέρμανσης βαρελιών.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο μια δράση εξοικονόμησης ενέργειας στον θερμοθάλαμο είναι επιτακτική. Στο πλαίσιο αυτό προτάθηκαν δύο δράσεις εξοικονόμησης, που είναι οικονομικά βιώσιμες. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι το σενάριο που προτείνει την αντικατάσταση των αερόθερμων με τους θαλάμους θέρμανσης βαρελιών ενώ έχει καλύτερη περίοδο αποπληρωμής και είναι μια προσέγγιση που δίνει και έμφαση και στην διαχείριση χώρου (space management) είναι μια διαρθρωτική αλλαγή στον τρόπο προθέρμανσης των παλετοδεξαμενών (TNT) που απαιτεί μεγάλο χρόνο προσαρμογής του προσωπικού που είναι συνηθισμένοι στην υπάρχουσα ρουτίνα. Επομένως είναι στην ευχέρεια του κάθε διευθυντή το κατά πόσο θα θέλει να αλλάξει αυτή τη διαδικασία.

6. Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης δικτύου πεπιεσμένου αέρα

Μελετώντας τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το σύστημα καταγραφής των αεροσυμπιεστών παρατηρήθηκε, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5, μεγάλες απώλειες στο δίκτυο πεπιεσμένου αέρα. Αυτό το γεγονός αντιμετωπίζεται με ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης που θα αποφέρει άμεσα τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας.

6.2 Προοπτικές

Κατά την εκπόνηση της ενεργειακής επιθεώρησης του εξεταζόμενου κτιρίου, το κυριότερο πρόβλημα που παρουσιάστηκε, ήταν η δυσκολία του να πάρουμε ληφθούν με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για τα μεγάλα φορτία της βιομηχανικής μονάδας. Έτσι θα είχαμε τη δυνατότητα να φτιάχναμε ένα πιο πλήρες ενεργειακό προφίλ, πιο κοντά στις πραγματικές καταναλώσεις, ώστε να προταθούν πιο εξειδικευμένες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας κυρίως στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Επίσης ένα άλλο πρόβλημα ήταν η απουσία μελέτης θερμομόνωσης. Θα πρέπει να γίνουν εργασίες από αρμόδια συνεργεία για τον εντοπισμό των επιμέρους δομικών στοιχείων, έτσι ώστε να βρεθεί και να υπολογιστεί ο ακριβής συντελεστής θερμοπερατότητας. Με αυτόν τον τρόπο, δε θα χρειάζεται να γίνει η παραδοχή που έγινε αναγκαστικά σχετικά με τις θερμογέφυρες, λόγω ακριβέστερων αποτελεσμάτων, ώστε να σχηματισθεί ένα πληρέστερο ενεργειακό προφίλ.

Σε κάθε περίπτωση, τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας καταδεικνύουν πόσο σημαντική είναι η ενεργειακή επιθεώρηση στον βιομηχανικό τομέα. Θα πρέπει πλέον όλες οι βιομηχανικές μονάδες και σύμφωνα πάντα με τη κείμενη νομοθεσία να διενεργούν συστηματικούς ενεργειακούς ελέγχους, να υποβάλλουν τα στοιχεία αυτά του ενεργειακού ελέγχου στο ΥΠ.ΠΕ.ΚΑ και να πιστοποιούνται με τα διάφορα πρότυπα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα οι βιομηχανικές μονάδες να κάνουν ορθότερη και αποτελεσματικότερη χρήση της ενέργειας με πολλαπλά οφέλη, τόσο για τις ίδιες σε επίπεδο μείωσης κόστους αλλά και κατά συνέπεια στη μείωση των βλαβερών ουσιών που εκπέμπονται στο περιβάλλον

7 Βιβλιογραφία

- [1] «Οδηγία 2012/27/ΕΕ,» 25 Οκτωβρίου 2012.
- [2] « Έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ) και της ετήσιας έκθεσης προόδου για την επίτευξη του εθνικού στόχου ενεργειακής απόδοσης, έτους 2017,» *ΦΕΚ*, 21 Μάρτιος 2018.
- [3] «Καθορισμός Υπόχρεων Μερών έτους 2018 και Κατανομή του Ετήσιου Σωρευτικού Στόχου σε αυτά.,» *ΦΕΚ*, 21 Μαρτίου 2018.
- [4] « Κανονισμός Λειτουργίας Καθεστώτος Υποχρέωσης Ενεργειακής Απόδοσης.,» *ΦΕΚ*, 11 Απρίλιος 2017.
- [5] «Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης,» Δεκέμβριος 2014.
- [6] «Συστήματα αναγνώρισης προσόντων και πιστοποίησης Ενεργειακών Ελεγκτών. Μητρώο Ενεργειακών Ελεγκτών και Αρχείο Ενεργειακών Ελέγχων.,» 30 Μαΐου 2018.
- [7] «Ενσωμάτωση Οδηγίας 2012/27/ΕΕ,» *ΦΕΚ*, 9 Νοεμβρίου 2015.
- [8] «Οδηγός Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια, βιομηχανία και μεταφορές,» Ιανουάριος 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ChC3T8hsIT8%3d&tabid=281&language=el-GR>.
- [9] Φ. Καραμάνη, «Βασικές αρχές των συστημάτων ψύξης / Νέες τεχνολογίες,» 2018.
- [10] «Αρχές Λειτουργίας Αεροσυμπιεστών,» 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.atlascopco.com/el-gr>.
- [11] «Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://academics.epu.ntua.gr/LinkClick.aspx?fileticket=X65gi-HgwpU%3d&tabid=378&mid=834>.
- [12] «ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ,» 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-2_2017_TEE_1st_Edition.pdf.
- [13] ΥΠΕΚΑ, «web.tee.gr,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-2-Final-%D4%C5%C5....pdf>.
- [14] T.O.T.E.E.
- [15] «Manual Flir 1.2».

- [16] «Fluke 1735 manual».
- [17] «Power Log -PC Application Software -Users Manual».
- [18] «Οικονομική Αξιολόγηση Ενεργειακών Επενδύσεων,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://academics.epu.ntua.gr/LinkClick.aspx?fileticket=unYkmaNIWr0%3d&tabid=378&mid=834>.
- [19] «Φωτισμός – Ηλεκτρονικός εξοπλισμός γραφείου,» 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/effect_lesvos/3_EFFECT-%20W5-%20LESVOS_lighting_IT_MT.pdf.
- [20] «Επίσημη ιστοσελίδα Πανελληνίου Συνδέσμου Διογκωμένης Πολυστερίνης,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.epshellas.com/>.
- [21] «Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν. 3468/2006,» ΦΕΚ, 5 Μαΐου 2017.
- [22] «Εσωτερική ή Εξωτερική Θερμομόνωση,» 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.thermomonomismyconstructor.gr/>.