



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Ανάπτυξη εργαλείου για ενεργειακές επιθεωρήσεις
μικρομεσαίων επιχειρήσεων**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Κλεάνθης-Κωνσταντίνος Καραγιάννης

Επιβλέπων Καθηγητής : Ιωάννης Παναπακίδης

Βόλος, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Ανάπτυξη εργαλείου για ενεργειακές επιθεωρήσεις
μικρομεσαίων επιχειρήσεων**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Κλεάνθης-Κωνσταντίνος Καραγιάννης

Επιβλέπων Καθηγητής : Ιωάννης Παναπακίδης

Βόλος, 2021



University of Thessaly

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Development of tool for energy audit of small-medium
enterprises**

MSc Thesis

Kleanthis-Konstantinos Karagiannis

Supervisor: Ioannis Panapakidis

Volos, 2021

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή :

Επιβλέπων

Ιωάννης Παναπακίδης

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

Μέλος

Δημήτριος Μπαργιώτας

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών

Μέλος

Ασπασία Δασκαλοπούλου

Επίκουρος Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών

Ημερομηνία έγκρισης: 23-02-2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο ταξίδι της συγγραφής του εν λόγω πονήματος, στο πλάι μου βρισκόταν συνεχώς ο Επίκουρος Καθηγητής Παναπακίδης Ιωάννης, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω και προσωπικά, καθώς ο ίδιος με τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε, συνέβαλε τα μέγιστα στην απρόσκοπτη εξέλιξη και στην επιτυχή ολοκλήρωση της όλης διαδικασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τους διδάσκοντες του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας» που μου προσέφεραν το θεωρητικό υπόβαθρο και τις γνώσεις για την εκπόνηση της εν λόγω μεταπτυχιακής διατριβής. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζει στην οικογένειά μου και στην κοπέλα μου που ουκ ολίγες φορές απορρόφησαν το άγχος και την αγωνία μου και στάθηκαν δίπλα μου με περισσή ενσυναίσθηση.

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ**

«Έχοντας πλήρη επίγνωση των επιπτώσεων των νόμων περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι αυτή η διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγές που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της διατριβής, είναι αποκλειστικά προϊόν της προσωπικής μου δουλειάς και δεν παραβαίνουν οποιαδήποτε δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν εργασία / συνεισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται η άδεια των συγγραφέων / δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή πλήρους λογοκλοπής, ενώ οι πηγές που χρησιμοποιούνται περιορίζονται μόνο στις βιβλιογραφικές αναφορές και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής αναφοράς. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται με σαφήνεια στο κείμενο με την κατάλληλη αναφορά και η σχετική πλήρης αναφορά περιλαμβάνεται στην ενότητα βιβλιογραφικών αναφορών. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που μπορεί να προκύψουν σε περίπτωση που αποδειχθεί, με την πάροδο του χρόνου, ότι αυτή η διατριβή ή μέρος αυτής δεν ανήκει σε μένα, επειδή είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο Δηλών,

Κλεάνθης-Κωνσταντίνος Καραγιάννης

23/02/2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βελτίωση της αποδοτικότητας στο βιομηχανικό ενεργειακό σύστημα αποτελεί τον πιο καθοριστικό παράγοντα στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και του ενεργειακού κόστους. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το περιθώριο ενίσχυσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του ευρωπαϊκού ενεργειακού κλάδου ξεπερνά το 25%, με τις βελτιώσεις να επικεντρώνονται σε τομείς όπως οι αντλίες, οι ανεμιστήρες και ο φωτισμός. Παρά την εκτεταμένη προσοχή που έχει δοθεί στην εξοικονόμηση ενέργειας, οι έρευνες αποδεικνύουν ότι η πλειονότητα των διαθέσιμων οικονομικά και ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών δεν ενσωματώνονται σε μεγάλο βαθμό εξαιτίας διαφόρων εμποδίων, και κυρίως λόγω της ελλιπούς πληροφόρησης. Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και χρησιμοποιημένα εργαλεία που συμβάλουν στην υπέρβαση των εμποδίων αυτών και ενισχύουν την ενεργειακή αποδοτικότητα στη βιομηχανία, ιδιαίτερα όταν αυτές διεξάγονται σε μικρομεσαίες βιομηχανικές μονάδες. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση ενός εργαλείου ενεργειακής επιθεώρησης για μικρομεσαίες επιχειρήσεις, το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας». Το εργαλείο αυτό προορίζεται ως ένα βοηθητικό εργαλείο υποστήριξης των αποφάσεων και όχι ως εργαλείο εξ' ολοκλήρου λήψης αυτών. Οι χρήστες οφείλουν να επιβεβαιώσουν ότι οι αποφάσεις που λαμβάνουν είναι ορθές και οι τιμές που παρουσιάζει το εργαλείο αντιστοιχούν στα εκάστοτε πραγματικά δεδομένα και συνθήκες.

ABSTRACT

Improving the efficiency of the industrial energy system is the most crucial factor in trying to reduce greenhouse gas emissions and energy costs. According to the European Commission, the margin for enhancing the energy efficiency of the European energy sector exceeds 25%, with improvements focusing on areas such as pumps, fans and lighting. Despite the extensive attention paid to energy savings, research shows that most of the available cost-effective technologies are not integrated to a large extent due to various barriers, and mainly due to lack of information. Energy inspection is one of the most widespread and widely used tools to help overcome these barriers and enhance energy efficiency in industry, especially when carried out in small and medium-sized industrial units. The purpose of this paper is to present an energy inspection tool for small and medium enterprises, which was developed within the postgraduate program "Smart Grid Energy Systems". This tool is intended as an auxiliary tool for decision support and not as an entirely decision-making tool. Users must confirm that the decisions they make are correct and that the values presented by the tool correspond to the actual data and conditions.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ix
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	xiii
ABSTRACT	xv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xxi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xxv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	2
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	2
1.1 Εισαγωγή	2
1.2 Κατανάλωση καυσίμων	2
1.3 Κατανάλωση ενέργειας ανά κλάδο	5
1.4 Σημαντικότητα ενεργειακής επιθεώρησης	5
1.5 Διαχείριση της ενέργειας	6
1.5.1 Ενεργειακή επιθεώρηση	7
1.5.1.1 Πόροι κα διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης	8
1.5.1.2 Οφέλη ενεργειακής επιθεώρησης.....	9
1.5.1.3 Τύποι ενεργειακής επιθεώρησης	9
1.5.1.3.1 Προκαταρκτική επιθεώρηση.....	9
1.5.1.3.2 Γενική επιθεώρηση	10
1.5.1.3.3 Λεπτομερής επιθεώρηση	10
1.5.1.3.4 Εργαλεία για τη διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης	11
1.5.2 Επιμορφωτικά σεμινάρια για την ενεργειακή αποδοτικότητα	12
1.5.3 Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω οργάνωσης και συντήρησης.....	12
1.5.3.1 Βασικά στοιχεία οργάνωσης και συντήρησης	13
1.6 Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας	14
1.6.1 Σύστημα μετάδοσης κίνησης μεταβλητής ταχύτητας.....	14
1.6.1.1 Σύστημα ελέγχου της μεταβλητής ταχύτητας	15
1.6.2 Ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας.....	15
1.6.2.1 Χρήση εξοικονομητών.....	16
1.6.3 Κινητήρες υψηλής απόδοσης	17
1.6.3.1 Ταξινόμηση απόδοσης κινητήρων.....	18
1.6.4 Αποφυγή διαρροών στους αεροσυμπιεστές.....	19

1.6.4.1 Εντοπισμός διαρροών	21
1.6.4.2 Αντιμετώπιση διαρροών	21
1.6.5 Πτώση πίεσης	21
1.6.5.1 Ελαχιστοποίηση πτώσης πίεσης.....	22
1.7 Νομοθεσία	22
1.7.1 Εκπαιδευτικό υπόβαθρο Ενεργειακών Επιθεωρητών.....	22
1.7.2 Επαγγελματικό πλαίσιο - ελάχιστες απαιτήσεις	23
1.7.3 Επαγγελματικά δικαιώματα.....	24
1.7.4 Εκπαιδευτικό υπόβαθρο, εμπειρία και προσόντα	24
1.7.4.1 Ταξινόμηση Επιθεωρητών σε Ενεργειακές Τάξεις.....	25
1.7.5 Φορείς πιστοποίησης.....	26
1.8 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	27
1.9 Μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας.....	28
1.10 Δομή της διπλωματικής εργασίας	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	29
ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	29
2.1 Εισαγωγή γενικών στοιχείων επικοινωνίας.....	29
2.2 Βασική δομή.....	30
2.3 Εισαγωγή δεδομένων	30
2.3.1 Καρτέλα κατανάλωσης και κόστους ηλεκτρικής ενέργειας	30
2.3.2 Καρτέλα κατανάλωσης και κόστους καυσίμων.....	33
2.3.3 Τομείς κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	34
2.3.3.1 Φωτισμός	35
2.3.3.2 Πεπιεσμένος αέρας.....	36
2.3.3.3 Εξαερισμός	39
2.3.3.4 Αντλίες.....	40
2.3.3.5 Συστήματα μετάδοσης κίνησης.....	41
2.3.3.6 Κλιματισμός και ψύξη	42
2.3.3.7 Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις	44
2.3.3.8 Γραφεία και διοίκηση	45
2.3.4 Τομείς παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας	46
2.3.4.1 Παραγωγή θερμότητας	47
2.3.4.2 Διανομή της θερμότητας.....	49

2.3.4.3 Πελάτες – καταναλωτές θερμότητας	51
2.3.4.4 Σύστημα τηλεθέρμανσης.....	54
2.3.4.5 Αντικατάσταση – βελτίωση λέβητα.....	55
2.3.5 Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	60
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	60
3.1 Επιθεώρηση κλάδων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	60
3.1.1 Φωτισμός.....	60
3.1.2 Πεπιεσμένος αέρας.....	63
3.1.3 Εξαερισμός.....	68
3.1.4 Αντλίες	69
3.1.5 Σύστημα μετάδοσης κίνησης	70
3.1.6 Κλιματισμός και ψύξη	72
3.1.7 Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις.....	75
3.1.8 Γραφεία και διοίκηση	75
3.1.9 Συμπεράσματα ενεργειακής επιθεώρησης – ηλεκτρική ενέργεια	77
3.2 Επιθεώρηση κλάδων παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας	79
3.2.1 Παραγωγή θερμότητας.....	79
3.2.2 Διανομή της θερμότητας	82
3.2.3 Πελάτες – καταναλωτές θερμότητας.....	85
3.2.4 Σύστημα τηλεθέρμανσης	91
3.2.5 Αντικατάσταση – βελτίωση λέβητα	93
3.2.6 Συμπεράσματα ενεργειακής επιθεώρησης - θερμότητα	94
3.3 Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας	96
3.3.1 Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας	96
3.3.2 Εξοικονόμηση θερμότητας	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	107
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	107
4.1 Αναγκαιότητα για εξοικονόμηση ενέργειας	Error! Bookmark not defined.
4.2 Χρησιμότητα εργαλείου Ενεργειακής Επιθεώρησης.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Αντικείμενα μελλοντικής έρευνας.....	Error! Bookmark not defined.
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 : Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από το 1980 μέχρι το 2030 [1].	3
Σχήμα 1.2: Παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων ανά βιομηχανικό κλάδο το 2006 και το 2030 [1].	3
Σχήμα 1.3: Μερίδιο κατανάλωσης καυσίμων στο βιομηχανικό τομέα το 2006 [1].	4
Σχήμα 1.4: Μερίδιο κατανάλωσης καυσίμων στο βιομηχανικό τομέα το 2030 [1].	4
Σχήμα 1.5: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά βιομηχανικό κλάδο το 2006.	5
Σχήμα 1.6: Πόροι που απαιτούνται για μια ενεργειακή επιθεώρηση [11].	8
Σχήμα 1.7: Τυπική διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης [10].	8
Σχήμα 1.8: Θεματικές ενότητες επιμορφωτικών σεμιναρίων [13].	12
Σχήμα 1.9: Κύκλωμα ελέγχου της ταχύτητας ενός επαγωγικού κινητήρα [19].	16
Σχήμα 1.10: Σχέση απωλειών ισχύος με διάμετρο οπής [23].	19
Σχήμα 2.1: Αρχική οθόνη.	29
Σχήμα 2.2 : Κεντρική οθόνη.	31
Σχήμα 2.3 : Καρτέλα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.	31
Σχήμα 2.4: Προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος.	32
Σχήμα 2.5 : Καρτέλα κατανάλωσης θερμικής ενέργειας.	33
Σχήμα 2.6: Προφίλ κατανάλωσης φυσικού αερίου και κόστος.	34
Σχήμα 2.7 : Σύνοψη ηλεκτρικής ενέργειας.	35
Σχήμα 2.8 : Καρτέλα φωτισμού.	36
Σχήμα 2.9 : Καρτέλα συστήματος πεπιεσμένου αέρα (1).	37
Σχήμα 2.10 : Καρτέλα συστήματος πεπιεσμένου αέρα (2).	37
Σχήμα 2.11 : Πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τους συμπιεστές.	38
Σχήμα 2.12 : Καρτέλα συστήματος αερισμού.	39
Σχήμα 2.13 : Καρτέλα αντλιών.	40
Σχήμα 2.14 : Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης.	41
Σχήμα 2.15 : Καρτέλα ψύξης και κλιματισμού.	42
Σχήμα 2.16 : Πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις ψυκτικές μονάδες.	43
Σχήμα 2.17 : Καρτέλα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις.	44

Σχήμα 2.18 : Καρτέλα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας γραφείων και διοίκησης.	45
Σχήμα 2.19 : Σύνοψη θερμικής ενέργειας.....	46
Σχήμα 2.20 : Καρτέλα παραγωγής θερμότητας.	47
Σχήμα 2.21 : Καρτέλα διαστασιολόγησης υδραυλικών σωληνώσεων.	48
Σχήμα 2.22 : Καρτέλα δικτύου διανομής θερμότητας.	49
Σχήμα 2.23 : Καρτέλα υπολογισμού μόνωσης σωληνώσεων.....	50
Σχήμα 2.24 : Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας (1).	51
Σχήμα 2.25 : Καρτέλα λέβητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.	52
Σχήμα 2.26 : Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας (2).	53
Σχήμα 2.27 : Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας (3).	54
Σχήμα 2.28 : Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης θερμότητας.	55
Σχήμα 2.29 : Καρτέλα αντικατάστασης λέβητα.....	56
Σχήμα 2.30 : Καρτέλα υπολογισμού χρόνου απόσβεσης.....	57
Σχήμα 3.1: Κατανομή ηλεκτρικού φορτίου.	60
Σχήμα 3.2: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 1.	61
Σχήμα 3.3: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 2.	61
Σχήμα 3.4: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 3.	61
Σχήμα 3.5: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 4.	62
Σχήμα 3.5: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 5.	62
Σχήμα 3.6: Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού.....	63
Σχήμα 3.7: Καρτέλα φωτισμού – Πίνακας.....	63
Σχήμα 3.8: Στοιχεία συμπιεστή σταθερής ταχύτητας.	64
Σχήμα 3.9: Θεωρητική πτώση πίεσης.	64
Σχήμα 3.10: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 1.	65
Σχήμα 3.11: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 2.	65
Σχήμα 3.12: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 3.	66
Σχήμα 3.13: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 4.	66
Σχήμα 3.14: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 5.	67
Σχήμα 3.15: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 6.	67
Σχήμα 3.16: Καρτέλα συστήματος εξαερισμού - Τεχνικά χαρακτηριστικά.	68
Σχήμα 3.17: Καρτέλα συστήματος εξαερισμού - Αποτελέσματα.	69

Σχήμα 3.18: Καρτέλα αντλιών - Στοιχεία κατανάλωσης.....	70
Σχήμα 3.19: Καρτέλα αντλιών - Αποτελέσματα.	70
Σχήμα 3.20: Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης - Τεχνικά χαρακτηριστικά. ..	71
Σχήμα 3.21: Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης - Σύστημα οδήγησης μικρής ισχύος.	71
Σχήμα 3.22: Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης - Αποτελέσματα.	72
Σχήμα 3.23: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Τεχνικά χαρακτηριστικά.	73
Σχήμα 3.24: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Ηλικία εξοπλισμού.....	73
Σχήμα 3.25: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων –Ερώτηση 1.	73
Σχήμα 3.26: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Ερώτηση 2.	74
Σχήμα 3.27: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Ερώτηση 3.	74
Σχήμα 3.28: Καρτέλα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις - Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	75
Σχήμα 3.29: Καρτέλα ηλεκτρονικού εξοπλισμού - Καταναλισκόμενη ενέργεια.....	76
Σχήμα 3.30: Καρτέλα ηλεκτρονικού εξοπλισμού - Ερωτήσεις αξιολόγησης.	76
Σχήμα 3.31: Αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας.	77
Σχήμα 3.32: Αξιολόγηση τομέων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	78
Σχήμα 3.33: Ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που εξοικονομείται ανά τομέα.	79
Σχήμα 3.34: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού.	80
Σχήμα 3.35: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ανάκτηση θερμότητας.....	80
Σχήμα 3.36: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Αποτελέσματα.....	81
Σχήμα 3.37: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ερώτηση 1.	81
Σχήμα 3.38: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ερώτηση 2.	82
Σχήμα 3.39: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ερώτηση 3.	82
Σχήμα 3.40: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 1.....	83
Σχήμα 3.41: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 2.....	83
Σχήμα 3.42: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 3.....	84
Σχήμα 3.43: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 4.....	84
Σχήμα 3.44: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 5.....	85
Σχήμα 3.45: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 6.....	85
Σχήμα 3.46: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας - Χαρακτηριστικά κτηρίων.	86

Σχήμα 3.47: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας – Εσωτερικά θερμικά φορτία.....	87
Σχήμα 3.48: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας - Ερώτηση 1.....	87
Σχήμα 3.49: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας - Ερώτηση 2.....	87
Σχήμα 3.50: Καρτέλα παραγωγής ZNX.	88
Σχήμα 3.51: Καρτέλα παραγωγής ZNX - Υπολογισμοί.....	88
Σχήμα 3.52: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Τεχνικά χαρακτηριστικά.	89
Σχήμα 3.53: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 1.	89
Σχήμα 3.54: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 2.	90
Σχήμα 3.55: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 3.	90
Σχήμα 3.56: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 4.	91
Σχήμα 3.57: Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης της θερμότητας – Ερώτηση 1.92	
Σχήμα 3.58: Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης της θερμότητας - Ερώτηση 2. 92	
Σχήμα 3.59: Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης της θερμότητας - Ερώτηση 3. 93	
Σχήμα 3.60: Καρτέλα αντικατάστασης λέβητα - Τεχνικά χαρακτηριστικά.	93
Σχήμα 3.61: Σχήμα κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά τη βελτιστοποίηση.	94
Σχήμα 3.62: Σχήμα κατανάλωσης καυσίμου πριν και μετά τη βελτιστοποίηση.....	95
Σχήμα 3.63: Χρόνος απόσβεσης - Τομέας φωτισμού.....	97
Σχήμα 3.64: Χρόνος απόσβεσης - Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα.....	98
Σχήμα 3.65: Χρόνος απόσβεσης - Σύστημα μετάδοσης κίνησης.....	99
Σχήμα 3.66: Χρόνος απόσβεσης – Εξαερισμός.....	99
Σχήμα 3.67: Χρόνος απόσβεσης - Σύστημα αντλιών.	99
Σχήμα 3.68: Χρόνος απόσβεσης - Κλιματισμός.....	100
Σχήμα 3.69: Χρόνος απόσβεσης - Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις.	101
Σχήμα 3.70: Χρόνος απόσβεσης - Ηλεκτρονικός εξοπλισμός γραφείων.	101
Σχήμα 3.71: Χρόνος απόσβεσης - Πελάτες-καταναλωτές θερμότητας.	102
Σχήμα 3.72: Χρόνος απόσβεσης - Θέρμανση εσωτερικών χώρων.	103
Σχήμα 3.73: Χρόνος απόσβεσης - Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.....	103
Σχήμα 3.74: Χρόνος απόσβεσης - Τομέας παραγωγής θερμότητας.....	104
Σχήμα 3.75: Χρόνος απόσβεσης - Δίκτυο διανομής θερμότητας	105

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Ρυθμός διαρροής (cfm) για διαφορετικά επίπεδα πίεσης και διαμέτρους στομίου [25].	20
Πίνακας 1.2: Κόστος απώλειας ενέργειας για διαφορετικές διαμέτρους διαρροής [27].	20
Πίνακας 2.1: Ηλεκτρική ενέργεια και κόστος βιομηχανικού καταναλωτή μέσης τάσης.....	32
Πίνακας 2.2: Κατανάλωση και κόστος φυσικού αερίου βιομηχανικού καταναλωτή.	34
Πίνακας 3.1: Κατανομή χώρων εγκατάστασης.....	86
Πίνακας 3.2: Ποσοστό δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας και αντίστοιχη ποσότητα.	96
Πίνακας 3.3: Ποσό επένδυσης και χρόνος απόσβεσης (ηλεκτρική ενέργεια).....	105
Πίνακας 3.4: Ποσό επένδυσης και χρόνος απόσβεσης (θερμότητα).	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

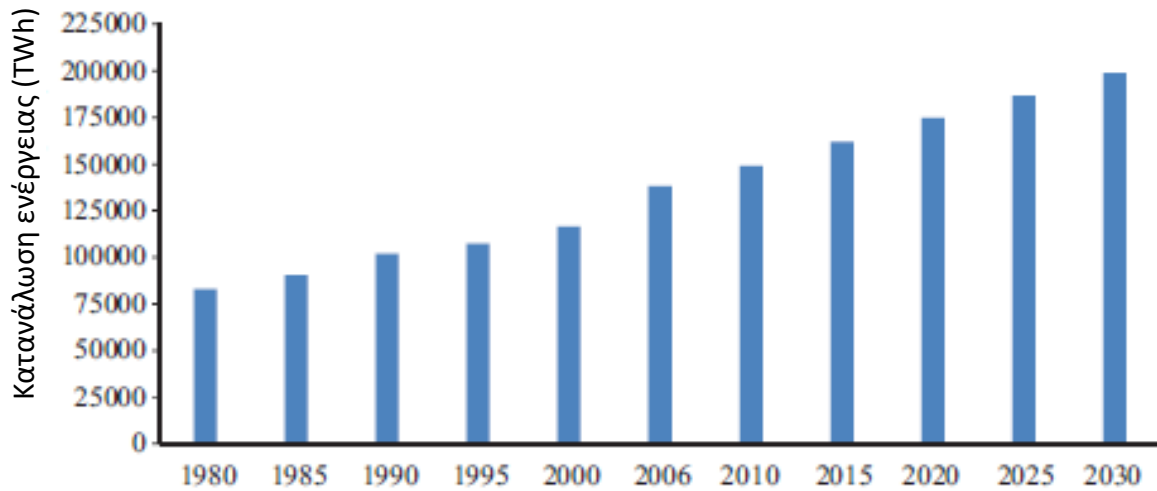
1.1 Εισαγωγή

Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται σε παγκόσμιο επίπεδο προβλέπεται να αυξηθεί κατά 33% από το 2020 έως το 2030. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.1, η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση αυξήθηκε από τις 82919 TWh το 1980 στις 116614 TWh το 2000 και προβλέπεται να φτάσει στις 198654 TWh το 2030 [1]. Η ταχύτερη αύξηση της ενεργειακής ζήτησης παρατηρείται στα κράτη που δεν ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (non-OECD). Αυτό εξηγείται καθώς τις τελευταίες δεκαετίες οι χώρες του OECD μετατρέπονται από χώρες παραγωγής σε χώρες παροχής υπηρεσιών. Πιο αναλυτικά, η κατανάλωση ενέργειας στα κράτη εκτός OECD αυξήθηκε κατά 73%, σε σχέση με την αύξηση κατά 15% που παρατηρήθηκε στα κράτη-μέλη του OECD [1]. Ο βιομηχανικός τομέας καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από κάθε άλλο τομέα τελικής χρήσης και πιο συγκεκριμένα καταναλώνει το 37% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας. Αυτή η ποσότητα ενέργειας χρησιμοποιείται από μια ευρεία ομάδα βιομηχανικών κλάδων όπως ο κατασκευαστικός, ο κτηνοτροφικός, οι εξορύξεις και οι κατασκευές με σκοπό τη διεκπεραίωση πληθώρας εργασιών όπως η συναρμολόγηση, ο κλιματισμός των χώρων και ο φωτισμός. Τα επόμενα 25 χρόνια η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ενέργειας από το βιομηχανικό κλάδο προβλέπεται να εξελιχθεί από τις 51275 TWh το 2006 στις 71961 TWh το 2030, με μια μέση αύξηση 1,4% κάθε χρόνο [1,2].

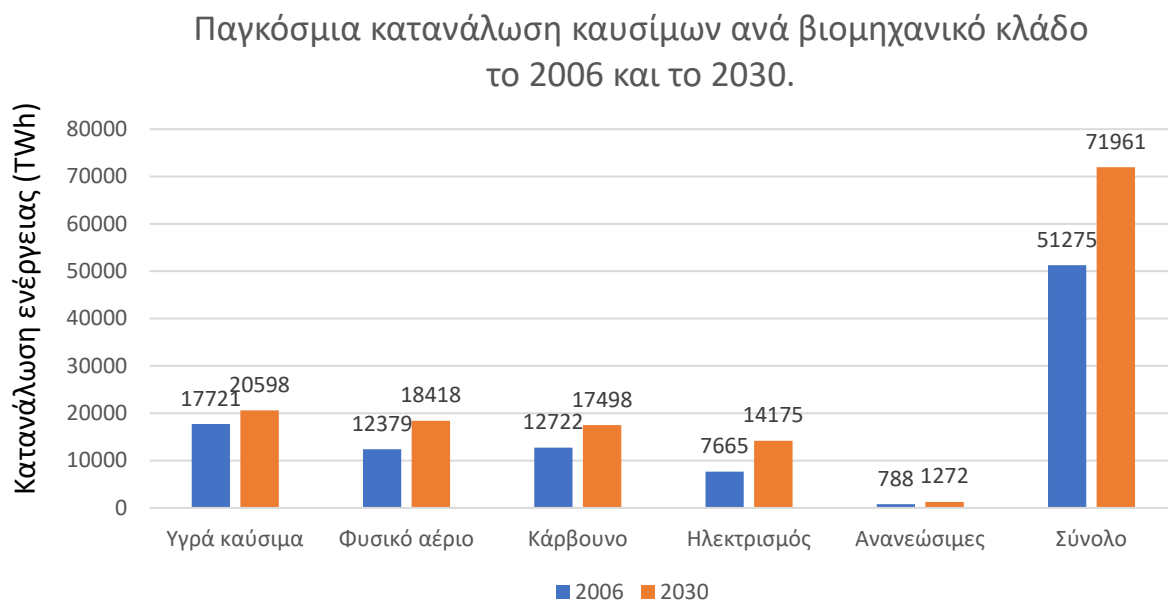
1.2 Κατανάλωση καυσίμων

Φαίνεται πως οι τιμές των καυσίμων διαμορφώνουν το ενεργειακό μείγμα που καταναλώνεται στο βιομηχανικό τομέα, μιας και οι μονάδες επιλέγουν τη χρήση του φθηνότερου καυσίμου, όπου αυτό είναι εφικτό. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση των υγρών καυσίμων, τα οποία εμφανίζουν το υψηλότερο κόστος, αυξάνεται με μικρό ρυθμό σε ετήσια βάση, της τάξης του 0,68%. Ο μεγαλύτερος ανταγωνιστής των υγρών καυσίμων φαίνεται να είναι η ηλεκτρική ενέργεια, η κατανάλωση της οποίας αυξάνεται με ένα μέσο

ρυθμό 3,5% το χρόνο για το διάστημα 2006-2030, όπως φαίνεται στα Σχήματα 1.2-1.4 [1].



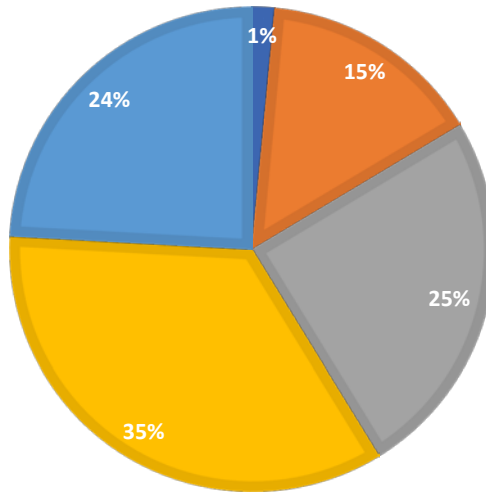
Σχήμα 1.1 : Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από το 1980 μέχρι το 2030 [1].



Σχήμα 1.2: Παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων ανά βιομηχανικό κλάδο το 2006 και το 2030 [1].

ΚΑΤΑΝΆΛΩΣΗ ΚΑΥΣΪΜΟΥ 2006

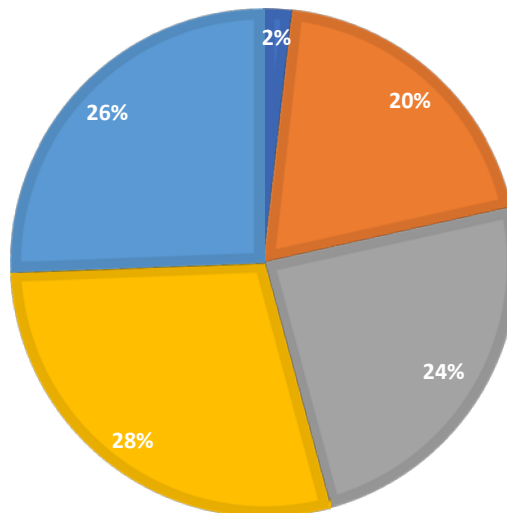
■ Ανανεώσιμες ■ Ηλεκτρισμός ■ Κάρβουνο ■ Υγρά καύσιμα ■ Φυσικό αέριο



Σχήμα 1.3: Μερίδιο κατανάλωσης καυσίμων στο βιομηχανικό τομέα το 2006 [1].

ΚΑΤΑΝΆΛΩΣΗ ΚΑΥΣΪΜΟΥ 2030

■ Ανανεώσιμες ■ Ηλεκτρισμός ■ Κάρβουνο ■ Υγρά καύσιμα ■ Φυσικό αέριο

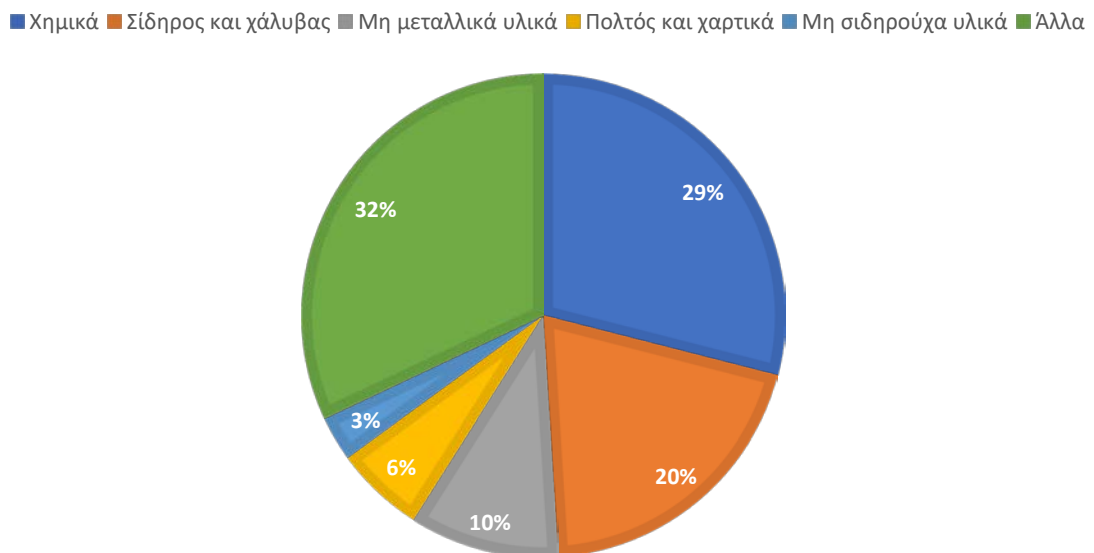


Σχήμα 1.4: Μερίδιο κατανάλωσης καυσίμων στο βιομηχανικό τομέα το 2030 [1].

1.3 Κατανάλωση ενέργειας ανά κλάδο

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το 68% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα αναλογεί σε πέντε συγκεκριμένους κλάδους που παράγουν τα ακόλουθα προϊόντα (Σχήμα 1.5): χημικά (29%), σίδηρος και χάλυβας (20%), μη μεταλλικά υλικά (10%), πολτός και χαρτικά (6%) και μη σιδηρούχα υλικά (3%). Συνεπώς η μελλοντική ποσότητα και το μείγμα των χρησιμοποιούμενων καυσίμων θα καθοριστούν κυρίως από αυτούς τους πέντε τομείς. Επιπρόσθετα, οι ίδιες μονάδες έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οι οποίες σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και την παραγωγική διαδικασία [1].

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΛΑΔΟ ΤΟ 2006



Σχήμα 1.5: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά βιομηχανικό κλάδο το 2006.

1.4 Σημαντικότητα ενεργειακής επιθεώρησης

Η ανάπτυξη των βιομηχανιών ανά τον κόσμο θα επιφέρει αναπόφευκτα αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης και ταυτόχρονα θα οδηγήσει σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και άλλων επιβλαβών αερίων, όπως το διοξείδιο του θείου, οξείδια αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα, τα οποία ευθύνονται για έντονα κλιματικά φαινόμενα, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η ξηρασία και οι πλημμύρες [3]. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος

(IPCC) αναφέρει πως οι ολοένα και αυξανόμενες εκπομπές αυτών των αερίων θα οδηγήσουν σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μεταξύ 1,4 και 5,8°C στο χρονικό διάστημα 1990-2100. Επιπλέον, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ υπογραμμίζει πως οι εκπομπές άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο αυξάνονται με ρυθμό μεγαλύτερο του 2% κάθε έτος και μάλιστα το 2015 ήταν αυξημένες κατά 50% σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του 1997, γεγονός το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση και τη μη αποδοτική χρήση της ενέργειας [4].

Η ενεργειακή αποδοτικότητα εισήχθη ως σημαντικός παράγοντας λήψης αποφάσεων στον βιομηχανικό τομέα τη δεκαετία του 1970. Από τότε, το ενεργειακό κόστος μειώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο χάρη στην χρήση εξοπλισμού υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη και έγινε ξεκάθαρη η αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος. Στο βιομηχανικό επίπεδο πολλές μονάδες με υψηλές καταναλώσεις αντιμετώπισαν αυτά τα προβλήματα με αναβαθμίσεις των εργοστασίων και των εγκαταστάσεων τους. Άλλοι βιομηχανικοί κλάδοι προέβησαν σε παρεμβάσεις με τον μικρότερο δυνατό χρόνο απόσβεσης, όπως οι τεχνολογίες ανάκτησης θερμότητας και ο περιορισμός των ενεργειακών απωλειών [5,6,7]. Συνοπτικά η ενεργειακή αποδοτικότητα μπορεί να βελτιωθεί με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις :

- Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της διαχείρισης της ενέργειας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω καινοτόμων τεχνολογιών.
- Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω πολιτικών/κανονισμών.

1.5 Διαχείριση της ενέργειας

Η διαχείριση της ενέργειας (Energy Management) είναι η στρατηγική ικανοποίησης της ζήτησης στην ποσότητα και τον χρόνο που απαιτείται. Αυτό καθίσταται εφικτό με ρύθμιση και βελτιστοποίηση του εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια με σκοπό τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για κάθε μονάδα προϊόντος που παράγεται, ενώ παράλληλα το κόστος για την παραγωγή του παραμένει σταθερό ή και μειώνεται [6,7,8]. Η διαχείριση της ενέργειας ξεκίνησε να λαμβάνεται υπόψη ως μία από τις κυριότερες λειτουργίες στο βιομηχανικό το 1970 ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης τιμής της ενέργειας και των περιβαλλοντικών εκθέσεων, οι οποίες προμήνυαν την εξάντληση των παγκόσμιων ενεργειακών πόρων [6,7]. Σήμερα, ο ρόλος της ενεργειακής διαχείρισης έχει ενισχυθεί στη

βιομηχανία, όπου πλέον καταστρώνονται σε καθημερινή βάση πλάνα ενεργειακής διαχείρισης. Οι ετήσιες εκθέσεις των περισσότερων εταιριών περιλαμβάνουν λεπτομέρειες για τις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και τα αντίστοιχα επιτεύγματά τους. Για να είναι επιτυχημένα, τα προγράμματα ενεργειακής διαχείρισης πρέπει να επικεντρώνονται σε 4 βασικά σημεία [6, 9]: 1) Ανάλυση ιστορικών στοιχείων, 2) ενεργειακή επιθεώρηση και λογιστική, 3) επενδυτικές προτάσεις βασισμένες σε μελέτες σκοπιμότητας και 4) εκπαίδευση και παροχή πληροφοριών στο προσωπικό. Υπάρχουν αρκετοί τύποι εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της διαχείρισης με τους πιο βασικούς να είναι οι εξής τρεις:

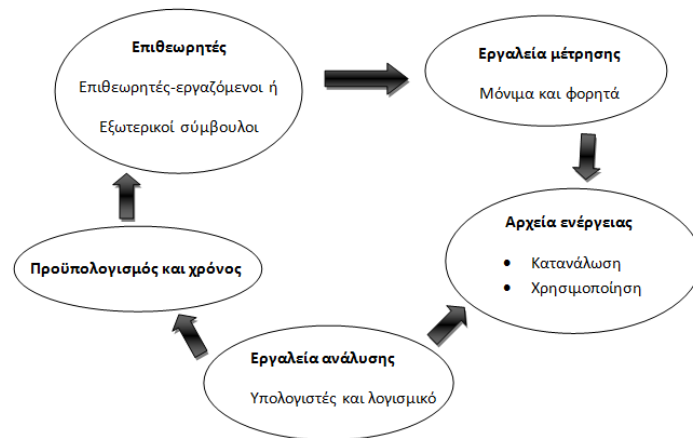
- Ενεργειακή επιθεώρηση.
- Επιμορφωτικά σεμινάρια για την ενεργειακή αποδοτικότητα.
- Οργάνωση και συντήρηση.

1.5.1 Ενεργειακή επιθεώρηση

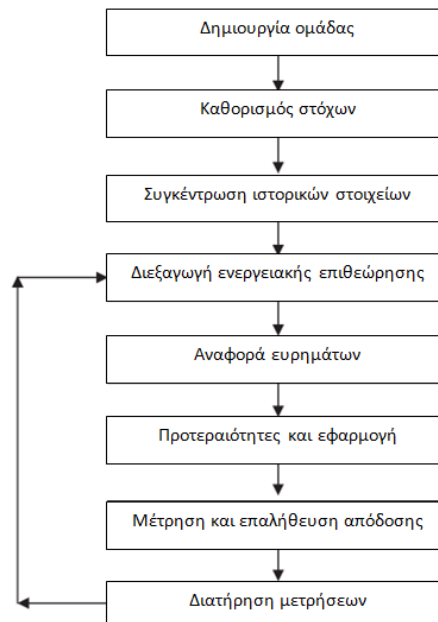
Πρόκειται για μια διαδικασία επιθεώρησης, έρευνας και ανάλυσης των ενεργειακών ροών που αποσκοπεί στη μείωση της ποσότητας της ενέργειας που καταναλώνεται χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά το παραγόμενο προϊόν. Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί το κλειδί για τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων στα πλαίσια της διαχείρισης ενέργειας, καθώς πρόκειται για μια αξιόπιστη και συστηματική προσέγγιση. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε οργανισμό συνδράμει στην ανάλυση της χρήσης της ενέργειας και στην εύρεση των περιοχών όπου η κατανάλωση είναι εφικτό να ελαττωθεί, στον προγραμματισμό και υλοποίηση βιώσιμων βελτιωτικών παρεμβάσεων, οι οποίες θα ενισχύσουν την αποδοτικότητα, και ποσοτικοποιεί την κατανάλωση σε μια προσπάθεια να ισορροπήσει την εισαγόμενη στο σύστημα ενέργεια με την χρήση της [10]. Σε κάθε βιομηχανική μονάδα, τα τρία βασικότερα λειτουργικά έξοδα αποδίδονται στην ενέργεια (ηλεκτρική και θερμική), εργασία και υλικά, οπότε φαίνεται ξεκάθαρα πως από αυτά το κόστος που δαπανάται για τις ενεργειακές ανάγκες είναι αυτό που μπορεί να βελτιστοποιηθεί, συνεπώς ο τομέας της διαχείρισης ενέργειας φαντάζει ως στρατηγική περιοχή μείωσης των συνολικών δαπανών [8].

1.5.1.1 Πόροι κα διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης

Η ενεργειακή επιθεώρηση απαιτεί μια συστηματική και προσεκτική προσέγγιση, από το σχηματισμό της κατάλληλης ομάδας μέχρι την επίτευξη και διατήρηση της ενεργειακής εξοικονόμησης. Οι πόροι που απαιτούνται φαίνονται στο Σχήμα 1.6, ενώ μια τυπική διαδικασία φαίνεται στο Σχήμα 1.7.



Σχήμα 1.6: Πόροι που απαιτούνται για μια ενεργειακή επιθεώρηση [11].



Σχήμα 1.7: Τυπική διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης [10].

1.5.1.2 Οφέλη ενεργειακής επιθεώρησης

Τα οφέλη της ενεργειακής επιθεώρησης είναι πολλαπλά και μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα :

- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και περιβαλλοντικής μόλυνσης.
- Μείωση λειτουργικών δαπανών (20-30%).
- Αυξάνεται η κερδοφορία και η παραγωγικότητα.
- Επιβράδυνση εξάντλησης φυσικών πόρων.
- Περιορισμός χάσματος παραγωγής-ζήτησης.
- Αποφυγή καταπόνησης εξοπλισμού.

1.5.1.3 Τύποι ενεργειακής επιθεώρησης

Τα είδη της ενεργειακής επιθεώρησης μπορούν να θεωρηθούν τα τρία ακόλουθα :

- Προκαταρκτική επιθεώρηση
- Γενική επιθεώρηση
- Λεπτομερής επιθεώρηση

1.5.1.3.1 Προκαταρκτική επιθεώρηση

Πρόκειται για τον πιο απλό και γρήγορο τύπο επιθεώρησης και περιλαμβάνει συνοπτικές συνεντεύξεις με το προσωπικό των εγκαταστάσεων, μια σύντομη ανάλυση των λογαριασμών χρέωσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και των λειτουργικών δαπανών και μια γρήγορη περιήγηση στους χώρους της μονάδας με στόχο την εξοικείωση με τις διαδικασίες που επιτελούνται και την ταυτοποίηση σημείων σπατάλης και ανεπάρκειας. Ο βασικός σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η καταγραφή των ενεργειακών δαπανών και των απωλειών στις κύριες διεργασίες που επιτελούνται, ώστε να τεθούν οι προτεραιότητες για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Συνοπτικά οι στόχοι της προκαταρκτικής ενεργειακής επιθεώρησης είναι να:

- Διασφαλίσει τη βέλτιστη ανάθεση εργασιών.
- Καθορίσει την κατανάλωση ενέργειας.
- Εκτιμήσει το πεδίο εφαρμογής της εξοικονόμησης.
- Ταυτοποιήσει τους τομείς ενδιαφέροντος.
- Υποδείξει άμεσες-επείγουσες παρεμβάσεις.

- Καταγράφει τις περιοχές που θα αναλυθούν περεταίρω.

1.5.1.3.2 Γενική επιθεώρηση

Η συγκεκριμένη επιθεώρηση επεκτείνει το ρόλο της προκαταρκτικής που αναλύθηκε, καθώς συλλέγονται πιο λεπτομερείς πληροφορίες για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων και πραγματοποιείται αναλυτικότερη εκτίμηση των στοιχείων που καταγράφηκαν. Αρχικά συλλέγονται λογαριασμοί χρέωσης της κατανάλωσης για μια χρονική περίοδο 12-36 μηνών που θα επιτρέψουν στον επιθεωρητή να καθορίσει το ενεργειακό προφίλ της βιομηχανικής μονάδας. Περεταίρω μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν σε συγκεκριμένα πεδία της παραγωγής για βαθύτερη ανάλυση. Επιπρόσθετα, λαμβάνονται λεπτομερείς συνεντεύξεις με το προσωπικό για την καλύτερη κατανόηση των συστημάτων με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, καθώς και για την καταγραφή των ημερήσιων και ετήσιων διαφοροποιήσεων στην κατανάλωση και τη ζήτηση [12].

1.5.1.3.3 Λεπτομερής επιθεώρηση

Το συγκεκριμένο είδος επιθεώρησης επεκτείνει περεταίρω τη γενική επιθεώρηση παρέχοντας ένα δυναμικό μοντέλο για τα χαρακτηριστικά της ενέργειας και της χρήσης της το οποίο αναφέρεται στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, αλλά και στα μέτρα δυνητικής εξοικονόμησης που ταυτοποιήθηκαν. Το μοντέλο κατασκευής βαθμονομείται βάσει των πραγματικών δεδομένων των λογαριασμών κοινής ωφέλειας για να παρέχει μια ρεαλιστική εικόνα με τη βοήθεια της οποίας θα υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας για τα προτεινόμενα μέτρα. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται όχι μόνο στην κατανόηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών όλων των συστημάτων που καταναλώνουν ενέργεια, αλλά και στις καταστάσεις που προκαλούν διακυμάνσεις στο προφίλ φορτίου σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση (π.χ. καθημερινά, εβδομαδιαία, μηνιαία, ετήσια). Τα υπάρχοντα δεδομένα καταναλώσεων εμπλουτίζονται με παράλληλες μετρήσεις των μεγάλων συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας και ταυτόχρονη παρακολούθηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του συστήματος [12]. Γενικότερα, η λεπτομερής ενεργειακή επιθεώρηση διεξάγεται σε τρεις φάσεις: Φάση 1,2 και 3 όπως φαίνεται παρακάτω [8]:

- Φάση 1 – Προ-επιθεώρηση
- Φάση 2 – Επιθεώρηση

- Φάση 3 – Μετα-επιθεώρηση

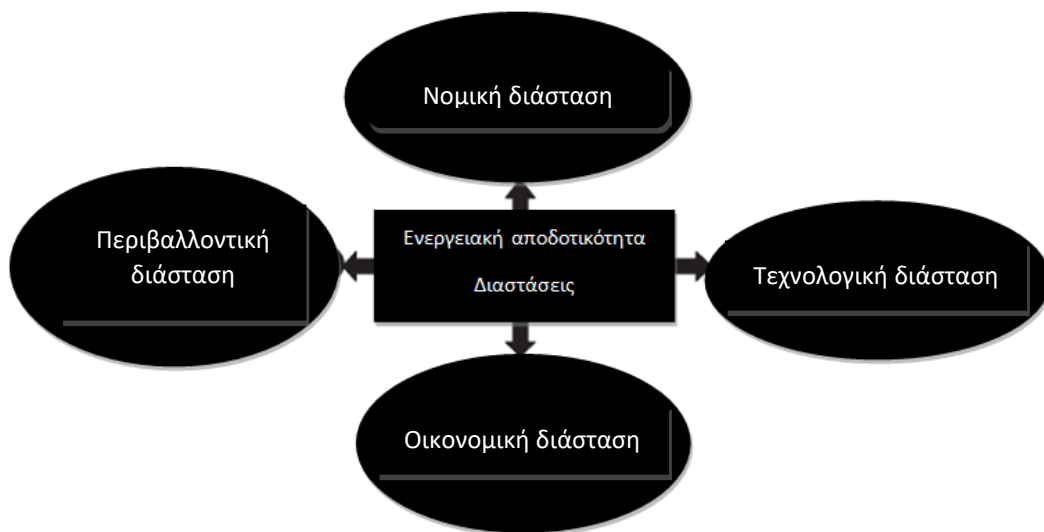
1.5.1.3.4 Εργαλεία για τη διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης

Για τη διεξαγωγή μια αναλυτικής ενεργειακής επιθεώρησης στη βιομηχανία, απαιτείται πληθώρα εργαλείων μερικά από τα οποία είναι:

1. Αναλυτής απόδοσης καυσίμου: Μετράει τη συγκέντρωση οξυγόνου και τη θερμοκρασία του καυσαερίου. Οι θερμοδικές τιμές των κοινών καυσίμων τροφοδοτούνται στον μικροεπεξεργαστή που υπολογίζει την απόδοση της καύσης.
2. Μετρητής ισχύος: Αυτός ο τύπος μετρητή βοηθά στη μέτρηση κατανάλωσης ισχύος, ένταση ρεύματος, συντελεστή φορτίου και συντελεστή ισχύος. Ο μετρητής θα πρέπει να διαθέτει δυνατότητα σύσφιξης για τη μέτρηση του ρεύματος και ανιχνευτές για τη μέτρηση της τάσης ώστε οι μετρήσεις να καταγράφονται χωρίς να διακοπεί η κανονική λειτουργία.
3. Ανιχνευτές διαρροών: Υπάρχουν διαθέσιμα όργανα υπερήχων τα οποία ανιχνεύουν διαρροές πεπιεσμένου αέρα και άλλων αερίων τα οποία δεν είναι εφικτό να ανιχνευθούν με ανθρώπινες ικανότητες.
4. Φορητό ταχύμετρο: Αυτός ο μετρητής είναι χρήσιμος για τη μέτρηση της ταχύτητας του κινητήρα. Το ταχύμετρο οπτικού τύπου είναι προτιμότερο λόγω της ευκολίας των μετρήσεων.
5. Αισθητήρας θερμοζεύγους: Αυτοί οι αισθητήρες είναι χρήσιμοι για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του κινητήρα έτσι ώστε το επίπεδο της να υποδεικνύει εάν ο κινητήρας έχει υπερθερμανθεί ή όχι. Αυτό θα αποτρέψει την αστοχία ή τη ζημιά στον κινητήρα. Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας θα επιφέρει την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Η γνώση της θερμοκρασίας επιτρέπει στον ενεργειακό επιθεωρητή να καθορίσει την αποδοτικότητα του κινητήρα. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες είναι οι θερμικοί αισθητήρες και τα θερμίστορ.
6. Καταγραφείς δεδομένων: Οι καταγραφείς χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και καταγραφή δεδομένων όπως η θερμοκρασία, το ρεύμα του κινητήρα και η ισχύς. Οι καταγραφείς είναι συνήθως φορητοί και μπορούν να δεχθούν διαφορετικές εισόδους από αισθητήρες.

1.5.2 Επιμορφωτικά σεμινάρια για την ενεργειακή αποδοτικότητα

Τέτοιου είδους σεμινάρια και επιμορφώσεις έχουν καθοριστικό ρόλο στην ευαισθητοποίηση των ανθρώπων που εμπλέκονται στο βιομηχανικό τομέα. Γενικά, υπάρχουν δύο τρόποι για την παρακολούθηση σεμιναρίων ενεργειακής διαχείρισης. Ο πρώτος αφορά μηχανικούς που εργάζονται στη βιομηχανία, ενώ ο δεύτερος βασίζεται σε μαθήματα διαχείρισης ενέργειας σε πανεπιστημιακό επίπεδο. Και για τους δύο τρόπους παρέχεται πιστοποιητικό σε όσους ολοκλήρωσαν με επιτυχία το σεμινάριο και υπέβαλαν μια αναφορά εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτή η έκθεση αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης, η οποία είναι μια πραγματική μελέτη στο πεδίο ή μια ανάλυση που διεξάγεται για τη βιομηχανική μονάδα. Γενικότερα, αυτά τα σεμινάρια επικεντρώνονται σε νομικά, τεχνολογικά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά στοιχεία που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.8 [5,13].



Σχήμα 1.8: Θεματικές ενότητες επιμορφωτικών σεμιναρίων [13].

1.5.3 Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω οργάνωσης και συντήρησης

Σε βιομηχανικό επίπεδο, η αποδοτική παραγωγή και το εύρυθμο εργασιακό περιβάλλον αποτελούν συμπληρωματικά στοιχεία. Η εξάλειψη της αναποτελεσματικότητας και των ατυχημάτων που προκαλούνται από ανεπιθύμητες καταστάσεις στον εργασιακό χώρο προβάλλει ως επιτακτική ανάγκη για την απρόσκοπτη ολοκλήρωση της παραγωγικής

διαδικασίας. Αυτές οι διαδικασίες ελέγχου πραγματοποιούνται σε κάθε φάση της παραγωγής και υπερβαίνουν τις απλές διαδικασίες καθαριότητας και συντήρησης. Απαιτούνται ομαλές συνθήκες λειτουργίας, αποφυγή συμφόρησης και προσοχή σε λεπτομέρειες όπως η τακτική διάταξη ολόκληρου του εργασιακού χώρου, η σήμανση των διαδρόμων, κατάλληλη διάταξη αποθηκευτικού χώρου και κατάλληλη πρόβλεψη για καθαρισμό και συντήρηση [14].

1.5.3.1 Βασικά στοιχεία οργάνωσης και συντήρησης

Τα βασικά στοιχεία για μια επιτυχημένη στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της οργάνωσης και της συντήρησης σε μια βιομηχανική μονάδα είναι τα ακόλουθα:

- **Φωτισμός:** Καλά κατανομημένος τεχνητός φωτισμός και αποτελεσματική αξιοποίηση του διαθέσιμου ηλιακού φωτός μπορούν να ελαττώσουν σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- **Αφαίρεση αποβλήτων:** Επαρκείς εγκαταστάσεις για την αποφυγή συμφόρησης και διαταραχών. Μερικά από αυτά τα στοιχεία είναι:
 1. **Βάψιμο των τοίχων:** Οι ανοιχτόχρωμοι τοίχοι αντανακλούν το φως, ενώ οι σκούροι απορροφούν το φως.
 2. **Συντήρηση των εξαρτημάτων του φωτισμού:** Οι μη καθαροί λαμπτήρες και οι σκιάσεις, καθώς και οι λαμπτήρες των οποίων η απόδοση έχει μειωθεί με την χρήση, στερούν από τους εργαζόμενους τον απαραίτητο φωτισμό. Βρέθηκε πως η αποδοτικότητα του φωτισμού μπορεί να βελτιωθεί κατά 20-30% απλά και μόνο με τον καθαρισμό των λαμπτήρων και των ανακλαστήρων.
 3. **Απομάκρυνση των απορριμμάτων και αποτροπή διαρροών:** Είναι μια κοινή πρακτική να αφήνονται στο δάπεδο όλα τα απόβλητα και στη συνέχεια να αφιερώνεται χρόνος και ενέργεια για τον καθαρισμό. Είναι προφανώς πιο αποδοτικό να παρέχονται οι κατάλληλοι κάδοι για κάθε είδος απορρίμματος και να εκπαιδευτούν οι υπάλληλοι για την ορθή χρήση τους. Με αυτόν τον τρόπο θα προαχθεί η ασφάλεια, θα εξοικονομηθούν τα έξοδα και το εργοστάσιο θα είναι ένας καλύτερος χώρος εργασίας.

4. Φροντίδα των εργαλείων πρώτων βοηθειών: Οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός πρώτων βοηθειών πρέπει να φυλάσσονται υπό άψογες συνθήκες και να είναι πλήρως εφοδιασμένα έτσι ώστε να υπάρχει ετοιμότητα σε περίπτωση ατυχήματος ή ασθένειας.
5. Επιθεώρηση εξοπλισμού πυροπροστασίας: Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι το σύνολο του πυροσβεστικού εξοπλισμού, όπως πυροσβεστήρες και οι εύκαμπτοι σωλήνες για την τροφοδοσία νερού, ελέγχονται τακτικά και διατηρούνται σε καλή κατάσταση λειτουργίας. Η πυροπροστασία πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση και οι πόρτες διαφυγής να ανοίγουν ανεμπόδιστα.
6. Τακτική συντήρηση: Επιτρέπει στην ομάδα διαχείρισης να επισκευάζει αποτελεσματικά τα μηχανήματα, τα σπασμένα παράθυρα, τις κατεστραμμένες πόρτες, τα ελαττωματικά υδραυλικά και τις διαρροές και τα σπασμένα κομμάτια του δαπέδου. Ένα καλό πρόγραμμα συντήρησης προβλέπει την επιθεώρηση, τη λίπανση, την συντήρηση και επισκευή των εργαλείων και του εξοπλισμού και τις διαδικασίες που θα ακολουθηθούν.
7. Προετοιμασία ελέγχου: Μια αποδοτική μέθοδος για τη διασφάλιση της επιτυχημένης διεξαγωγής του προγράμματος οργάνωσης και συντήρησης είναι η προετοιμασία μια λίστας ελέγχου που ταιριάζει στις απαιτήσεις του χώρου εργασίας.

1.6 Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας

Η εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών έχει τεράστια συνεισφορά στον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης στον βιομηχανικό τομέα. Μερικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι τα συστήματα μετάδοσης κίνησης μεταβλητής ταχύτητας, κινητήρες υψηλής απόδοσης, αποδοτικά ακροφύσια στο σύστημα πεπιεσμένου αέρα, ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας σε λέβητες και άλλα. Μερικά από αυτά αναλύονται παρακάτω.

1.6.1 Σύστημα μετάδοσης κίνησης μεταβλητής ταχύτητας

Ένας κινητήρας μεταβλητής ταχύτητας είναι ένας ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος που παράγει μια πολυφασική, μεταβλητή έξοδο συχνότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί

για την κίνηση ενός τυπικού κινητήρα επαγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος και για τη διαμόρφωση και τον έλεγχο της ταχύτητας, της ροπής και της μηχανικής εξόδου ισχύος του κινητήρα. Αυτή η τεχνολογία προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας όταν ενσωματώνεται σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές [15]. Η μονάδα AC μπορεί να περιγραφεί με διαφορετικούς όρους. Χρησιμοποιούνται AFD, μονάδες μεταβλητής ταχύτητας (VSD), VFD και μετατροπείς, αλλά έχουν το ίδιο νόημα. Τα VSD έχουν χρησιμοποιηθεί για να προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση σε πολλές εφαρμογές σε όλο τον κόσμο [16,17].

Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης μεταβλητής ταχύτητας επιφέρει σημαντικές μειώσεις στους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας, αλλά και στις εκπομπές καυσαερίων. Για παράδειγμα, ο κατασκευαστής τροφίμων Northern Foods στο Ηνωμένο Βασίλειο πέτυχε ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 769 MWh/έτος, πάνω από £30.000 ετήσια μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, περιορισμό των εκπομπών CO₂ κατά 338 τόνους, με χρόνο απόσβεσης της επένδυσης οι 10 μήνες [18].

Από άποψη μηχανικής καταπόνησης, τα ρουλεμάν που κινούνται με μειωμένες ταχύτητες συνήθως διαρκούν πολύ περισσότερο από ότι τα αντίστοιχα σε πλήρη ταχύτητα. Επιπρόσθετα, επιτυγχάνεται η μαλακή εκκίνηση του κινούμενου μηχανικού εξοπλισμού, γεγονός το οποίο επεκτείνει τη διάρκεια ζωής όχι μόνο του κινητήρα και των ρουλεμάν, αλλά μειώνει επίσης δραστικά την φθορά των ιμάντων [18].

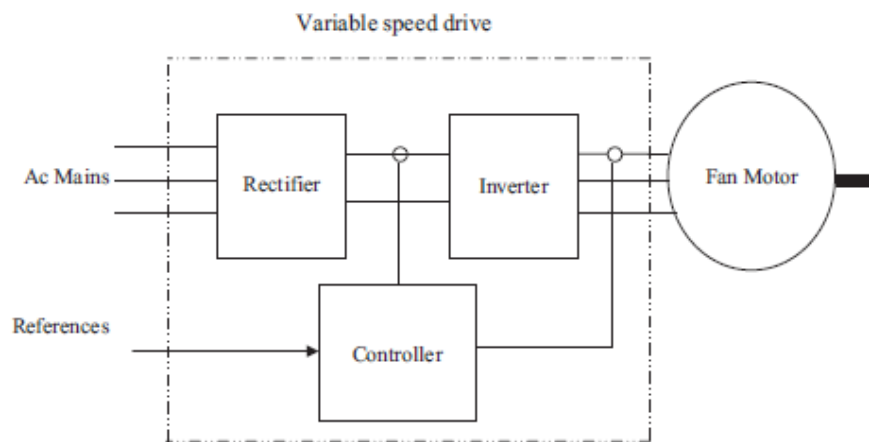
1.6.1.1 Σύστημα ελέγχου της μεταβλητής ταχύτητας

Ένα από τα πολλά πιθανά κυκλώματα για τον έλεγχο της ταχύτητας ενός επαγωγικού κινητήρα απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 1.9 [19].

1.6.2 Ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας

Η απορριπτόμενη θερμότητα είναι η θερμότητα, η οποία παράγεται σε μια διαδικασία μέσω καύσης ενός καυσίμου ή χημικής αντίδρασης και στη συνέχεια «απορρίπτεται» στο περιβάλλον, παρόλο που θα μπορούσε ακόμη να επαναχρησιμοποιηθεί για κάποιο χρήσιμο και οικονομικό σκοπό. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση αυτής της ενέργειας εξαρτάται εν μέρει από τη θερμοκρασία των καυσαερίων και το κόστος της επένδυσης. Ο εξοικονομητής είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση της θερμότητας των καυσαερίων και αποτελείται από μια σειρά οριζόντιων

σωληνοειδών κομματιών, που μπορούν να χαρακτηριστούν ως «γυμνοί» σωλήνες και εκτεταμένοι τύποι επιφανειών [20].



Σχήμα 1.9: Κύκλωμα ελέγχου της ταχύτητας ενός επαγωγικού κινητήρα [19].

Τα οφέλη της ανάκτησης θερμότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε γενικές γραμμές σε δύο κατηγορίες: Άμεσα και έμμεσα οφέλη. Τα άμεσα οφέλη περιλαμβάνουν την ανάκτηση θερμότητας που επηρεάζει άμεσα την αποτελεσματικότητα της διεργασίας και τη μείωση της κατανάλωσης και τους κόστους στους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας. Τα έμμεσα οφέλη περιλαμβάνουν: Μείωση της ρύπανσης, μείωση του μεγέθους του εξοπλισμού όπως ανεμιστήρες, αγωγοί, καυστήρες κ.τ.λ., και της κατανάλωσης καυσίμου [20].

1.6.2.1 Χρήση εξοικονομητών

Τα οφέλη της χρήσης εξοικονομητών είναι απαραίτητο να εκτιμηθούν βάσει χρηματοοικονομικής ανάλυσης όπως επένδυση, απόσβεση, χρόνος απόσβεσης, ποσοστό απόδοσης κ.τ.λ. Παράλληλα πρέπει να ληφθεί υπόψη, πόσο μπορεί να μειωθεί η θερμοκρασία των καυσαερίων και ο χρόνος λειτουργίας του λέβητα. Γενικά, η πιθανή μείωση της θερμοκρασίας καυσαερίων πρέπει να είναι τουλάχιστον 25-30°C για να είναι οικονομικά βιώσιμο να εγκατασταθεί ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Επίσης, πρέπει να ληφθούν οι προτάσεις έμπειρων συμβούλων και προμηθευτών για τη διαμόρφωση μιας ορθολογικής απόφασης [20].

1.6.3 Κινητήρες υψηλής απόδοσης

Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα γίνεται από ηλεκτροκινητήρες. Οι δραστηριότητες και οι διαδικασίες στη βιομηχανία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τους ηλεκτρικούς κινητήρες, συμπεριλαμβανομένης της συμπίεσης, κοπής, λείανσης, ανάμιξης, ανεμιστήρων, αντλιών, μεταφοράς υλικών, αεροσυμπιεστών και ψύξης. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι απωλειών σε ένα μοτέρ επαγωγικού κινητήρα:

- Απώλειες στάτη και ρότορα (απώλειες I^2R στις περιελίξεις του στάτορα και του ρότορα).
- Μαγνητικές απώλειες πυρήνα: Αυτές είναι το άθροισμα των απωλειών υστέρησης και των δινορευμάτων στα στρώματα του στάτη και στον πυρήνα του ρότορα.
- Τριβή και απώλεια ρεύματος: Αυτή είναι η απώλεια που οφείλεται στους ανεμιστήρες και στην τριβή μεταξύ των ρουλεμάν.
- Αταξινόμητες απώλειες: Αυτό είναι το άθροισμα των απωλειών στον κινητήρα που δεν μπορούν να αποδοθούν σε ένα από τα άλλα τέσσερα εξαρτήματα. Αυτές οφείλονται κυρίως στις αρμονικές και στα παρασιτικά ρεύματα που δημιουργούνται στον κινητήρα.

Πρέπει να τονιστεί ότι ένας τυπικός ηλεκτροκινητήρας είναι ήδη μια αποτελεσματική συσκευή με απόδοση πάνω από 80% στο μεγαλύτερο μέρος του εύρους εργασίας του, η οποία υπερβαίνει το 90% σε πλήρες φορτίο. Ωστόσο, οι κατασκευαστές κινητήρων μπόρεσαν να αυξήσουν περαιτέρω την απόδοση με τις ακόλουθες πρόσθετες βελτιώσεις:

- Χρήση χάλυβα με βελτιωμένες ιδιότητες.
- Λεπτότερες στρώσεις.
- Αύξηση όγκου των αγωγών.
- Τροποποιημένη σχεδίαση υποδοχών.
- Στενότερο διάκενο αέρα.
- Βελτιωμένη μόνωση ρότορα.
- Αποδοτικότερη σχεδίαση ανεμιστήρα.

1.6.3.1 Ταξινόμηση απόδοσης κινητήρων

Το 2005, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Κατασκευαστών Ηλεκτρικών Μηχανών και Ηλεκτρονικών Ισχύος (CEMEP) και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) θέσπισαν τις ετικέτες ταξινόμησης απόδοσης των κινητήρων – EFF_1 , EFF_2 και EFF_3 – για είναι πολύ πιο εύκολος στους αγοραστές ο προσδιορισμός των ενεργειακά αποδοτικότερων κινητήρων στην αγορά, με το επίπεδο EFF_1 ως κατώφλι. Οι κατασκευαστές κινητήρων θα επισημάνουν τους τυπικούς κινητήρες τους με λογότυπα απόδοσης [10,11,21,21]. Οι κινητήρες υψηλής απόδοσης προσφέρουν πολλά οφέλη, μερικά από τα οποία είναι [11,21]:

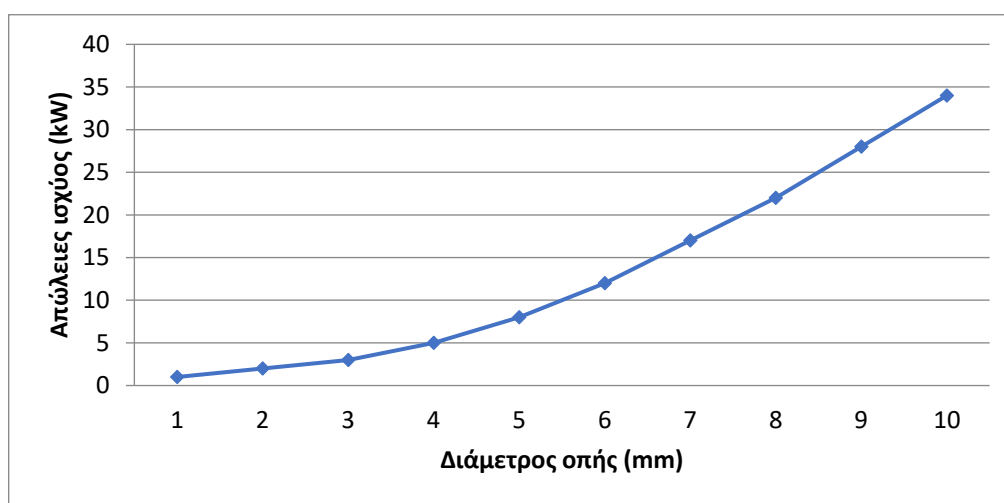
1. Λιγότερη συντήρηση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών στις περιελίξεις και στα ρουλεμάν.
2. Υψηλότερη αξιοπιστία λόγω των χαμηλότερων επιπέδων απωλειών, συμπεριλαμβανομένων της καλύτερης ανοχής σε θερμικές καταπονήσεις που προκύπτουν από μπλοκαρίσματα ή συχνές εκκινήσεις, αυξημένης ικανότητας χειρισμού συνθηκών υπερφόρτωσης, καλύτερης αντίστασης σε μη φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας, όπως υπερβολικά χαμηλά ή υψηλά επίπεδα τάσης και ανισορροπία φάσεων, υψηλότερης ανοχής σε υποβαθμισμένα επίπεδα τάσης και κυματομορφές ρεύματος και υψηλότερου συντελεστή ισχύος για τη βελτίωση του χειρισμού του φορτίου του εσωτερικού ηλεκτρικού συστήματος ή την αποφυγή ποινής χαμηλού συντελεστή χρησιμότητας.

Στην Ευρώπη, η μετάβαση σε ενεργειακά αποδοτικά μηχανοκίνητα συστήματα μπορεί να εξοικονομήσει έως και 202 δισεκατομμύρια kWh στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, που ισοδυναμεί με μείωση 10 δισεκατομμυρίων Ευρώ ετησίως στα λειτουργικά κόστη για τη βιομηχανία. Έχει καταγραφεί ότι η μείωση των 79 εκατομμυρίων τόνων εκπομπών CO₂ (EU-15), ή περίπου το ένα τέταρτο του στόχου της ΕΕ στο Κιότο, είναι εφικτή με τη χρήση κινητήρων ενεργειακής απόδοσης. Αυτή είναι η ετήσια ποσότητα CO₂ που μετατρέπει ένα δάσος στο μέγεθος της Φινλανδίας σε οξυγόνο. Εάν οι βιομηχανίες επιτρέπεται να ανταλλάσσουν αυτές τις μειώσεις εκπομπών με βάση την εξοικονόμηση ενέργειας, αυτό θα δημιουργήσει μια ροή εσόδων ύψους δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως. Για την EU-25, η δυνητική μείωση είναι 100 εκατομμύρια τόνοι [16].

1.6.4 Αποφυγή διαρροών στους αεροσυμπιεστές

Οι διαρροές αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πηγή σπατάλης ενέργειας στα βιομηχανικά συστήματα πεπιεσμένου αέρα. Οι διαρροές αέρα είναι η μοναδική μεγαλύτερη πηγή απώλειας ενέργειας σε εγκαταστάσεις παραγωγής με συστήματα πεπιεσμένου αέρα. Οι διαρροές μπορούν να σπαταλήσουν το 20-50% της παραγωγής του συμπιεστή. Η διακοπή των διαρροών μπορεί να είναι τόσο απλή όσο η σύσφιξη μιας σύνδεσης ή τόσο περίπλοκη όσο η αντικατάσταση ελαττωματικού εξοπλισμού όπως οι σύνδεσμοι, τα εξαρτήματα, τμήματα σωλήνων, σωλήνες, αρμοί, αποχετεύσεις και παγίδες.

Διαρροές συμβαίνουν συχνότερα στις αρθρώσεις, συνδέσεις, στους σωλήνες που έχουν καμφθεί, στους μειωτές πίεσης, ξαφνικές διαστολές, συστήματα βαλβίδων, σωλήνες, φίλτρα, βαλβίδες ελέγχου, ανακουφιστικές βαλβίδες, επεκτάσεις και στον εξοπλισμό που είναι συνδεδεμένος με τις γραμμές πεπιεσμένου αέρα. Αυτές οι διαρροές μπορούν να προκαλέσουν μείωση της πίεσης του συστήματος που επηρεάζει την παραγωγή. Εκτός από την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, οι διαρροές μπορούν να καταστήσουν τα μηχανήματα λιγότερο αποτελεσματικά και να επηρεάσουν αρνητικά την παραγωγή, να μειώσουν τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, να οδηγήσουν σε πρόσθετες απαιτήσεις συντήρησης και αυξημένη μη προγραμματισμένη διακοπή λειτουργίας. Οι διαρροές προκαλούν αύξηση της ενέργειας του συμπιεστή και του κόστους συντήρησης. Οι απώλειες ισχύος αυξάνονται εκθετικά καθώς η διάμετρος της οπής αυξάνεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.10 [23,24].



Σχήμα 1.10: Σχέση απωλειών ισχύος με διάμετρο οπής [23].

Το ποσοστό διαρροής είναι συνάρτηση της πίεσης τροφοδοσίας σε ένα μη ελεγχόμενο σύστημα και αυξάνεται στις υψηλότερες πιέσεις συστήματος. Οι ρυθμοί διαρροής είναι επίσης ανάλογοι προς το τετράγωνο της διαμέτρου του στομίου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.1 [25]. Το κόστος των διαρροών πεπιεσμένου αέρα είναι το κόστος της ενέργειας που απαιτείται για τη συμπίεση του όγκου του χαμένου αέρα, από την ατμοσφαιρική πίεση, στην πίεση λειτουργίας του συμπιεστή. Το κόστος των διαρροών πεπιεσμένου αέρα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η διάμετρος της διαρροής. Ο Πίνακας 1.2 δείχνει το κόστος της απώλειας ενέργειας για διαφορετικές διαμέτρους διαρροής [27].

Πίνακας 1.1: Ρυθμός διαρροής (cfm) για διαφορετικά επίπεδα πίεσης και διαμέτρους στομίου [25].

Πίεση (psig)	Διάμετρος στομίου (in.)					
	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	3/8
70	0,3	1,2	4,8	19,2	76,7	173
80	0,33	1,3	5,4	21,4	85,7	193
90	0,37	1,5	5,9	23,8	94,8	213
100	0,41	1,6	6,5	26,0	104	234
125	0,49	2,0	7,9	31,6	126	284

Πίνακας 1.2: Κόστος απώλειας ενέργειας για διαφορετικές διαμέτρους διαρροής [27].

Διάμετρος διαρροής (in.)	Κόστος ανά έτος
1/64	\$48,00
3/64	\$424,00
1/16	\$744,00
1/8	\$2981,00
¼	\$11904,00
5/16	\$18721,00
3/8	\$27036,00

1.6.4.1 Εντοπισμός διαρροών

Διαρροές μπορεί εύκολα να εντοπιστούν μέσω του συριγμού τους, όταν οι υπόλοιπες εργασίες της εγκατάστασης είναι αδρανείς. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι απαραίτητη η αναμονή για ένα προγραμματισμένο κλείσιμο της εγκατάστασης. Οι προσωρινές επισκευές μπορούν συχνά να γίνουν τοποθετώντας ένα σφιγκτήρα πάνω από τη διαρροή [28]. Ο καλύτερος τρόπος για την ανίχνευση διαρροών είναι η χρήση ενός ακουστικού ανιχνευτή υπερήχων, ο οποίος μπορεί να αναγνωρίσει τους ήχους υψηλής συχνότητας που συσχετίζονται με διαρροές αέρα. Ο εξοπλισμός ανίχνευσης διαρροών με υπερήχους αποτελεί βασικό εργαλείο για ένα επιτυχημένο πρόγραμμα μείωσης διαρροών. Αυτός ο εξοπλισμός διευκολύνει τον εντοπισμό ακόμη και της μικρότερης διαρροής ανεξάρτητα από το βασικό επίπεδο θορύβου σε μια βιομηχανική εγκατάσταση.

1.6.4.2 Αντιμετώπιση διαρροών

Ένας από τους τρόπους για τη μείωση των διαρροών είναι η μείωση της ζητούμενης πίεσης αέρα του συστήματος. Όσο χαμηλότερη είναι η διαφορά πίεσης σε ένα στόμιο ή διαρροή, τόσο χαμηλότερος είναι ο ρυθμός ροής, συνεπώς η μειωμένη πίεση συστήματος θα έχει ως αποτέλεσμα μειωμένους ρυθμούς διαρροής. Η σταθεροποίηση της πίεσης του συστήματος στο χαμηλότερο πρακτικό εύρος θα ελαχιστοποιήσει τον ρυθμό διαρροής για το σύστημα. Ένας άλλος τρόπος για τη μείωση της διαρροής είναι η καθιέρωση ενός καλού προγράμματος πρόληψης διαρροών που θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: αναγνώριση (συμπεριλαμβανομένης της προσθήκης ετικετών), παρακολούθηση, επισκευή, επαλήθευση και συμμετοχή των εργαζομένων. Όλες οι εγκαταστάσεις με συστήματα πεπιεσμένου αέρα πρέπει να καθιερώσουν ένα επιθετικό πρόγραμμα αντιμετώπισης διαρροών. Ένα πρόγραμμα πρόληψης διαρροών θα πρέπει να αποτελεί μέρος ενός συνολικού προγράμματος που στοχεύει στη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα. Μόλις εντοπιστούν και επιδιορθωθούν οι διαρροές, το σύστημα πρέπει να επανεκτιμηθεί [28].

1.6.5 Πτώση πίεσης

Σε πολλές περιπτώσεις, η πίεση του συστήματος μπορεί να μειωθεί, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια. Τα περισσότερα συστήματα έχουν μία ή περισσότερες κρίσιμες εφαρμογές που καθορίζουν την ελάχιστη αποδεκτή πίεση στο σύστημα. Ο συριγμός των διαρροών αέρα

μπορεί μερικές φορές να ακουστεί ακόμη και σε εγκαταστάσεις παραγωγής υψηλού θορύβου. Οι πτώσεις πίεσης στα σημεία τελικής χρήσης της τάξης του 40% της πίεσης που αποφορτίζεται από τον συμπιεστή δεν είναι ασυνήθιστες. Ωστόσο, μια κοινή λύση σε ένα τέτοιο πρόβλημα είναι η εγκατάσταση ενός μεγαλύτερου συμπιεστή αντί για τον έλεγχο του συστήματος και διερεύνηση του προβλήματος. Αυτή η διορθωτική ενέργεια λαμβάνεται συνήθως μόνο αφού ο μεγαλύτερος συμπιεστής αποτύχει επίσης να εξαλείψει το πρόβλημα. Η ενέργεια που σπαταλάται σε συστήματα πεπιεσμένου αέρα λόγω κακής εγκατάστασης και συντήρησης μπορεί να ευθύνεται έως και για το 50% της ενέργειας που καταναλώνεται από τον συμπιεστή και πιστεύεται ότι περίπου το μισό αυτής της ποσότητας μπορεί να εξοικονομηθεί με την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας [28] .

1.6.5.1 Ελαχιστοποίηση πτώσης πίεσης

Η ελαχιστοποίηση της πτώσης πίεσης απαιτεί μια προσέγγιση στο σχεδιασμό και τη συντήρηση του συστήματος . Τα εξαρτήματα επεξεργασίας αέρα πρέπει να έχουν επιλεγεί με γνώμονα τη χαμηλότερη δυνατή πτώση πίεσης στις καθορισμένες μέγιστες συνθήκες λειτουργίας και την καλύτερη απόδοση. Οι συστάσεις των κατασκευαστών για συντήρηση πρέπει να ακολουθούνται, ιδίως στον εξοπλισμό φιλτραρίσματος και αφύγρανσης του αέρα, ο οποίος μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις από την υγρασία, όπως διάβρωση των σωλήνων. Τέλος, η απόσταση που διανύει ο αέρας στο σύστημα διανομής πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Η λειτουργία των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα στη χαμηλότερη πίεση λειτουργίας που πληροί τις απαιτήσεις παραγωγής θα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας. Για παράδειγμα, η μείωση της πίεσης κατά 13 kPa θα μειώσει την κατανάλωση ενέργειας κατά 1%. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ότι κατά τη μείωση της πίεσης για περίπου (70-84 kPa), θα μπορούσε να εξοικονομηθεί 5-6% της ηλεκτρικής ενέργειας που δαπανάται στους συμπιεστές [25,29].

1.7 Νομοθεσία

1.7.1 Εκπαιδευτικό υπόβαθρο Ενεργειακών Επιθεωρητών

Οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές σύμφωνα με το άρθρο 52, παρ. 3 του Ν. 4409/2016 (ΦΕΚ Α 136) μπορούν να είναι Διπλωματούχοι Μηχανικοί απόφοιτοι Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (ΑΕΙ) ή Μηχανικοί απόφοιτοι Ιδρυμάτων Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ΤΕΙ) ή

μηχανικοί από εκπαιδευτικά συστήματα άλλων χωρών που έχουν αποκτήσει προσόντα από άλλες χώρες και δικαιούνται να υπογράψουν τη Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης, όπως ορίζεται στην παρ. 25 του άρθρου 2 του Ν. 4122/2013, σε συνδυασμό με την παρ. 2 του άρθρου 12 του κανονισμού για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (ΦΕΚ Β 407/2010) και σύμφωνα με τη σχετική εθνική νομοθεσία περί επαγγελματικών δικαιωμάτων, όπως ισχύει πάντα»[30,31,32]. Ενεργειακοί επιθεωρητές πιστοποιημένοι σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβάνονται στο σχετικό μητρώο ενεργειακών ελεγκτών του άρθρου 54 σύμφωνα με τη σχετική εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία [31]. Αρχικά, ήταν υποχρεωμένοι να παρακολουθήσουν εξειδικευμένα επαγγελματικά σεμινάρια και έπειτα να επιτύχουν σε σχετικές εξετάσεις, αλλά αυτές οι απαιτήσεις δεν ισχύουν πλέον. Από την ανάλυση των προγραμμάτων σπουδών των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και Πανεπιστημίων υπάρχουν μερικά μαθήματα που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Ο ενεργειακός έλεγχος είναι ένα πολυεπιστημονικό θέμα που περιλαμβάνει ηλεκτρολόγους, μηχανολόγους, πολιτικούς μηχανικούς και μηχανικούς παραγωγής. Ωστόσο, παρόλο που όλες οι ειδικότητες των Μηχανικών μπορούν να εγγραφούν στο Μητρώο Επιθεωρητών Ενέργειας, δεν έχουν όλοι παρακολουθήσει μαθήματα εξοικονόμησης ενέργειας και υποδομών κτιρίων.

Επίσης, σύμφωνα με τα άρθρα 70 και 71 του Ν. 4602/19 που τροποποίησε τις διατάξεις των Ν. 4122/13 και 4342/15 αντίστοιχα, «Από την 1/1/2020 για έκδοση νέας οικοδομικής άδειας, απαιτείται Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης για την τεκμηρίωση ότι το κτίριο πληροί τις τεχνικές προδιαγραφές και τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου σχεδόν μηδενικής ενέργειας.»[31,33,34] Η ενεργειακή ταξινόμηση ενός κτιρίου εξαρτάται από τρεις παράγοντες; το περίβλημα/κέλυφος, τις μηχανικές εγκαταστάσεις θέρμανσης ψύξης και τις εγκαταστάσεις αυτοπαραγωγής. Ενώ η πλειονότητα των ενεργειακών ελέγχων μέχρι πρόσφατα επικεντρώνονται στις δύο πρώτες πτυχές, βασική απαίτηση της αγοράς είναι να αρχίσουν να εξειδικεύονται σε συστήματα φωτοβολταϊκών σε συνδυασμό με αποθήκευση, προκειμένου να καλύψει την αυτοκατανάλωση κτιρίων.

1.7.2 Επαγγελματικό πλαίσιο - ελάχιστες απαιτήσεις

Η Ενεργειακή Επιθεώρηση διενεργείται από εξειδικευμένα άτομα, τα οποία διαθέτουν ειδικές τεχνικές γνώσεις στις Οικοδομικές Εγκαταστάσεις (περίβλημα και

ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα). Δικαίωμα εκτέλεσης Ενεργειακού Ελέγχου έχουν όλοι όσοι είναι εγγεγραμμένοι στο Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών (<https://www.buildingcert.gr/>) του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας [35]. Για να γίνει κάποιος Ενεργειακός Επιθεωρητής και για να ενταχθεί μόνιμα στο Μητρώο, δεν είναι υποχρεωτικό να παρακολουθήσετε εξειδικευμένη εκπαίδευση ή μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

1.7.3 Επαγγελματικά δικαιώματα

Η κατάταξη των ήδη εγγεγραμμένων Ενεργειακών Επιθεωρητών στις αντίστοιχες κατηγορίες Α, Β και Γ γίνεται, καταρχήν, βάσει του κριτηρίου επιλεξιμότητας για υπογραφή Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ). Πιο συγκεκριμένα :

1. Οι ειδικότητες των μηχανικών που δεν είναι επιλέξιμοι για υπογραφή ΜΕΑ κατατάσσονται στην κατηγορία Α.
2. Οι ειδικότητες των μηχανικών που δικαιούνται να υπογράψουν ΜΕΑ, και δεν έχουν περιορισμούς στην υπογραφή αρχιτεκτονικών ή ηλεκτρομηχανολογικών μελετών περιλαμβάνονται στην αντίστοιχη κατηγορία Α, Β ή Γ σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρονται στην παράγραφο 5 του άρθρου 52 του Ν. 4409/2016 [30].
3. Οι ειδικότητες των μηχανικών που έχουν δικαίωμα υπογραφής ΜΕΑ, αλλά περιορισμένα δικαιώματα υπογραφής για τις αρχιτεκτονικές ή ηλεκτρομηχανολογικές μελέτες, εμπίπτουν στην αντίστοιχη τάξη Α ή Β, ανάλογα με τους περιορισμούς υπογραφής των προαναφερθεισών μελετών.

Την επίσημη οργάνωση της νομοθεσίας και των δραστηριοτήτων της Ενεργειακής Επιθεώρησης έχει αναλάβει το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ενώ το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος ενεργεί ως τεχνικός σύμβουλος του Υπουργείου.

1.7.4 Εκπαιδευτικό υπόβαθρο, εμπειρία και προσόντα

Σύμφωνα με το νόμο 4342/2015 (ΦΕΚ Α' 413) οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές μπορούν να είναι [34]:

Α) Διπλωματούχοι Μηχανικοί, μέλη του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ), με τις ακόλουθες ειδικότητες :

- Αρχιτέκτονες Μηχανικοί

- Πολιτικοί Μηχανικοί
- Μηχανολόγοι Μηχανικοί
- Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί
- Χημικοί Μηχανικοί

Β) Οι Πτυχιούχοι μηχανικοί τεχνολογικής εκπαίδευσης με τις ακόλουθες ειδικότητες :

- Πτυχιούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
- Πτυχιούχος Μηχανικός Ανακαίνισης και Αποκατάστασης Κτιρίων
- Πτυχιούχος Μηχανικός Αυτοματισμών
- Πτυχιούχος Μηχανολόγος Μηχανικός
- Πτυχιούχος Πολιτικός Μηχανικός
- Πτυχιούχος Μηχανικός Ενεργειακής Τεχνολογίας

Γ) Μηχανικοί των παραπάνω ειδικοτήτων που έχουν αποκτήσει την αναγνώριση των επαγγελματικών προσόντων στη χώρα σύμφωνα με τη σχετική ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία.

Δ) Ενεργειακοί επιθεωρητές κτιρίων και συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού που έχουν καταχωρηθεί στα αντίστοιχα μητρώα τους.

Ε) Ενεργειακοί επιθεωρητές πιστοποιημένοι σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ανήκουν σε τάξη ενεργειακού επιθεωρητή σύμφωνα με την ισχύουσα εθνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία.

1.7.4.1 Ταξινόμηση Επιθεωρητών σε Ενεργειακές Τάξεις

Σύμφωνα με την παρ. 3 του άρθρου 10 του Ν. 4342/2015 (ΦΕΚ Α 143) και παρ. 1 του άρθρου 17 του προαναφερθέντος νόμου, όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 48 του Ν. 4409/2016 (Εφημερίδα Α 136), οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές ταξινομούνται ως εξής [30,34]:

- Τάξη Α : Διπλωματούχοι Μηχανικοί μετά από ένα (1) χρόνο κτήσης του Διπλώματος, καθώς και οι υφιστάμενοι Ενεργειακοί Επιθεωρητές. Οι Επιθεωρητές Α Τάξης μπορούν να εκτελούν επιθεωρήσεις Κατηγορίας Α.
- Τάξη Β : Ενεργειακοί Επιθεωρητές Α Τάξης με δύο (2) χρόνια εμπειρίας και έχοντας αποδεδειγμένα διενεργήσει τουλάχιστον πέντε (5) ενεργειακές επιθεωρήσεις Α

Τάξης, καθώς και Μηχανικοί με επαγγελματική εμπειρία σε σχετικό ενεργειακό τομέα; όπως ορίζεται στην υπ' Αριθμό 175275/22.05.2018 Απόφαση του Υπουργού και του Αναπληρωτή Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΦΕΚ Β 1927/30.05.2018) [36]. Οι Επιθεωρητές Β Τάξης μπορούν να εκτελούν επιθεωρήσεις Κατηγορίας Α και Β.

- Τάξη Γ: Ενεργειακοί Επιθεωρητές Β Τάξης που ειδικεύονται στους τομείς Μηχανολογίας, Ηλεκτρολογίας και Χημικής Μηχανικής με δύο (2) χρόνια εμπειρίας και έχοντας αποδεδειγμένα διενεργήσει τουλάχιστον πέντε (5) ενεργειακές επιθεωρήσεις. Συμπεριλαμβάνονται επίσης Μηχανικοί με επαγγελματική εμπειρία σε συναφή ενεργειακά θέματα, όπως ορίζεται στην υπ' Αριθμό 175275/22.05.2018 Απόφαση του Υπουργού και του Αναπληρωτή Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΦΕΚ Β 1927/30.05.2018) [36]. Οι Επιθεωρητές Γ Τάξης μπορούν να εκτελούν επιθεωρήσεις Κατηγορίας Α, Β και Γ.

1.7.5 Φορείς πιστοποίησης

Για όσους δεν έχουν το δικαίωμα να υπογράψουν ως Ενεργειακοί Επιθεωρητές, όπως ορίζεται στον Ν. 4342/2015 (ΦΕΚ Α 413), μπορούν ακόμη να εγγραφούν στο Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών εάν έχουν αποδείξει ότι έχουν παρακολουθήσει τα εξειδικευμένα προγράμματα κατάρτισης που αναφέρονται στο Άρθρο 9 του Προεδρικού Διατάγματος 100/2010 έως τη δημοσίευση του Ν. 4409/2016 (ΦΕΚ Α 136) [30,34]. Η συνολική διάρκεια του εκπαιδευτικού προγράμματος, το οποίο πρέπει να περιλαμβάνει πρακτική εκπαίδευση, δεν μπορεί να είναι μικρότερη από: (α) 60 ώρες για τον έλεγχο κτιρίων, (β) 30 ώρες για τον έλεγχο λεβήτων και θέρμανσης και (γ) 30 ώρες για τον έλεγχο κλιματισμού. Η πρακτική εκπαίδευση για ενεργειακούς ελέγχους δεν μπορεί να είναι μικρότερη από το 30% του χρόνου των αντίστοιχων προγραμμάτων κατάρτισης που αναφέρονται παραπάνω. Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα θα μπορούσε να διεξαχθεί από ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης της χώρας ή Κέντρα Επαγγελματικής Κατάρτισης πιστοποιημένα από το Εθνικό Κέντρο Πιστοποίησης Δομών Συνεχιζόμενης Κατάρτισης. Υπάρχει μια λίστα με περίπου 200 πιστοποιημένες οντότητες (δείτε: <https://www.buildingcert.gr/info.html>) [35]. Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος, εκδίδεται σχετικό πιστοποιητικό παρακολούθησης σε κάθε εκπαιδευόμενο που έχει παρακολουθήσει επαρκώς το εκπαιδευτικό σεμινάριο.

Ο σκοπός των σεμιναρίων και των μαθημάτων είναι να παρουσιάσει, να καταστήσει κατανοητό και να αναλύσει το θεσμικό πλαίσιο των Ενεργειακών Επιθεωρητών που περιλαμβάνει τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) και τη χρήση τους για τη διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης.

Η διαδικασία εξέτασης, για αυτά τα προγράμματα κατάρτισης, διεξάγεται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) τουλάχιστον δύο (2) φορές το χρόνο, υπό την επίβλεψη του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, γραπτώς ή ηλεκτρονικά, σε θέματα που άπτονται του αντικειμένου του εκπαιδευτικού προγράμματος. Για τους σκοπούς των εξετάσεων, με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, θα πρέπει να συσταθεί επιτροπή έρευνας για να διασφαλιστεί η ομαλή, δίκαιη και διαφανής διαδικασία. Η εξεταστική επιτροπή απαρτιζόταν από εννέα μέλη: α) πέντε (5) εκπρόσωποι του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ), που ορίζονται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ), (β) δύο (2) εκπρόσωποι της Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογικής Εκπαίδευσης Μηχανικών (ΕΕΕΜ), που ορίζονται από την ίδια την ένωση (ΕΕΤΕΜ) και (γ) δύο (2) εκπρόσωποι του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

1.8 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Είναι ξεκάθαρο πως η αυξητική τάση της κατανάλωσης ενέργειας χρήζει ιδιαίτερης προσοχής από τον επιστημονικό κλάδο, ο οποίος μέσω της έρευνας και της μελέτης ιστορικών δεδομένων οφείλει να καταστρώσει καινοτόμες στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας. Η παρούσα Διπλωματική εργασία κινείται προς αυτή την κατεύθυνση και έχει ως πρωταρχικό ρόλο να προάγει τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας στο βιομηχανικό κλάδο. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναπτύχθηκε ένα εργαλείο Ενεργειακής Επιθεώρησης μικρομεσαίων επιχειρήσεων, μέσω το οποίου κατασκευάζεται το ενεργειακό προφίλ της επιχείρησης σε αρχικό στάδιο και έπειτα με τη βοήθεια εξειδικευμένων πληροφοριών, σχετικά με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται, και παρέχονται από τον χρήστη πραγματοποιείται μια αναλυτική ενεργειακή αξιολόγηση. Βασικό στοιχείο της Ενεργειακής Επιθεώρησης αποτελούν οι οικονομικοί δείκτες που εξάγονται με βάση τους οποίους κρίνεται εάν οι παρεμβάσεις που προτείνονται είναι οικονομικά συμφέρουσες.

1.9 Μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας

Για την κατασκευή του εν λόγω εργαλείου Ενεργειακής Επιθεώρησης χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python™, μέσω του module tkinter, που επιτρέπει τον σχεδιασμό βασικών στοιχείων σε παράθυρα, όπως κουμπιά, ετικέτες, φόρμες εισαγωγής κειμένου, μενού κ.ά. τα οποία αποκαλούνται widgets [37]. Το συγκεκριμένο εργαλείο δέχεται ως δεδομένα εισαγωγής πληροφορίες που αφορούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων στην υπό διερεύνηση επιχείρηση. Επίσης, ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει αναλυτικές πληροφορίες για το είδος και την υπάρχουσα κατάσταση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία. Το πρόγραμμα, εφόσον έχουν συμπληρωθεί τα κατάλληλα πεδία, εξάγει χρήσιμους ενεργειακούς και οικονομικούς δείκτες με βάση τους οποίους αξιολογούνται οι επιμέρους τομείς της επιχείρησης σχετικά με τη δυνητική εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να εφαρμοστεί σε αυτούς και υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης των πιθανών παρεμβάσεων.

1.10 Δομή της διπλωματικής εργασίας

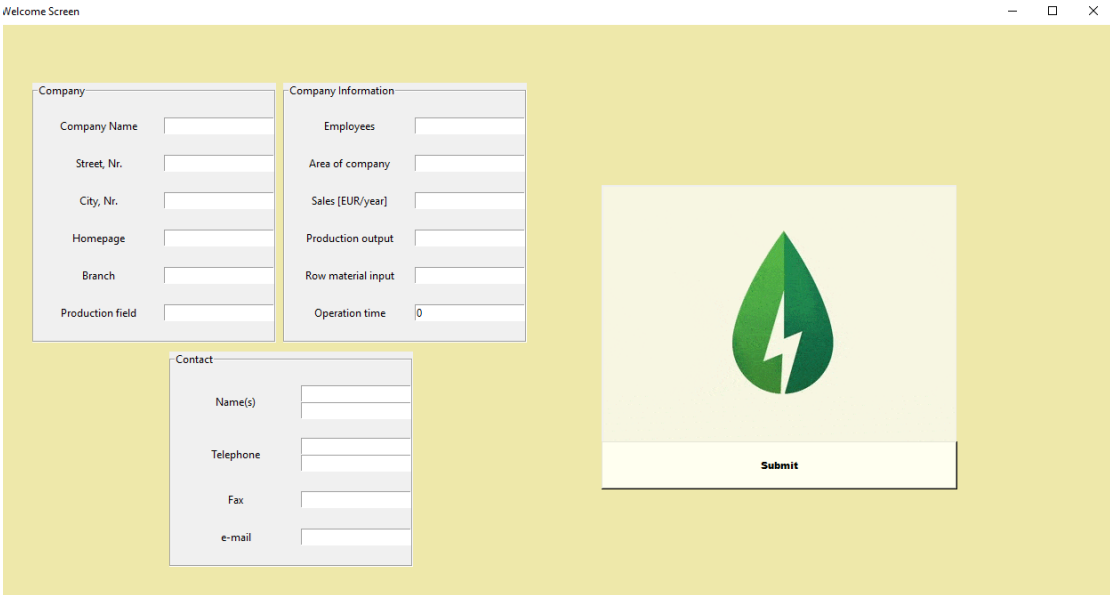
Εκτός από το Κεφάλαιο 1, η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει τα εξής: Το Κεφάλαιο 2 όπου γίνεται μια εισαγωγή στη δομή του εργαλείου Εξοικονόμησης Ενέργειας και περιγράφονται οι καρτέλες που το απαρτίζουν. Το Κεφάλαιο 3 που παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα εφαρμογής του λογισμικού, όπου συμπληρώνονται ενδεικτικά όλα τα πεδία εισαγωγής και εξάγονται οι ενεργειακοί και οικονομικοί δείκτες που αναφέρθηκαν, καθώς επίσης υπολογίζεται και ο χρόνος απόσβεσης παρεμβάσεων που βελτιώνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα. Το Κεφάλαιο 4 όπου συνοψίζεται και αναδεικνύεται η χρησιμότητα του εργαλείου Ενεργειακής Επιθεώρησης και προτείνονται θέματα για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή γενικών στοιχείων επικοινωνίας

Η αρχική οθόνη του προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας (Σχήμα 2.1) ζητά από τον χρήστη την καταχώρηση βασικών στοιχείων της επιχείρησης, όπως η επωνυμία, η περιοχή και ο τομέας απασχόλησης. Επίσης, σημαντικό είναι να συμπληρωθούν ο αριθμός των εργαζόμενων, τα έσοδα από πωλήσεις, η ποσότητα της βασικής πρώτης ύλης καθώς και η ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος. Τέλος, απαραίτητη είναι η συμπλήρωση του ετήσιου χρόνου λειτουργίας της επιχείρησης, καθώς και τα στοιχεία επικοινωνίας.



Σχήμα 2.1: Αρχική οθόνη.

Η κεντρική οθόνη του προγράμματος περιγράφει συνοπτικά τη χρησιμότητα του προγράμματος και διασαφηνίζει πως πρόκειται για ένα εργαλείο υποστήριξης των πιθανών αποφάσεων που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ενέργειας (decision support tool) και όχι ένα εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων (decision making tool). Στο Σχήμα 2.2 διακρίνεται η βασική δομή που αποτελείται από πέντε βασικές καρτέλες, στις οποίες οφείλει να συμπληρώσει ο χρήστης τα πεδία τα οποία ταιριάζουν με την υπό διερεύνηση επιχείρηση. Μετά την κατάλληλη καταχώρηση των δεδομένων προκύπτει η ποσότητα ενέργεια που δυνητικά μπορεί να εξοικονομηθεί στον εκάστοτε τομέα, καθώς επίσης

εκτιμάται ο χρόνος απόσβεσης μιας πιθανής επένδυσης για τη βελτίωση την ενεργειακής κατανάλωσης σε κάποιο τμήμα της επιχείρησης. Η εξοικονόμηση επικεντρώνεται τόσο στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και θερμικής.

2.2 Βασική δομή

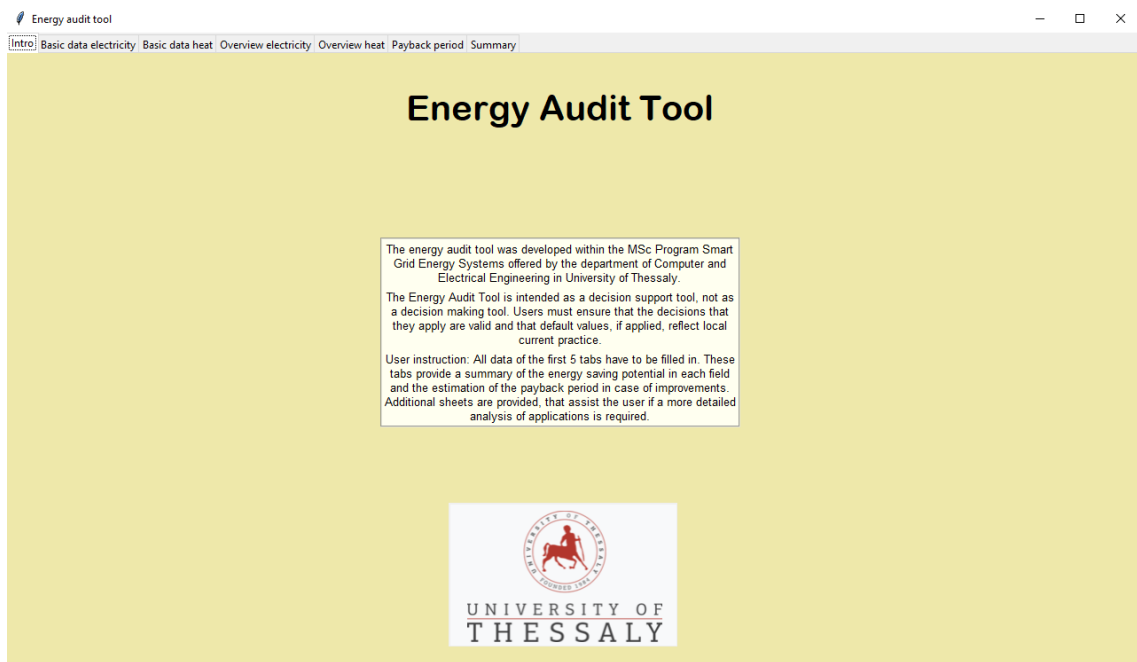
Το περιεχόμενο των καρτελών που φαίνονται στο Σχήμα 2.2 συνοψίζεται στην ακόλουθη λίστα.

- Καρτέλα «Basic data electricity»: εισαγωγή βασικών στοιχείων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και κόστους.
- Καρτέλα «Basic data heat»: εισαγωγή βασικών στοιχείων κατανάλωσης θερμικής ενέργειας και αντίστοιχου κόστους καυσίμων.
- Καρτέλα «Overview electricity»: εισαγωγή αναλυτικών στοιχείων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στους επιμέρους τομείς της επιχείρησης. Καταχώρηση τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.
- Καρτέλα «Overview heat»: εισαγωγή αναλυτικών στοιχείων κατανάλωσης και διανομής της θερμικής ενέργειας σε εξειδικευμένα πεδία της επιχείρησης. Συμπλήρωση τεχνικών στοιχείων που αφορούν τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται.
- Καρτέλα «Payback period»: εισαγωγή οικονομικών δεδομένων σχετικά με παρεμβάσεις που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.
- Καρτέλα «Summary»: δυνατότητα πλοήγησης μεταξύ των καρτελών του προγράμματος και συγκεντρωτικά αποτελέσματα.

2.3 Εισαγωγή δεδομένων

2.3.1 Καρτέλα κατανάλωσης και κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

Μετά την εισαγωγή των αρχικών πληροφοριών ακολουθεί η συμπλήρωση στην καρτέλα με τίτλο «Basic data electricity» των βασικών στοιχείων που αφορούν την ηλεκτρική ενέργεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.2 : Κεντρική οθόνη.

Month:	el. consumption [kWh]	billed demand [kW]	[EUR]	energy costs [EUR]	grid costs [EUR]	Grid costs [c/kWh]	Utilisation %
January	0	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0
May	0	0	0	0	0	0	0
June	0	0	0	0	0	0	0
July	0	0	0	0	0	0	0
August	0	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0	0

Σχήμα 2.3: Καρτέλα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, απαιτείται η εισαγωγή των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας κάθε μήνα σε kWh, όπως και τα κόστη που χρεώνει ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία αφορούν το δίκτυο μεταφοράς και διανομής σε ευρώ. Αφού συμπληρωθούν τα

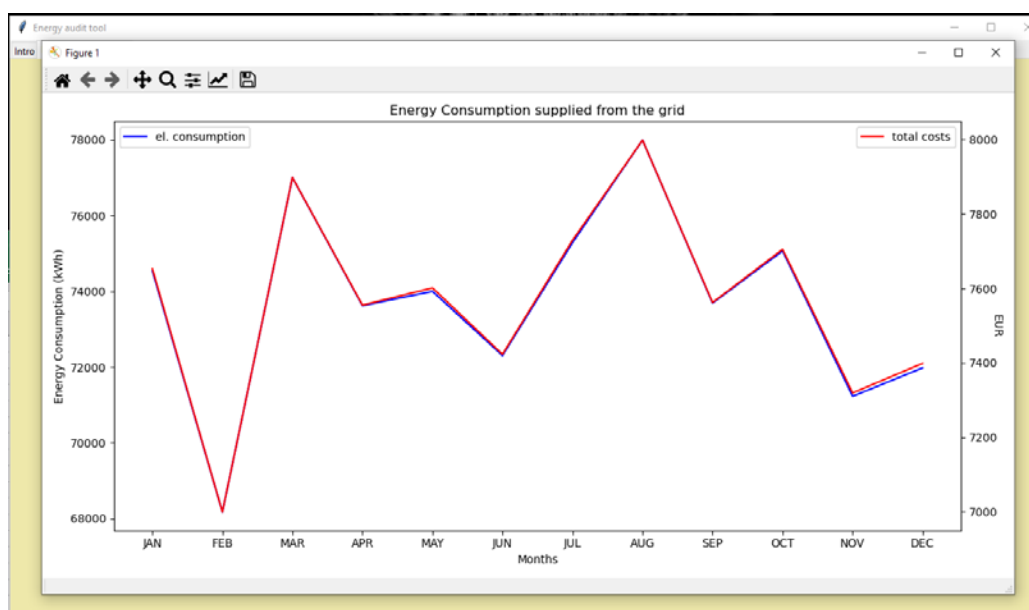
απαραίτητα πεδία, με το πάτημα του κουμπιού **Compute** υπολογίζονται το συνολικό κόστος που αφορά τα έξοδα δικτύου σε c/kWh και ο συντελεστής χρησιμοποίησης. Εφόσον πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός, πατώντας το κουμπί **Plot** απεικονίζονται με τη βοήθεια του Σχήματος 2.3 το προφίλ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της επιχείρησης, καθώς επίσης και τα έξοδα που αφορούν τη συγκεκριμένη κατανάλωση για κάθε μήνα.

Για τη δημιουργία του Σχήματος 2.4 χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του Πίνακα 2.1, τα οποία αντιστοιχούν σε βιομηχανικό καταναλωτή μέσης τάσης.

Πίνακας 2.1: Ηλεκτρική ενέργεια και κόστος βιομηχανικού καταναλωτή μέσης τάσης.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
kWh	74536,55	68174,00	76999,89	73618,09	73996,40	72303,87
€	7652,64	6999,25	7897,95	7554,84	7601,35	7422,97

	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
kWh	75281,02	77988,37	73685,32	75062,44	71229,07	71977,07
€	7729,36	7998,28	7561,97	7704,81	7319,30	7398,44



Σχήμα 2.4: Προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος.

2.3.2 Καρτέλα κατανάλωσης και κόστους καυσίμων

Αντίστοιχα, η επόμενη καρτέλα με τίτλο «Basic data heat» δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να εισάγει στοιχεία σχετικά με την ποσότητα και τα κόστη των καυσίμων που καταναλώθηκαν.

	Natural gas [m3]		Fuel oil [l]		LPG [l]	
	[kWh]	EUR	[kWh]	EUR	[kWh]	EUR
January	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0
May	0	0	0	0	0	0
June	0	0	0	0	0	0
July	0	0	0	0	0	0
August	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0

	District heating [kWh]		Biomass/Wood [kg]		Others [kWh]	
	[kWh]	EUR	[kWh]	EUR	[kWh]	EUR
January	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0
May	0	0	0	0	0	0
June	0	0	0	0	0	0
July	0	0	0	0	0	0
August	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0

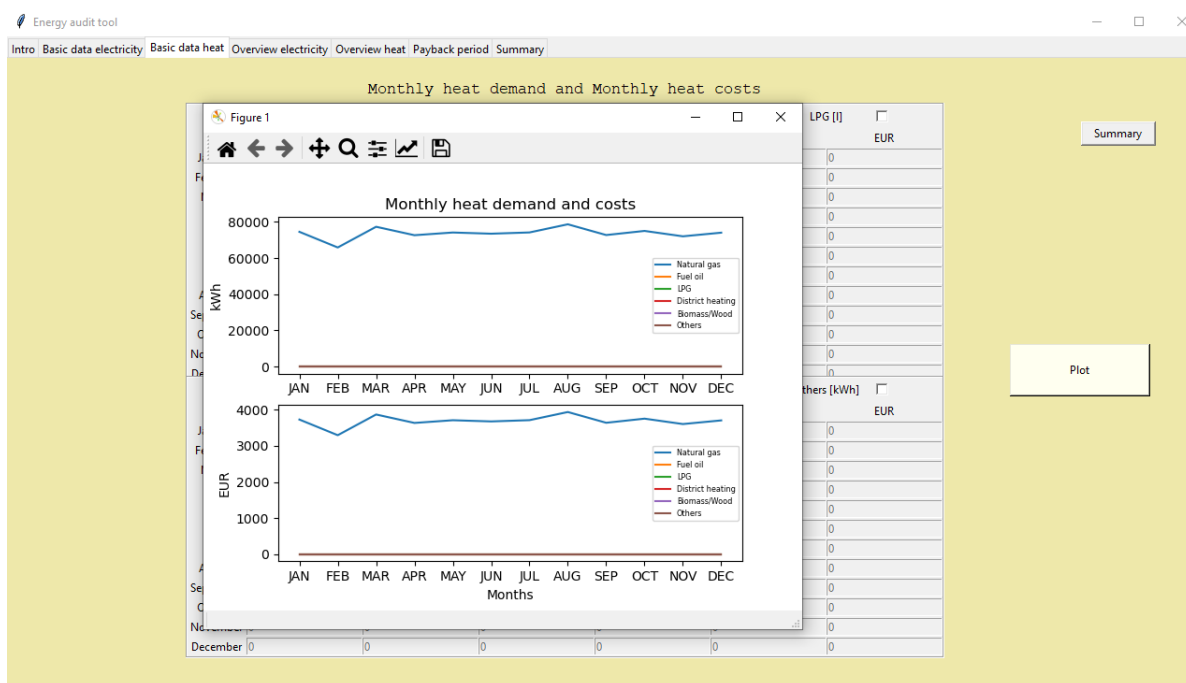
Σχήμα 2.5 : Καρτέλα κατανάλωσης θερμικής ενέργειας.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5, ο χρήστης επιλέγει το κουτάκι δίπλα από το επιθυμητό είδος καυσίμου ώστε να ενεργοποιηθεί τα πεδία, όπου εισάγει τα κατάλληλα δεδομένα. Τα διαθέσιμα είδη καυσίμων είναι: φυσικό αέριο, πετρέλαιο, υγροποιημένο φυσικό αέριο, βιομάζα ή ξύλο και η κατηγορία άλλα καύσιμα σε περίπτωση που δε γίνεται αναφορά στο καύσιμο που χρησιμοποιείται. Επίσης υπάρχει η επιλογή η θερμότητα που χρησιμοποιείται να προέρχεται από τηλεθέρμανση. Ακολούθως, με το κουμπί **Plot** παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις της κατανάλωσης και του κόστους για το εκάστοτε καύσιμο στη διάρκεια ενός έτους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.6.

Για τη δημιουργία του Σχήματος 2.6 χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του Πίνακα 2.2, τα οποία αντιστοιχούν σε κατανάλωση φυσικού αερίου για βιομηχανικό καταναλωτή μέσης τάσης. Γίνεται αναφορά στην κατανάλωση φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο, καθώς και στα αντίστοιχα έξοδα.

Πίνακας 2.2: Κατανάλωση και κόστος φυσικού αερίου βιομηχανικού καταναλωτή.

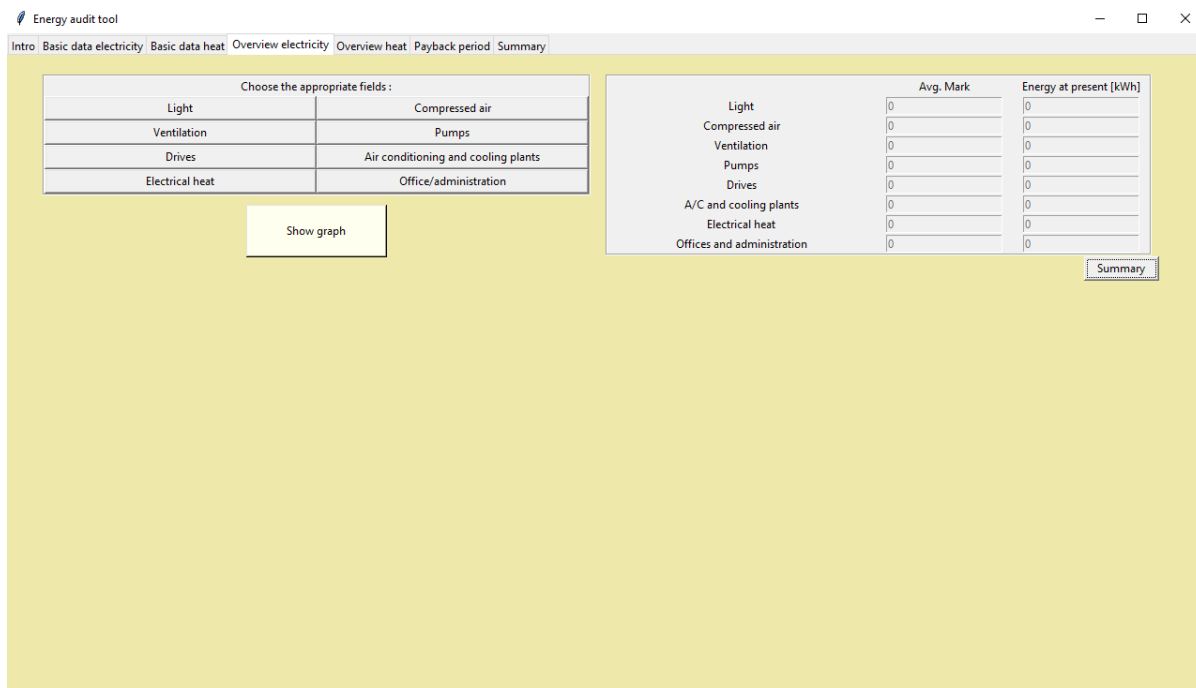
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
kWh	74536,6	65871,5	77333	72662,8	74157,4	73497,1
€	3726,83	3293,57	3866,65	3633,14	3707,87	3674,85
	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
kWh	74195,7	78700,1	72753,9	75034	72045,1	74065,1
€	3709,78	3935,01	3637,69	3751,7	3602,25	3703,25



Σχήμα 2.6: Προφίλ κατανάλωσης φυσικού αερίου και κόστος.

2.3.3 Τομείς κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Στην αμέσως επόμενη καρτέλα (Σχήμα 2.7) ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει πιο εξειδικευμένα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε επιμέρους τομείς της επιχείρησης.

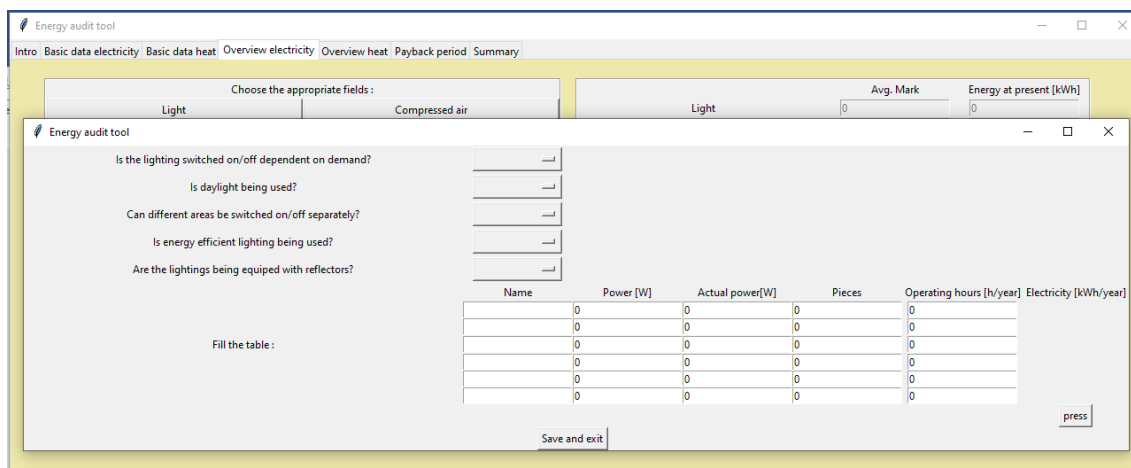


Σχήμα 2.7 : Σύνοψη ηλεκτρικής ενέργειας.

Προσφέρεται η δυνατότητα καταχώρησης δεδομένων σε οχτώ διαφορετικούς τομείς, όπως ο φωτισμός, το σύστημα πεπιεσμένου αέρα, ο εξαερισμός, οι αντλίες, το σύστημα μετάδοσης κίνησης, το σύστημα ψύξης και κλιματισμού, το σύστημα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες των γραφείων και της διοίκησης. Μετά τη συμπλήρωση των κατάλληλων καρτελών ο πίνακας του Σχήματος 2.7 θα απεικονίζει το βαθμό αξιολόγησης της κατανάλωσης του εκάστοτε τομέα, καθώς επίσης και την κατανάλωση στην παρούσα κατάσταση. Ο βέλτιστος βαθμός αξιολόγησης είναι ίσος με 1.0 και όσο υψηλότερος είναι, τόσο πιο επιτακτική είναι η ανάγκη παρεμβάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας στο συγκεκριμένο τομέα.

2.3.3.1 Φωτισμός

Πατώντας στο πεδίο **Light** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων φωτισμού, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.8.



Σχήμα 2.8 : Καρτέλα φωτισμού.

Η συγκεκριμένη καρτέλα αξιολογεί παράγοντες που αφορούν το φωτισμό των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων της επιχείρησης, όπως το άναμμα και το σβήσιμο του φωτισμού σε σχέση με τις ανάγκες για φωτισμό του εκάστοτε χώρου, καθώς επίσης την αξιοποίηση του ηλιακού φωτός και τη δυνατότητα ανεξάρτητου χειρισμού του φωτισμού σε κάθε χώρο της επιχείρησης. Τέλος, εξετάζεται η χρήση λαμπών οικονομίας και ζητείται η συμπλήρωση του πίνακα φωτισμού με στοιχεία όπως η συνολική ισχύς των φωτιστικών μονάδων και ο χρόνος λειτουργίας τους. Εφόσον εισαχθούν τα απαιτούμενα δεδομένα, με το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το πεδίο του φωτισμού.

2.3.3.2 Πεπιεσμένος αέρας

Πατώντας στο πεδίο **Compressed air** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν το σύστημα πεπιεσμένου αέρα, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.9.

Η πρώτη από τις δύο καρτέλες του συστήματος πεπιεσμένου αέρα διαιρείται σε δύο επιμέρους τμήματα που αφορούν τις συμπιεστές σταθερής ταχύτητας και τους συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας. Για τους πρώτους απαιτείται η καταγραφή της ισχύος και του χρόνου λειτουργίας τους υπό φορτίο αλλά και κατά την αδράνεια, όπως επίσης και η πίεση λειτουργίας. Για τους συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας απαιτούνται αντιστοίχως τα ίδια δεδομένα κατά τη λειτουργία τους. Πατώντας τα κουμπιά **Compute** γίνονται υπολογισμοί για την αντίστοιχη κατηγορία συμπιεστή. Πιο συγκεκριμένα, για τους συμπιεστές σταθερής ταχύτητας υπολογίζονται η χρονική αναλογία και η αναλογία

κατανάλωσης μεταξύ της λειτουργίας και της αδράνειας του κάθε συμπιεστή, η ενέργεια που καταναλώνεται υπολογισμένη σε kWh και το ποσοστό δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας. Αντίστοιχα, για τους συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας υπολογίζονται ο μέσος βαθμός χρησιμοποίησης της χωρητικότητας, ο μέσος ρυθμός μεταφοράς όγκου πεπιεσμένου αέρα σε m³/min, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται σε kWh και το ποσοστό δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας. Με το κουμπί **Next** ο χρήστης μεταβαίνει στη δεύτερη καρτέλα που αφορά των πεπιεσμένο αέρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.10.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface with the following sections:

- List of fixed speed compressors:** A table with columns: Compressor, operation time [h/year], Power [kW], Load & idling Time [h/year], Power [kW], Delivery volume [m³/min], and Pressure level [bar].
- Idling towards total:** A table with columns: Time ratio, Consumption ratio, Possible Potential savings (%), Specific delivery energy [kWh/m³], and Energy [kWh].
- List of variable speed compressors:** A table with columns: Compressor, Operation time [h/year], Delivered volume, max. volume [m³/min], Power [kW], and Pressure level [bar].
- Summary table:** A table with columns: Average delivery rate while operating [m³/min], Average degree of capacity utilisation, Potential savings compared to idling/demand [%], Specific delivery energy [kWh/m³], and Total energy [kWh].

Buttons for 'compute' and 'Next page' are visible.

Σχήμα 2.9 : Καρτέλα συστήματος πεπιεσμένου αέρα (1).

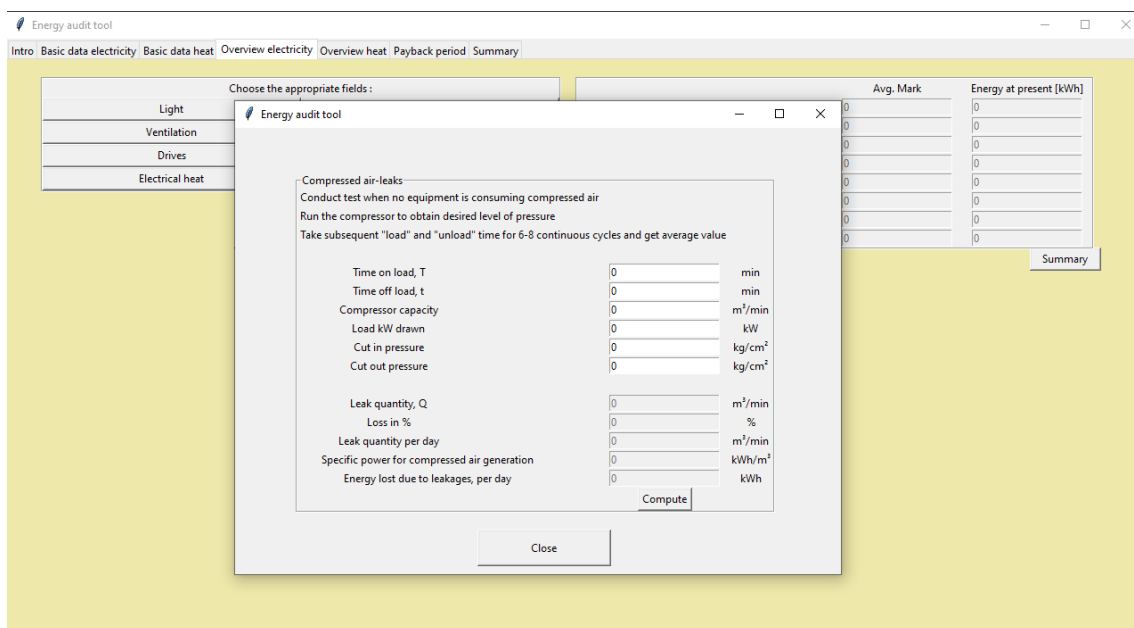
The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface with the following sections:

- Choose the appropriate fields:** Input fields for 'What is the average pressure level at the compressors [bar]' and 'What is the required pressure level of the end consumers [bar]', with a 'compute' button for 'Theoretically possible pressure drop'.
- Questions:** A list of questions with dropdown menus:
 - Are leakages being searched?
 - Can you hear leakages?
 - Control of the compressors
 - Is the air compression system switched off when it is not used (night, weekend)?
 - How old is the air compression system?
 - Have consumers of compressed air been checked for alternatives (e.g. electrical drives)?
- Buttons:** 'Additional info' and 'Save and exit'.

Σχήμα 2.10 : Καρτέλα συστήματος πεπιεσμένου αέρα (2).

Στο δεύτερο σκέλος του τομέα των συμπιεστών ζητείται η μέση πίεση λειτουργίας των συμπιεστών και η απαιτούμενη πίεση από τον τελικό καταναλωτή. Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η θεωρητικά πιθανή πτώση πίεσης. Ακολουθούν έξι ερωτήσεις που αξιολογούν την τωρινή κατάσταση των συμπιεστών. Αναλυτικότερα, εξετάζονται η συχνότητα ελέγχου των διαρροών, το επίπεδο θορύβου των υπαρχουσών διαρροών, ο τρόπος ελέγχου των συμπιεστών (συνολικά, κατά αλληλουχία, έλεγχος μόνο της περιστροφής), η απενεργοποίηση τους όταν δεν χρησιμοποιούνται (νύχτα, σαββατοκύριακο), η ηλικία τους και η πιθανότητα αντικατάστασης τους.

Με το κουμπί **Additional info** προσφέρεται η δυνατότητα για περαιτέρω υπολογισμούς που αφορούν τους συμπιεστές, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.11.



Σχήμα 2.11 : Πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τους συμπιεστές.

Στην συγκεκριμένη καρτέλα περιγράφεται μια διαδικασία ελέγχου των διαρροών αέρα από τους συμπιεστές. Αφού ακολουθηθεί ο συγκεκριμένος έλεγχος ο χρήστης καταγράφει της μετρήσεις που έκανε και πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζονται η ποσότητα του αέρα που διαρρέει υπολογισμένη σε m^3/min και η ενέργεια σε kWh που χάνεται εξαιτίας αυτών των απωλειών σε ημερήσια βάση. Τέλος, αφού συμπληρωθούν, εάν είναι επιθυμητό, οι πρόσθετες πληροφορίες ο χρήστης εξέρχεται από την καρτέλα πατώντας το

κουμπί **Close** και έπειτα πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το σύστημα του πεπιεσμένου αέρα.

2.3.3.3 Εξαερισμός

Πατώντας στο πεδίο **Ventilation** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν το σύστημα εξαερισμού, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.12.

Fan	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Regulation of air flow
	0	0	0	0	0	0	↓
	0	0	0	0	0	0	↓
	0	0	0	0	0	0	↓
	0	0	0	0	0	0	↓
	0	0	0	0	0	0	↓
	0	0	0	0	0	0	↓
	0	0	0	0	0	0	↓
Sum of small fans	0	0	0	0	0	0	↓
Total :	0	0				0	

How are the pipes dimensioned?

Compute
Save and exit

Σχήμα 2.12 : Καρτέλα συστήματος αερισμού.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης εισάγει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμιστήρων που έχουν σημαντική συμβολή στην ηλεκτρική κατανάλωση, όπως ονομαστική και πραγματική ισχύς, αριθμός ανεμιστήρων και χρόνος λειτουργίας. Ακόμα, απαραίτητη είναι η επιλογή του τρόπου ρύθμισης της ροής του αέρα μεταξύ των επιλογών : καμία ρύθμιση, χρήση μετατροπέα συχνότητας, έλεγχος της ταχύτητας περιστροφής και χρήση πεταλούδας γκαζιού. Έπειτα μπορούν να δοθούν συγκεντρωτικά τα ίδια χαρακτηριστικά για το σύνολο των ανεμιστήρων που δεν εμφανίζουν σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, αφού αξιολογηθεί η διαστασιολόγηση των σωληνώσεων στο αντίστοιχο πεδίο, με το πάτημα του κουμπιού **Compute** πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί που αφορούν το σύστημα αερισμού. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ο λόγος ισχύος για κάθε ανεμιστήρα και η ενέργεια που καταναλώνει αυτός υπολογισμένη σε kWh/year, καθώς και η αντίστοιχη συνολική κατανάλωση. Με το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι

απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το πεδίο του συστήματος αερισμού.

2.3.3.4 Αντλίες

Πατώντας στο πεδίο **Pumps** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν το σύστημα των αντλιών, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.13.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. A window titled 'Engines with big influence' is open, displaying a table for entering pump data. The table has the following columns: Pump, Nominal power [kW], Number, Operation time (h/year), Actual power [kW], Af, Energy [kWh/year], and Regulation of air flow. Below the table, there are summary fields for 'Sum of small pumps', 'Total', and 'How are the pipes dimensioned?'. At the bottom, there are 'Compute' and 'Save and exit' buttons.

Pump	Nominal power [kW]	Number	Operation time (h/year)	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Regulation of air flow
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
0	0	0	0	0	0	0	---
Sum of small pumps	0	0	0	0	0	0	---
Total:	0	0				0	

Σχήμα 2.13 : Καρτέλα αντλιών.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης εισάγει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντλιών που έχουν σημαντική συμβολή στην ηλεκτρική κατανάλωση, όπως ονομαστική και πραγματική ισχύς, αριθμός αντλιών και χρόνος λειτουργίας. Ακόμα, απαραίτητη είναι η επιλογή του τρόπου ρύθμισης της ροής του αέρα μεταξύ των επιλογών : καμία ρύθμιση, χρήση μετατροπέα συχνότητας, χρήση πεταλούδας γκαζιού και χρήση ρυθμιστή πίεσης bypass. Έπειτα μπορούν να δοθούν συγκεντρωτικά τα ίδια χαρακτηριστικά για το σύνολο των αντλιών που δεν εμφανίζουν σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, αφού αξιολογηθεί η διαστασιολόγηση των σωληνώσεων στο αντίστοιχο πεδίο, με το πάτημα του κουμπιού **Compute** πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί που αφορούν το σύστημα αντλιών. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ο λόγος ισχύος για κάθε αντλία και η ενέργεια που καταναλώνει αυτή υπολογισμένη σε kWh/year, καθώς και η αντίστοιχη συνολική κατανάλωση. Με το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες

κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το πεδίο του συστήματος αντλιών.

2.3.3.5 Συστήματα μετάδοσης κίνησης

Πατώντας στο πεδίο **Drives** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν το σύστημα μετάδοσης κίνησης, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.14.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. A dialog box titled 'Motors with big influence' is open, displaying a table for entering drive data. The table has the following columns: Drive, Nominal power [kW], Number, Operation time [h/year], Actual power [kW], Af, Energy [kWh/year], and Power transmission. The table is currently empty, with all values set to 0. Below the table, there are buttons for 'Compute' and 'Save and exit'. The background shows the main interface with tabs for 'Intro', 'Basic data electricity', 'Basic data heat', 'Overview electricity', 'Overview heat', 'Payback period', and 'Summary'.

Σχήμα 2.14 : Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης εισάγει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κινητήρων μέσω των οποίων πραγματοποιείται η μετάδοση κίνησης οι οποίοι έχουν σημαντική συμβολή στην ηλεκτρική κατανάλωση, όπως η ονομαστική και η πραγματική ισχύς, ο αριθμός κινητήρων και ο χρόνος λειτουργίας. Ακόμα, απαραίτητη είναι η επιλογή του τρόπου μετάδοσης της κίνησης μεταξύ των επιλογών : άμεση μετάδοση κίνησης, επίπεδος ιμάντας, ιμάντας τύπου V, οδοντωτοί τροχοί και φθαρμένα γρανάζια. Έπειτα μπορούν να δοθούν συγκεντρωτικά τα ίδια χαρακτηριστικά για το σύνολο των οδηγών που δεν εμφανίζουν σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, αφού αξιολογηθεί η διαστασιολόγηση των οδηγών στο αντίστοιχο πεδίο, με το πάτημα του κουμπιού **Compute** πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί που αφορούν το σύστημα μετάδοσης κίνησης. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ο λόγος ισχύος για κάθε οδηγό και η ενέργεια που

καταναλώνει αυτός υπολογισμένη σε kWh/year, καθώς και η αντίστοιχη συνολική κατανάλωση. Με το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το πεδίο του συστήματος μετάδοσης κίνησης.

2.3.3.6 Κλιματισμός και ψύξη

Πατώντας στο πεδίο **Air conditioning and cooling plants** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν το σύστημα ψύξης και κλιματισμού, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.15.

Air conditioning	Nominal power [kW]	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Energy [kWh/year]	Drive type	Age
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		

Total : 0

Are the inside and the outside of the heat exchangers cleaned regularly?

Is the heat recovered?

Are the temperature levels and the operating point optimised?

Compute

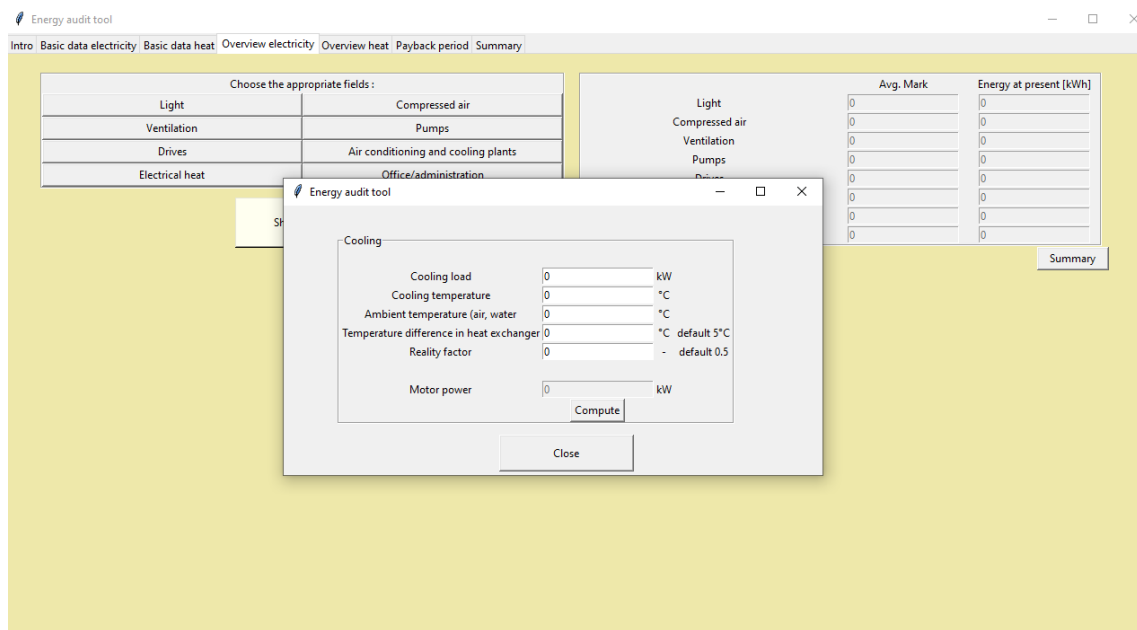
Save and exit

Σχήμα 2.15 : Καρτέλα ψύξης και κλιματισμού.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης εισάγει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κλιματιστικών και ψυκτικών μονάδων, όπως η ονομαστική και η πραγματική ισχύς και ο χρόνος λειτουργίας. Ακόμα, απαραίτητη είναι η επιλογή του τρόπου μετάδοσης της κίνησης από τον κινητήρα μεταξύ των επιλογών : άμεση μετάδοση κίνησης, επίπεδος μάντας ή μάντας τύπου V. Επιπλέον ζητείται η ηλικία της κάθε μονάδας, με σκοπό την εκτίμηση της αποδοτικότητάς της. Με το πάτημα του κουμπιού **Compute** πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων. Για την εγκυρότερη εκτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης ο χρήστης οφείλει να γνωστοποιήσει τη συχνότητα καθαρισμού και

συντήρησης των εναλλακτών θερμότητας, να απαντήσει εάν πραγματοποιείται ανάκτηση την απορριπτόμενης θερμότητας και εάν τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι ρυθμισμένα στη βέλτιστη τιμή.

Με το κουμπί **Additional info** προσφέρεται η δυνατότητα για περαιτέρω υπολογισμούς που αφορούν τις ψυκτικές μονάδες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.16.



Σχήμα 2.16 : Πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις ψυκτικές μονάδες.

Μέσω της συγκεκριμένης καρτέλας δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της ισχύος του κινητήρα της ψυκτικής μονάδας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που ζητούνται είναι : το ψυκτικό φορτίο σε kW, η επιθυμητή θερμοκρασία ψύξης, η θερμοκρασία του νερού ή του αέρα στην είσοδο της ψυκτικής μονάδας, η θερμοκρασιακή διαφορά στον εναλλάκτη θερμότητας και ο βαθμός απόδοσης της μονάδας. Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η ισχύς της ψυκτικής μονάδας.

Τέλος, αφού συμπληρωθούν, εάν είναι επιθυμητό, οι πρόσθετες πληροφορίες ο χρήστης εξέρχεται από την καρτέλα πατώντας το κουμπί **Close** και έπειτα πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για τις ψυκτικές και κλιματιστικές μονάδες.

2.3.3.7 Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Πατώντας στο πεδίο **Electrical heat** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν τη θέρμανση μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.17.

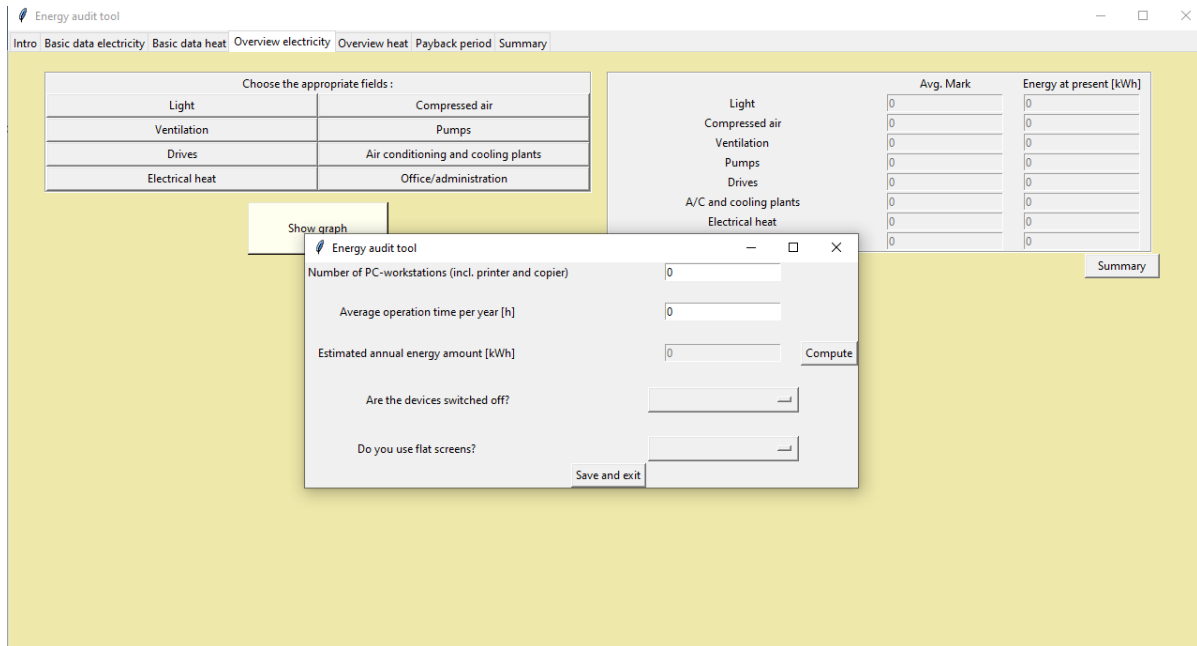
Name	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Are there reasonable alternatives?
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...
	0	0	0	0	0	0	...

Σχήμα 2.17 : Καρτέλα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης εισάγει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών αντιστάσεων μέσω των οποίων γίνεται η θέρμανση των χώρων της επιχείρησης, όπως η ονομαστική και η πραγματική ισχύς, ο αριθμός των αντιστάσεων και ο χρόνος λειτουργίας. Ακόμα, απαραίτητη είναι η αναφορά της δυνατότητας για πιθανούς εναλλακτικούς τρόπους θέρμανσης. Με το πάτημα του κουμπιού **Compute** πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί που αφορούν το σύστημα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ο λόγος ισχύος για κάθε αντίσταση και η ενέργεια που καταναλώνει αυτή υπολογισμένη σε kWh/year, καθώς και η αντίστοιχη συνολική κατανάλωση. Με το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το πεδίο της θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

2.3.3.8 Γραφεία και διοίκηση

Πατώντας στο πεδίο **Office/administration** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης των στοιχείων που αφορούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες των γραφείων και της διοίκησης, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.18.



Σχήμα 2.18 : Καρτέλα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας γραφείων και διοίκησης.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης συμπληρώνει το πλήθος των ηλεκτρονικών υπολογιστών, συμπεριλαμβανομένων των εκτυπωτικών μηχανημάτων, και το μέσο χρόνο λειτουργίας κατά τη διάρκεια ενός έτους. Πατώντας το κουμπί **Compute** εκτιμάται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh. Έπειτα πρέπει να διευκρινιστεί εάν οι συσκευές απενεργοποιούνται κατά την περίοδο που δεν χρησιμοποιούνται και εάν γίνεται χρήση επίπεδων οθονών. Αφού συμπληρωθούν όλα τα πεδία με το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται οι απαραίτητοι δείκτες κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας για το πεδίο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες των γραφείων και της διοίκησης.

2.3.4 Τομείς παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας

Στην αμέσως επόμενη καρτέλα (Σχήμα 2.19) ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει πιο εξειδικευμένα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση θερμικής ενέργειας σε επιμέρους τομείς της επιχείρησης.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. On the left, there is a vertical menu under 'Heat fields' with five items: 'Heat production', 'Heat distribution', 'Heat customers', 'District heat extraction', and 'Boiler replacement'. The main area contains two tables. The first table, 'Summary Overview Heat', has columns for 'Nr', 'Name', 'Actual energy consumption [kWh/year]', 'Pot. savings [%]', 'Pot. savings [kWh/year]', and 'Energy consumption after optimisation [kWh/year]'. It lists 10 items, all with zero values. The second table, 'Summary Boiler', has columns for 'Existing boiler', 'Current amount of fuel [kWh]', 'New amount of fuel [kWh]', and 'Fuel savings [kWh]'. It lists 5 boiler entries, all with zero values, and a 'Total' row. There are 'Potential Savings' and 'Fuel Savings' buttons at the bottom.

Summary Overview Heat					
Nr	Name	Actual energy consumption [kWh/year]	Pot. savings [%]	Pot. savings [kWh/year]	Energy consumption after optimisation [kWh/year]
1	-	0	0	0	0
2	-	0	0	0	0
3	-	0	0	0	0
4	-	0	0	0	0
5	-	0	0	0	0
6	Room heating	0	0	0	0
7	Warm water	0	0	0	0
8	Production losses	0	0	0	0
9	Distribution losses	0	0	0	0
10	Heat recovery	0	0	0	0

Summary Boiler			
Existing boiler	Current amount of fuel [kWh]	New amount of fuel [kWh]	Fuel savings [kWh]
-	0	0	0
-	0	0	0
-	0	0	0
-	0	0	0
-	0	0	0
Total :	0	0	0

Σχήμα 2.19 : Σύνοψη θερμικής ενέργειας.

Προσφέρεται η δυνατότητα καταχώρησης δεδομένων σε πέντε διαφορετικούς τομείς, όπως η παραγωγή θερμότητας, το δίκτυο διανομής της θερμότητας, οι καταναλωτές θερμικής ενέργειας, η απομακρυσμένη αξιοποίηση της θερμότητας και η βελτίωση των λεβήτων. Μετά τη συμπλήρωση των κατάλληλων καρτελών ο πρώτος πίνακας του Σχήματος 2.19 με τίτλο «Summary Overview Heat» θα απεικονίζει την κατανάλωση θερμικής ενέργειας στην υπάρχουσα κατάσταση, την ποσότητα θερμικής ενέργειας που δυνητικά μπορεί να εξοικονομηθεί και την κατανάλωση θερμότητας μετά από τη βελτιστοποίηση. Όλα τα μεγέθη υπολογίζονται σε kWh/year. Ο δεύτερος πίνακας του Σχήματος 2.19 με τίτλο «Summary boiler» αφορά τους λέβητες που χρησιμοποιούνται και εξετάζει την πιθανότητα αντικατάστασης ή βελτίωσης τους. Μετά τη συμπλήρωση των κατάλληλων καρτελών ο πίνακας θα απεικονίζει την τωρινή κατανάλωση καυσίμου σε kWh για τη θέρμανση νερού στους λέβητες, καθώς και την κατανάλωση σε kWh μετά την υλοποίηση βελτιωτικών παρεμβάσεων.

2.3.4.1 Παραγωγή θερμότητας

Πατώντας στο πεδίο **Heat production** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρισης των στοιχείων σχετικά με την παραγωγή θερμότητας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.20.

Heating/Steam boilers						
Name	Power [kW]	Fuel type	Amount of fuel [kWh]	Annual use efficiency [%]	Age [years]	Produced heat amount [kWh]
-	0		0	0		0
-	0		0	0		0
-	0		0	0		0
-	0		0	0		0
-	0		0	0		0
Total	0		0			0

Heat recovery				
Name	Annual quantity [kWh]	Temperature level	Current situation	Possible customers for additional heat recovery
	0	0		
	0	0		
	0	0		
	0	0		

Energy spent at present [kWh/year]: 0
Potential [kWh/year]: 0

Do the heating systems have a condensing boiler technology?

Is process heat being recovered?

Is the temperature level already lowered as far as possible?

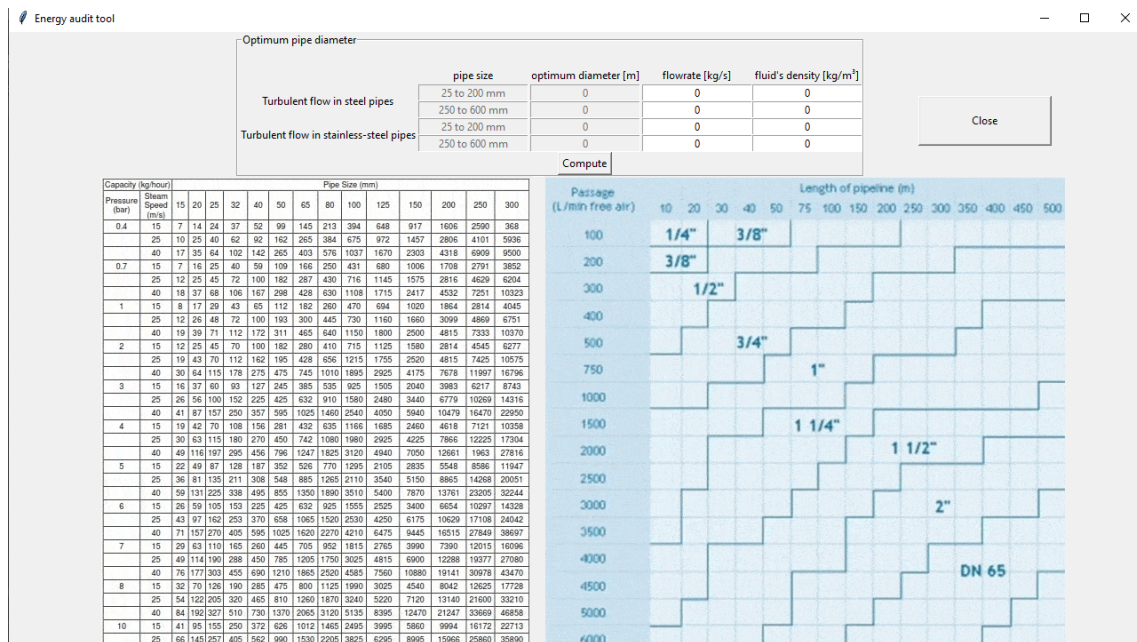
Buttons: Compute, Save and exit, Additional info

Σχήμα 2.20 : Καρτέλα παραγωγής θερμότητας.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να καταχωρήσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λεβήτων ατμού και νερού που χρησιμοποιούνται στην επιχείρηση. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το είδος και η ποσότητα του καυσίμου που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση σε κάθε λέβητα, καθώς και ο βαθμός απόδοσης και η ηλικία του λέβητα. Έπειτα αξιολογείται ο βαθμός εκμετάλλευσης της απορριπτόμενης θερμότητας, αφού καταγραφούν οι πιθανοί τρόποι και εάν αυτοί έχουν ενσωματωθεί ή όχι. Πιο συγκεκριμένα, καταχωρείται η ποσότητα και το θερμοκρασιακό επίπεδο της θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί, αλλά και οι πιθανοί πελάτες οι οποίοι θα την αξιοποιήσουν. Αφού συμπληρωθούν τα παραπάνω πεδία, πατώντας το κουμπί **Compute**, υπολογίζεται αρχικά η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται στους λέβητες υπολογισμένη σε kWh και έπειτα η αντίστοιχη συνολική ποσότητα που μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί, καθώς και η ποσότητα της θερμικής ενέργειας που δυνητικά μπορεί να εξοικονομηθεί σύμφωνα με τα δεδομένα που καταχωρήθηκαν. Ακολουθούν τρεις ερωτήσεις σχετικές με την εξοικονόμηση ενέργειας στους λέβητες και πιο αναλυτικά εξετάζεται αν γίνεται

εκμετάλλευση της τεχνολογίας συμπύκνωσης και εάν τα επίπεδα θερμοκρασίας έχουν ρυθμιστεί με το βέλτιστο τρόπο.

Πατώντας το κουμπί **Additional info** παρέχονται περαιτέρω λεπτομέρειες που αφορούν τη διαστασιολόγηση των υδραυλικών σωληνώσεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.21.



Σχήμα 2.21 : Καρτέλα διαστασιολόγησης υδραυλικών σωληνώσεων.

Μέσω αυτής της καρτέλας είναι εφικτή η επιλογή της βέλτιστης διαμέτρου των σωληνώσεων με βάση την παροχή και την πυκνότητα του ρευστού που τις διατρέχει. Αφού δοθούν τα απαραίτητα στοιχεία, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η βέλτιστη διάμετρος για σωλήνες από απλό ανθρακοχάλυβα και από ανοξείδωτο χάλυβα αντίστοιχα. Επίσης παρέχονται πίνακες υπολογισμού της διαμέτρου με βάση την ταχύτητα και την πίεση του ρευστού, αλλά και με βάση το μήκος των σωληνώσεων. Πατώντας το κουμπί **Close** χρήστης εξέρχεται από την παρούσα καρτέλα και ακολούθως πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται τα δεδομένα κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης θερμότητας στο πεδίο «απώλειες κατά την παραγωγή».

2.3.4.2 Διανομή της θερμότητας

Πατώντας στο πεδίο **Heat distribution** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρισης των στοιχείων σχετικά με το δίκτυο διανομής της θερμότητας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.22.

The screenshot displays the 'Energy audit tool' interface. On the left, a vertical menu titled 'Heat fields' contains five options: 'Heat production', 'Heat distribution', 'Heat customers', 'District heat extraction', and 'Boiler replacement'. The 'Heat distribution' option is selected. The main window shows a 'Heat distribution' form with the following fields and controls:

- Are all heatpipes in the boiling houses isolated? (dropdown)
- Are the heatpipes between boiling house and consumer isolated? (dropdown)
- Can heater circuits, which are not used, be switched off? (dropdown)
- Number of heater circuits, which can be regulated separately (input field)
- Compared to heat production: How big is the grid of heatpipes? (dropdown)
- Annual potential savings: Related to the total actually demanded energy amount: (input field) kWh
- Is there a regulation for the circulated heat? e.g. pumps with rotation speed control (dropdown)
- How does the regulation for the heating system work? (dropdown)

At the bottom of the form are buttons for 'Additional info', 'Compute', and 'Save and exit'. To the right, there are two summary tables:

h/year	Energy consumption after optimisation [kWh/year]
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

Fuel savings [kWh]
0
0
0
0
0

At the bottom of the interface are buttons for 'Potential Savings' and 'Fuel Savings'. A 'Summary' button is also visible in the top right corner.

Σχήμα 2.22 : Καρτέλα δικτύου διανομής θερμότητας.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης καλείται να καταχωρήσει στοιχεία σχετικά με την κατάσταση του δικτύου διανομής της θερμότητας. Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί εάν οι σωληνώσεις εντός αλλά και εκτός των λεβητοστασίων είναι μονωμένες και έπειτα να διερευνηθεί εάν είναι εφικτή η μείωση των κυκλωμάτων θέρμανσης ή η απενεργοποίηση εκείνων των κομματιών που δεν χρησιμοποιούνται. Επίσης πρέπει να συγκριθεί το μέγεθος του δικτύου σωληνώσεων που εξυπηρετούν τη διανομή θερμότητας με το αντίστοιχο δίκτυο που χρησιμοποιείται στον τομέα παραγωγής θερμότητας. Τέλος, εξετάζεται η ύπαρξη συστήματος κυκλοφορητών και παρούσα κατάστασή τους.

Πατώντας το κουμπί **Additional info** παρέχονται περαιτέρω λεπτομέρειες σχετικά με τη μόνωση των σωληνώσεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.23.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Energy audit tool

Simple insulation calculation for pipes

The form will provide realistic calculations up to 200°C surface temperature only

Pipe dimensions		Heat loss calculations		Unit	Before insulation	After insulation, 1"
Length, L	0	m	Parameters		0	0
Diameter, d	0	m	Surface temperature	°C	0	0
Area, A1	0	m ²	Ambient temperature	°C	0	0
Insulation cost per m ²	0	EUR/m ²	Area	m ²	0	0
Boiler information		Total heat loss		kJ/hr	0	0
Operation hours	0	hrs/year	Eq. fuel loss	Unit/year	0	0
GCV of fuel oil	0	KJ/unit	Eq. monetary loss	EUR/year	0	0
Boiler efficiency	0	%	Insulation cost	EUR	0	0
Cost of fuel oil	0	EUR/unit	Savings	EUR/year	0	0
		Simple payback		Years	0	0

Compute

Close

Potential Savings Fuel Savings

Σχήμα 2.23 : Καρτέλα υπολογισμού μόνωσης σωληνώσεων.

Αρχικά αναφέρεται πως οι ακόλουθοι υπολογισμοί ισχύουν με την προϋπόθεση πως η θερμοκρασία στην εξωτερική επιφάνεια των σωληνώσεων δεν ξεπερνάει τους 200°C. Τα πρώτα πεδία αφορούν τις διαστάσεις των σωληνώσεων και καταχωρούνται το μήκος και οι διάμετρος καθώς και το κόστος της μόνωσης ανά τ.μ. Τα αμέσως επόμενα πεδία αφορούν το λέβητα και συγκεκριμένα το χρόνος λειτουργίας και την απόδοσή του καθώς και το κόστος του καυσίμου που χρησιμοποιείται. Τα τελευταία στοιχεία που πρέπει να καταχωρηθούν είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας των σωληνώσεων πριν και μετά την τοποθέτηση μονωτικού υλικού πάχους 1". Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζονται χρήσιμα μεγέθη πριν και μετά την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού για λόγους σύγκρισης. Πιο συγκεκριμένα, για τις δύο καταστάσεις υπολογίζονται: η συνολική επιφάνεια σε τ.μ., η συνολική απώλεια θερμότητας σε kJ/hr, η ισοδύναμη απώλεια καυσίμου σε unit/year και η ισοδύναμη οικονομική απώλεια σε EUR/year. Επίσης για την περίπτωση τοποθέτηση μονωτικού υλικού 1" υπολογίζεται το κόστος του υλικού, η δυνητική εξοικονόμηση χρημάτων από τον περιορισμό των απωλειών και πραγματοποιείται μια απλοποιημένη εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.

Πατώντας το κουμπί **Close** ο χρήστης εξέρχεται από την παρούσα καρτέλα και ακολούθως πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται τα δεδομένα κατανάλωσης και

δυναμικής εξοικονόμησης θερμότητας στο πεδίο «απώλειες κατά τη διανομή της θερμότητας».

2.3.4.3 Πελάτες – καταναλωτές θερμότητας

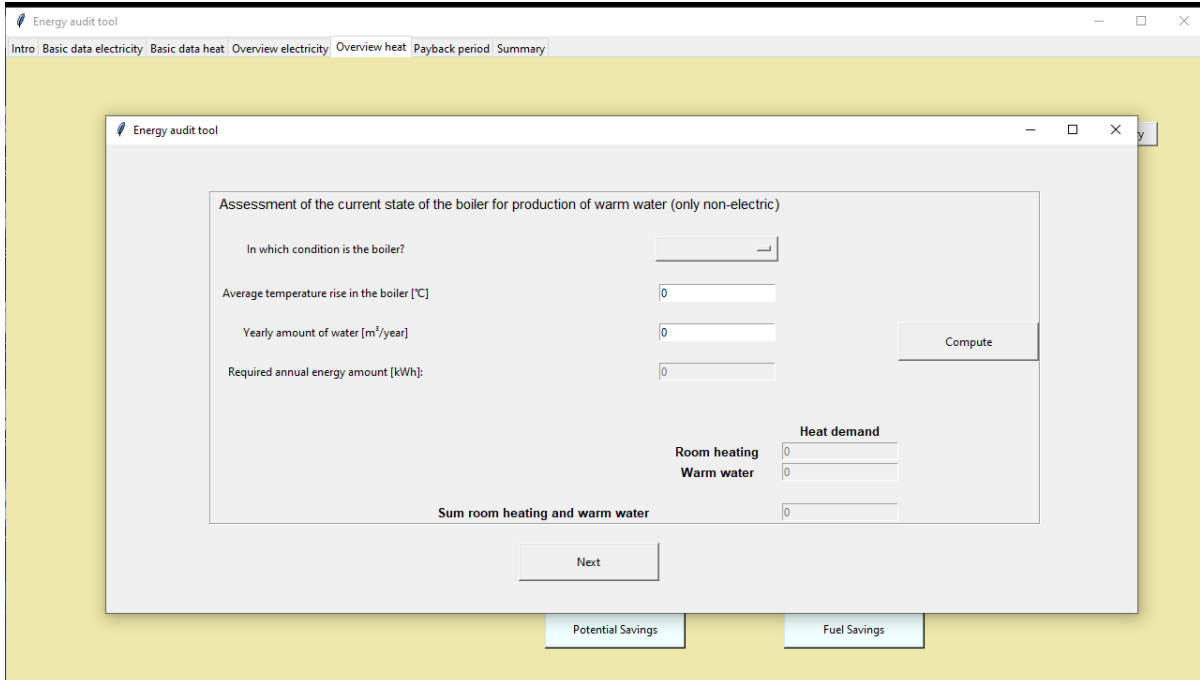
Πατώντας στο πεδίο **Heat customers** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρισης των στοιχείων σχετικά με τους καταναλωτές της θερμότητας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.24.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. At the top, there are tabs for 'Intro', 'Basic data', 'Electricity', 'Basic data heat', 'Overview electricity', 'Overview heat', 'Basic data heat', and 'Summary'. The 'Basic data heat' tab is active. Below the tabs, there is a checkbox 'Are buildings considered?' with a dropdown arrow. The main part of the form is a table with the following columns: Name, Type of use, Year of construction, Energy parameter [kWh/m²], Area, Internal loads [kWh], and Sum kWh. There are five rows in the table, each with input fields for these values. Below the table, there are several input fields and a 'Compute' button. The fields are: 'Energy consumption for the room heating [kWh]' (value 0), 'Share in electrical heat supply [kWh]' (value 0), 'Are there heat consumers installed with a low temperature level? e.g. ceiling-radiators for the heating of halls etc.' (dropdown arrow), 'Are there deposits or scales on the heat exchanger surfaces? e.g. clean heat exchangers' (dropdown arrow), and 'Is heat delivery adjusted to heat demand? e.g. regulation, possibilities for controlling, etc.' (dropdown arrow). At the bottom, there is a 'Next' button.

Σχήμα 2.24 : Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας (1).

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης επιλέγει αρχικά εάν τα κτίρια της επιχείρησης θα ληφθούν υπόψη σαν καταναλωτές θερμότητας. Εφόσον η θέρμανση των κτηρίων ληφθεί υπόψη τότε πρέπει να συμπληρωθούν τα χαρακτηριστικά των επιμέρους χώρων, όπως το είδος χρήσης (παραγωγή, γραφεία, εργαστήρια ή αποθήκες), η χρονολογία κατασκευής τους, η συνολική τους επιφάνεια και ενδεχόμενα ψυχρά φορτία που βρίσκονται μέσα σε αυτούς. Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η ενεργειακή παράμετρος κάθε χώρου υπολογισμένη σε kWh/m² και η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για τη θέρμανση των χώρων. Ακολουθούν ερωτήσεις σχετικά με τη δυνατότητα ελέγχου της καταναλισκόμενης θερμότητας σε συνάρτηση με τη ζήτηση και την παρούσα κατάσταση των επιφανειών των εναλλακτών θερμότητας.

Πατώντας το κουμπί **Next** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρησης στοιχείων σχετικά με το λέβητα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.25.



The screenshot shows a web application window titled "Energy audit tool" with a navigation menu at the top: Intro, Basic data electricity, Basic data heat, Overview electricity, Overview heat, Payback period, Summary. The main content area is a form titled "Assessment of the current state of the boiler for production of warm water (only non-electric)".

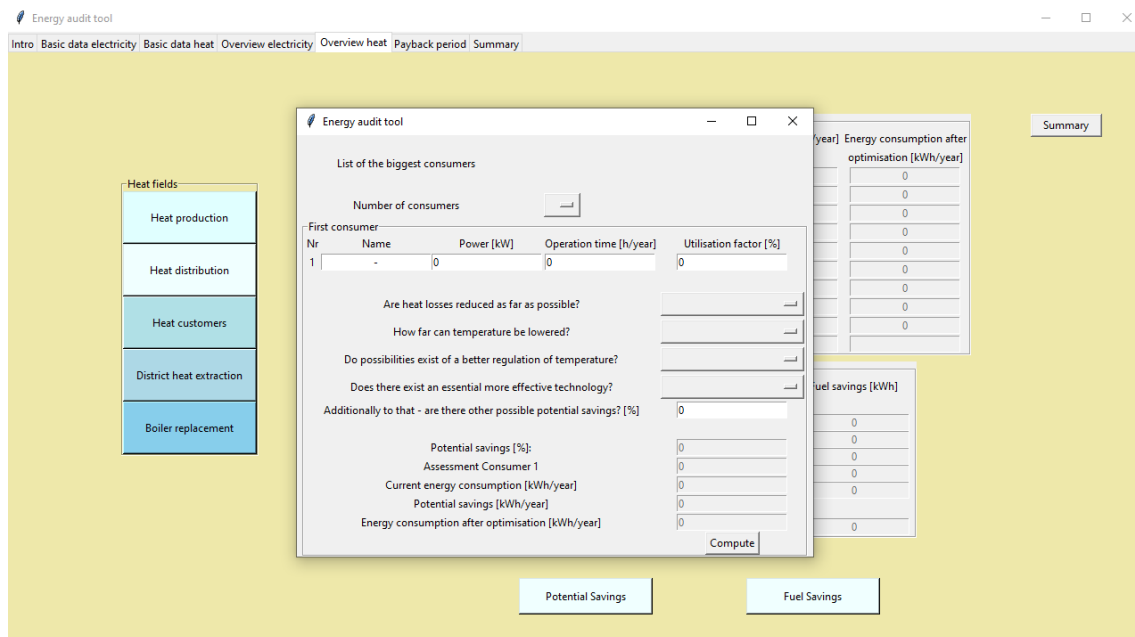
The form contains the following fields and controls:

- "In which condition is the boiler?": A dropdown menu.
- "Average temperature rise in the boiler [°C]": A text input field with the value "0".
- "Yearly amount of water [m³/year]": A text input field with the value "0".
- "Required annual energy amount [kWh]": A text input field with the value "0".
- A "Compute" button.
- A "Heat demand" section with two sub-sections:
 - "Room heating": A text input field with the value "0".
 - "Warm water": A text input field with the value "0".
- A "Sum room heating and warm water" text input field with the value "0".
- A "Next" button.

Below the form, there are two buttons: "Potential Savings" and "Fuel Savings".

Σχήμα 2.25 : Καρτέλα λέβητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα αρχικά αξιολογείται η παρούσα κατάσταση του λέβητα που εξυπηρετεί τις ανάγκες της επιχείρησης για ζεστό νερό χρήσης με ιδιαίτερο βάρος να δίνεται στην ετήσια συντήρησή του. Έπειτα ζητείται η μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά μέσω όρο στο εσωτερικό του λέβητα, όπως και η ετήσια ποσότητα νερού που θερμαίνεται. Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η συνολική ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για τις ανάγκες παραγωγής ZNX αλλά και για τη θέρμανση των χώρων της επιχείρησης σε ετήσια βάση. Πατώντας το κουμπί **Next** ο χρήστης οδηγείται στην καρτέλα που αφορά τους κύριους καταναλωτές θερμικής ενέργειας, πέρα από τις ανάγκες των κτιρίων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.26.

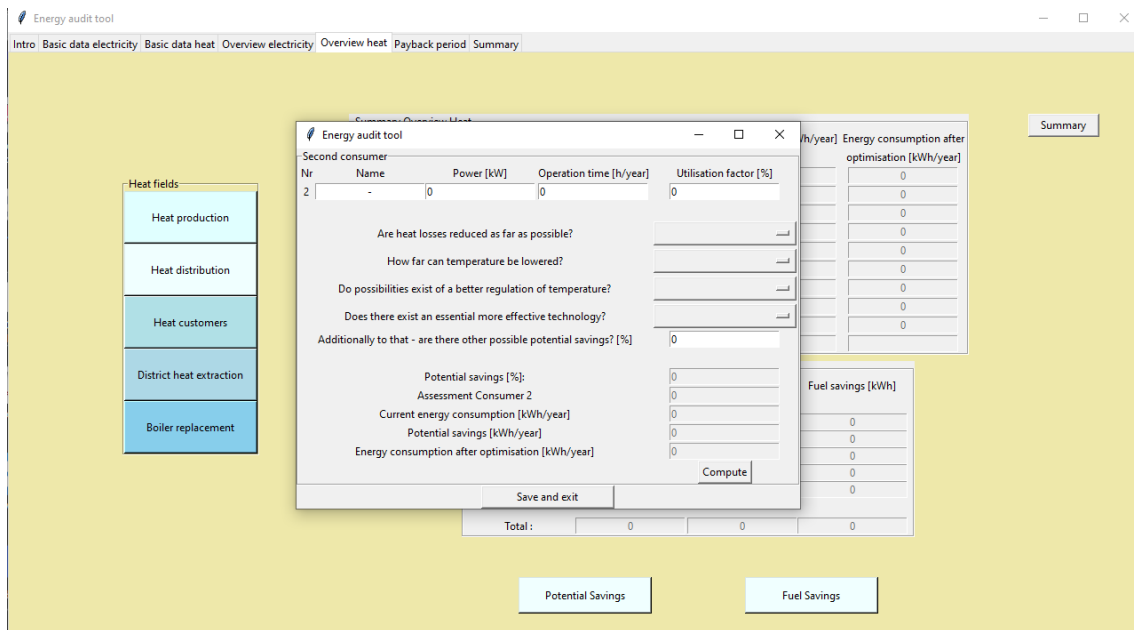


Σχήμα 2.26 : Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας (2).

Στη συγκεκριμένη καρτέλα προηγείται η επιλογή του αριθμού των βασικών καταναλωτών-πελατών θερμότητας. Αφού οριστεί ο συγκεκριμένος αριθμός ακολουθεί η συμπλήρωση των χαρακτηριστικών του πρώτου καταναλωτή. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να καταχωρηθεί η ισχύς, ο χρόνος λειτουργίας και ο βαθμός χρησιμοποίησης του συγκεκριμένου καταναλωτή. Έπειτα παρέχονται ερωτήσεις με σκοπό τη βαθύτερη ανάλυση του καταναλωτή-πελάτη. Ειδικότερα, εξετάζεται εάν οι θερμικές απώλειες περιορίζονται στο μέγιστο βαθμό και συμπληρώνεται σε ποιο ποσοστό είναι εφικτή η μείωση των επιπέδων θερμοκρασίας. Επιπλέον, διερευνάται εάν υπάρχει αποδοτικότερος τρόπος ρύθμισης της θερμοκρασίας και εάν προσφέρονται νεότερες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που είναι εφικτό να εφαρμοστούν. Τέλος, εξετάζεται το ενδεχόμενο ύπαρξης μεθόδων για περαιτέρω περιορισμό των απωλειών θερμότητας. Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται το ποσοστό της θερμότητας που δυνητικά μπορεί να εξοικονομηθεί, καθώς και η κατανάλωση της θερμικής ενέργειας μετά τη βελτιστοποίηση υπολογισμένη σε kWh/year.

Η αρχική επιλογή του αριθμού καταναλωτών-πελατών θερμότητας καθορίζει τα επόμενα βήματα που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης. Σε περίπτωση που υπάρχει μόνο ένας καταναλωτής, τότε στην παρούσα καρτέλα εμφανίζεται το κουμπί **Save and exit** με το πάτημα του οποίου υπολογίζονται τα δεδομένα κατανάλωσης και δυνητικής

εξοικονόμησης θερμότητας στο πεδίο «καταναλωτές-πελάτες θερμότητας». Σε περίπτωση που ο χρήστης ορίσει περισσότερους του ενός καταναλωτές, τότε στην παρούσα καρτέλα εμφανίζεται το κουμπί **Next** μέσω του οποίου πραγματοποιείται η μετάβαση στον επόμενο καταναλωτή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.27.

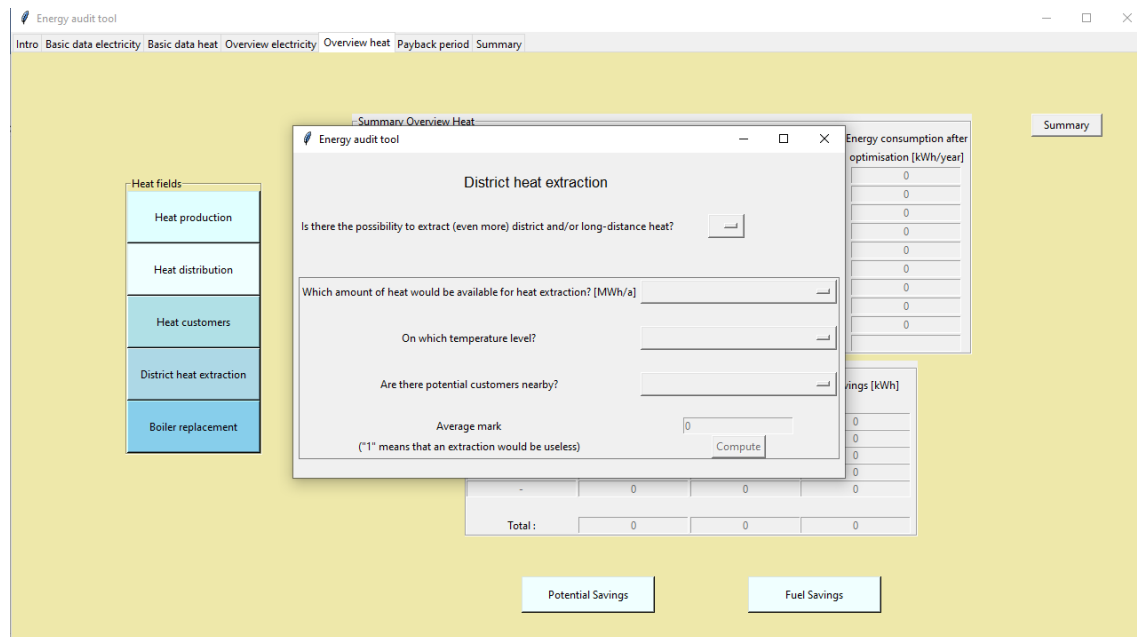


Σχήμα 2.27 : Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας (3).

Σε αντιστοιχία με την προηγούμενη καρτέλα πραγματοποιούνται οι ίδιοι υπολογισμοί και για τον δεύτερο καταναλωτή-πελάτη θερμότητας. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται αναλόγως με τον αριθμό καταναλωτών με ανώτατο αριθμό τους πέντε πελάτες. Στην καρτέλα του τελευταίου καταναλωτή εμφανίζεται το κουμπί **Save and exit** με το πάτημα του οποίου, όπως προαναφέρθηκε, υπολογίζονται τα δεδομένα κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης θερμότητας στο πεδίο «καταναλωτές-πελάτες θερμότητας» για τον εκάστοτε καταναλωτή.

2.3.4.4 Σύστημα τηλεθέρμανσης

Πατώντας στο πεδίο **District heat extraction** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρισης των στοιχείων σχετικά με την απομακρυσμένη αξιοποίηση της θερμότητας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.28.

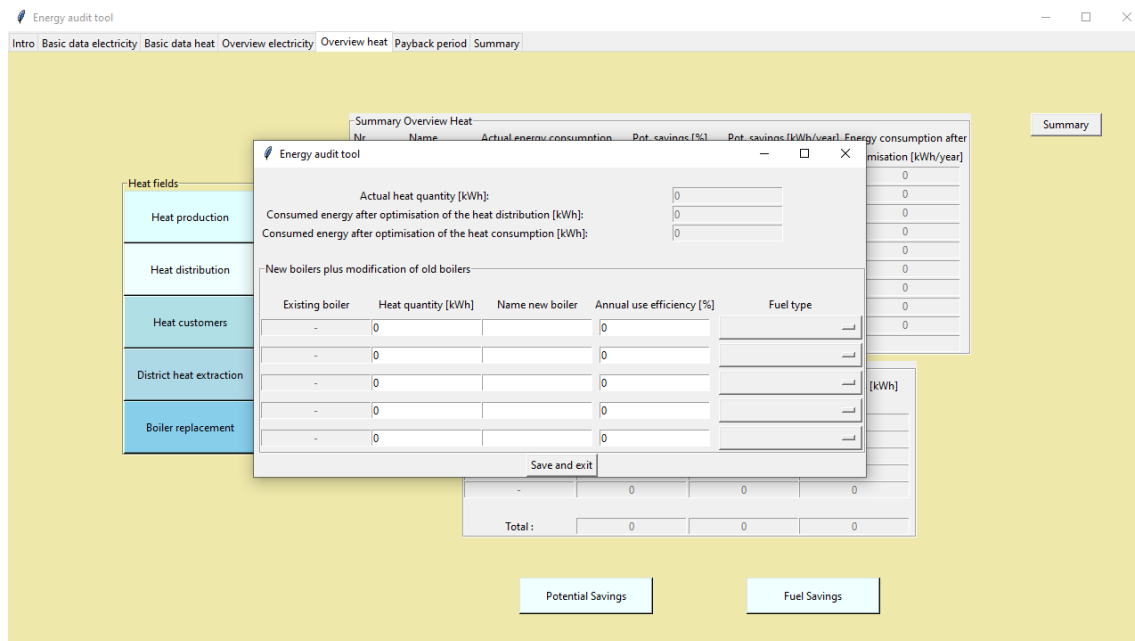


Σχήμα 2.28 : Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης θερμότητας.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα εξετάζεται το ενδεχόμενο περεταίρω εξαγωγής θερμότητας για την αξιοποίησή της σε απομακρυσμένα σημεία. Εφόσον αυτό είναι εφικτό, πρέπει να διευκρινιστεί η ποσότητα της θερμικής ενέργειας που είναι διαθέσιμη υπολογισμένη σε MWh/a, καθώς και το θερμοκρασιακό επίπεδο στο οποίο βρίσκεται. Τέλος, αφού προσδιοριστεί το πλήθος των πιθανών πελατών που βρίσκονται σε εύλογη απόσταση, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης της συγκεκριμένης διαδικασίας. Ο συγκεκριμένος βαθμός παίρνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας, με την τιμή ένα να χαρακτηρίζει την επένδυση σε αυτή τη διαδικασία ανώφελη, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του τόσο πιο χρήσιμη θα μπορούσε να αποβεί αυτή η παρέμβαση. Πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται τα δεδομένα κατανάλωσης και δυνητικής εξοικονόμησης θερμότητας στο πεδίο «απομακρυσμένη αξιοποίηση της θερμότητας».

2.3.4.5 Αντικατάσταση – βελτίωση λέβητα

Πατώντας στο πεδίο **Boiler replacement** εμφανίζεται η καρτέλα καταχώρισης των στοιχείων σχετικά με τη βελτίωση των λεβήτων που χρησιμοποιούνται, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.29.



Σχήμα 2.29 : Καρτέλα αντικατάστασης λέβητα.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα ο χρήστης καλείται να καταχωρήσει τις βελτιώσεις στις οποίες μπορεί να προβεί πάνω στους υπάρχοντες λέβητες, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων λεβήτων που ενδεχομένως σκέφτεται να τοποθετήσει. Αρχικά, συνοψίζονται κάποιες πληροφορίες με βάση τα στοιχεία που έχουν ήδη καταχωρηθεί στο εργαλείο εξοικονόμησης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, αντλώντας στοιχεία από προηγούμενες καρτέλες, συμπληρώνεται η πραγματική ποσότητα θερμικής ενέργειας που καταναλώνεται πριν από οποιαδήποτε παρέμβαση, υπολογισμένη σε kWh, καθώς και η κατανάλωση θερμότητας μετά από τη βελτιστοποίηση στο πεδίο της διανομής αλλά και της κατανάλωσης γενικότερα, είτε αυτό έχει επιτευχθεί με αντικατάσταση του ενεργοβόρου εξοπλισμού είτε με παρεμβάσεις με σκοπό τη μείωση των απωλειών θερμότητας. Έπειτα ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων λεβήτων που μπορεί να εγκατασταθούν, καθώς και τα νέα χαρακτηριστικά του υπάρχοντος εξοπλισμού μετά από βελτιωτικές παρεμβάσεις. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να συμπληρωθεί η ποσότητα της θερμότητας η οποία θα παράγεται από τους νέους ή τροποποιημένους λέβητες, υπολογισμένη σε kWh, καθώς και ο βαθμός απόδοσής τους. Επίσης, απαιτείται η επιλογή του τύπου του καυσίμου που χρησιμοποιείται μέσα από μια λίστα με όλα τα πιθανά είδη (φυσικό αέριο, πετρέλαιο, υγραέριο, κάρβουνο, ηλεκτρικό ρεύμα, καύσιμο που δεν εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα κατά την καύση του, κ.ά.). Τέλος,

πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζονται τα δεδομένα κατανάλωσης και δυναμικής εξοικονόμησης θερμότητας στο πεδίο «βελτίωση των λεβήτων».

2.3.5 Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης

Στην αμέσως επόμενη καρτέλα (Σχήμα 2.30) δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να υπολογίσει το χρόνο απόσβεσης μιας πιθανής επένδυσης σε κάποιο τομέα της επιχείρησης, λαμβάνοντας υπόψη οικονομοτεχνικά δεδομένα.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface with the 'Calculation of payback period' window open. The window is divided into two main sections: 'Electricity' on the left and 'Heat' on the right. Each section has a 'Summary' button in the top right corner. Below the section headers, there are two columns of input fields. The left column for 'Electricity' includes fields for 'Area of reduction', 'Costs of investment' (EUR), 'Running costs' (% of investm. and EUR/year), 'Operating time' (h/year), 'Energy saving' (kWh/year), 'Credited electricity price' (EUR/kWh), 'Electricity credit 1. year' (EUR/year), 'Annual credit (fixed electricity price)' (EUR/year), 'Statistic payback period' (years), 'Electricity inflation' (%), 'Electricity price after 10 years' (EUR/kWh), 'Average electricity costs for 10 years' (EUR/kWh), 'Electricity credit 10 years with inflation' (EUR/year), 'Annual credit (electricity price with inflation)' (EUR/year), 'Statistic payback period' (years), 'Change in cost additionally: with funding' (% of investm.), 'Subsidies' (EUR), 'Investment with funding' (EUR), and 'Statistic payback period' (years). The right column for 'Heat' has identical fields. At the bottom of each section, there are 'Compute' and 'Show graph' buttons. The 'Statistic payback period' fields in both sections are currently set to 0.

Σχήμα 2.30 : Καρτέλα υπολογισμού χρόνου απόσβεσης.

Η συγκεκριμένη καρτέλα χωρίζεται σε δύο μέρη, εκ των οποίων το αριστερό αφορά τους τομείς όπου καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια, ενώ το δεξί αφορά τους τομείς όπου παράγεται και καταναλώνεται θερμότητα. Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, αρχικά πρέπει να επιλεγεί ο εξειδικευμένος τομέας στον οποίο πρόκειται να πραγματοποιηθεί κάποια τροποποίηση με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και θα εξεταστεί ο χρόνος απόσβεσης αυτής της επένδυσης. Όπως ακριβώς και στα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας έτσι και στην παρούσα καρτέλα προσφέρεται η δυνατότητα διερεύνησης του χρόνου απόσβεσης μιας πιθανής επένδυσης σε οχτώ διαφορετικούς τομείς, όπως ο φωτισμός, το σύστημα πεπιεσμένου αέρα, ο εξαερισμός, οι αντλίες, το

σύστημα μετάδοσης κίνησης, το σύστημα ψύξης και κλιματισμού, το σύστημα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες των γραφείων και της διοίκησης. Αφού επιλεγεί ο επιθυμητός τομέας, απαιτείται το ποσό της επένδυσης και τι ποσοστό των τρεχούμενων εξόδων αποτελεί αυτό το ποσό. Επίσης, πρέπει να καταχωρηθεί ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας υπολογισμένος σε h/year, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας την στιγμή της επένδυσης, καθώς και το ποσοστό του πληθωρισμού της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας με βάση κάποιο προβλεπτικό μοντέλο. Επιπρόσθετα, εξετάζεται το ενδεχόμενο εύρεσης χρηματοδότησης, η οποία μπορεί να καλύψει ολόκληρο ή μέρος των συνολικών εξόδων. Στην περίπτωση που γίνει χρήση χρηματοδότησης πρέπει να γνωστοποιηθεί ποιο ποσοστό της συνολικής επένδυσης καλύπτεται από δανειζόμενα κεφάλαια. Εφόσον συμπληρωθούν τα απαραίτητα πεδία, πατώντας το αριστερό κουμπί **Compute**, υπολογίζεται η ενέργεια που θα εξοικονομηθεί στην περίπτωση της συγκεκριμένης επένδυσης, καθώς και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας για δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται σταθερή και με βάση αυτή γίνεται η εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης. Η δεύτερη περίπτωση λαμβάνει υπόψη τον πληθωρισμό και προβλέπει την τιμή του ηλεκτρισμού σε βάθος δεκαετίας, με βάση την οποία εκτιμάται ο χρόνος απόσβεσης. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση χρηματοδότησης λαμβάνεται υπόψη και ο πληθωρισμός στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και εν τέλει υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης.

Σε αντιστοιχία με τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, στον τομέα της θερμότητας προέχει η επιλογή του τομέα της παραγωγής και κατανάλωσης θερμικής ενέργειας στον οποίο θα διερευνηθεί ο χρόνος απόσβεσης μιας πιθανής επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα, προσφέρεται η δυνατότητα επιλογής των τομέων που συμπληρώθηκαν στην καρτέλα "Overview heat", όπως οι καταναλωτές-πελάτες θερμότητας, η θέρμανση των κτηρίων, η παραγωγή ZNX, οι απώλειες κατά την παραγωγή θερμότητας και οι απώλειες κατά τη διανομή της. Ακριβώς όπως και στον προηγούμενο τομέα, αφού εστιαστεί το ενδιαφέρον σε ένα εξειδικευμένο πεδίο της θερμικής ενέργειας και συμπληρωθούν τα οικονομικά δεδομένα, πατώντας, το δεξί αυτή τη φορά, κουμπί **Compute** υπολογίζεται η ποσότητα της ενέργειας που είναι εφικτό να εξοικονομηθεί και γίνεται εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης της συγκεκριμένης παρέμβασης για τις περιπτώσεις ύπαρξης ή μη

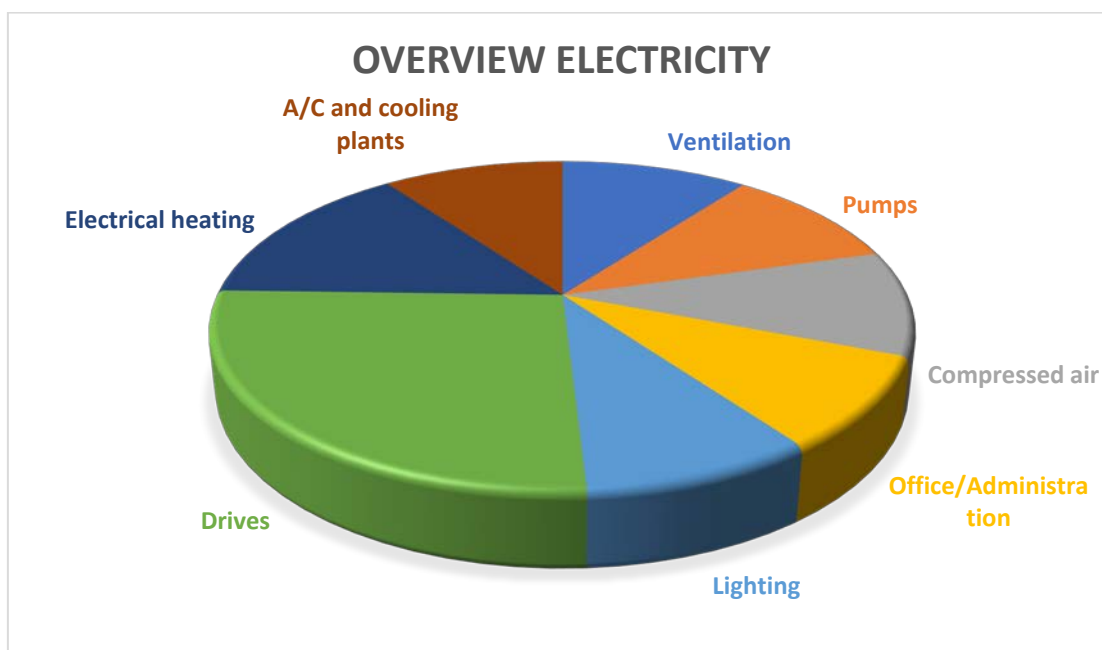
πληθωρισμού στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και λήψης χρηματοδότησης για κάλυψη μέρους ή για το σύνολο της επένδυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

3.1 Επιθεώρηση κλάδων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

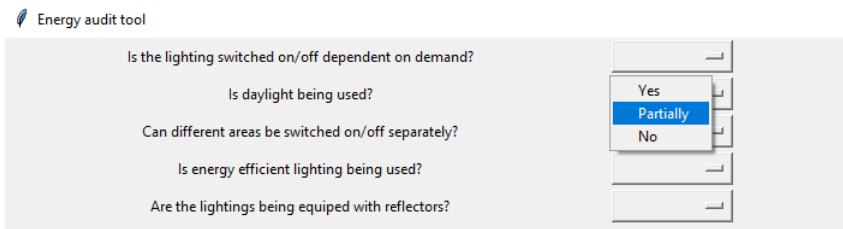
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5 παραπάνω, ο χρήστης στην καρτέλα «Overview electricity» έχει τη δυνατότητα καταχώρησης στοιχείων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε οκτώ διαφορετικούς τομείς. Στον Πίνακα 1, στον οποίο παρουσιάστηκαν η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και το αντίστοιχο κόστος για έναν καταναλωτή μέσης τάσης, η υφιστάμενη συνολική ηλεκτρική ισχύς του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται είναι 348 kW και επιμερίζεται ενδεικτικά στους εξειδικευμένους τομείς της επιχείρησης όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Κατανομή ηλεκτρικού φορτίου.

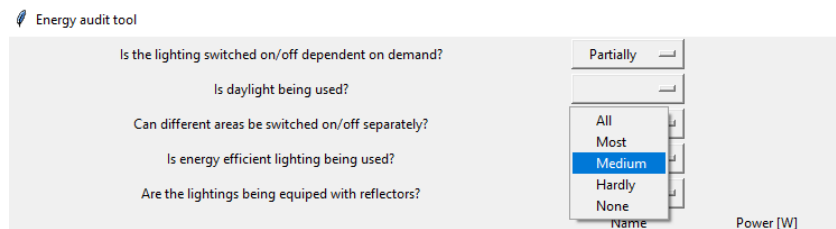
3.1.1 Φωτισμός

Πιο συγκεκριμένα, στην καρτέλα «Lighting» απαντώνται αρχικά οι ερωτήσεις που αφορούν την αξιολόγηση της υπάρχουσας κατάστασης του συστήματος φωτισμού των εγκαταστάσεων. Η πρώτη ερώτηση εξετάζει εάν ο φωτισμός ενεργοποιείται και απενεργοποιείται σύμφωνα με τη ζήτηση. Οι πιθανές απαντήσεις είναι «Yes», «Partially» και «No» και επιλέγεται η απάντηση Partially, όπως φαίνεται στο Σχήμα 29.



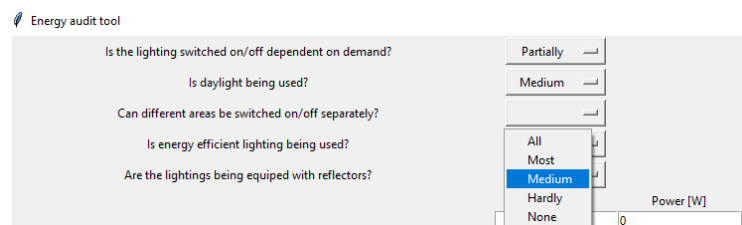
Σχήμα 3.2: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 1.

Στην επόμενη ερώτηση εξετάζεται εάν γίνεται εκμετάλλευση του ηλιακού φωτός και οι απαντήσεις είναι «All», «Most», «Medium», «Hardly» και «None», από τις οποίες επιλέγεται το Medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 2.

Η επόμενη ερώτηση αφορά τη δυνατότητα ελέγχου του φωτισμού σε επιμέρους τμήματα και χώρους της επιχείρησης. Αντίστοιχα, οι απαντήσεις είναι «All», «Most», «Medium», «Hardly» και «None», από τις οποίες επιλέγεται το Medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 3.

Η τέταρτη ερώτηση αφορά τις λάμπες οικονομίες και οι πιθανές απαντήσεις είναι «Yes» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το Yes, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2.

Energy audit tool

Is the lighting switched on/off dependent on demand?

Is daylight being used?

Can different areas be switched on/off separately?

Is energy efficient lighting being used?

Are the lightings being equiped with reflectors?

Power [W] Act

Σχήμα 3.5: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 4.

Στην πέμπτη ερώτηση διερευνάται η ύπαρξη ανακλαστήρων στους εγκατεστημένους λαμπτήρες και οι είναι «All», «Most», «Medium», «Hardly» και «None», από τις οποίες επιλέγεται το Medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 33.

Energy audit tool

Is the lighting switched on/off dependent on demand?

Is daylight being used?

Can different areas be switched on/off separately?

Is energy efficient lighting being used?

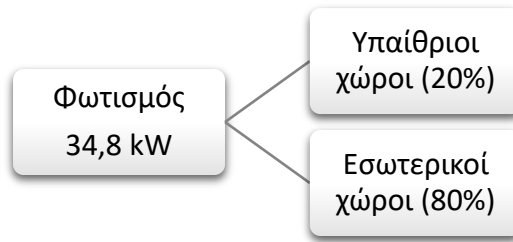
Are the lightings being equiped with reflectors?

Fill the table :

	Power [W]	A
All	0	0
Most	0	0
Medium	0	0
Hardly	0	0
None	0	0

Σχήμα 3.5: Καρτέλα φωτισμού - Ερώτηση 5.

Μετά την απάντηση των ερωτήσεων, καταχωρούνται τα στοιχεία κατανάλωσης. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τις ανάγκες φωτισμού λογίζεται ως το 10% της συνολικής ενέργειας, δηλαδή το αντίστοιχο ηλεκτρικό φορτίο είναι 34,8 kW. Η κατανάλωση του φωτισμού χωρίζεται σε δύο μέρη, με το πρώτο να αφορά το φωτισμό των υπαίθριων χώρων για οκτώ ώρες κάθε ημέρα του χρόνου και αποτελεί το 20% της κατανάλωσης, ενώ το υπόλοιπο 80% της κατανάλωσης καλύπτει τις ανάγκες φωτισμού των εσωτερικών χώρων, όπου με δεδομένη 12ώρη βάρδια και εξαιρουμένων των αργιών οι συνολικές ώρες χρήσης του φωτισμού είναι 2800 ώρες σε ένα έτος. Στο Σχήμα 3.6 φαίνεται ο επιμερισμός της ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού.



Σχήμα 3.6: Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο πίνακας του προγράμματος συμπληρώνεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.7 παρακάτω.

Name	Power [W]	Actual power[W]	Pieces	Operating hours [h/year]	Electricity [kWh/year]
Outdoor lighting	6960	6960	1	2920	20323.2
Interior lighting	27840	27840	1	2800	77952.0
	0	0	0	0	0.0
	0	0	0	0	0.0
	0	0	0	0	0.0
	0	0	0	0	0.0
					98275.2

Fill the table :

Save and exit

press

Σχήμα 3.7: Καρτέλα φωτισμού – Πίνακας

Με το πάτημα του κουμπιού **Press** υπολογίζονται οι συνολικές κιλοβατώρες που καταναλώνονται για τις ανάγκες του φωτισμού και με το κουμπί **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα του φωτισμού, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 3.

3.1.2 Πεπιεσμένος αέρας

Ακολουθεί η καρτέλα του πεπιεσμένου αέρα, όπου καταχωρούνται μεγέθη σχετικά με τους συμπιεστές που χρησιμοποιούνται. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από τους συμπιεστές αντιστοιχεί στο 11,33% της συνολικής ενέργειας, δηλαδή το αντίστοιχο ηλεκτρικό φορτίο είναι 40kW. Πιο συγκεκριμένα, ο συμπιεστής σταθερής ταχύτητας βρίσκεται υπό φορτίο στο 79% του συνολικού χρόνου λειτουργίας του και στο υπόλοιπο 21% του χρόνου βρίσκεται στη φάση φρεναρίσματος. Στο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε συμπιεστής ισχύος 55 hp (~41 kW), με δυνατότητα μεταφορά όγκου 162 m³/h και πίεση λειτουργίας 12bar. Στο Σχήμα 3.8 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του εν λόγω συμπιεστή.

Energy audit tool

List of fixed speed compressors

Compressor	operation time [h/year]	Load & idling		Delivery volume [m ³ /min]	Pressure level [bar]
		Power [kW]	Time [h/year]		
Main compressor	2212	41	588	41	2.7
	0	0	0	0	12
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0

Idling towards total				
Time ratio	Consumption ratio	Possible Potential savings (%)	Specific delivery energy [kWh/m ³]	Energy [kWh]
0.21	0.21	20.99	0.320	11480
0	0	0	0	0.0
0	0	0	0	0.0
0	0	0	0	0.0
0	0	0	0	0.0
0	0	0	0	0.0
			Sum :	114800.0

Σχήμα 3.8: Στοιχεία συμπιεστή σταθερής ταχύτητας.

Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίστηκαν λεπτομερή στοιχεία για τον συμπιεστή και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα μπορούν να γίνουν αντίστοιχοι υπολογισμοί και για συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας ο οποίος μπορεί να μεταφέρει σε πλήρη φόρτιση όγκο 3,7 m³/min.

Πατώντας το κουμπί **Next page** εξετάζεται περαιτέρω η κατάσταση του συστήματος πεπιεσμένου αέρα. Ειδικότερα, σχετικά με την πτώση πίεσης που παρατηρείται, συμπληρώθηκε η πίεση στον συμπιεστή, δηλαδή 12 bar, καθώς και η πίεση που φτάνει στον τελικό καταναλωτή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.9.

Energy audit tool

What is the average pressure level at the compressors [bar] 12

What is the required pressure level of the end consumers [bar] 11.5

Theoretically possible pressure drop 0.5

compute

Σχήμα 3.9: Θεωρητική πτώση πίεσης.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η θεωρητική πτώση πίεσης στο σύστημα του πεπιεσμένου αέρα υπολογίζεται στο 0,5 bar και κυμαίνεται σε επιτρεπτά επίπεδα.

Ακολουθούν έξι ερωτήσεις που έχουν σκοπό την πλήρη αξιολόγηση του συστήματος πεπιεσμένου αέρα. Η πρώτη ερώτηση εξετάζει τη συχνότητα ελέγχου για διαρροές και οι πιθανές απαντήσεις είναι «Every month», «Half year», «Annually», «Infrequently» και «Never», από τις οποίες επιλέγεται το Annually, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10.

Energy audit tool

What is the average pressure level at the compressors [bar] 12

What is the required pressure level of the end consumers [bar] 11.5

Theoretically possible pressure drop 0.5 compute

Are leakages being searched?

Can you hear leakages?

Control of the compressors

Is the air compression system switched off when it is not used (night, weekend)?

Every month

Half year

Annually

Infrequently

Never

Σχήμα 3.10: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 1.

Η δεύτερη ερώτηση εξετάζει σε τι βαθμό γίνονται αντιληπτές υπάρχουσες διαρροές με βάση την ένταση του ήχου που αυτές προκαλούν. Οι απαντήσεις είναι «Not at all», «Only quiet», «Absolutely», «Often and clear» και «Constant hiss», και επιλέγεται το Often and clear, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.11.

Energy audit tool

What is the average pressure level at the compressors [bar] 12

What is the required pressure level of the end consumers [bar] 11.5

Theoretically possible pressure drop 0.5 compute

Are leakages being searched? Annually

Can you hear leakages?

Control of the compressors

Is the air compression system switched off when it is not used (night, weekend)?

How old is the air compression system?

Not at all

Only quiet

Absolutely

Often and clear

Constant hiss

Σχήμα 3.11: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 2.

Η επόμενη ερώτηση αφορά τον τρόπο ελέγχου του συμπιεστή και οι πιθανές επιλογές είναι «Overall», «Cascade control» και «Regulation of rotation», από τις οποίες επιλέγεται το cascade control, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.12.

Σχήμα 3.12: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 3.

Η τέταρτη ερώτηση εξετάζει εάν το σύστημα του πεπιεσμένου αέρα απενεργοποιείται όταν δε γίνεται χρήση, όπως κατά τη διάρκεια της νύχτας και τα Σαββατοκύριακα. Οι πιθανές απαντήσεις είναι «Yes», «Partially» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το partially, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.13.

Σχήμα 3.13: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 4.

Η πέμπτη ερώτηση εξετάζει την ηλικία του συμπιεστή με πιθανές επιλογές «0-4 years», «4-8 years», «8-12 years», «12-16 years» και «older than 16 years», όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση ο συμπιεστής εντάσσεται στην κατηγορία 4-8 years, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.14.

Σχήμα 3.14: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 5.

Στην τελευταία ερώτηση διερευνάται η ύπαρξη εναλλακτικών τρόπων παραγωγής πεπιεσμένου αέρα (π.χ. με ηλεκτρικούς οδηγούς) και οι επιλογές είναι «All», «Most», «Medium», «Hardly» και «None». Επιλέγεται το most, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.15.

Σχήμα 3.15: Καρτέλα συμπιεστή - Ερώτηση 6.

Με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα του πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 2,68.

3.1.3 Εξαερισμός

Ακολουθεί η καρτέλα του συστήματος εξαερισμού, όπου καταχωρούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμιστήρων που χρησιμοποιούνται. Πιο συγκεκριμένα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα το ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του εξαερισμού είναι 11,33%, δηλαδή η συνολική ισχύς των ανεμιστήρων είναι 40 kW. Ως χρόνος λειτουργίας λογίζεται η 12ωρη βάρδια, που όπως και παραπάνω ισοδυναμεί με 2800 ώρες τον χρόνο. Βασικό στοιχείο που πρέπει να καταχωρηθεί αποτελεί ο τρόπος καθορισμού της ροής του αέρα μέσα στο σύστημα εξαερισμού με πιθανές επιλογές «None», «Frequency converter», «Rotation speed control» και «Throttle», από τις οποίες επιλέχθηκε το throttle. Η ισχύς των ανεμιστήρων επιμερίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό (35 kW) στους κύριους ανεμιστήρες και σε μικρότερο ποσοστό (5 kW) σε μικρότερους ανεμιστήρες. Στην περίπτωση των μικρών ανεμιστήρων απαιτείται επιπλέον ο βαθμός απόδοσής τους με επιλογές «Very efficient», «Efficient», «Medium», «Inefficient» και «Very inefficient», από τις οποίες επιλέγεται το medium. Στο Σχήμα 3.16 φαίνονται αναλυτικά τα στοιχεία που συμπληρώθηκαν.

Fan	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Regulation of air flow
Main fan	35	1	2800	35	0	0	Throttle
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
Sum of small fans	5	1	2800	5	0	0	Medium

Σχήμα 3.16: Καρτέλα συστήματος εξαερισμού - Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Μετά τη συμπλήρωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των ανεμιστήρων ακολουθεί ερώτηση σχετικά με τη διαστασιολόγηση των σωληνώσεων του συστήματος εξαερισμού με πιθανές απαντήσεις «Optimal», «Good», «Ok», «Bad» και «Very bad», από τις επιλέγεται το ok. Εφόσον αξιολογηθεί το μέγεθος των σωληνώσεων, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζονται ο λόγος ισχύος κάθε ανεμιστήρα και η καταναλισκόμενη ενέργεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.17.

Energy audit tool

Engines with big influence
List of fans

Fan	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Regulation of air flow
Main fan	35	1	2800	35	1.0	98000.0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
Sum of small fans	5	1	2800	5	1.0	14000.0	Medium
Total :	40.0	2.0				112000.0	

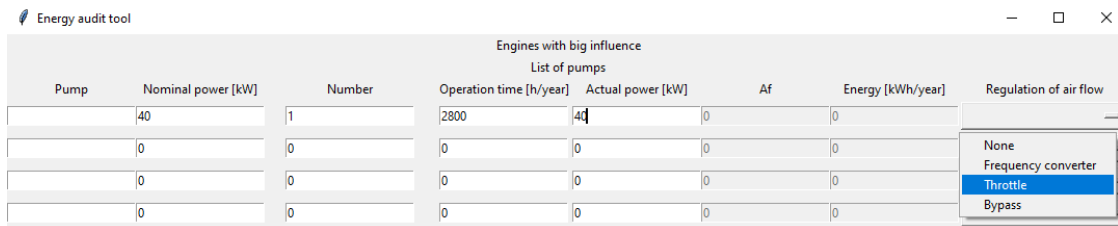
How are the pipes dimensioned?

Σχήμα 3.17: Καρτέλα συστήματος εξαερισμού - Αποτελέσματα.

Με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα του συστήματος εξαερισμού, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 2,33.

3.1.4 Αντλίες

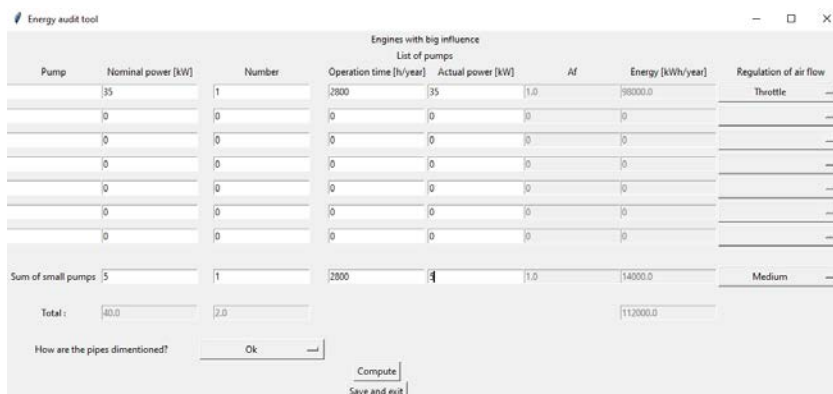
Ακολουθεί η καρτέλα του συστήματος αντλιών, όπου καταχωρούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντλητικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Πιο συγκεκριμένα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα το ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των αντλιών είναι 11,33%, δηλαδή η συνολική ισχύς του εξοπλισμού είναι 40 kW. Ως χρόνος λειτουργίας λογίζεται η 12ωρη βάρδια, που όπως και παραπάνω ισοδυναμεί με 2800 ώρες τον χρόνο. Στη συγκεκριμένη καρτέλα, πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντλιών, πρέπει να καθοριστεί και ο τρόπος ελέγχου της ροής του αέρα εντός των αντλιών με πιθανές επιλογές «None», «Frequency converter», «Throttle» και «Bypass», από τις οποίες επιλέγεται το throttle, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.18.



Σχήμα 3.18: Καρτέλα αντλιών - Στοιχεία κατανάλωσης.

Σε αντιστοιχία με τους ανεμιστήρες του συστήματος εξαερισμού, οι αντλίες μπορούν σε χωριστούν σε δύο ομάδες, μεγάλης και μικρής ισχύος με συνολική ισχύ τα 40 kW.

Μετά τη συμπλήρωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των αντλιών ακολουθεί ερώτηση σχετικά με τη διαστασιολόγηση των σωληνώσεων του συστήματος αντλιών με πιθανές απαντήσεις «Optimal», «Good», «Ok», «Bad» και «Very bad», από τις επιλέγεται το ok. Εφόσον αξιολογηθεί το μέγεθος των σωληνώσεων, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζονται ο λόγος ισχύος κάθε αντλίας και η καταναλισκόμενη ενέργεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.19.



Σχήμα 3.19: Καρτέλα αντλιών - Αποτελέσματα.

Με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα του συστήματος αντλιών, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 3.

3.1.5 Σύστημα μετάδοσης κίνησης

Ακολουθεί η καρτέλα του συστήματος οδήγησης, όπου καταχωρούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οδηγών που χρησιμοποιούνται. Πιο συγκεκριμένα, στο συγκεκριμένο

παράδειγμα το ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των οδηγών είναι 11,33%, δηλαδή η συνολική ισχύς του εξοπλισμού είναι 40 kW. Ως χρόνος λειτουργίας λογίζεται η 12ωρη βάρδια, που όπως και παραπάνω ισοδυναμεί με 2800 ώρες τον χρόνο. Στη συγκεκριμένη καρτέλα, πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οδηγών, πρέπει να καθοριστεί και ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης μέσω αυτών των οδηγών με πιθανές επιλογές «Direct», «Flat belt», «V-belt», «Bevel -/Track gear» και «Worn gear». Στο παρόν παράδειγμα η κίνηση μεταδίδεται κατά το ήμισυ μέσω γραναζιών λοξοτόμησης και το υπόλοιπο μισό μέσω επίπεδων ιμάντων κίνησης. Στο Σχήμα 3.20 φαίνονται αναλυτικά τα στοιχεία που συμπληρώθηκαν.

Motors with big influence							
List of drives							
Drive	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Power transmission
	20	1	2800	20	0	0	Bevel-/Track gear
	20	1	2800	20	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	

Σχήμα 3.20: Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης - Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Αντίστοιχα μπορεί να γίνει αναφορά σε επιμέρους συστήματα μετάδοσης κίνησης με χαμηλή ισχύ ώστε να αξιολογηθεί σε βάθος ο συγκεκριμένος τομέας. Στην περίπτωση των μικρών οδηγών απαιτείται επιπλέον ο βαθμός απόδοσής τους με επιλογές «Very efficient», «Efficient», «Medium», «Inefficient» και «Very inefficient», όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.21.

Motors with big influence							
List of drives							
Drive	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Power transmission
	20	1	2800	20	0	0	Bevel-/Track gear
	20	1	2800	20	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
Sum of small drives	0	0	0	0	0	0	
Total:	0	0	0	0	0	0	

Σχήμα 3.21: Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης - Σύστημα οδήγησης μικρής ισχύος.

Εφόσον συμπληρωθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία, με το πάτημα του κουμπιού **Compute** υπολογίζονται ο λόγος ισχύος κάθε συστήματος μετάδοσης κίνησης και η καταναλισκόμενη ενέργεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.22.

The screenshot shows a software window titled 'Energy audit tool' with a sub-header 'Motors with big influence'. Below this is a table titled 'List of drives' with the following columns: Drive, Nominal power [kW], Number, Operation time [h/year], Actual power [kW], Af, Energy [kWh/year], and Power transmission. The table contains two rows of data for drives with 20 kW nominal power and 2800 h/year operation time. The first row has an actual power of 20 kW and energy of 56000.0 kWh/year, with 'Bevel-/Track gear' transmission. The second row has an actual power of 24 kW and energy of 56000.0 kWh/year, with 'Flat belt' transmission. Below the table, there is a 'Sum of small drives' row with all zeros. At the bottom, a 'Total' row shows a sum of 40.0 kW and 2.0 units, with a total energy of 112000.0 kWh/year. There are 'Compute' and 'Save and exit' buttons at the bottom right.

Drive	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Power transmission
	20	1	2800	20	1.0	56000.0	Bevel-/Track gear
	20	1	2800	24	1.0	56000.0	Flat belt
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
Sum of small drives	0	0	0	0	0	0	
Total :	40.0	2.0				112000.0	

Σχήμα 3.22: Καρτέλα συστήματος μετάδοσης κίνησης - Αποτελέσματα.

Με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα του συστήματος μετάδοσης κίνησης, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 1,66.

3.1.6 Κλιματισμός και ψύξη

Ακολουθεί η καρτέλα του κλιματισμού, όπου καταχωρούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κλιματιστικών μονάδων που χρησιμοποιούνται. Πιο συγκεκριμένα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα το ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των κλιματιστικών είναι 11%, δηλαδή η συνολική ισχύς του εξοπλισμού είναι 38,5kW. Ως χρόνος λειτουργίας λογίζεται η 12ωρη βάρδια, που όπως και παραπάνω ισοδυναμεί με 2800 ώρες τον χρόνο. Στη συγκεκριμένη καρτέλα, πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κλιματιστικών, πρέπει να καθοριστεί και ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης στο εσωτερικό της ψυκτικής μονάδας με πιθανές επιλογές «Direct», «Flat belt» και «V-belt», από τις οποίες επιλέγεται το direct, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.23.

Energy audit tool						
List of A/Cs and cooling plants						
Air conditioning	Nominal power [kW]	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Energy [kWh/year]	Drive type	Age
	38.5	2800	38.5	0	Direct	
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		

Σχήμα 3.23: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Η επόμενη επιλογή αφορά την ηλικία του εξοπλισμού και οι πιθανές επιλογές είναι «0-4 years», «4-8 years», «8-12 years», «12-16 years» και «older than 16 years», από τις οποίες επιλέγεται το 4-8 years, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.24.

Energy audit tool						
List of A/Cs and cooling plants						
Air conditioning	Nominal power [kW]	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Energy [kWh/year]	Drive type	Age
	38.5	2800	38.5	0	Direct	4-8 years
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		
	0	0	0	0		

Σχήμα 3.24: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Ηλικία εξοπλισμού.

Έπειτα, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια από τις κλιματιστικές μονάδες. Αφού πραγματοποιηθεί ο εν λόγω υπολογισμός ακολουθούν τρεις ερωτήσεις αξιολόγησης της υπάρχουσας κατάστασης των κλιματιστικών μονάδων. Η πρώτη ερώτηση εξετάζει τη συχνότητα καθαρισμού του εσωτερικού και εξωτερικού μέρους των εναλλακτών θερμότητας με πιθανές απαντήσεις «Yes», «Sometimes» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το sometimes, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.25.

Energy audit tool						
List of A/Cs and cooling plants						
Air conditioning	Nominal power [kW]	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Energy [kWh/year]	Drive type	Age
	38.5	2800	38.5	107800.0	Direct	4-8 years
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
Total :	38.5			107800.0		

Are the inside and the outside of the heat exchangers cleaned regularly?

Is the heat recovered?

Compute

Yes
Sometimes
No

Σχήμα 3.25: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων –Ερώτηση 1.

Η δεύτερη ερώτηση διερευνά εάν πραγματοποιείται ανάκτηση θερμότητας στις κλιματιστικές μονάδες και οι πιθανές απαντήσεις είναι «Yes», «Partially» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το partially, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.26.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. At the top, there is a window title 'Energy audit tool' and standard window controls. Below this is a section titled 'List of A/Cs and cooling plants'. It contains a table with the following columns: 'Air conditioning', 'Nominal power [kW]', 'Operation time [h/year]', 'Actual power [kW]', 'Energy [kWh/year]', 'Drive type', and 'Age'. The first row has values: 38.5, 2800, 38.5, 107800.0, Direct, and 4-8 years. The remaining rows are empty. Below the table, there is a 'Total' section with input fields for '38.5' and '107800.0', and a 'Compute' button. Below that, there are three questions with dropdown menus: 'Are the inside and the outside of the heat exchangers cleaned regularly?' (set to 'Sometimes'), 'Is the heat recovered?' (set to 'Partially'), and 'Are the temperature levels and the operating point optimised?' (set to 'Yes'). The 'Partially' option in the second dropdown is highlighted.

Air conditioning	Nominal power [kW]	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Energy [kWh/year]	Drive type	Age
	38.5	2800	38.5	107800.0	Direct	4-8 years
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		

Total : 38.5 107800.0 Compute

Are the inside and the outside of the heat exchangers cleaned regularly? Sometimes

Is the heat recovered? Partially

Are the temperature levels and the operating point optimised? Yes

Σχήμα 3.26: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Ερώτηση 2.

Η τελευταία ερώτηση εξετάζει εάν το επίπεδο ζητούμενης θερμοκρασίας έχει ρυθμιστεί με βέλτιστο σημείο με πιθανές απαντήσεις «Yes» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το yes, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.27.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. At the top, there is a window title 'Energy audit tool' and standard window controls. Below this is a section titled 'List of A/Cs and cooling plants'. It contains a table with the following columns: 'Air conditioning', 'Nominal power [kW]', 'Operation time [h/year]', 'Actual power [kW]', 'Energy [kWh/year]', 'Drive type', and 'Age'. The first row has values: 38.5, 2800, 38.5, 107800.0, Direct, and 4-8 years. The remaining rows are empty. Below the table, there is a 'Total' section with input fields for '38.5' and '107800.0', and a 'Compute' button. Below that, there are three questions with dropdown menus: 'Are the inside and the outside of the heat exchangers cleaned regularly?' (set to 'Sometimes'), 'Is the heat recovered?' (set to 'Partially'), and 'Are the temperature levels and the operating point optimised?' (set to 'Yes'). The 'Yes' option in the third dropdown is highlighted.

Air conditioning	Nominal power [kW]	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Energy [kWh/year]	Drive type	Age
	38.5	2800	38.5	107800.0	Direct	4-8 years
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		
	0	0	0	0.0		

Total : 38.5 107800.0 Compute

Are the inside and the outside of the heat exchangers cleaned regularly? Sometimes

Is the heat recovered? Partially

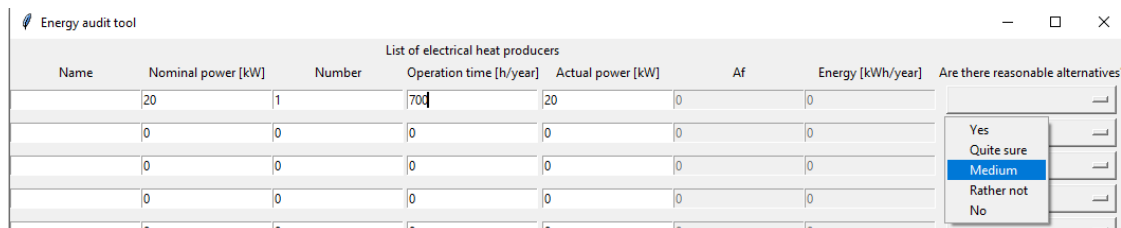
Are the temperature levels and the operating point optimised? Yes

Σχήμα 3.27: Καρτέλα κλιματιστικών μονάδων - Ερώτηση 3.

Με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα των κλιματιστικών μονάδων, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 2.

3.1.7 Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Ακολουθεί η καρτέλα της θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις όπου καταχωρούνται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών αντιστάσεων που χρησιμοποιούνται. Πιο συγκεκριμένα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα το ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των αντιστάσεων είναι 6%, δηλαδή η συνολική ισχύς του εξοπλισμού είναι 20 kW. Ως χρόνος λειτουργίας λογίζεται η 12ωρη βάρδια, που όπως και παραπάνω ισοδυναμεί με 2800 ώρες τον χρόνο. Βέβαια ο συγκεκριμένος τρόπος θέρμανσης χρησιμοποιείται τους χειμερινούς μήνες, συνεπώς ο χρόνος λειτουργίας είναι 700 ώρες. Στη συγκεκριμένη καρτέλα, πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντιστάσεων, πρέπει να καθοριστεί και η πιθανότητα ύπαρξης εναλλακτικών τρόπων θέρμανσης με πιθανές επιλογές «Yes», «Quite sure», «Medium», «Rather not», και «No», από τις οποίες επιλέγεται το medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.28.



Energy audit tool							
List of electrical heat producers							
Name	Nominal power [kW]	Number	Operation time [h/year]	Actual power [kW]	Af	Energy [kWh/year]	Are there reasonable alternatives
	20	1	700	20	0	0	Medium
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	

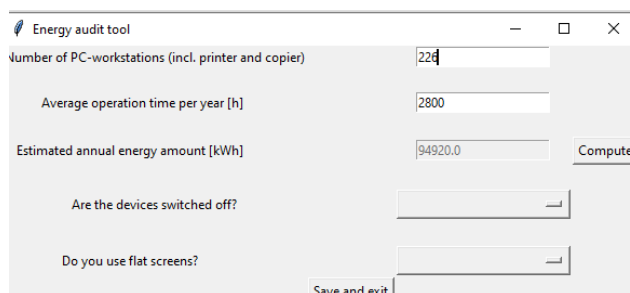
Σχήμα 3.28: Καρτέλα θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις - Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Με το πάτημα του κουμπιού **Compute** υπολογίζεται η καταναλισκόμενη ενέργεια από τις ηλεκτρικές αντιστάσεις. Τέλος, με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα της θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 3.

3.1.8 Γραφεία και διοίκηση

Η τελευταία καρτέλα αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες ηλεκτροδότησης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των υπόλοιπων ηλεκτρονικών

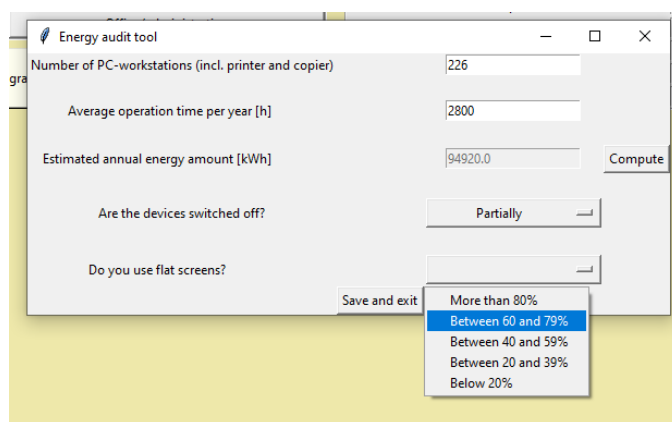
συσκευών που βρίσκονται στα γραφεία. Για τη συγκεκριμένη χρήση απαιτείται το 9% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας, δηλαδή το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί είναι 34 kW. Ως χρόνος λειτουργίας λογίζεται η 12ωρη βάρδια, που όπως και παραπάνω ισοδυναμεί με 2800 ώρες τον χρόνο. Αφού συμπληρωθεί ο αριθμός των συσκευών που χρησιμοποιούνται και πατηθεί το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.29.



The screenshot shows a window titled "Energy audit tool". It contains several input fields and buttons. The "Number of PC-workstations (incl. printer and copier)" field is set to 226. The "Average operation time per year [h]" field is set to 2800. The "Estimated annual energy amount [kWh]" field shows the calculated value 94920.0. There are two dropdown menus: "Are the devices switched off?" and "Do you use flat screens?". A "Compute" button is located to the right of the energy amount field. At the bottom, there is a "Save and exit" button.

Σχήμα 3.29: Καρτέλα ηλεκτρονικού εξοπλισμού - Καταναλισκόμενη ενέργεια.

Ακολουθούν δύο ερωτήσεις που θα καθορίσουν το βαθμό εξοικονόμησης του συγκεκριμένου τομέα. Η πρώτη εξετάζει εάν ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός απενεργοποιείται όταν δε γίνεται χρήση αυτού και οι πιθανές επιλογές είναι «Yes», «Partially» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το partially. Η δεύτερη ερώτηση διερευνά εάν χρησιμοποιούνται επίπεδες οθόνες, οι οποίες είναι λιγότερο ενεργοβόρες σε σχέση με τις συμβατικές και οι απαντήσεις είναι «More than 80%», «Between 60 and 79%», «Between 40 and 59%», «Between 20 and 39%» και «Below 20%» από τις οποίες επιλέγεται το between 60 and 79%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.30.



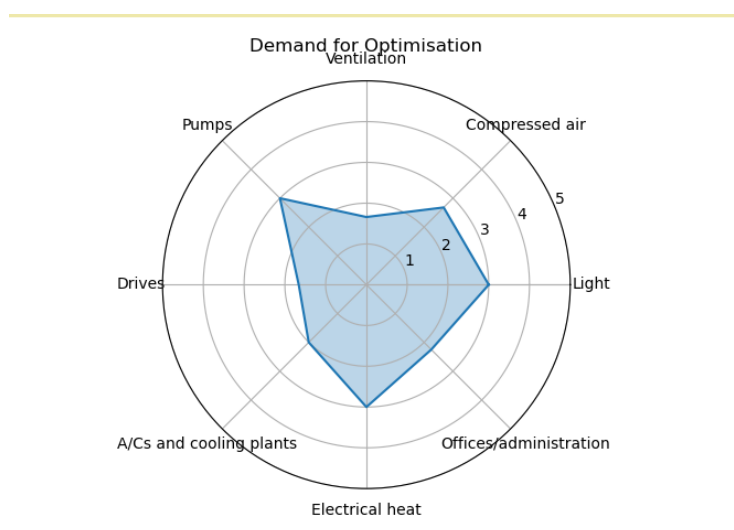
This screenshot is similar to the previous one but shows the dropdown menu for the question "Do you use flat screens?". The menu is open, displaying five options: "More than 80%", "Between 60 and 79%", "Between 40 and 59%", "Between 20 and 39%", and "Below 20%". The "Between 60 and 79%" option is currently selected and highlighted in blue.

Σχήμα 3.30: Καρτέλα ηλεκτρονικού εξοπλισμού - Ερωτήσεις αξιολόγησης.

Τέλος, με το πάτημα του κουμπιού **Save and exit** αποθηκεύονται τα στοιχεία που καταχωρήθηκαν και υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης για τον τομέα του ηλεκτρονικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα γραφεία, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση είναι 2,25.

3.1.9 Συμπεράσματα ενεργειακής επιθεώρησης – ηλεκτρική ενέργεια

Αφού συμπληρωθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και τα στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε τομέα, ο πίνακας της καρτέλας Overviewelectricity περιλαμβάνει το βαθμό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται στην παρούσα κατάσταση. Με το πάτημα του κουμπιού **Show graph** προκύπτουν δύο Σχήματα που υποδεικνύουν τους πιο ενεργοβόρους τομείς και την αναγκαιότητα πραγματοποίησης παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Στο Σχήμα 3.31, το οποίο είναι το πρώτο Σχήμα που προκύπτει, απεικονίζεται η κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να στραφεί το ενδιαφέρον της επιχείρησης για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 3.31: Αναγκαιότητα εξοικονόμησης ενέργειας.

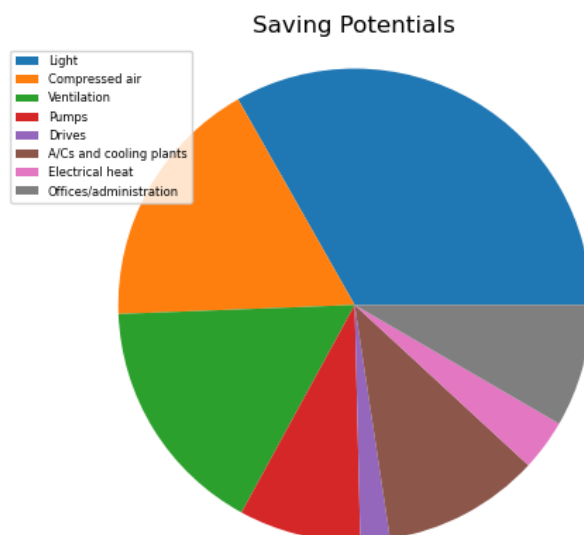
Πιο συγκεκριμένα, το συγκεκριμένο Σχήμα τύπου ραντάρ περιλαμβάνει τους βαθμούς αξιολόγησης κάθε τομέα, οι οποίοι όπως έχει αναφερθεί μπορούν να πάρουν τιμές μεγαλύτερες τους ενός και όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός τόσο μεγαλύτερο είναι το περιθώριο βελτίωσης του εκάστοτε τομέα σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στο παρόν παράδειγμα φαίνεται πως το σύστημα εξαερισμού και το σύστημα

μετάδοσης κίνησης, αμφότερα έχουν βαθμό αξιολόγησης 1,66, βρίσκονται σε καλή κατάσταση και είναι μικρό το περιθώριο βελτιωτικών παρεμβάσεων. Έπειτα, το σύστημα κλιματισμού, το δίκτυο πεπιεσμένου αέρα καθώς και ο τομέας του ηλεκτρονικού εξοπλισμού των γραφείων βρίσκονται σε μέτριο επίπεδο, ο βαθμός αξιολόγησης είναι κοντά στο δύο, οπότε προτείνεται η λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτούς τους τομείς. Τέλος, το ενδιαφέρον στρέφεται στους τομείς του φωτισμού, του συστήματος αντλιών και της θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις, καθώς σε αυτούς παρατηρείται ο υψηλότερος βαθμός αξιολόγησης και συγκεκριμένα τρία. Σε αυτούς τους τομείς προβάλλει επιτακτική η ανάγκη εύρεσης τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας. Στη συνέχεια φαίνεται συνοπτικά η αξιολόγηση των επιμέρους τομέων (Σχήμα 3.32).



Σχήμα 3.32: Αξιολόγηση τομέων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το δεύτερο Σχήμα που εμφανίζεται στην καρτέλα Overview electricity παρουσιάζει το μερίδιο της ενέργειας που μπορεί να εξοικονομηθεί σε κάθε τομέα και φαίνεται στο Σχήμα 3.33 που ακολουθεί.



Σχήμα 3.33: Ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που εξοικονομείται ανά τομέα.

3.2 Επιθεώρηση κλάδων παραγωγής και κατανάλωσης θερμότητας

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 17 παραπάνω, ο χρήστης στην καρτέλα Heat overview έχει τη δυνατότητα καταχώρησης στοιχείων κατανάλωσης θερμικής ενέργειας και απωλειών σε πέντε επιμέρους τομείς της παραγωγής. Στον Πίνακα 2, στον οποίο παρουσιάστηκαν η κατανάλωση της θερμικής ενέργειας και το αντίστοιχο κόστος του καυσίμου, και συγκεκριμένα του φυσικού αερίου, η υφιστάμενη συνολική θερμική ισχύς του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται είναι 348 kW.

3.2.1 Παραγωγή θερμότητας

Πιο συγκεκριμένα, στην καρτέλα «Heat production» καταχωρούνται εξειδικευμένες πληροφορίες σχετικά με την καταναλισκόμενη ενέργεια στο σύστημα καυστήρα-λέβητα, καθώς και στοιχεία που αφορούν την ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού και την παλαιότητά του. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.34, στο συγκεκριμένο παράδειγμα η ισχύς του εξοπλισμού είναι 348 kW και για συνολικό ετήσιο χρόνο λειτουργίας 2800 ώρες που αντιστοιχούν σε 12ωρη βάρδια, εξαιρουμένων των σαββατοκύριακων και των αργιών καταναλώνονται 974400 κιλοβατώρες. Επίσης συμπληρώνεται η ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού, η οποία είναι 85%. Τέλος, όσον αφορά την παλαιότητα του εξοπλισμού οι επιλογές είναι «less than 5 years», «less than 10 years», «less than 15 years», «less than 20 years» και «20 years or older», από τις οποίες επιλέγεται το less than 10 years.

Energy audit tool

Heat production

Heating/Steam boilers					
Name	Power [kW]	Fueal type	Amount of fuel [kWh]	Annual use efficiency [%]	Age [years]
Main boiler	348	Natural gas	974400	85	less than 10 y.
-	0		0	0	less than 5 y.
-	0		0	0	less than 10 y.
-	0		0	0	less than 15 y.
-	0		0	0	less than 20 y.
-	0		0	0	20 y. or older

Σχήμα 3.34: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού.

Ακολουθεί το τομέας την ανάκτησης θερμότητας κατά την παραγωγή, όπου εξετάζεται η υφιστάμενη ποσότητα που ανακτάται καθώς και η πιθανή ενσωμάτωση επιπρόσθετης ποσότητας. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.35, πρέπει να συμπληρωθεί η ποσότητα της θερμότητας που ανακτάται ήδη και η ποσότητα που δύναται να ανακτηθεί, καθώς και η θερμοκρασία στην οποία αυτή βρίσκεται.

Energy audit tool

Heat production

Heating/Steam boilers					
Name	Power [kW]	Fueal type	Amount of fuel [kWh]	Annual use efficiency [%]	Age [years]
Main boiler	348	Natural gas	974400	85	less than 10 y.
-	0		0	0	
-	0		0	0	
-	0		0	0	
-	0		0	0	
Total	348.0		974400.0		

Heat recovery					
Name	Annual quantity [kWh]	Temperature level	Current situation	Possible customers for additional heat recovery	
Existing recovery	100000	120	Implemented		
Possible recovery	100000	120	Not implemented but possible		
	0	0	Implemented		
	0	0	Not implemented but possible		
	0	0			

Σχήμα 3.35: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ανάκτηση θερμότητας.

Εφόσον συμπληρωθούν οι προαναφερθείσες πληροφορίες με το πάτημα του κουμπιού **Compute** υπολογίζονται η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται, αλλά και η ποσότητα θερμότητας που ανακτάται ήδη και αυτή που δύναται να ανακτηθεί στη διάρκεια ενός έτους, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.36.

Energy audit tool

Heat production

Heating/Steam boilers	Name	Power [kW]	Fueal type	Amount of fuel [kWh]	Annual use efficiency [%]	Age [years]	Produced heat amount [kW]
	Main boiler	348	Natural gas	974400	85	less than 10 y.	828240.0
	-	0		0	0		0.0
	-	0		0	0		0.0
	-	0		0	0		0.0
	-	0		0	0		0.0
	-	0		0	0		0.0
	Total	348.0		974400.0			828240.0

Heat recovery	Name	Annual quantity [kWh]	Temperature level	Current situation	Possible customers for additional heat recovery
Existing recovery		100000	120	Implemented	
Possible recovery		100000	120	Not implemented but possible	
		0	0		
		0	0		
		0	0		

Energy spent at present [kWh/year] 100000
 Potential [kWh/year] 100000.0

Compute

Σχήμα 3.36: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Αποτελέσματα.

Έπειτα ακολουθούν τρεις ερωτήσεις που αποσκοπούν στη βαθύτερη αξιολόγηση του εξοπλισμού παραγωγής θερμότητας. Η πρώτη εξετάζει εάν στο σύστημα καυστήρα-λέβητα χρησιμοποιείται η τεχνολογία της συμπύκνωσης, η οποία συμβάλει στην αύξηση της απόδοσης του εξοπλισμού. Οι απαντήσεις είναι «Yes», «No» και «Partially», από τις οποίες επιλέγεται το partially, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.37.

Do the heating systems have a condensing boiler technology?

Is process heat being recovered?

Is the temperature level already lowered as far as possible?

Save and exit

Σχήμα 3.37: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ερώτηση 1.

Η δεύτερη ερώτηση διερευνά σε τι βαθμό πραγματοποιείται ανάκτηση της θερμότητας κατά την παραγωγή και οι πιθανές απαντήσεις είναι «Totally», «Most», «Medium», «Little», «No» και «Not relevant», από τις οποίες επιλέγεται το medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.38.

Σχήμα 3.38: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ερώτηση 2.

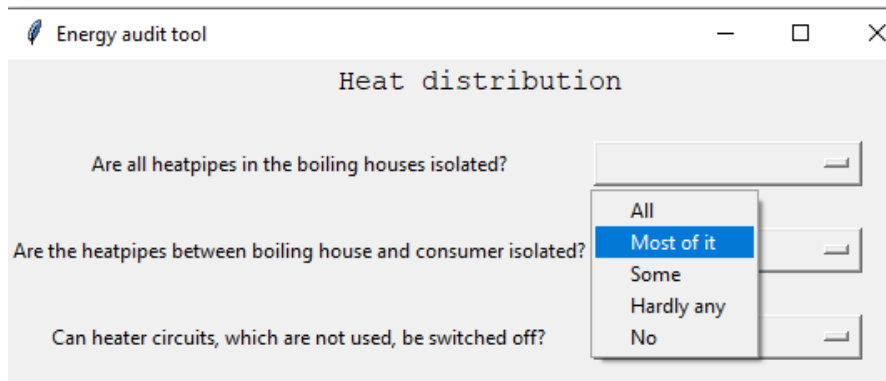
Η τρίτη ερώτηση εξετάζει σε τι βαθμό έχουν ελαττωθεί τα επίπεδα θερμοκρασίας, εντός των επιτρεπτών ορίων, και οι απαντήσεις είναι «Optimal», «Most of it», «Medium», «Low» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.39.

Σχήμα 3.39: Καρτέλα παραγωγής θερμότητας - Ερώτηση 3.

Τέλος, εφόσον έχουν καταχωρηθεί τα απαραίτητα δεδομένα, πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζεται και καταχωρείται στο πίνακα της καρτέλας «overview heat» η καταναλισκόμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας πριν και μετά τη δυνητική βελτιστοποίηση του τομέα παραγωγής θερμότητας.

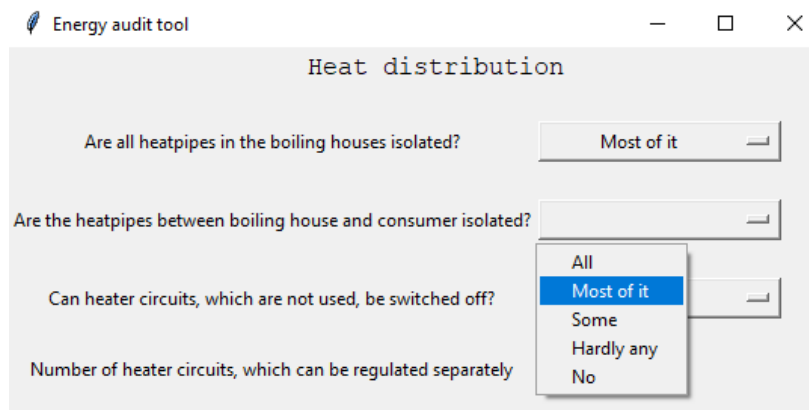
3.2.2 Διανομή της θερμότητας

Στην καρτέλα «Heat distribution» καταχωρούνται πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο διανομής της θερμότητας με σκοπό των υπολογισμών των θερμικών απωλειών. Η πρώτη ερώτηση εξετάζει εάν οι σωληνώσεις που βρίσκονται εντός του λεβητοστασίου είναι μονωμένες και οι πιθανές απαντήσεις είναι «All», «Most of it», «Some», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το most of it, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.40.



Σχήμα 3.40: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 1.

Η δεύτερη ερώτηση αφορά τη μόνωση των σωληνώσεων που συνδέουν το λεβητοστάσιο με το τελικό σημείο κατανάλωσης της θερμικής ενέργειας. Οι πιθανές απαντήσεις είναι «All», «Most of it», «Some», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το most of it, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.41.



Σχήμα 3.41: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 2.

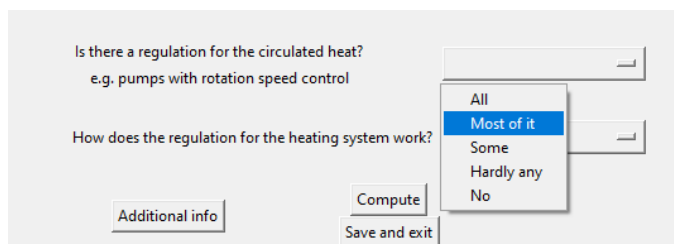
Η τρίτη ερώτηση διερευνά τη δυνατότητα απενεργοποίησης των κυκλωμάτων διανομής θερμότητας που δεν χρησιμοποιούνται με σκοπό τον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Οι πιθανές απαντήσεις είναι «All», «Most of it», «Some», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το most of it, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.42.

Σχήμα 3.42: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 3.

Η επόμενη ερώτηση συσχετίζει το μέγεθος του δικτύου σωληνώσεων για τη διανομή της θερμικής ενέργειας με τον όγκο της παραγόμενης θερμότητας και οι πιθανές επιλογές είναι «Very small», «Small», «Medium», «Tall» και «Very tall», από τις οποίες επιλέγεται το medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.43.

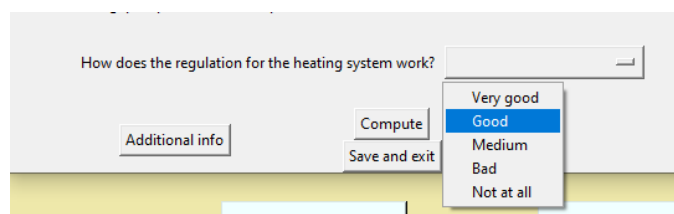
Σχήμα 3.43: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 4.

Η πέμπτη ερώτηση εξετάζει την ύπαρξη διατάξεων ρύθμισης της ταχύτητας του μέσου που μεταφέρει τη θερμότητα εντός των σωληνώσεων (για παράδειγμα ένας κυκλοφορητής μεταβλητών στροφών). Οι πιθανές απαντήσεις είναι «All», «Most of it», «Some», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το most of it, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.44.



Σχήμα 3.44: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 5.

Η τελευταία ερώτηση εξετάζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος των κυκλοφορητών και οι πιθανές απαντήσεις είναι «Very good», «Good», «Medium», «Bad» και «Not at all», από τις οποίες επιλέγεται το good, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.45.



Σχήμα 3.45: Καρτέλα διανομής θερμότητας - Ερώτηση 6.

Αφού απαντηθούν όλες οι ερωτήσεις, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η ποσότητα θερμότητας σε kWh που δυνητικά μπορεί να εξοικονομηθεί υλοποιώντας βελτιώσεις στο σύστημα διανομής θερμότητας. Τέλος, πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζεται και καταχωρείται στο πίνακα της καρτέλας «overview heat» η καταναλισκόμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας πριν και μετά τη δυνητική βελτιστοποίηση του τομέα διανομής θερμικής ενέργειας.

3.2.3 Πελάτες – καταναλωτές θερμότητας

Η επόμενη καρτέλα με τίτλο «Heat customers» διαχωρίζει την κατανάλωση θερμότητας σε δύο τομείς. Ο πρώτος αντιστοιχεί στην κατανάλωση μέσω των απωλειών που συμβαίνουν στα κτήρια των εγκαταστάσεων, αλλά και τη θερμότητα που απαιτείται για θέρμανση των χώρων και ζεστό νερό χρήσης και ο δεύτερος συμπεριλαμβάνει τους μεγαλύτερους καταναλωτές θερμότητας. Η πρώτη καρτέλα που εμφανίζεται εξετάζει τις απώλειες θερμότητας των κτηρίων και αρχικά απαιτείται η συμπλήρωση του είδους χρήσης του χώρου που εξετάζεται. Οι πιθανές επιλογές είναι «Production», «Office»,

«Workshop» και «Storage». Στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι εγκαταστάσεις θεωρήθηκε ότι καταλαμβάνουν ένα ορθογώνιο οικόπεδο 500m x 500m, στο οποίο το 5% είναι ο χώρος όπου στεγάζονται τα γραφεία, ενώ ο υπόλοιπος χώρος επιμερίζεται ισόποσα στους χώρους παραγωγής, εργαστηρίων και αποθηκών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Κατανομή χώρων εγκατάστασης.

Επιφάνεια γραφείων	12500,00m²
Επιφάνεια χώρων παραγωγής	79167,00m ²
Επιφάνεια χώρων εργαστηρίων	79167,00m ²
Επιφάνεια χώρων αποθήκευσης	79167,00m ²

Ακολούθως απαραίτητα είναι η συμπλήρωση της ηλικίας του κάθε κτηρίου με πιθανές επιλογές «after 2005», «after 1995», «after 1975», «after 1970» και «after 1960», από τις οποίες επιλέγεται το after 1995 για όλους τους χώρους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.46.

The screenshot shows the 'Energy audit tool' interface. At the top, there is a checkbox 'Are buildings considered?' with 'Yes' selected. Below this is a table with the following columns: Name, Type of use, Year of construction, Energy parameter [kWh/m²], Area, Internal loads [kWh], and Sum kWh. The table contains four rows: Production, Office, Workshop, and Storage, all with 'after 1995' selected in the 'Year of construction' column. A dropdown menu is open for the 'Year of construction' column, showing options: after 2005, after 1995 (highlighted), after 1975, after 1970, and after 1960. At the bottom, there is a 'Compute' button and a label 'Energy consumption for the room heating Share in electrical heat sunnlv [kWh]'.

Σχήμα 3.46: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας - Χαρακτηριστικά κτηρίων.

Το επόμενο πεδίο που πρέπει να συμπληρωθεί αφορά τα εσωτερικά θερμικά φορτία που υπάρχουν μέσα στους χώρους τα οποία είναι οι ίδιοι οι εργαζόμενοι καθώς και τα μηχανήματα που υπάρχουν. Πιο αναλυτικά, τα θερμικά φορτία που καταχωρήθηκαν φαίνονται στο Σχήμα 3.47.

Energy audit tool

Are buildings considered? Yes

Name	Type of use	Year of construction	Energy parameter [kWh/m ²]	Area	Internal loads [kWh]	Sum kWh
Production	Production	after 1995	0	12500	750	0
Office	Office	after 1995	0	79167	250	0
Workshop	Workshop	after 1995	0	79167	600	0
Storage	Storage	after 1995	0	79167	400	0
			0	0	0	0
			0	0	0	0

Energy consumption for the room heating [kWh]

Share in electrical heat supply [kWh]

Σχήμα 3.47: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας – Εσωτερικά θερμικά φορτία.

Εφόσον έχουν συμπληρωθεί τα απαραίτητα πεδία, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση των χώρων. Ακολουθούν δύο ερωτήσεις για την περαιτέρω ανάλυση του τομέα των θερμικών απωλειών. Η πρώτη αφορά την ύπαρξη επικαθίσεων στην επιφάνεια των εναλλακτών θερμότητας με πιθανές απαντήσεις «All», «Most of it», «Some», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το some, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.48.

Are there deposits or scales on the heat exchanger surfaces?
e.g. clean heat exchangers

Is heat delivery adjusted to heat demand?
e.g. regulation, possibilities for controlling, etc.

Σχήμα 3.48: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας - Ερώτηση 1.

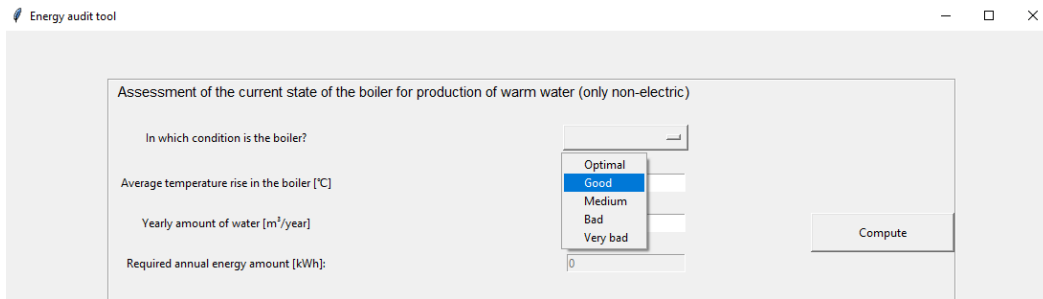
Η δεύτερη ερώτηση εξετάζει εάν η διανομή της θερμότητας λαμβάνει υπόψη και ελέγχεται με βάση τη ζήτηση με πιθανές απαντήσεις «All», «Most of it», «Some», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το most of it, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.49.

Are there deposits or scales on the heat exchanger surfaces?
e.g. clean heat exchangers

Is heat delivery adjusted to heat demand?
e.g. regulation, possibilities for controlling, etc.

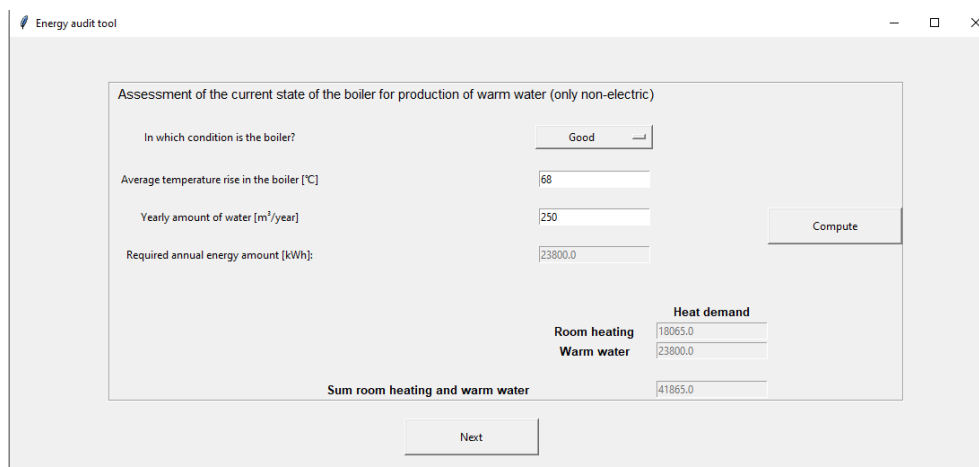
Σχήμα 3.49: Καρτέλα κατανάλωσης θερμότητας - Ερώτηση 2.

Αφού απαντηθούν οι δύο ερωτήσεις, πατώντας το κουμπί **Next** εμφανίζεται η καρτέλα που αφορά την κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αρχικά εξετάζεται η παρούσα κατάσταση του λέβητα με πιθανές επιλογές «Optimal», «Good», «Medium», «Bad» και «Very bad», από τις οποίες επιλέγεται το good, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.50.



Σχήμα 3.50: Καρτέλα παραγωγής ΖΝΧ.

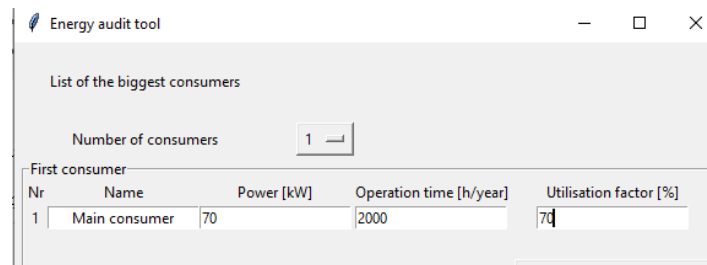
Ακολούθως συμπληρώνεται η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο λέβητα, καθώς και η ετήσιες ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης. Πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η ετήσια απαιτούμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και αθροίζεται με την ποσότητα που απαιτείται για τη θέρμανση των χώρων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.51.



Heat demand	
Room heating	18065.0
Warm water	23800.0
Sum room heating and warm water	41865.0

Σχήμα 3.51: Καρτέλα παραγωγής ΖΝΧ - Υπολογισμοί.

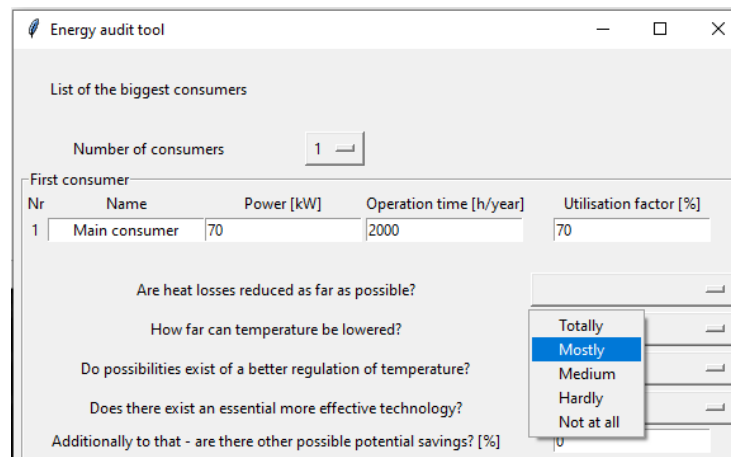
Εφόσον γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί, πατώντας το κουμπί **Next** εμφανίζεται η καρτέλα όπου καταχωρούνται στοιχεία σχετικά με τους μεγαλύτερους πελάτες-καταναλωτές θερμικής ενέργειας. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θεωρείται ένας καταναλωτής, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3.52.



Nr	Name	Power [kW]	Operation time [h/year]	Utilisation factor [%]
1	Main consumer	70	2000	70

Σχήμα 3.52: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ακολουθούν τέσσερις ερωτήσεις, με την πρώτη με την πρώτη να εξετάζει εάν οι απώλειες θερμότητας σε αυτό τον τομέα έχουν μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό, με πιθανές απαντήσεις «Totally», «Mostly», «Medium», «Hardly» και «Not at all», από τις οποίες επιλέγεται το mostly, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.53.



Are heat losses reduced as far as possible?

How far can temperature be lowered?

Do possibilities exist of a better regulation of temperature?

Does there exist an essential more effective technology?

Additionally to that - are there other possible potential savings? [%]

- Totally
- Mostly**
- Medium
- Hardly
- Not at all

Σχήμα 3.53: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 1.

Η δεύτερη ερώτηση διερευνά πόσο ακόμα μπορούν τα επίπεδα θερμοκρασίας με πιθανές απαντήσεις «No», «Around 5%», «Around 10%», «Around 15%», «Around 20%» και «More than 20%», από τις οποίες επιλέγεται το around 5%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.54.

Energy audit tool

List of the biggest consumers

Number of consumers: 1

First consumer

Nr	Name	Power [kW]	Operation time [h/year]	Utilisation factor [%]
1	Main consumer	70	2000	70

Are heat losses reduced as far as possible? Mostly

How far can temperature be lowered? Around 5%

Do possibilities exist of a better regulation of temperature? (Dropdown menu open: No, Around 5% (selected), Around 10%, Around 15%, Around 20%, More than 20%)

Does there exist an essential more effective technology?

Additionally to that - are there other possible potential savings? [%]

Potential savings [%]: Assessment Consumer 1: 0

Σχήμα 3.54: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 2.

Η τρίτη ερώτηση εξετάζει εάν υπάρχουν αποδοτικότεροι τρόποι ρύθμισης της θερμοκρασίας και οι πιθανές απαντήσεις είναι «No», «Little», «Medium», «Absolutely» και «Definitely», από τις οποίες επιλέγεται το medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.55.

Energy audit tool

List of the biggest consumers

Number of consumers: 1

First consumer

Nr	Name	Power [kW]	Operation time [h/year]	Utilisation factor [%]
1	Main consumer	70	2000	70

Are heat losses reduced as far as possible? Mostly

How far can temperature be lowered? Around 5%

Do possibilities exist of a better regulation of temperature?

Does there exist an essential more effective technology? (Dropdown menu open: No, Little, Medium (selected), Absolutely, Definitely)

Additionally to that - are there other possible potential savings? [%]

Potential savings [%]: Assessment Consumer 1: 0

Σχήμα 3.55: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 3.

Η τελευταία ερώτηση αφορά την ύπαρξη πιο αποδοτικών τεχνολογιών και το βαθμό υπεροχής τους, με πιθανές απαντήσεις «No», «Around 10%», «Around 20%», «Around 30%», «Around 40%» και «Around 50%», από τις οποίες επιλέγεται το around 10%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.56.

Σχήμα 3.56: Καρτέλα καταναλωτών θερμότητας - Ερώτηση 4.

Επιπλέον, είναι εφικτό να συμπληρωθούν και πρόσθετοι τρόποι περεταίρω εξοικονόμησης στον συγκεκριμένο τομέα ως ποσοστό των προαναφερθέντων. Αφού συμπληρωθούν όλα τα πεδία, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται η καταναλισκόμενη θερμική ενέργεια και η δυνητική εξοικονόμηση. Τέλος, πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζεται και καταχωρείται στο πίνακα της καρτέλας «overview heat» η καταναλισκόμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας πριν και μετά τη δυνητική βελτιστοποίηση του τομέα των πελατών-καταναλωτών θερμότητας.

3.2.4 Σύστημα τηλεθέρμανσης

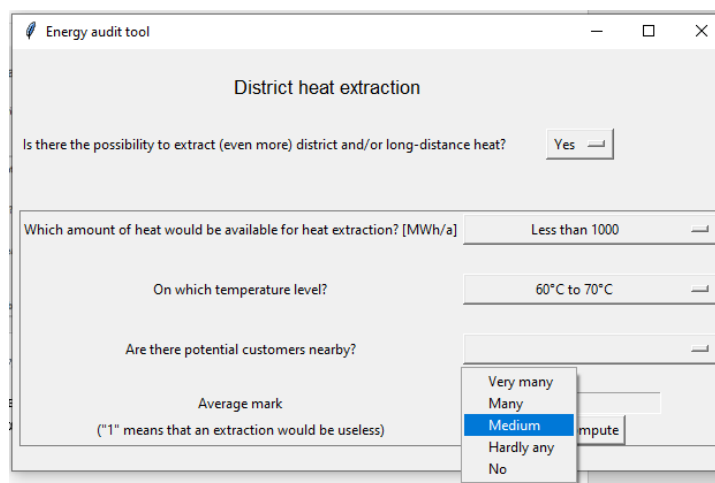
Η επόμενη καρτέλα με όνομα «District heat extraction» περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την περεταίρω εξαγωγή και αξιοποίηση θερμικής ενέργειας. Αρχικά ζητείται η διαθέσιμη ποσότητα της θερμότητας με πιθανές επιλογές «More than 5000», «1000-5000» και «Less than 1000», από τις οποίες επιλέγεται το χαμηλότερο ποσό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.57.

Σχήμα 3.57: Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης της θερμότητας – Ερώτηση 1.

Η δεύτερη ερώτηση εξετάζει τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται η συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας με πιθανές απαντήσεις «Less than 60°C», «60°C to 70°C», «70°C to 80°C», «80°C to 85°C» και «More than 85°C», από τις οποίες επιλέγεται το 60°C to 70°C, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.58.

Σχήμα 3.58: Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης της θερμότητας - Ερώτηση 2.

Η τελευταία ερώτηση εξετάζει εάν υπάρχουν πελάτες-καταναλωτές αυτής της ποσότητας θερμικής ενέργειας σε κοντινή απόσταση, με πιθανές απαντήσεις «Very many», «Many», «Medium», «Hardly any» και «No», από τις οποίες επιλέγεται το medium, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.59.

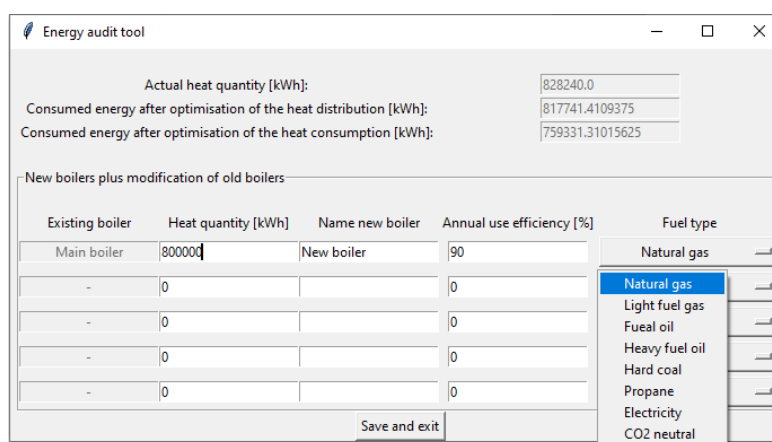


Σχήμα 3.59: Καρτέλα απομακρυσμένης αξιοποίησης της θερμότητας - Ερώτηση 3.

Εφόσον απαντηθούν και οι τρεις ερωτήσεις, πατώντας το κουμπί **Compute** υπολογίζεται ο βαθμός αξιολόγησης μιας πιθανής αξιοποίησης της συγκεκριμένης ποσότητας θερμικής ενέργειας, ο οποίος στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 2,67, οπότε η συγκεκριμένη αξιοποίηση φαίνεται σχετικά συμφέρουσα.

3.2.5 Αντικατάσταση – βελτίωση λέβητα

Η τελευταία καρτέλα με όνομα «Boiler replacement» εξετάζει την περίπτωση αντικατάστασης του υπάρχοντος λέβητα, όπου στο συγκεκριμένο παράδειγμα τοποθετείται εξοπλισμός με μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά του νέου αποδοτικότερου λέβητα φαίνονται στο Σχήμα 3.60.

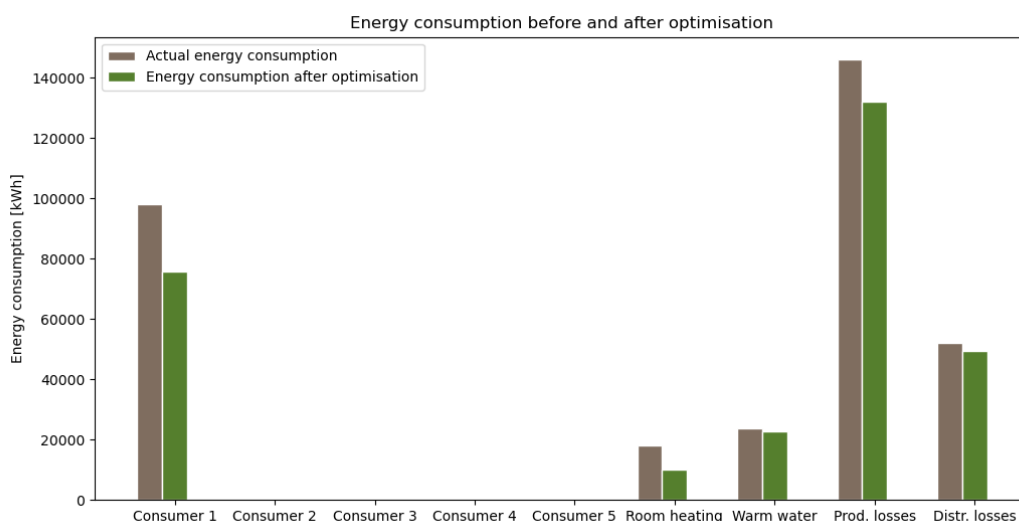


Σχήμα 3.60: Καρτέλα αντικατάστασης λέβητα - Τεχνικά χαρακτηριστικά.

Τέλος, πατώντας το κουμπί **Save and exit** υπολογίζεται και καταχωρείται στο πίνακα της καρτέλας «overview heat» η καταναλισκόμενη ποσότητα θερμικής ενέργειας πριν και μετά τη δυνητική βελτιστοποίηση του λέβητα.

3.2.6 Συμπεράσματα ενεργειακής επιθεώρησης - θερμότητα

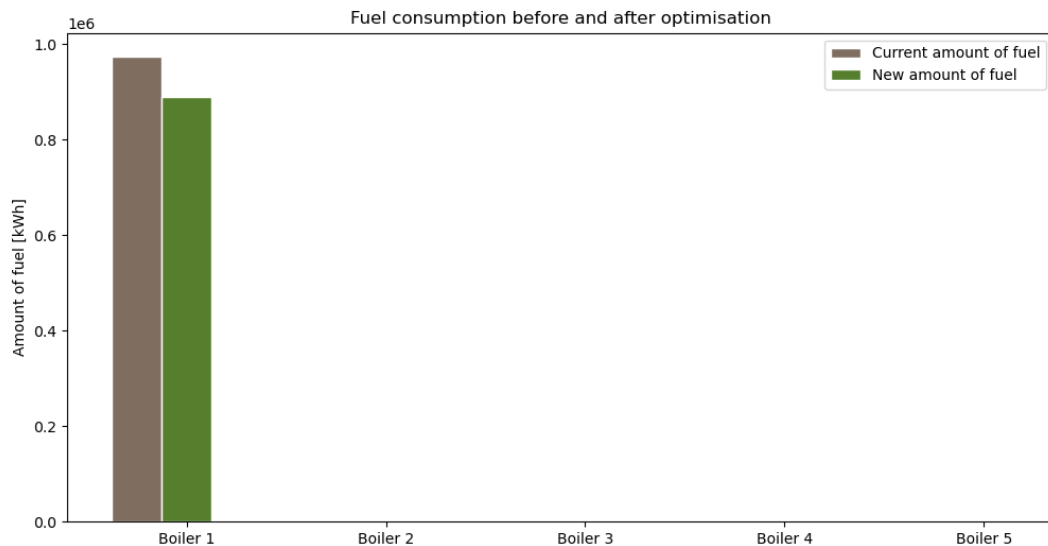
Αφού συμπληρωθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και αξιολογηθούν οι απώλειες, ο πρώτος πίνακας της καρτέλας Overview heat περιλαμβάνει την ποσότητα θερμικής ενέργειας που καταναλώνεται με βάση τον υπάρχον εξοπλισμό, αλλά και το ποσοστό της ενέργειας αυτής που μπορεί να εξοικονομηθεί βελτιώνοντας τους επιμέρους τομείς που εξετάστηκαν. Ο δεύτερος πίνακας αφορά τον εξοπλισμό του λεβητοστασίου και παρουσιάζει την κατανάλωση καυσίμου με τον υφιστάμενο εξοπλισμό, καθώς και τη βελτίωση που παρατηρείται με τυχόν αντικατάσταση του λέβητα ή πραγματοποιώντας βελτιωτικές παρεμβάσεις για την αύξηση του βαθμού απόδοσης. Με βάση τα στοιχεία των πινάκων προκύπτουν δύο Σχήματα που απεικονίζουν τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στους επιμέρους τομείς που αξιολογήθηκαν. Πατώντας το κουμπί **Potential Savings** εμφανίζεται το Σχήμα της ενέργειας που καταναλώνεται πριν και μετά τη δυνητική βελτιστοποίηση σε κάθε τομέα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.61.



Σχήμα 3.61: Σχήμα κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά τη βελτιστοποίηση.

Στο συγκεκριμένο Σχήμα φαίνονται οι σημαντικές βελτιώσεις που μπορούν να επιτευχθούν στους τομείς των απωλειών θερμότητας μέσω των κτηρίων των εγκαταστάσεων και των πελατών-καταναλωτών θερμότητας, της θέρμανσης των χώρων και της παραγωγής θερμότητας. Σε σχετικά καλή κατάσταση βρίσκεται ο τομέας της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και το δίκτυο διανομής θερμότητας, όπου πιθανές παρεμβάσεις θα βελτιώσουν σε μικρότερο βαθμό τη συνολική κατανάλωση θερμότητας.

Πατώντας το κουμπί **Fuel Savings** εμφανίζεται το Σχήμα της ποσότητας καυσίμου που καταναλώνεται από τον εξοπλισμό του λεβητοστασίου πριν και μετά τη βελτιστοποίηση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.62.



Σχήμα 3.62: Σχήμα κατανάλωσης καυσίμου πριν και μετά τη βελτιστοποίηση.

Στο συγκεκριμένο Σχήμα φαίνεται η σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου που μπορεί να επιτευχθεί με την αντικατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού του λεβητοστασίου με πιο αποδοτικό. Στον Πίνακα 3.2 που ακολουθεί φαίνεται αναλυτικά το ποσοστό της ενέργειας που δυνητικά μπορεί να εξοικονομηθεί σε κάθε τομέα.

Πίνακας 3.2: Ποσοστό δυνητικής εξοικονόμησης ενέργειας και αντίστοιχη ποσότητα.

Τομέας	Ποσοστό εξοικονόμησης (%)	Ποσότητα ενέργειας που εξοικονομείται (kWh/έτος)
Πελάτες-καταναλωτές θερμότητας	22,8	22379,00
Θέρμανση χώρων	44,0	8105,00
Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης	5,0	1190,00
Θερμικές απώλειες κατά την παραγωγή	9,7	85511,11
Θερμικές απώλειες κατά τη διανομή	5,0	2632,03
Λέβητας	8,8	85511,11

3.3 Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

Η τελευταία καρτέλα με τίτλο «Payback period» προσφέρει τη δυνατότητα υπολογισμού του χρόνου απόσβεσης μια πιθανής παρέμβασης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Η συγκεκριμένη καρτέλα χωρίζεται σε δύο μέρη, όπου στο πρώτο εξετάζονται οι τομείς για τους οποίους καταχωρήθηκαν στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στο δεύτερο εξετάζονται παρεμβάσεις που ελαττώνουν τις θερμικές απώλειες.

3.3.1 Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας

Όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον τομέα του φωτισμού μελετήθηκε η περίπτωση επένδυσης του ποσού των 20000 € και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται σταθερή και ανεξάρτητη του πληθωρισμού. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.63 αφού πατηθεί το κουμπί **Compute** ο χρόνος απόσβεσης αυτού του ποσού υπολογίζεται στα 7 χρόνια στην περίπτωση που οι παρεμβάσεις ελαττώσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο βαθμό που υπολογίστηκε προηγουμένως ως βέλτιστη δυνητική εξοικονόμηση.

Intro	Basic data electricity	Basic data heat	Overview electricity	Overview heat	Payback period	Summary
Calculation of p						
Electricity						
Area of reduction :	Light					
Costs of investment	EUR	20000				
Running costs	% of investm.	20.16				
Running costs	EUR/year	4032.0				
Operating time	h/year	2800				
Energy saving	kWh/year	13758.499999999998	equals savings			
Credited electricity price	EUR/kWh	0.3				
Electricity credit 1. year	EUR/year	6879.249999999999				
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	2847.249999999999				
Statistic payback period	years	7.0243217139345	constant electricity costs			
Electricity inflation	%	0				
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5				
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5				
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	6879.249999999999				
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	2847.249999999999				
Statistic payback period	years	7.0243217139345	constant costs with inflation			
Change in cost additionally : with funding						
Subsidies	% of investm.	0				
	EUR	0.0				
Investment with funding	EUR	20000.0				
Statistic payback period	years	7.0243217139345	with average electricity costs and inflation			
Compute		Show graph				

Σχήμα 3.63: Χρόνος απόσβεσης - Τομέας φωτισμού.

Αντίστοιχα στον τομέα του συστήματος παραγωγής πεπιεσμένου αέρα εξετάστηκε η περίπτωση υλοποίησης παρεμβάσεων αξίας 20000 € και ο χρόνος απόσβεσης αυτού του ποσού υπολογίστηκε στα 12 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.64.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Compressed air

Costs of investment	EUR	20000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	4032.0	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	11339.463625	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	5669.7318125	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	1637.7318125000002	
Statistic payback period	years	12.212011665982093	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	5669.7318125	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	1637.7318125000002	
Statistic payback period	years	12.212011665982093	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	20000.0	
Statistic payback period	years	12.212011665982093	with average electricity costs, and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.64: Χρόνος απόσβεσης - Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα.

Όσον αφορά τους τομείς του εξαερισμού και του συστήματος μετάδοσης κίνησης μελετήθηκε το σενάριο επένδυσης του ποσού των 10000 € και προέκυψε πως και στις δύο περιπτώσεις ο χρόνος απόσβεσης είναι τα 6 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.65 και στο Σχήμα 3.66.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Ventilation

Costs of investment EUR 10000

Running costs % of investm. 20.16

Running costs EUR/year 2016.0

Operating time h/year 2800

Energy saving kWh/year 7273.6579999999985 equals savings

Credited electricity price EUR/kWh 0.5

Electricity credit 1. year EUR/year 3636.8289999999993

Annual credit (fixed electricity price) EUR/year 1620.8289999999993

Statistic payback period years 6.169682304549094 constant electricity costs

Electricity inflation % 0

Electricity price after 10 years EUR/kWh 0.5

Average electricity costs for 10 years EUR/kWh 0.5

Electricity credit 10 years with inflation EUR/year 3636.8289999999993

Annual credit (electricity price with inflation) EUR/year 1620.8289999999993

Statistic payback period years 6.169682304549094 constant costs with inflation

Change in cost additionally : with funding

Subsidies % of investm. 0

Subsidies EUR 0.0

Investment with funding EUR 10000.0

Statistic payback period years 6.169682304549094 with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.65: Χρόνος απόσβεσης –
Εξαερισμός.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Drives

Costs of investment EUR 10000

Running costs % of investm. 20.16

Running costs EUR/year 2016.0

Operating time h/year 2800

Energy saving kWh/year 7273.6579999999985 equals savings

Credited electricity price EUR/kWh 0.5

Electricity credit 1. year EUR/year 3636.8289999999993

Annual credit (fixed electricity price) EUR/year 1620.8289999999993

Statistic payback period years 6.169682304549094 constant electricity costs

Electricity inflation % 0

Electricity price after 10 years EUR/kWh 0.5

Average electricity costs for 10 years EUR/kWh 0.5

Electricity credit 10 years with inflation EUR/year 3636.8289999999993

Annual credit (electricity price with inflation) EUR/year 1620.8289999999993

Statistic payback period years 6.169682304549094 constant costs with inflation

Change in cost additionally : with funding

Subsidies % of investm. 0

Subsidies EUR 0.0

Investment with funding EUR 10000.0

Statistic payback period years 6.169682304549094 with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Εικόνα 3.66: Χρόνος απόσβεσης -
Σύστημα μετάδοσης κίνησης.

Στην περίπτωση του συστήματος αντλιών εξετάστηκε το σενάριο πραγματοποίησης παρεμβάσεων με κόστος 5000 € και ο χρόνος απόσβεσης εκτιμήθηκε στα 6 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.67.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Pumps

Costs of investment EUR 5000

Running costs % of investm. 20.16

Running costs EUR/year 1008.0

Operating time h/year 2800

Energy saving kWh/year 3725.5679999999998 equals savings

Credited electricity price EUR/kWh 0.5

Electricity credit 1. year EUR/year 1862.7839999999999

Annual credit (fixed electricity price) EUR/year 854.7839999999999

Statistic payback period years 5.849430967355496 constant electricity costs

Electricity inflation % 0

Electricity price after 10 years EUR/kWh 0.5

Average electricity costs for 10 years EUR/kWh 0.5

Electricity credit 10 years with inflation EUR/year 1862.7839999999999

Annual credit (electricity price with inflation) EUR/year 854.7839999999999

Statistic payback period years 5.849430967355496 constant costs with inflation

Change in cost additionally : with funding

Subsidies % of investm. 0

Subsidies EUR 0.0

Investment with funding EUR 5000.0

Statistic payback period years 5.849430967355496 with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.67: Χρόνος απόσβεσης - Σύστημα αντλιών.

Στον τομέα του κλιματισμού μελετήθηκε η περίπτωση παρεμβάσεων που ανέρχονται στο ποσό των 6000 € και υπολογίστηκε πως η απόσβεση αυτής της επένδυσης μπορεί να πραγματοποιηθεί σε βάθος 6 ετών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.68.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Cooling

Costs of investment	EUR	6000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	1209.6	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	4312.0	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	2156.0	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	946.4000000000001	
Statistic payback period	years	6.339814032121724	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	2156.0	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	946.4000000000001	
Statistic payback period	years	6.339814032121724	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	6000.0	
Statistic payback period	years	6.339814032121724	with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.68: Χρόνος απόσβεσης - Κλιματισμός.

Όσον αφορά τον τομέα της θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις παρατηρήθηκε πως μια ενδεχόμενη επένδυση για χρήση ενεργειακά πιο αποδοτικού εξοπλισμού αξίας 2000 € μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 7 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.69.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Electrical heat

Costs of investment	EUR	2000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	403.2	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	1400.0	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	700.0	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	296.8	
Statistic payback period	years	6.738544474393531	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	700.0	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	296.8	
Statistic payback period	years	6.738544474393531	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
Subsidies	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	2000.0	
Statistic payback period	years	6.738544474393531	with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.69: Χρόνος απόσβεσης - Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Τέλος, όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες των συσκευών που χρησιμοποιούνται στα γραφεία εξετάστηκε η περίπτωση επένδυσης του ποσού των 2000 € και προέκυψε ως χρόνος απόσβεσης το 1 έτος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.70.

Energy audit tool

Intro Basic data electricity Basic data heat Overview electricity Overview heat Payback period Summary

Calculation of p

Electricity

Area of reduction : Offices and administration

Costs of investment	EUR	2000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	403.2	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	5042.625	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	2521.3125	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	2118.1125	
Statistic payback period	years	0.9442369090404782	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	2521.3125	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	2118.1125	
Statistic payback period	years	0.9442369090404782	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
Subsidies	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	2000.0	
Statistic payback period	years	0.9442369090404782	with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.70: Χρόνος απόσβεσης - Ηλεκτρονικός εξοπλισμός γραφείων.

3.3.2 Εξοικονόμηση θερμότητας

Όπως προαναφέρθηκε το δεύτερο σκέλος της καρτέλας Payback period προσεγγίζει το χρόνο απόσβεσης των παρεμβάσεων που ελαττώνουν τις θερμικές απώλειες. Επιλέγοντας τον τομέα των πελατών-καταναλωτών θερμότητας εξετάζεται, όπως και στην περίπτωση της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, μια επένδυση ύψους 20000 € και ο χρόνος απόσβεσης ανέρχεται στα 3 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.71.

The screenshot shows a software window titled "payback period" with a "Summary" button. The main content area is titled "Heat" and contains a table of input and output values. The "Area of reduction" is set to "Consumer 1".

Parameter	Unit	Value	Notes
Costs of investment	EUR	20000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	4032.0	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	22379.	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	11189.5	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	7157.5	
Statistic payback period	years	2.7942717429269996	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	11189.5	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	7157.5	
Statistic payback period	years	2.7942717429269996	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
Subsidies	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	20000.0	
Statistic payback period	years	2.7942717429269996	with average electricity costs and inflation

Buttons: "Compute" and "Show graph" are located at the bottom of the interface.

Σχήμα 3.71: Χρόνος απόσβεσης - Πελάτες-καταναλωτές θερμότητας.

Ο επόμενος τομέας που εξετάζεται είναι η θέρμανση των εγκαταστάσεων και μελετάται μια επένδυση με κόστος 10000 €. Με το πάτημα του κουμπιού **Compute** ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 5 έτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.72.

payback period Summary

Heat

Area of reduction : Room heating

Costs of investment	EUR	10000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	2016.0	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	8105.0	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	4052.5	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	2036.5	
Statistic payback period	years	4.910385465259023	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	4052.5	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	2036.5	
Statistic payback period	years	4.910385465259023	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
Investment with funding	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	10000.0	
Statistic payback period	years	4.910385465259023	with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.72: Χρόνος απόσβεσης - Θέρμανση εσωτερικών χώρων.

Αφού επιλεγεί ο τομέας της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης εξετάζεται το σενάριο μείωσης των θερμικών απωλειών μέσω παρεμβάσεων κόστους 1000 € και ο χρόνος απόσβεσης της συγκεκριμένης επένδυσης υπολογίζεται στα 2,5 έτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.73.

payback period Summary

Heat

Area of reduction : Warm water

Costs of investment	EUR	1000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	201.6	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	1190.0	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	595.0	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	393.4	
Statistic payback period	years	2.541942043721403	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	595.0	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	393.4	
Statistic payback period	years	2.541942043721403	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
Investment with funding	EUR	0.0	
Investment with funding	EUR	1000.0	
Statistic payback period	years	2.541942043721403	with average electricity costs and inflation

Compute Show graph

Σχήμα 3.73: Χρόνος απόσβεσης - Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Όπως αποδείχθηκε και προηγουμένως αρκετά μεγάλο περιθώριο βελτίωσης των θερμικών απωλειών δύναται να παρατηρηθεί στον τομέα της παραγωγής θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, μια επένδυση της τάξης των 80000 € για τη βελτίωση του εξοπλισμού του λέβητα/ατμολέβητα μπορεί να αποσβεστεί σε 3 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.74.

The screenshot shows a software window titled "payback period" with a "Summary" button. The main content is a form for "Heat" production losses. The "Area of reduction" is set to "Production losses".

Costs of investment	EUR	80000	
Running costs	% of investm.	20.16	
Running costs	EUR/year	16128.0	
Operating time	h/year	2800	
Energy saving	kWh/year	85511.11111111112	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 1. year	EUR/year	42755.55555555556	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	26627.555555555562	
Statistic payback period	years	3.0044064628121236	constant electricity costs
Electricity inflation	%	0	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	0.5	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	0.5	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	42755.55555555556	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	26627.555555555562	
Statistic payback period	years	3.0044064628121236	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	0	
Investment with funding	EUR	80000.0	
Statistic payback period	years	3.0044064628121236	with average electricity costs and inflation

Buttons: Compute, Show graph

Σχήμα 3.74: Χρόνος απόσβεσης - Τομέας παραγωγής θερμότητας.

Ο τελευταίος τομέας που εξετάζεται είναι αυτός του δικτύου διανομής της θερμότητας. Για τη μείωση των θερμικών απωλειών στον συγκεκριμένο τομέα εξετάζεται η πιθανή επένδυση του ποσού των 3000 €, η οποία δύναται να αποσβεστεί στα 4 χρόνια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.75.

payback period Summary

Heat

Area of reduction :

Costs of investment	EUR	<input type="text" value="3000"/>	
Running costs	% of investm.	<input type="text" value="20.16"/>	
Running costs	EUR/year	<input type="text" value="604.8"/>	
Operating time	h/year	<input type="text" value="2800"/>	
Energy saving	kWh/year	<input type="text" value="2632.0290860595705"/>	equals savings
Credited electricity price	EUR/kWh	<input type="text" value="0.5"/>	
Electricity credit 1. year	EUR/year	<input type="text" value="1316.0145430297853"/>	
Annual credit (fixed electricity price)	EUR/year	<input type="text" value="711.2145430297853"/>	
Statistic payback period	years	<input type="text" value="4.218136467260571"/>	constant electricity costs
Electricity inflation	%	<input type="text" value="0"/>	
Electricity price after 10 years	EUR/kWh	<input type="text" value="0.5"/>	
Average electricity costs for 10 years	EUR/kWh	<input type="text" value="0.5"/>	
Electricity credit 10 years with inflation	EUR/year	<input type="text" value="1316.0145430297853"/>	
Annual credit (electricity price with inflation)	EUR/year	<input type="text" value="711.2145430297853"/>	
Statistic payback period	years	<input type="text" value="4.218136467260571"/>	constant costs with inflation
Change in cost additionally : with funding			
Subsidies	% of investm.	<input type="text" value="0"/>	
Investment with funding	EUR	<input type="text" value="3000.0"/>	
Statistic payback period	years	<input type="text" value="4.218136467260571"/>	with average electricity costs and inflation

Σχήμα 3.75: Χρόνος απόσβεσης - Δίκτυο διανομής θερμότητας

Συνοπτικά τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν προηγουμένως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3 για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και στον Πίνακα 3.4 για την κατανάλωση θερμότητας αντίστοιχα.

Πίνακας 3.3: Ποσό επένδυσης και χρόνος απόσβεσης (ηλεκτρική ενέργεια).

Τομέας	Ποσό επένδυσης (€)	Χρόνος απόσβεσης (έτη)
Φωτισμός	20000	7
Πεπιεσμένος αέρας	10000	12
Εξαερισμός	10000	6
Αντλίες	5000	6
Σύστημα μετάδοσης κίνησης	10000	6
Κλιματισμός	6000	6
Θέρμανση με ηλ. αντιστάσεις	2000	7
Ηλεκτρονικός εξοπλισμός	2000	1

Πίνακας 3.4: Ποσό επένδυσης και χρόνος απόσβεσης (θερμότητα).

Τομέας	Ποσό επένδυσης (€)	Χρόνος απόσβεσης (έτη)
Πελάτες-καταναλωτές θερμότητας	20000	3
Θέρμανση χώρων	10000	5
Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης	1000	2,5
Παραγωγή θερμότητας	80000	3
Διανομή θερμότητας	3000	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενεργειακή αποδοτικότητα στη βιομηχανία κατέχει πρωταρχικό ρόλο στη μετάβαση της οικονομίας προς την αυξανόμενη βιωσιμότητα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αύξηση των επιπέδων εξοικονόμησης σε αυτόν τον τομέα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την ελαχιστοποίηση της απειλής της ολοένα αυξανόμενης υπερθέρμανσης του πλανήτη. Βέβαια, υπάρχουν πολλά εμπόδια στην εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης σε πραγματικές βιομηχανικές εφαρμογές. Προς την επίλυση τέτοιων προβλημάτων κινούνται οι διαδικασίες Ενεργειακής Επιθεώρησης, καθώς μπορούν να βοηθήσουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων στην ενσωμάτωση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών στον στρατηγικό σχεδιασμό και στη βελτίωση των μεθόδων διαχείρισης της ενέργειας και του μετριασμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μια έκθεση Ενεργειακής Επιθεώρησης μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε επιχειρήσεις με περιορισμένη εμπειρία στη διαχείριση της ενέργειας, όπου η ενσωμάτωση αποδοτικότερων προσεγγίσεων βρίσκεται σε στάδιο σχεδιασμού.

Στα πλαίσια της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αναπτύχθηκε ένα εργαλείο αποτίμησης Ενεργειακής Επιθεώρησης με βάση τα μέτρα που είναι σημαντικά και εφαρμόσιμα στις διαδικασίες παραγωγής των σημερινών βιομηχανιών. Στο αρχικό στάδιο του εργαλείου καταχωρούνται στοιχεία κατανάλωσης και κόστους όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας. Με βάση αυτά τα δεδομένα κατασκευάζεται το ενεργειακό προφίλ της επιχείρησης, πάνω στο οποίο θα εξεταστούν οι βελτιωτικές παρεμβάσεις. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια βαθύτερη ανάλυση των επιμέρους τομέων της παραγωγής και συμπληρώνονται λεπτομερή στοιχεία με σκοπό την αξιολόγηση και καθορισμό του ποσοστού δυνητικής εξοικονόμησης κάθε ενός εξ' αυτών. Εφόσον έχουν ολοκληρωθεί τα απαιτούμενα βήματα, εξάγονται χρήσιμοι ενεργειακοί και οικονομικοί δείκτες με βάση τους οποίους υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης για κάθε δυνατή βελτιωτική παρέμβαση στον εκάστοτε τομέα.

Στα πλαίσια μελλοντικής έρευνας και επέκτασης της συγκεκριμένης εργασίας προτείνεται η δημιουργία ενός μοντέλου MT&R (monitoring, targeting and reporting), μέσω του

οποίου καθίσταται εφικτή η περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Πρόκειται για μια σειρά διαδικασιών που βασίζονται σε δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης και επιδιώκουν την αποδοτικότερη διαχείρισή της. Αυτές οι διαδικασίες είναι διακριτές, αλλά υπάρχει ταυτόχρονα μια αλληλεπίδραση μεταξύ τους :

- Η παρακολούθηση (monitoring) είναι η τακτική συλλογή πληροφοριών σχετικά με την χρήση ενέργειας. Σκοπός της είναι να δημιουργήσει μια βάση ελέγχου της διαχείρισης, να καθορίσει πότε και γιατί η ενεργειακή κατανάλωση αποκλίνει από ένα καθιερωμένο πρότυπο και να λειτουργήσει ως εφελκυστήρας για λήψης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση όπου είναι απαραίτητο. Συνοπτικά, η παρακολούθηση στοχεύει στη διατήρηση ενός καθιερωμένου προτύπου.
- Ο καθορισμός στόχων (target setting) είναι η ταυτοποίηση των επιπέδων ενεργειακής κατανάλωσης, πράγμα το οποίο είναι επιθυμητό ως στόχος του μοντέλου διαχείρισης ενέργειας.
- Η αναφορά (reporting) ολοκληρώνει την κυκλική διαδικασία μετατρέποντας τις πληροφορίες που προκύπτουν από τη διαδικασία παρακολούθησης σε κατάλληλη μορφή που επιτρέπει τον συνεχή έλεγχο της χρήσης της ενέργειας, την επίτευξη των στόχων μείωσής της και την επαλήθευση της εξοικονόμησης που επιτυγχάνεται.

Όπου το μοντέλο MT&R αποτελεί τη βάση για συνεχή έλεγχο της χρήσης ενέργειας, το μοντέλο M&V (measurement and verification) χρησιμοποιεί τα ίδια στατιστικά εργαλεία για να επαληθεύσει την εξοικονόμηση από μέτρα που έχουν εφαρμοστεί. Ενώ το μοντέλο MT&R μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση και την αντιμετώπιση αναμενόμενων και απροσδόκητων αλλαγών στα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας, η μέθοδος M&V επικεντρώνεται κυρίως στην ανίχνευση αναμενόμενων αλλαγών στην κατανάλωση ενέργειας. Αντίθετα με τη δημιουργία ενός συστήματος MT&R το οποίο συνεπάγεται εκτεταμένη οργανωτική συμμετοχή, η εφαρμογή του M&V απαιτεί ένα δομημένο σχέδιο και τείνει να ακολουθεί ένα ευρέως αποδεκτό βιομηχανικό πρωτόκολλο. Τα πλήρως ανεπτυγμένα συστήματα MT&R συνήθως ενσωματώνονται στο σύστημα διαχείρισης ενός οργανισμού και λειτουργούν επ' αόριστων. Οι δραστηριότητες M&V συνήθως αποτελούν τη βάση για την επαλήθευση εξοικονόμησης ενέργειας στα Συμβόλαια Ενεργειακής

Απόδοσης και λειτουργούν υπό συγκεκριμένους όρους όπως καθορίζεται από τη σύμβαση. Ο κεντρικός σκοπός της M&V είναι να επαληθεύσει την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την υλοποίηση αναβαθμίσεων, είτε για την ικανοποίηση των εσωτερικών απαιτήσεων χρηματοοικονομικής λογιστικής και αναφοράς είτε για την τήρηση των όρων των συμβάσεων τρίτων για την υλοποίηση και διαχείριση έργων.

Η στατιστική ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας γίνεται συνήθως για δύο λόγους:

- Μέτρηση και επαλήθευση: πρόκειται για μια διαδικασία ποσοτικοποίησης της κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή ενός μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας προκειμένου να επαληθευτεί και να αναφερθεί το επίπεδο εξοικονόμησης που επιτεύχθηκε πραγματικά.
- Παρακολούθηση και στόχευση: αυτή είναι μια τεχνική διαχείρισης που μπορεί - και πρέπει - να χρησιμοποιηθεί με ή χωρίς εξειδικευμένες τροποποιήσεις των εγκαταστάσεων, προκειμένου να "διατηρηθεί η λειτουργία αποτελεσματική" και να "παρακολουθεί το κόστος χρησιμότητας". Αυτές είναι στρατηγικές διαχείρισης που έχουν σχεδιαστεί για να ελαττώσουν το ενεργειακό κόστος σε ένα κύκλο συνεχούς βελτίωσης.

Οι στατιστικές αρχές που χρησιμοποιούνται είναι οι ίδιες ανεξάρτητα από τον σκοπό της ανάλυσης. Λόγω της σπουδαιότητάς του στις συμβάσεις ενεργειακής απόδοσης, και ιδιαίτερα, σε έργα υπό το Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης (CDM - στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο) που περιλαμβάνουν πιστώσεις μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η μεθοδολογία M&V έχει τυποποιηθεί στο Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης Απόδοσης και Επαλήθευσης (IPMVP).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] U.S Energy Information Administration. International Energy Outlook 2009 : *World Energy and economic Outlook*; 2009, Ανακτήθηκε από: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/world.html>, [Τελευταία πρόσβαση 13.01.21].
- [2] United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). *Policies for promoting industrial energy efficiency in developing countries and transition economies*; 2008, Ανακτήθηκε από : <http://www.greenhouse.gov.au/challenge/html/about/about.html>, [http://www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/Energy Environment/ind energy efficiencyEbookv2.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/Energy_Environment/ind_energy_efficiencyEbookv2.pdf), [Τελευταία πρόσβαση 14.01.21].
- [3] Mahlia TMI. Emissions from electricity generation in Malaysia. *Renewable Energy* 2002; 27:293–300.
- [4] Mahmoud A, Shuhaimi M, Abdel Samed M. A combined process integration and fuel switching strategy for emissions reduction in chemical process plants. *Energy* 2009; 34:190–5.
- [5] Hepbasli A, Ozalp N. Development of energy efficiency and management implementation in the Turkish industrial sector. *Energy Conversion and Management* 2003; 44:231–49.
- [6] Petrecca G. Industrial energy management: principles and applications. USA: *Kluwer Academic Publisher*; 1992.
- [7] Aldona Kluczek & Paweł Olszewski (2017). Energy audits in industrial processes. *Journal of Cleaner Production*. Volume 142, Part 4, 20 January 2017, Pages 3437-3453.
- [8] Bureau of Energy Efficiency. Energy management and audit; 2010 [Online] Ανακτήθηκε από: <http://www.em-ea.org/Guide%20Books/book-2/2.8%20Waste%20Heat%20Recovery.pdf> [Τελευταία πρόσβαση 15.01.21].
- [9] Kannan R, Boie W. Energy management practices in SME—case study of a bakery in Germany. *Energy Conversion and Management* 2003; 44:945–59.
- [10] F. Kalantzis & D. Revoltella (2019). Do energy audits help SMEs to realize energy-efficiency opportunities? *Energy Economics*. Volume 83, September 2019, Pages 229-239.

- [11] Saidur R. A review on electrical motors energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010; 14:877–98.
- [12] PTM Pusat Tenaga Malaysia. *High efficiency motors for industrial and commercial sectors in Malaysia*; 2010, Ανακτήθηκε από: <http://www.ptm.org.my/mieeip/pdf/High%20Efficiency%20Motors%20for%20Industrial%20and%20Commercial%20Sectors%20in%20Malaysia.pdf> [Τελευταία πρόσβαση 24.01.21].
- [13] Sola A, Xavier A, Kovalski J. Energy efficiency in production engineering courses. In: *Third international conference on production research—Americas’ region*; 2006.
- [14] Dufort VM, Infante-rivard C. Measuring housekeeping in manufacturing industries. *The Annals of Occupational Hygiene* 1999; 43:91–7.
- [15] Mecrow BC, Jack AG. Efficiency trends in electric machines and drives. *Energy Policy* 2008; 36:4336–434.
- [16] Saidur R, Rahim NA, Ping HW, Jahirul MI, Mekhilef S, Masjuki HH. Energy and emission analysis for industrial motors in Malaysia. *Energy Policy* 2009; 37:3650–8.
- [17] Saidur R. Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian office buildings. *Energy Policy* 2009; 37:4104–13.
- [18] Tolvanen J. Saving energy with variable speed drives. *World Pumps* 2008; 32–3.
- [19] Ozdemir, Engin. Energy conservation opportunities with a variable speed controller in a boiler house. *Applied Thermal Engineering* 2004; 24:981–93.
- [20] Bureau of Energy Efficiency. *Waste heat recovery*; 2009, Ανακτήθηκε από: <http://www.em-ee.org/Guide%20Books/book-2/2.8%20Waste%20Heat%20Recovery.pdf> [Τελευταία πρόσβαση 25.01.21].
- [21] Tripathy SC. Energy conservation with efficient electric drives. *Energy Conversion* 1994; 36:125–34.
- [22] Saidur R, Mahlia TMI. Energy, economic and environmental benefits of using high-efficiency motors to replace standard motors for the Malaysian industries. *Energy Policy* 2010; 38:4617–25.

- [23] Kaya D, Phelan P, Chau D, Sarac HI. Energy conservation in compressed-air systems. *International Journal of Energy Research* 2002; 26:837–49.
- [24] Galitsky C, Worrell E. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the vehicle assembly industry. *Lawrence Berkeley National Laboratory* 2008 [LBNL-50939-Revision].
- [25] Elias Andersson & Oskar Arfwidsson & Patrik Thollander (2018). Benchmarking energy performance of industrial small and medium-sized enterprises using an energy efficiency index: Results based on an energy audit policy program. Volume 182, 1 May 2018, Pages 883-895.
- [26] U.S. DOE. *Minimize compressed air leaks*; 2010, Ανακτήθηκε από: http://www.energystar.gov/ia/business/industry/compressed_air3.pdf [Τελευταία πρόσβαση: 24.01.21].
- [27] PS (Plant Support). *Compressed air ultrasonic leak detection guide*; 2010, Ανακτήθηκε από: <http://www.plantsupport.com/download/UCAGuide.pdf> [Τελευταία πρόσβαση 24.01.21].
- [28] Saidur R, Rahim NA, Hasanuzzaman M. A review on compressed-air energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010; 14: 1135–53.
- [29] D’Antonio M, Epstein G, Moray S, Schmidt C. Compressed air load reduction approaches and innovations. In: *Proceedings of the twenty-seventh industrial energy technology conference*; 2005.
- [30] Ν. 4409/2016. Πλαίσιο για την ασφάλεια στις υπεράκτιες εργασίες έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, ενσωμάτωση της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ, τροποποίηση του π.δ. 148/2009 και άλλες διατάξεις. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ Α' 136/28.7.2016).
- [31] Ν. 4122/2013 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ Α' 42/19-02-2013).
- [32] Κοινή Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/οικ.5825 /2010 - ΦΕΚ 407/Β/9-4-2010 Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ.

- [33] Ν. 4602/2019. Έρευνα, εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού της Χώρας, σύσταση Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, ιδιοκτησιακός διαχωρισμός δικτύων διανομής φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ 45/Α/9-3-2019).
- [34] Ν. 4342. Συνταξιοδοτικές ρυθμίσεις, ενσωμάτωση στο Ελληνικό Δίκαιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012 Για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/8/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από την Οδηγία 2013/12/ΕΕ του Συμβουλίου της 13ης Μαΐου 2013 Για την προσαρμογή της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση, λόγω της προσχώρησης της Δημοκρατίας της Κροατίας» και άλλες διατάξεις. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ Α' 143/09-11-2015).
- [35] ΥΠΑΠΕΝ – ΜΗΤΡΩΟ Ενεργειακών Επιθεωρητών & Αρχείο Ενεργειακών Επιθεωρήσεων. Ανακτήθηκε από <https://www.buildingcert.gr/>
- [36] Υ.Α. οικ. 175275/2018. Συστήματα αναγνώρισης προσόντων και πιστοποίησης Ενεργειακών Ελεγκτών. Μητρώο Ενεργειακών Ελεγκτών και Αρχείο Ενεργειακών Ελέγχων. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. (ΦΕΚ 1927/Β'30.5.2018).
- [37] Python Software Foundation. Python Language Reference, version 3.7. Ανακτήθηκε από: <http://www.python.org>