



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Επιβλέπων: Βαγγέλης Γ. Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ε.Μ.Π.)

Αθήνα, Ιούνιος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Επιβλέπων: Βαγγέλης Γ. Μαρινάκης

Επίκουρος Καθηγητής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ε.Μ.Π.)

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14^η Ιουνίου 2024.

Βαγγέλης Μαρινάκης
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2024

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Διπλωματούχος Μεταπτυχιακού Προγράμματος «ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Χριστόφορος Τσίχλας, 2024.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώθηκε στη μελέτη της ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων του Στρατιωτικού Εργοστασίου, αναλύοντας πέντε στρατιωτικά κτίρια με έτος κατασκευής το 1945. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, πρώτα καταγράφηκαν τα ενεργειακά δεδομένα κάθε κτιρίου και του συνόλου του εργοστασίου, συμπεριλαμβανομένης της ισχύος θέρμανσης-κλιματισμού και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του εξοπλισμού. Με τη χρήση του λογισμικού SPSS Statistics, αναλύθηκαν στατιστικά αποτελέσματα που επιβεβαίωσαν την ανάγκη για ενεργειακή αναβάθμιση. Με τη χρήση θερμικών διαγραμμάτων, υπολογίστηκαν οι συνολικές θερμικές απώλειες των κτιρίων, εμφανίζοντας ξεκάθαρα την έκταση του προβλήματος. Οι προτεινόμενες λύσεις περιλαμβάνουν τεχνολογικές και δομικές αλλαγές καθώς και βελτιώσεις στα συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού και φωτισμού. Επιπλέον προτάθηκαν λύσεις και παρεμβάσεις για τη μείωση των θερμικών απωλειών και τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος. Τέλος με τη χρήση Πολυκριτήριου Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης (ΠΣΥΑ) έγινε αξιολόγηση των κινδύνων υλοποίησης των προτεινόμενων λύσεων και παρεμβάσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή Απόδοση και Βιωσιμότητα Κτιριακού Αποθέματος, Στρατιωτικό Εργοστάσιο, Θερμικές Απώλειες, Τεχνολογικές Λύσεις.

Abstract

The main subject of this diploma thesis focused on studying the energy upgrade of Hellenic Military Factory buildings and analyzing specifically five military buildings constructed in 1945. To achieve this, the energy data of each building were first recorded, including the heating – cooling power and the electricity consumption of the equipment. Using software such as SPSS Statistics, statistical results were analyzed confirming the need for an energy upgrade. Thermal diagrams were used to calculate the total thermal losses of the buildings, clearly showing the extent of the problem. The proposed solutions included technological and structural changes, as well as improvements to the heating, cooling, and lighting systems. Additionally, solutions and interventions were suggested to reduce thermal losses and decrease the energy footprint. Finally, a Multi-Criteria Decision-Making System (MCDMS) was used to evaluate the risks of implementing the proposed solutions and interventions.

Key Words: Energy Efficiency and Sustainability of Building Stock, Military Factory, Thermal Losses, Technological Solutions.

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο της διπλωματικής εργασίας μου, κ. Σωκράτη Διβόλη, για την πολύτιμη βοήθεια, τις ώρες ενασχόλησης μαζί μου και την καθοδήγησή του όλο αυτό το διάστημα. Επίσης, είμαι ευγνώμων στους Καθηγητές κ. Χάρη Δούκα και στον κ. Βαγγέλη Μαρινάκη ως επιβλέποντα, που μου έδωσαν την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί τους και να αποτελέσω μέλος της ομάδας τους. Ευχαριστώ όλο το προσωπικό του Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων για την υποστήριξη που μου προσέφερε ο καθένας ξεχωριστά. Ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξή τους. Είμαι ευγνώμων στη μητέρα μου, για την ολόψυχη αγάπη και αμέριστη υποστήριξή της, τα δύο αυτά χρόνια των σπουδών μου. Τέλος, ευχαριστώ την πολυαγαπημένη μου κόρη Σοφία και τη σύζυγο μου Άννα, οι οποίες όχι μόνο υπέμειναν όλες τις αμέτρητες ώρες σκληρής δουλειάς, αλλά υποστήριζαν ένθερμα το έργο μου. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη σε εκείνες.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	19
1.1.	Οδικόι χάρτες των ενεργειακών και κλιματικών στόχων στην ΕΕ με γνώμονα την επίτευξη απανθρακωμένου κτιριακού αποθέματος έως το 2050	19
1.2.	Η αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα αποτελεί βασικό πυλώνα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂)	21
2.	Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα	24
2.1	Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο	24
2.2	Εθνικοί στόχοι της Ελλάδας και ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος.....	24
2.3	Η ανάγκη της ενεργειακής αναβάθμισης και η ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος στις Ένοπλες Δυνάμεις (ΕΔ) και ειδικότερα στο Στρατό Ξηράς (ΣΞ)	27
2.4	Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στις ΕΔ «Συμμετέχουμε όλοι», «Μικρές πράξεις μπορούν να κάνουν μεγάλη διαφορά»	28
3.	Η περίπτωση του στρατιωτικού εργοστασίου	30
3.1	Γενική περιγραφή του εργοστασίου	30
3.1.1	Δεδομένα κτιρίου Α	31
3.1.2	Δεδομένα κτιρίου Β	34
3.1.3	Δεδομένα κτιρίου Γ.....	37
3.1.4	Δεδομένα κτιρίου Δ	40
3.1.5	Δεδομένα κτιρίου Ε.....	42
4.	Ενεργειακά δεδομένα και ανάλυση των εξεταζόμενων κτιρίων	45
4.1	Συγκεντρωτικά ενεργειακά στοιχεία των εξεταζόμενων κτιρίων.....	45
4.1.1.	Ανάλυση - αξιολόγηση δεδομένων θέρμανσης – κλιματισμού και ηλεκτρικής κατανάλωσης εξοπλισμού και φωτιστικών στοιχείων	45
4.1.2.	Ανάλυση - αξιολόγηση δεδομένων ηλεκτρικής κατανάλωσης του στρατιωτικού εργοστασίου	54
4.1.3.	Ανάλυση - αξιολόγηση δεδομένων κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του στρατιωτικού εργοστασίου	61
4.1.4.	Σύγκριση - αξιολόγηση δεδομένων κατανάλωσης και κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του στρατιωτικού εργοστασίου	65
5.	Θερμικές απώλειες.....	68

5.1	Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα	68
5.2	Θερμικές απώλειες κτιρίου Α	71
5.3	Θερμικές απώλειες κτιρίου Β	73
5.4	Θερμικές απώλειες κτιρίου Γ	75
5.5	Θερμικές απώλειες κτιρίου Δ	77
5.6	Θερμικές απώλειες κτιρίου Ε.....	79
6.	Προτεινόμενες λύσεις - παρεμβάσεις.....	82
6.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων λύσεων - παρεμβάσεων.....	82
6.1.1.	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (Φ/Β)	82
6.1.2.	Εγκατάσταση θερμοπρόσοψης στην εξωτερική τοιχοποιία	87
6.1.3.	Εγκατάσταση θερμομόνωσης στην οροφή	88
6.2	Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Α	88
6.2.1.	Εγκατάσταση θερμοπρόσοψης στην εξωτερική τοιχοποιία	88
6.2.2.	Εγκατάσταση θερμομόνωσης στην οροφή	89
6.2.3.	Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων	89
6.2.4.	Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	89
6.2.5.	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου	89
6.3	Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Β.....	89
6.3.1.	Στεγανοποίηση της οροφής.....	90
6.3.2.	Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων	90
6.3.3.	Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	90
6.3.4.	Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου με συσσωρευτή	91
6.3.5.	Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων.....	91
6.4	Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Γ	91
6.4.1.	Στεγανοποίηση της οροφής.....	92
6.4.2.	Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων	92
6.4.3.	Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	92
6.4.4.	Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων.....	92
6.5	Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Δ.....	92
6.5.1.	Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων	93
6.5.2.	Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	93

6.5.3.	Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων.....	93
6.6	Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο E.....	93
6.6.1.	Στεγανοποίηση της οροφής.....	94
6.6.2.	Αντικατάσταση των φύλλων αμιάντου της οροφής	94
6.6.3.	Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων	94
6.6.4.	Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα	94
6.6.5.	Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου με συσσωρευτή	95
6.6.6.	Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων.....	95
6.7	Θερμικές απώλειες των κτιρίων μετά τις προτεινόμενες λύσεις – παρεμβάσεις ...	95
7.	Αξιολόγηση κινδύνων με τη χρήση πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης απόφασης (ΠΣΥΑ).....	97
7.1	Ανάλυση Απόστασης από Ιδεατό Σημείο	97
7.1.1.	Σκοπός των μεθόδων ΠΑΑ που βασίζονται στην απόσταση	97
7.1.2.	Η μέθοδος “TOPSIS”	97
7.1.3.	Στάδια επίλυσης μεθόδου “TOPSIS”	97
7.2	Αξιολόγηση κινδύνων υλοποίησης λύσεων - παρεμβάσεων στα πέντε εξεταζόμενα κτίρια με τη μέθοδο “TOPSIS”	98
8.	Συμπεράσματα	106
9.	Βιβλιογραφία.....	109

Εικόνες

Εικόνα 1: Εξέλιξη της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Building Directive, EPBD) (13).....	20
Εικόνα 2: Ερευνητικά θέματα μέσα στο χρόνο (23).....	23
Εικόνα 3: Δήμοι που απαρτίζουν το Δυτικό Τομέα του Νομού Αττικής.....	30
Εικόνα 4: Κάτοψη του Εργοστασίου με τις θέσεις των υπό εξέταση κτιρίων.....	31
Εικόνα 5: Πρόσοψη του κτιρίου “Α”.....	32
Εικόνα 6: Οροφή του κτιρίου “Α” από σπλισμένο σκυρόδεμα.....	32
Εικόνα 7: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Α” με τα εξωτερικά στόρια.....	33
Εικόνα 8: Οπίσθια όψη του κτιρίου “Β”.....	35
Εικόνα 9: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Β”.....	35
Εικόνα 10: Πρόσοψη του κτιρίου “Γ”.....	37
Εικόνα 11: Μορφή και είδος υλικού της οροφής του κτιρίου “Γ”.....	38
Εικόνα 12: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Γ”.....	38
Εικόνα 13: Πλάγια δεξιά όψη του κτιρίου “Δ”.....	40
Εικόνα 14: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Δ”.....	41
Εικόνα 15: Πρόσοψη του κτιρίου “Ε”.....	42
Εικόνα 16: Μορφή και είδος υλικού της οροφής του κτιρίου “Ε”.....	42
Εικόνα 17: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Ε”.....	43
Εικόνα 18: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα του υαλοστασίου.....	68
Εικόνα 19: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα της τοιχοποιίας.....	69
Εικόνα 20: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα της οροφής.....	70
Εικόνα 21: Μηχανικό διάγραμμα Φ/Β “JAM72S10-400/PR (series)”.....	82
Εικόνα 22: Τεχνικές Προδιαγραφές Φ/Β “JAM72S10-400/PR (series)”.....	83
Εικόνα 23: Προτεινόμενη απόσταση μεταξύ των Φ/Β.....	83
Εικόνα 24: Στοιχεία του ορίζοντα και του ηλιακού αζιμούθιου (αριστερά) και της διάρκειας του φωτός της ημέρας (δεξιά).....	83
Εικόνα 25: Ισχύς εξόδου Φ/Β ανά ώρα – ημέρα – μήνα και ετησίως.....	85
Εικόνα 26: Θεωρητικές απώλειες κατά τη μετατροπή ενέργειας σε ένα Φ/Β σύστημα.....	86
Εικόνα 27: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα της οροφής.....	87

Σχήματα

Σχήμα 1: Ισχύς θέρμανσης των εξεταζόμενων κτιρίων	46
Σχήμα 2: Ισχύς κλιματισμού των εξεταζόμενων κτιρίων	46
Σχήμα 3: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των εξεταζόμενων κτιρίων	47
Σχήμα 4: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος φωτισμού των εξεταζόμενων κτιρίων	48
Σχήμα 5: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των διαφόρων βοηθητικών ηλεκτρικών συσκευών των εξεταζόμενων κτιρίων	48
Σχήμα 6: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου “Α”	49
Σχήμα 7: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Α”	49
Σχήμα 8: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου “Β”	50
Σχήμα 9: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Β”	50
Σχήμα 10: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου “Γ”	51
Σχήμα 11: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Γ”	51
Σχήμα 12: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου “Δ”	52
Σχήμα 13: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Δ”	52
Σχήμα 14: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου “Ε”	53
Σχήμα 15: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Ε”	53
Σχήμα 16: Εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για το χρονικό διάστημα 2010 – 2023	54
Σχήμα 17: Εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για το χρονικό διάστημα 2010 – 2023	55
Σχήμα 18: Γραμμή τάσης και συντελεστής R2 της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου	55
Σχήμα 19: : Ετήσια εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου	56
Σχήμα 20: Μηνιαίος συντελεστής Εποχικότητας του Εργοστασίου	57
Σχήμα 21: Χρονοσειρά εποχικής προσαρμογής της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου	57
Σχήμα 22: Χρονοσειρά κινητού μέσου όρου της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου	58
Σχήμα 23: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής του Εργοστασίου	59
Σχήμα 24: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης και της χρονοσειράς του κινητού μέσου όρου του Εργοστασίου	59
Σχήμα 25: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής και του κινητού μέσου όρου του Εργοστασίου	60
Σχήμα 26: Σύγκριση μεταξύ της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της εξομαλυνόμενης χρονοσειράς (τάσης) του Εργοστασίου	60
Σχήμα 27: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής, της εξομαλυνόμενης χρονοσειράς και της χρονοσειράς του κινητού μέσου όρου του Εργοστασίου	61
Σχήμα 28: Εξέλιξη συνολικού κόστους κατανάλωσης ενέργειας του Εργοστασίου	62
Σχήμα 29: Εξέλιξη συνολικού κόστους κατανάλωσης ενέργειας του Εργοστασίου	62
Σχήμα 30: Γραμμή τάσης και συντελεστής R2 του ετήσιου κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου	63
Σχήμα 31: Εξέλιξη του κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου	63

Σχήμα 32: Σύγκριση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2022 - 2023	64
Σχήμα 33: Σύγκριση κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2022 – 2023	65
Σχήμα 34: Σύγκριση Μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2010, 2015, 2020 και 2023	66
Σχήμα 35: Σύγκριση μηνιαίου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2010, 2015, 2020 και 2023	67
Σχήμα 36: Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης και κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2022 και 2023	67

Πίνακες

Πίνακας 1: Διανομή των έργων (άρθρα, κριτικές, κεφάλαια βιβλίων και έγγραφα δεδομένων) για κάθε χώρα της ΕΕ το περιεχόμενο των οποίων εστιάζεται (ή εστιάζεται έντονα) στο πεδίο εφαρμογής της συγκεκριμένης Οδηγίας (13).....	20
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Α”	33
Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Β”	36
Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Γ”	39
Πίνακας 5: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Δ”	41
Πίνακας 6: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Ε”	43
Πίνακας 7: Συγκεντρωτικά στοιχεία των εξεταζόμενων κτιρίων Α έως Ε.....	45
Πίνακας 8: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Α”	72
Πίνακας 9: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Β”	74
Πίνακας 10: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Γ”	76
Πίνακας 11: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Δ”	78
Πίνακας 12: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Ε”	80
Πίνακας 13: Τεχνικές προδιαγραφές Φ/Β “JAM72S10-400/PR (series)”.....	82
Πίνακας 14: Απώλειες ρύπανσης και χιονιού των Φ/Β	84
Πίνακας 15: Μετεωρολογικές μεταβλητές και ηλιακή ακτινοβολία	84
Πίνακας 16: Πρόγνωση μηνιαίων στατιστικών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Φ/Β.....	85
Πίνακας 17: Εκτίμηση συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ένα Φ/Β σύστημα κατά τη διάρκεια της ζωής του	86
Πίνακας 18: Αποτελέσματα προτεινόμενων λύσεων – παρεμβάσεων στις θερμικές απώλειες	95
Πίνακας 19: Σχεδίαση του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	98
Πίνακας 20: Υπολογισμός του αρχικού κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	99
Πίνακας 21: Υπολογισμός του τελικού κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	99
Πίνακας 22: Υπολογισμός του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	100
Πίνακας 23: Προσδιορισμός των διανυσμάτων θετικής και αρνητικής ιδεατής λύσης του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	101
Πίνακας 24: Υπολογισμός αποστάσεως από θετική ιδεατή λύση του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	102
Πίνακας 25: Υπολογισμός αποστάσεως από αρνητική ιδεατή λύση του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”	103
Πίνακας 26: Υπολογισμός σχετικής εγγύτητας και κατάταξη των κινδύνων με τη χρήση της μεθόδου “TOPSIS”	104

Πίνακας συντμήσεων - συμβόλων

Σύντμηση	Επεξήγηση
GHG	Green House Gas
EE	Ευρωπαϊκή Ένωση
UN	United Nations
OHE	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
EPBD	Energy Performance Buildings Directive (Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων)
EK	Ευρωπαϊκός Κανονισμός
EPCs	Energy Performance Certificates
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΔ	Ένοπλες Δυνάμεις
Κ.Εν.Α.Κ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων
Φ/Β	Φωτοβολταϊκά Συστήματα
Α/Θ	Αντλία Θερμότητας
Θ/Η	Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων
ΣΞ	Στρατός Ξηράς
ΕΣΠΑ	Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς
VRW	Variable Refrigerant Volume
LED	Light – Emitting Diode
BEMS	Building Energy Management System
ΓΣΝΑ	Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών
ΔΥ	Διοίκηση Υποβρυχίων
ΣΜΥΝ	Σχολή Μονίμων Υπαξιωματικών Ναυτικού
ΣΣΕ	Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων
ΣΑΝ	Σχολή Αξιωματικών Νοσηλευτικής
ΣΣΑΣ	Στρατιωτική Σχολή Αξιωματικών Σωμάτων
ΣΙ	Σχολή Ικάρων
ΣΝΔ	Σχολή Ναυτικών Δοκίμων
ΠΜ	Πτέρυγα Μάχης
Μ/Κ ΜΠ	Μηχανοκίνητη Μεραρχία Πεζικού
ΓΕΕΘΑ	Γενικό Επιτελείο Εθνικής Άμυνας
Υ/Β	Υποβρύχιο
CDD	Cooling Degree Days
CF	Capacity Factor
D2G	Ratio of Diffuse to Global Irradiation
DIF	Diffuse Horizontal Irradiation
DNI	Direct Normal Irradiation
GHI	Global Horizontal Irradiation
GTI	Global Tilted Irradiation
HDD	Heating Degree Days
PR	Performance Ratio
PREC	Precipitation (Rainfall)
WS	Lowest Expected Operating Temperature
BPIE	Buildings Performance Institute Europe

1. Εισαγωγή

Ο κτιριακός τομέας αποτελεί τον μεγαλύτερο κλάδο κατανάλωσης ενέργειας, έχοντας υψηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο όχι μόνο από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) (1). Επιπροσθέτως, εκτός από τη συμβολή τους κατά 40% στην κατανάλωση ενέργειας και 36% στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την ενέργεια, τα κτίρια σχετίζονται με περίπου το 50% των εξαγόμενων υλικών (2), ενώ ο κτιριακός κλάδος ευθύνεται για περισσότερο από το 35% των συνολικών αποβλήτων της ΕΕ. Η πολιτική του UN (United Nations, ΟΗΕ) Ατζέντα 2030, μαζί με τη Βιώσιμη Ανάπτυξη Στόχος 13, καλεί την παγκόσμια δράση με σκοπό την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής (3) ενώ η Συμφωνία του Παρισιού θέτει ως στόχο να περιορίσει την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας πολύ κάτω από τους 2°C, μέχρι το 2100 σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, κάτι που απαιτεί ταχεία μείωση των παγκόσμιων εκπομπών GHG (4).

1.1. Οδικό χάρτες των ενεργειακών και κλιματικών στόχων στην ΕΕ με γνώμονα την επίτευξη απανθρακωμένου κτιριακού αποθέματος έως το 2050

Η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Building Directive, EPBD) [Οδηγία 2002/91/ΕΚ] (5), καθοδήγησε την πολιτική για την επιτάχυνση της μείωσης της ενέργειας κατανάλωσης σε ευρωπαϊκά κτιριακά αποθέματα (6). Οι εντολές της Οδηγίας αφορούσαν σε συγκρίσιμα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Performance Certificates, EPCs) για κτίρια τα οποία κατασκευάζονται, πωλούνται ή μισθώνονται σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) (7), (8).

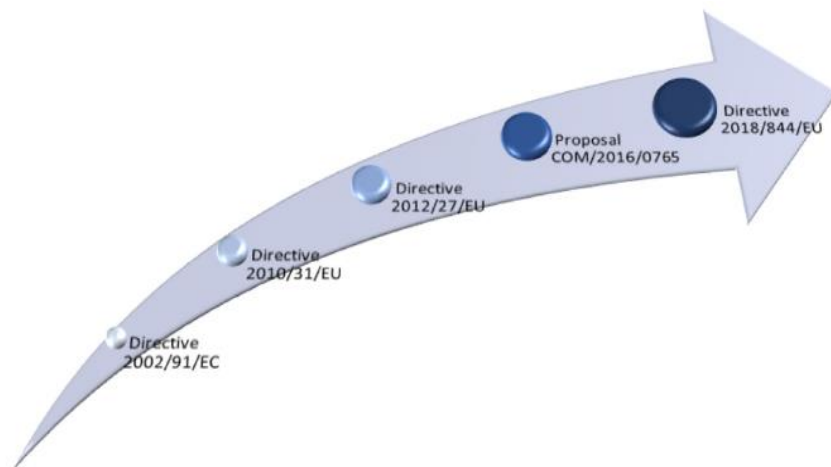
Η αναθεώρηση της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Building Directive, EPBD), καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο η Ευρώπη μπορεί να επιτύχει ένα κτιριακό απόθεμα απανθρακοποιημένο έως το 2050 (9). Οι κύριες οδοί προς ένα κτιριακό απόθεμα απανθρακωμένο στην ΕΕ έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων 2010/31/ΕΕ (EPBD) (10). Μεταξύ των διατάξεων της συγκεκριμένης Οδηγίας για μια μακροπρόθεσμη βελτίωση του κτιριακού αποθέματος της ΕΕ, τα κράτη μέλη πρέπει να υπολογίσουν και να καθορίσουν τα βέλτιστα εκείνα επίπεδα κόστους ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για νέα και υφιστάμενα κτίρια, ακολουθώντας το καθιερωμένο πλαίσιο συγκριτικής μεθοδολογίας (11). Η οδηγία εισήγαγε τις απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τεχνικά συστήματα κτιρίων και ανέδειξε τη σημασία των οικονομικών κινήτρων για την προώθηση των ενεργειακών ανακαινίσεων παρέχοντας στήριξη μέσω των διαρθρωτικών ταμείων.

Η τελευταία αναθεωρημένη Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD) της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) (12), απαιτεί ενέργειες για την ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιριακών αποθεμάτων, με προτεραιότητα την ενεργειακή απόδοση μέσα από σαφείς κατευθυντήριες γραμμές και μετρήσιμες στοχευμένες ενέργειες. Τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να καθιερώσουν μία μακροπρόθεσμη ανακαίνιση των κτιρίων τους καθώς και οδικούς χάρτες για την εξασφάλιση ενός κτιριακού αποθέματος, υψηλής ενεργειακής απόδοσης και απανθρακοποιημένου έως το 2050. Χρηματοδοτικοί μηχανισμοί, κίνητρα και

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

θεσμοί ενεργειακής απόδοσης για τις ανακαινίσεις, πρέπει να έχουν κεντρικό ρόλο στις εθνικές μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης.



Εικόνα 1: Εξέλιξη της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Building Directive, EPBD) (13)

Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται σχηματικά η εξέλιξη της Οδηγίας για την ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance of Building Directive, EPBD), από το έτος δημιουργίας της έως και την τελευταία αναθεώρηση της το έτος 2018 ενώ στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η εξέλιξη της συγκεκριμένης Οδηγίας σε διάφορες χώρες της ΕΕ. Ως απάντηση στην κήρυξη έκτακτης ανάγκης για το κλίμα από την Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (14), τα κτίρια και οι πόλεις πρέπει να μεταμορφωθούν ώστε να επιτύχουν μειωμένες εκπομπές κατά 55% έως το 2030 και να γίνουν κλιματικά ουδέτερες έως το 2050.

Πίνακας 1: Διανομή των έργων (άρθρα, κριτικές, κεφάλαια βιβλίων και έγγραφα δεδομένων) για κάθε χώρα της ΕΕ το περιεχόμενο των οποίων εστιάζεται (ή εστιάζεται έντονα) στο πεδίο εφαρμογής της συγκεκριμένης Οδηγίας (13)

Χώρα	Αριθμός Δημοσιεύσεων	Χώρα	Αριθμός Δημοσιεύσεων
Αυστρία	4 (1)	Ιταλία	48 (36)
Βέλγιο	8 (7)	Λετονία	0 (0)
Βουλγαρία	0 (0)	Λιθουανία	1 (1)
Κροατία	0 (0)	Λουξεμβούργο	0 (0)
		Μάλτα	
Κύπρος	6 (3)		2 (2)
Δημοκρατία της Τσεχίας	3 (3)	Ολλανδία	12 (6)

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Δανία	5 (3)	Πολωνία	4 (0)
Εσθονία	2 (2)	Πορτογαλία	10 (9)
Φινλανδία	4 (2)	Ρουμανία	2 (1)
Γαλλία	2 (1)	Σλοβακία	0 (0)
Γερμανία	5 (4)	Σλοβενία	4 (2)
Ελλάδα	10 (8)	Ισπανία	22 (17)
Ουγγαρία	2 (1)	Σουηδία	0 (0)
Ιρλανδία	1 (1)	Ηνωμένο Βασίλειο	16 (8)
Άλλες	11 (6)		

1.2. Η αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα αποτελεί βασικό πυλώνα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)

Η υψηλή ζήτηση ενέργειας και υλικών στον κτιριακό τομέα προκαλεί μεγάλες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG). Αυτός ο τομέας χρειάζεται τεχνολογικές βελτιώσεις μεγάλης κλίμακας κατά τη μετάβαση σε μια μελλοντική κοινωνία χαμηλών εκπομπών. Συχνά, διεξάγονται έρευνες σε κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης, αλλά οι νέες τεχνολογίες διεισδύουν σιγά σιγά στην αγορά (15). Οι συνολικές εκπομπές GHG από τον κτιριακό τομέα έως το 2100 θα εξαρτηθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό από πολιτικές αποφάσεις μεγάλης κλίμακας και εφαρμογή πολλών υποσχόμενων μέτρων μετριασμού της κλιματικής αλλαγής τα επόμενα χρόνια.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε ένα σύνολο δεικτών που εξετάζουν την αποδοτικότητα των πόρων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτιρίων. Αυτό το πλαίσιο αποτελεί πλέον βασικό στοιχείο των ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών για την ανάπτυξη μιας κυκλικής οικονομίας και στοχεύει στην αντιμετώπιση του συνολικού κύκλου ζωής των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) που οδηγεί σε ένα κύμα ανακαίνισης των υπαρχόντων κτιρίων. Ανάλυση ολόκληρου του κύκλου ζωής του περιβαλλοντικού αντίκτυπου των κτιρίων, με έμφαση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, είναι επίσης το επίκεντρο των πρωτοβουλιών σε πολλά κράτη μέλη της ΕΕ (16).

Η μεγάλη διάρκεια ζωής και οι κύκλοι ανακαίνισης των κτιρίων μπορούν να δημιουργήσουν φαινόμενα στα οποία η αλλαγή επέρχεται μόνο με σημαντική προσπάθεια και έξοδα, ενώ δημιουργείται η ανάγκη για ταχεία εισαγωγή κτιρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης για

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

καλύτερη μελλοντική αξιοποίηση (17). Μια δεκαετής καθυστέρηση της δράσης θα οδηγήσει σε συνολική παγκόσμια απώλεια ενέργειας έως το 2060, το οποίο αντιστοιχεί σε τρία χρόνια πρόσθετης ενέργειας κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα. Μετάβαση σε σχεδόν μηδενικές ή καθαρές μηδενικές εκπομπές, θα είναι το κλειδί για την επίτευξη μετριασμού των επιπτώσεων του κτιριακού τομέα και σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς στόχους, το εθνικό κτιριακό απόθεμα θα πρέπει να είναι ουδέτερο από άνθρακα μέχρι το 2050 (18).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ο κτιριακός τομέας είναι πιθανό να υποστεί σημαντικές αλλαγές στις επόμενες δεκαετίες, και για αρχή, προτείνονται τρία κύρια μέτρα μετριασμού των κτιριακών επιπτώσεων:

- Μεγάλης κλίμακας μέτρα ενεργειακής απόδοσης μέσω βελτίωσης της τεχνολογίας και της συμπεριφοράς των χρηστών.
- Ηλεκτροδότηση του κτιριακού τομέα.
- Απεξαρτητοποίηση από τον άνθρακα της ενεργειακής εφοδιαστικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένης της υιοθέτησης των ΑΠΕ (4), (19).

Ρεαλιστικές και εύλογες εκτιμήσεις και υποθέσεις σχετικά με τη μελλοντική ανάπτυξη κτιριακών αποθεμάτων είναι ζωτικής σημασίας για να μπορέσουμε να αποκτήσουμε ρεαλιστικά και λογικά αποτελέσματα όσον αφορά στην ενεργειακή ανάλυση.

Η αναλογία των εκπομπών άνθρακα θα αυξηθεί στο 50% εάν η κατανάλωση ενέργειας κτιρίων συνεχίζει να αναπτύσσεται με τον τρέχοντα ρυθμό. Η τρέχουσα κατάσταση ενεργειακής ασφάλειας και τα σχετικά περιβαλλοντικά ζητήματα δεν θα επιλυθούν απλώς με την αύξηση της ενεργειακής εφοδιαστικής αλυσίδας. Λαμβάνοντας υπόψη τις προκλήσεις που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και την έλλειψη πόρων, υπάρχει μια μεγάλη ευκαιρία για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας διατηρώντας ταυτόχρονα τη θερμική άνεση και την οικονομική απόδοση του κτιρίου (20).

Η δυνατότητα μείωσης των εκπομπών άνθρακα είναι μεγαλύτερη στα στάδια αρχικού σχεδιασμού έως και 32,5 %, συγκριτικά με το χαμηλότερο δυναμικό μείωσης εκπομπών περίπου 7,5% στα στάδια λεπτομερούς και κατασκευαστικού σχεδιασμού. Όπως αποδείχθηκε, είναι δυνατόν οι συνολικές εκπομπές άνθρακα να μειωθούν κατά προσέγγιση έως και 47,6% στα αρχικά στάδια σχεδιασμού, εάν υιοθετηθούν κατάλληλες σχεδιαστικές λύσεις, με τις ελάχιστες συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά στάδιο (21).

Επιπλέον, η ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών που επιλέγονται για την ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων πρέπει να αποτελεί σημαντικό κριτήριο στην απόφαση της ενεργειακής αναβάθμισης, όταν σκέφτεται κανείς την εξοικονόμηση ενέργειας ολιστικά και όχι μόνο κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής του κτιρίου. Και όταν αναφερόμαστε σε ενσωματωμένη ενέργεια, αναφερόμαστε στην ενέργεια που καταναλώνεται σε όλη τη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε για την εξόρυξη α' ύλης, την κατασκευή των υλικών, τη μεταφορά υλικών και προϊόντων, την κατασκευή, τη συντήρηση και τις διάφορες επισκευές του κτιρίου κατά τη διάρκεια λειτουργίας του.

Όταν εφαρμόζονται και ηλιακές τεχνολογίες, παρόλο που η συνολική ενσωματωμένη ενέργεια αυξάνεται σε όλες τις περιπτώσεις, οι περίοδοι απόσβεσης μειώνονται, χάρη στη

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

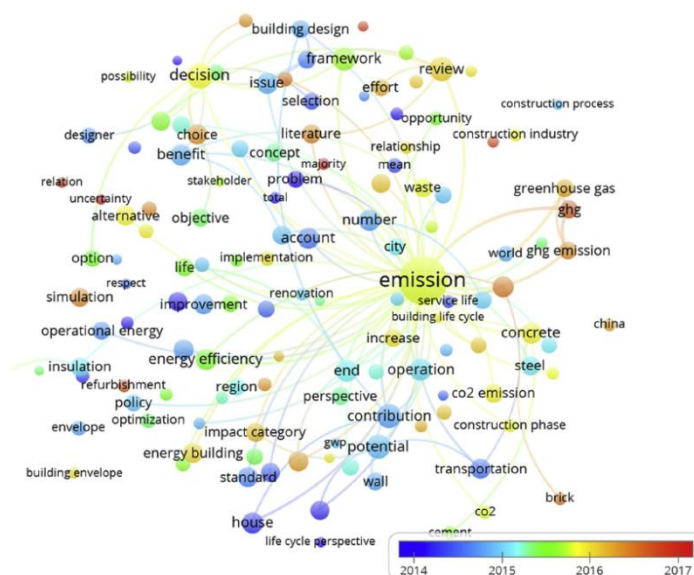
Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται. Στην περίπτωση αυτή η ενεργειακή αναβάθμιση του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μια βιώσιμη επιλογή. Πάλι, τα «οικολογικά» υλικά έχουν χαμηλότερη ενσωματωμένη ενέργεια και χαμηλότερους χρόνους απόσβεσης, απ' ό,τι τα συμβατικά, σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις (22).

Η Εικόνα 2 απεικονίζει τη χρονική μετατόπιση στα ερευνητικά θέματα, με διαφορετικά χρώματα που αντιπροσωπεύουν δραστηριότητες σε διάφορα χρόνια. Τα πρώτα χρόνια, από το 1996 έως το 2014, τα σημαντικότερα θέματα της έρευνας περιστρέφονταν γύρω από περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνταν από ενεργειακά αναποτελεσματικό σχεδιασμό κτιρίων, καθώς τα ευρήματα επιβεβαίωναν ότι η λειτουργική ενέργεια συνέβαλε τα μέγιστα στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Μετά τον εντοπισμό αυτού του ζητήματος, προτάθηκαν διάφορες επιπλέον στρατηγικές μετριασμού του προβλήματος. Η προσθήκη μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου ήταν από τις περισσότερες αποτελεσματικές στρατηγικές, με άμεση βελτίωση στην εξοικονόμηση ενέργειας αυτού και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ξεκινώντας από το 2015, η μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου, ιδίως στις εκπομπές άνθρακα, έγινε η προτεραιότητα διαφόρων ερευνητών από όλους τους σχετικούς τομείς. Αυτή η προτεραιότητα ώθησε τους ερευνητές και τους επαγγελματίες να επανεξετάσουν την ισορροπία μεταξύ της λειτουργικής και ενσωματωμένης ενέργειας και να μελετήσουν στρατηγικές μετριασμού μέσω μιας ολιστικής προοπτικής του κύκλου ζωής.

Προχωρώντας, προς το 2017, άλλες μεταβλητές εξωτερικά του κτιριακού και του περιβαλλοντικού τομέα έχουν σταδιακά εισαχθεί για να υπολογίσουν τις αβεβαιότητες που θα μπορούσαν τα κτίρια να συναντήσουν κατά της μεγάλης διάρκειας ζωής τους. Σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς συνεχίζεται να βελτιώνεται η λειτουργική ενεργειακή αποδοτικότητα, η σημασία της ενσωματωμένης ενέργειας θα συνεχίσει να αυξάνεται. Συνεπώς, πολλές ερευνητικές προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στην εύρεση εναλλακτικών υλικών για την αντικατάσταση ορισμένων παραδοσιακά ενεργοβόρων βαρέων υλικών κτιρίων, όπως το σκυρόδεμα, που συμβάλλουν στην αύξηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (23).



Εικόνα 2: Ερευνητικά θέματα μέσα στο χρόνο (23)

2. Η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

Στο παρόν κεφάλαιο, αναλύεται διεξοδικά η πορεία υιοθέτησης των Ευρωπαϊκών Οδηγιών από την Ελλάδα όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα των κτιριακών συγκροτημάτων και εγκαταστάσεων. Μέσα από μια βιβλιογραφική αναδρομή, παρουσιάζονται οι εθνικοί στόχοι και η επιτακτική ανάγκη για ενεργειακή αναβάθμιση που αποσκοπεί στη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας. Επιπλέον, διερευνώνται οι δράσεις που αναλαμβάνονται από τις Ελληνικές Ένοπλες Δυνάμεις (ΕΔ) για την ενεργειακή αναβάθμιση και ανακαίνιση των στρατιωτικών συγκροτημάτων και μέσων.

2.1 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο

- Μάιος 2008: Νόμος 3661 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008) (24).
- Απρίλιος 2010: Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. Δ6/Β/οικ. 5825 «Έγκριση κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων» (ΦΕΚ 407/9 Απριλίου 2010) (25).
- Σεπτέμβριος 2010: Αριθ. οικ. 17178, Απόφαση 4 «Έγκριση και εφαρμογή των τεχνικών οδηγιών ΤΕΕ για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων» (ΦΕΚ 1387/2 Σεπτεμβρίου 2010) (26).
- Οκτώβριος 2010: Εγκύκλιος του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με θέμα την «Εφαρμογή του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ)» (27).
- Οκτώβριος 2010: Το ΤΕΕ δημοσιεύει τις Τεχνικές Οδηγίες και την δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού για την υποστήριξη και εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ (28).
- Απρίλιος 2013: Νόμος 4122/2013, «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων – εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις», ΦΕΚ 83/Α'9 Απριλίου 2013 (29).
- Νοέμβριος 2014: Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. οικ. 2618/2014 «Έγκριση και εφαρμογή των τεχνικών οδηγιών ΤΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΦΕΚ Β' 2945/3 Νοεμβρίου 2014) (30).
- Νοέμβριος 2015: Νόμος 4342/2015 «Περί ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», ΦΕΚ Α' 143/9 Νοεμβρίου 2015 (31).
- Ιούλιος 2016: Νόμος 4409/2016 «Περί ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», ΦΕΚ Α' 136/28 Ιουλίου 2016 (32).
- Νοέμβριος 2017: Εφαρμογή του νέου Κ.Εν.Α.Κ – Έγκριση και εφαρμογή τεχνικών οδηγιών από το ΤΕΕ για την ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, ΦΕΚ Β' 4003/17 Νοεμβρίου 2017 (33).
- Οκτώβριος 2021: «Σχετικά με την τροποποίηση της οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», ΦΕΚ 193/Α'20 Οκτωβρίου 2021 (34).

2.2 Εθνικοί στόχοι της Ελλάδας και ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος

Την αρχή για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος έκανε η Ευρωπαϊκή Ένωση, με την οδηγία 2002/91/ΕΚ (5), όπου προσπάθησε να θέσει τις βάσεις για την εφαρμογή ενός σύγχρονου νομικού πλαισίου που θα προωθούσε την ενεργειακή

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

αποδοτικότητα στα κτίρια. Η Ελλάδα όμως άρχισε να συμμορφώνεται με τις ευρωπαϊκές οδηγίες από το 2008.

Ο Νόμος 3661/2008 (24) αναφέρει ότι τα νέα κτίρια είναι υποχρεωμένα να χρησιμοποιούν ηλιακά θερμικά συστήματα για την κάλυψη μέρους των αναγκών ζεστού νερού χρήσης (ZNX). Το ελάχιστο ποσοστό του μεριδίου της ηλιακής ενέργειας σε ετήσια βάση ορίζεται σε 60%. Ομοίως, για τα υφιστάμενα κτίρια που ανακαινίζονται ριζικά, η ενεργειακή απόδοση πρέπει να αναβαθμιστεί ώστε να πληροί την ελάχιστη ενεργειακή απόδοση των απαιτήσεων στο βαθμό που είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό. Για τους σκοπούς αυτούς, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας προωθεί οικονομικά, θεσμικά, διοικητικά ή/και άλλα παρόμοια κίνητρα (32). Επιπλέον, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας καθιέρωσε έναν ενδεικτικό εθνικό στόχο ενεργειακής απόδοσης για το σύνολο κατανάλωσης ενέργειας του 2020 (31).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τα κτίρια στην ΕΕ ευθύνονται για το 40% της ενεργειακής μας κατανάλωσης και το 36% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στις 15 Δεκεμβρίου 2021 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέθεσε πρόταση για την αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στο πλαίσιο του πακέτου «Fit for 55». Η νέα ευρωπαϊκή νομοθεσία για το κλίμα που εγκρίθηκε το 2021 κατοχύρωσε στο ευρωπαϊκό δίκαιο τόσο τους στόχους για το 2030 όσο και τους στόχους για το 2050.

Η συγκυρία μοιάζει ιδανική. Προφανώς και ειδικότερα την εποχή της ενεργειακής κρίσης που διανύουμε, όλοι πλέον αναγνωρίζουμε πόσο πολύ επηρεάζεται η ζωή μας, ποιοτικά και οικονομικά, από την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στα οποία ζούμε ή εργαζόμαστε. Ταυτόχρονα, από την ανασκόπηση του κτιριακού δυναμικού προκύπτει ότι σχεδόν το 67% των κτιρίων κατοικιών στην Ελλάδα ανήκει στις ενεργειακές κλάσεις E έως H (με το 32% να ανήκει στην H), ενώ μόνο το 6% κατατάσσεται σε ενεργειακές κλάσεις B και άνω. Αντίστοιχα, ο τριτογενής τομέας χαρακτηρίζεται από εξίσου παλαιάς κατασκευής κτίρια, με το 87% να κατατάσσεται σε ενεργειακές κλάσεις χαμηλότερες από τη Γ. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την επιτακτική ανάγκη για απεξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, εντείνουν σημαντικά την ανάγκη χρήσης ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) στα κτίρια, με σκοπό τη μείωση της ενεργειακής ζήτησης και των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου των κτιρίων.

Αναλυτικά, η ανάγκη για ταχεία απεξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων έχει ανοίξει τον δρόμο για την εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ διαφόρων τεχνολογιών επί των κτιρίων, προκειμένου να συμβάλλουν στη μερική ή πλήρη κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Πέρα από τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β), τα οποία αποτελούν μία εξαιρετικά αποτελεσματική και ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, άλλου τύπου μονάδες είναι τα συστήματα γεωθερμίας τα οποία μπορούν να συνδυαστούν με αντλίες θερμότητας (Α/Θ) για να εξυπηρετήσουν, σε ετήσια βάση, τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης. Επίσης, αλματώδης είναι και η εξέλιξη της τεχνολογίας των θερμικών ηλιακών (Θ/Η) συστημάτων, τα οποία μπορούν να καλύψουν εκτός των αναγκών των κτηρίων σε ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και σημαντικό μέρος των αναγκών σε θέρμανση χώρων. (Κοινή μελέτη ΔΠΘ & ΡΑΕ, 2023) (35).

Σύμφωνα με τους (36), τα περισσότερα ελληνικά κτίρια κατατάσσονται τελευταία, στη χαμηλότερη ενεργειακή κλάση. Η αντικατάσταση παραθύρων και η εγκατάσταση ηλιακών

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

συλλεκτών είναι οι πιο δημοφιλείς ατομικές ανακαινίσεις. Η Ευρωπαϊκή και η εθνική δέσμευση για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, δεν είναι μόνο στρατηγικός στόχος αλλά και πρακτικό όφελος για όλους (37). Στα θετικά σημεία, η περαιτέρω ανάλυση των διαθέσιμων ελληνικών δεδομένων, αποκαλύπτουν ότι η χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) μειώνει τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 27–37% σε μονοκατοικίες και 36–57% σε διαμερίσματα κτιρίων (13), (38), (39), (40).

Τα ελληνικά κτίρια μπορούν να εξοικονομήσουν πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας ακόμα και με μικρά πάχη μονωτικού υλικού, ενώ με πιο αυστηρές εθνικές απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας θα μπορούσαν να δημιουργήσουν τις πολύ αναγκαίες θέσεις εργασίας και υγιέστερα εσωτερικά περιβάλλοντα (41). Ακόμη, προβλέφθηκε ότι μέχρι το 2020 όλα τα νέα κτίρια στην Ελλάδα θα έχουν πολύ χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και θα καλύπτονται σε πολύ μεγάλη έκταση από Ανανεώσιμες Πηγες Ενέργειας (ΑΠΕ) (39).

Παράλληλα, το Μάρτιο 2023 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2019-2024, P9_TA(2023)0068) (42), το Ευρωκοινοβούλιο αποφάσισε την υποχρεωτική ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, η οποία αφορά σε κατοικίες, πολυκατοικίες, δημόσια κτίρια και νέες οικοδομές, με χρονοδιάγραμμα που μένει να οριστικοποιηθεί και από τα Εθνικά Κοινοβούλια. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη αναθεώρηση της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Energy Performance Buildings Directive, EPBD) έχει ως στόχο να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα της ΕΕ. Στόχος είναι επίσης, να αυξηθεί το ποσοστό ανακαίνισης των ενεργειακά μη αποδοτικών κτιρίων, καθώς και να παρέχονται καλύτερες πληροφορίες όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων γενικότερα.

Αποδείχθηκε όμως ότι, ο δρόμος προς τη υλοποίηση της Οδηγίας είναι μακρύς, τραχύς και ανώμαλος, αλλά το θετικό σημείο είναι ότι οι καθυστερήσεις αυτές έχουν προσφέρει ευκαιρίες για εισαγωγή και εφαρμογή πολλών βασικών σημείων, τα οποία οδήγησαν στην δημιουργία Εθνικής Νομοθεσίας και Τεχνικών Κανονισμών (37).

Από το 2028 όλα τα καινούρια κτίρια θα πρέπει να έχουν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η αντίστοιχη προθεσμία για κτίρια που στεγάζουν, χρησιμοποιούνται, ή ανήκουν σε δημόσιες αρχές θεσπίζεται για το 2026. Όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με τεχνολογίες συλλογής ηλιακής ενέργειας έως το 2028, εφόσον αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό, ενώ τα κτίρια κατοικιών που υποβάλλονται σε μεγάλη κλίμακας ανακαίνιση θα έχουν προθεσμία έως το 2032.

Τα εθνικά σχέδια ανακαίνισης θα πρέπει να περιλαμβάνουν μηχανισμούς στήριξης που θα διευκολύνουν την πρόσβαση σε επιχορηγήσεις και χρηματοδότηση. Τα κράτη μέλη οφείλουν επίσης να δημιουργήσουν σημεία δωρεάν πληροφόρησης και να θεσπίσουν προγράμματα ανακαίνισης με ουδέτερο κόστος. Θα πρέπει επίσης να προσφέρουν χρηματοδότηση που θα πριμοδοτεί τις ριζικές ανακαινίσεις, ιδίως για τα κτίρια με τις χειρότερες επιδόσεις, ενώ εξειδικευμένες επιχορηγήσεις και επιδοτήσεις θα πρέπει να παρέχονται σε ευάλωτα νοικοκυριά.

Ποιες δράσεις όμως είναι σε εξέλιξη στην Ελλάδα; Κατά τη διάρκεια των επόμενων μηνών (και όχι μόνο) θα βρίσκονται σε πλήρη εξέλιξη (και σε διαφορετικές φάσεις μεταξύ τους), διάφορα προγράμματα τα οποία με τα θετικά τους και τα αρνητικά τους θα έχουν κυρίαρχο

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

ρόλο, τόσο στην ανακαίνιση, όσο και στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος της χώρας.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι υλοποιήσεις του “Εξοικονομώ 2021” που είναι σε πλήρη εξέλιξη, η αναστολή ΦΠΑ στην οικοδομή, το πρόγραμμα “Ηλέκτρα” για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων του Δημοσίου, η εκκίνηση των προγραμμάτων “Εξοικονομώ – Ανακαινίζω για Νέους”, “Εξοικονομώ - Επιχειρώ”, “Εξοικονομώ 2023”, τα στεγαστικά προγράμματα “Σπίτι μου”, “Ανακαινίζω - Νοικιάζω”, “Κοινωνική Αντιπαροχή”, “Κάλυψη” κλπ. Επιπλέον, σε πλήρη εξέλιξη βρίσκονται τα προγράμματα “Ανακυκλώνω – Αλλάζω Θερμοσίφωνα” και “Φωτοβολταϊκά στη Στέγη”.

2.3 Η ανάγκη της ενεργειακής αναβάθμισης και η ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος στις Ένοπλες Δυνάμεις (ΕΔ) και ειδικότερα στο Στρατό Ξηράς (ΣΞ)

Η ιστορική πορεία των περισσότερων κτιρίων που ανήκουν στη δύναμη των ΕΔ καθώς και του ΣΞ είναι ανιχνεύσιμη από το δομημένο περιβάλλον τους, τα παλαιά και τα νέα κτίρια. Η ενεργειακή αναβάθμιση των υποδομών του υπουργείου Εθνικής Άμυνας αποτελεί προτεραιότητα της πολιτικής ηγεσίας, καθώς είναι ιδιαίτερη σημαντική η μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και η εξοικονόμηση πόρων. Συγκεκριμένα, πολλά κτίρια διακρίνονται από αυξημένη παλαιότητα, με την ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης και ανακαίνισης να κρίνεται επιτακτική προκειμένου να ακολουθήσουν τις διάφορες Ευρωπαϊκές και Κρατικές απαιτήσεις. Στην κατεύθυνση αυτή αναζητούνται ολοένα και περισσότερα χρηματοδοτικά εργαλεία από Ευρωπαϊκά και περιφερειακά προγράμματα και μελετώνται έργα ενεργειακής αναβάθμισης του γερασμένου κτιριακού αποθέματος.

Τον Ιανουάριο 2022 πραγματοποιήθηκαν τα εγκαίνια λόγω ολοκλήρωσης των ενεργειών ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου του Στρατηγείου της 1^{ης} Στρατιάς στη Λάρισα, συνολικού προϋπολογισμού 1.5 εκατ. ευρώ, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το ΕΣΠΑ Θεσσαλίας 2014-2020. Το έργο αποτελεί τον πιλότο για την ενεργειακή αναβάθμιση, τον εκσυγχρονισμό των υποδομών και τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και άλλων κτιρίων των ΕΔ, σε όλη τη χώρα. Αποτέλεσμα του έργου ήταν η μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος του κτιρίου κατά 86% σε πρωτογενή ενέργεια και συμπεριέλαβε τις ακόλουθες ενεργειακές αναβαθμίσεις: α) αντικατάσταση του συνόλου των κουφωμάτων β) εκσυγχρονισμός των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης με νέα κεντρική εγκατάσταση κλιματισμού που διαθέτει 9 νέες αντλίες τύπου VRW (Variable Refrigerant Volume) γ) εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος συνολικής ηλεκτρικής ισχύος 100kWA δ) αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με νέα σύγχρονης τεχνολογίας LED και ε) εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Energy Management System – BEMS).

Τον Δεκέμβριο 2022 ολοκληρώθηκαν οι ενέργειες ενεργειακής αναβάθμισης και εισόδου στη νέα ενεργειακή εποχή του 424 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου Εκπαιδύσεως στη Θεσσαλονίκη. Η ενεργειακή αναβάθμιση είχε προϋπολογισμό 3.6 εκατ. ευρώ και μέσω αυτών καλύπτεται το 70% των συνολικών ενεργειακών αναγκών του στρατιωτικού νοσοκομείου. Η ενεργειακή αναβάθμιση του νοσοκομείου, εντάσσεται στο συνολικό πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης δημοσίων κτιρίων, που υλοποιεί η Περιφέρεια

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Κεντρικής Μακεδονίας και θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους λειτουργίας, ενώ θα διασφαλίσει καλύτερες συνθήκες εργασίας και νοσηλείας.

Στην κατεύθυνση αυτή, έχει δρομολογηθεί ένα ακόμη πρόγραμμα 9 εκατ. ευρώ, από το παραπάνω πρόγραμμα ΕΣΠΑ 2014-2020, που αποσκοπεί στην ενεργειακή αναβάθμιση επιπλέον κτιρίων των ΕΔ του Νομού Θεσσαλίας, όπως το Στρατιωτικό Νοσοκομείο, το Αρχηγείο Τακτικής Αεροπορίας κ.α. καθώς και προμήθεια κατάλληλου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Τον Οκτώβριο 2023, υπεγράφη σύμβαση για έργα ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων των ΕΔ ύψους 72 εκατ. ευρώ, μέσω του προγράμματος "ΗΛΕΚΤΡΑ», μεταξύ του υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας και του υπουργείου Εθνικής Άμυνας.

Το σχέδιο περιλαμβάνει τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης διαφόρων κτιρίων όπως: α) του 401 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου Αθηνών (ΓΣΝΑ) β) της Διοίκησης Υποβρυχίων (ΔΥ) «Πρωτεύς» γ) της Ενδιαίτησης της Σχολής Μονίμων Υπαξιωματικών Ναυτικού (ΣΜΥΝ) δ) των 22 κτιρίων της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων (ΣΣΕ) και ε) του κτιριακού συγκροτήματος του υπουργείου στο Στρατόπεδο «Παπάγου».

Προς την επιτυχία του σχεδίου προβλέπονται διάφορες παρεμβάσεις στην ενεργειακή θωράκιση και στο σύστημα της ενεργειακής διαχείρισης των κτιρίων, στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών και πληθώρα άλλων για την εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους. Επιπρόσθετα, υπό αξιολόγηση βρίσκονται τέσσερα ακόμη έργα ενεργειακής αναβάθμισης και ανακαίνισης του κτιριακού αποθέματος, όπως: α) της Σχολής Αξιωματικών Νοσηλευτικής (ΣΑΝ) προϋπολογισμού 3.5 εκατ. ευρώ β) της Στρατιωτικής Σχολής Αξιωματικών Σωμάτων (ΣΣΑΣ) γ) της Σχολής Ικάρων (ΣΙ) προϋπολογισμού 3.5 εκατ. ευρώ και δ) της Σχολής Ναυτικών Δοκίμων (ΣΝΔ).

Τέλος, υπό εξέλιξη βρίσκονται και διάφορα άλλα έργα που αφορούν στην ενεργειακή αυτονομία της 115 Πτέρυγας Μάχης (ΠΜ) η οποία εδρεύει στην Αεροπορική Βάση Σούδας, στον κόλπο της Σούδας και στην ενεργειακή αναβάθμιση των Στρατηγείων του Δ' Σώματος Στρατού «ΘΡΑΚΗ» στη Ξάνθη και των XII – XVI Μ/Κ ΜΠ στην Αλεξανδρούπολη και στο Διδυμότειχο αντίστοιχα.

2.4 Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στις ΕΔ «Συμμετέχουμε όλοι», «Μικρές πράξεις μπορούν να κάνουν μεγάλη διαφορά»

Οι Ένοπλες Δυνάμεις αποδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των εγκαταστάσεών τους. Προς αυτή την κατεύθυνση, το ΓΕΕΘΑ πρόσφατα ανακοίνωσε ότι στο πλαίσιο του ολοκληρωμένου σχεδίου του Κράτους για την αντιμετώπιση της κρίσης στις τιμές ενέργειας και των πρωτοβουλιών που έχουν ληφθεί για την εξοικονόμηση της κατανάλωσής της στο Ελληνικό Δημόσιο, προχώρησε στην εφαρμογή άμεσων και μεσοπρόθεσμων μέτρων για το σύνολο των στρατιωτικών εγκαταστάσεων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ενεργειακή επάρκεια της Χώρας και να μειωθεί το ενεργειακό κόστος τους. Για την άμεση συμβολή στην αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, οι Ένοπλες Δυνάμεις λαμβάνουν συχνά μέτρα που αφορούν στην ορθή και αποτελεσματική συντήρηση, ρύθμιση και λειτουργία των συσκευών θέρμανσης και ψύξης, καθώς και μέτρων για την μείωση και βελτιστοποίηση της

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

κατανάλωσης των συστημάτων φωτισμού και των ηλεκτρικών συσκευών που λειτουργούν στις στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

Επίσης υλοποιείται η προμήθεια συστημάτων θέρμανσης/ψύξης και συσκευών υψηλής ενεργειακής απόδοσης, για την ολοκλήρωση του εν εξελίξει προγράμματος αναβάθμισης των υφιστάμενων συστημάτων φωτισμού, με την χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων τύπου Led, το οποίο έχει υλοποιηθεί σε ποσοστό 42% και με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιριακών εγκαταστάσεων με χρήση κατάλληλης βαφής, την θερμομόνωση των ταρατσών, την αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων και την εφαρμογή των προδιαγραφών θερμικής ενεργειακής απόδοσης κατά την κατασκευή και επισκευή κτιρίων.

Επιπλέον, συχνά εκδίδονται οδηγίες εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες διανέμονται στο σύνολο του προσωπικού, προκειμένου να αναπτυχθεί περαιτέρω κουλτούρα ενεργειακής συνείδησης, η οποία αποτελεί τον σημαντικότερο πυλώνα για την υλοποίηση του στόχου που έχει καθοριστεί σε Εθνικό επίπεδο.

Τέλος, η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί ύψιστη προτεραιότητα για τις Ένοπλες Δυνάμεις οι οποίες έχουν αναλάβει περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες και δράσεις, με σκοπό τόσο την περιστολή του λειτουργικού κόστους όσο και την αναβάθμιση του «πράσινου» αποτυπώματος των στρατοπέδων, των υπηρεσιών και των μονάδων τους. Πρόσφατο χαρακτηριστικό παράδειγμα το υποβρύχιο “Υ/Β ΠΗΠΙΝΟΣ”, όπου θεσπίστηκε ως «ΦΙΛΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ», αφού πρότευσε στα επιμέρους περιβαλλοντικά, ενεργειακά, οικονομικά, εκπαιδευτικά και επικοινωνιακά κριτήρια βάσει των οποίων αξιολογήθηκε. Ενδεικτικές περιβαλλοντικές δράσεις που αναπτύχθηκαν από το προσωπικό του υποβρυχίου “Υ/Β ΠΗΠΙΝΟΣ” ήταν η ορθολογική διαχείριση απορριμμάτων μέσω του συστήματος ανακύκλωσης, η αξιοποίηση στο μέγιστο βαθμό του συστήματος αφαλάτωσης που διαθέτει το Υ/Β, καθώς και η αποφυγή παραγωγής αποβλήτων ελαίων. Επιπλέον, το υποβρύχιο “Υ/Β ΠΗΠΙΝΟΣ” κατέγραψε θαλάσσιες περιοχές που διαβιούν θηλαστικά και αξιολόγησε θαλάσσια περιβαλλοντικά δεδομένα που συμβάλλουν στην επιστημονική έρευνα για την προστασία της θαλάσσιας ζωής και της βιοποικιλότητας.

3. Η περίπτωση του στρατιωτικού εργοστασίου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μελέτη για την ενεργειακή αναβάθμιση πέντε κτιρίων του Ελληνικού Στρατιωτικού Εργοστασίου. Μελετάται η ενεργειακή απόδοση και η βιωσιμότητα ενός κτιριακού συγκροτήματος και αναλύεται η διαδικασία ενεργειακής βαθμονόμησής και αναβάθμισής του. Εξάγονται κατάλληλα συμπεράσματα, ύστερα από επεξεργασία των αποτελεσμάτων, σχετικά με τις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του εργοστασίου και προτείνονται τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης και ανακαίνισης του κτιριακού αποθέματος.

3.1 Γενική περιγραφή του εργοστασίου

Το Στρατιωτικό Εργοστάσιο βρίσκεται στην πόλη των Αθηνών, στο δυτικό τμήμα του Νομού Αττικής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3, εγγύς των κυρίων οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων Αθηνών - Θεσσαλονίκης και Αθηνών - Κορίνθου.



Εικόνα 3: Δήμοι που απαρτίζουν το Δυτικό Τομέα του Νομού Αττικής

Η συνολική έκταση του στρατοπέδου φτάνει σχεδόν τα 240 στρέμματα, ενώ οι κτιριακές εγκαταστάσεις καλύπτουν επιφάνεια περίπου 40 στρεμμάτων. Κατασκευάστηκαν κυρίως τις δεκαετίες 40-60, ενώ μετέπειτα προστέθηκαν και νέες σύγχρονες εγκαταστάσεις για τις παραγωγικές ανάγκες του εργοστασίου, στις οποίες έχει επενδυθεί μέχρι σήμερα ένα ποσό της τάξης των 40.000.000€ (43). Στο Εργοστάσιο απασχολούνται περίπου 300 άτομα. Αυτοί αποτελούνται από το πολιτικό και στρατιωτικό προσωπικό (εκπαιδευμένο και καταρτισμένο σε διάφορες τεχνικές ειδικότητες) που εργάζεται στα συνεργεία, τους οπλίτες που υπηρετούν τη θητεία τους και το λοιπό διοικητικό και βοηθητικό προσωπικό.

Οι εγκαταστάσεις του Εργοστασίου περιλαμβάνουν συνολικά 32 κτίρια. Τα 19 από αυτά χρησιμοποιούνται ως συνεργεία και χώροι εργασίας. Τα υπόλοιπα 13 χρησιμοποιούνται

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

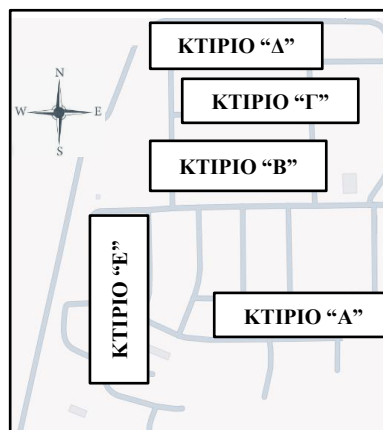
για τη διαμονή και την μέριμνα των οπλιτών (θάλαμοι, μαγειρεία, ιατρείο), καθώς και για διάφορες άλλες ανάγκες (διοικητήριο, ιερός ναός, κ.α.). Οι ενεργειακές απαιτήσεις των παραπάνω χώρων και της εν γένει λειτουργίας του Εργοστασίου, θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για:
 - Εξωτερικό κι εσωτερικό φωτισμό.
 - Λειτουργία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων και ηλεκτρικών συσκευών.
 - Θέρμανση – Ψύξη των χώρων.
 - Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).
- Κατανάλωση πετρελαίου για:
 - Θέρμανση όλων των χώρων του Εργοστασίου.
 - Κίνηση των οχημάτων.

Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε θέρμανση και κλιματισμό, έχουν εγκατασταθεί καυστήρες πετρελαίου και κλιματιστικά στο σύνολο των κτιρίων του Εργοστασίου.

Το ηλεκτρικό ρεύμα παρέχεται από το τοπικό δίκτυο της ΔΕΗ, για τις ανάγκες του Εργοστασίου, ενώ το πετρέλαιο από οργανική μονάδα του Ελληνικού Στρατού. Οι συνήθειες ώρες λειτουργίας του Εργοστασίου (γραφείων και παραγωγικών τμημάτων) είναι 07:00 με 15:00 το μεσημέρι, πλην συγκεκριμένων τμημάτων, όπως γραφείων ασφαλείας που λειτουργούν όλο το 24ωρο και για όλες τις ημέρες της εβδομάδος και το Σαββατοκύριακο. Τα παραγωγικά τμήματα του Εργοστασίου δεν λειτουργούν κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου.

Στην παρακάτω Εικόνα 4 απεικονίζεται η συνολική περίμετρος καθώς και η κάτοψη του Εργοστασίου με τις αντίστοιχες θέσεις των πέντε υπό εξέταση κτιρίων.



Εικόνα 4: Κάτοψη του Εργοστασίου με τις θέσεις των υπό εξέταση κτιρίων

3.1.1 Δεδομένα κτιρίου Α

Το κτίριο “Α” βρίσκεται στο Νοτιοανατολικό (ΝΑ) τμήμα του Εργοστασίου, όπως αυτό φαίνεται στις Εικόνες 4 και 5 και χρονολογείται περί το έτος 1945. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 670,20m² ενώ το μέγιστο ύψος του φτάνει τα 11m. Αποτελείται από το ισόγειο, το ημί – υπόγειο και τον 1^ο όροφο.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας



Εικόνα 5: Πρόσωση του κτιρίου “Α”

Ο σκελετός και η στέγη του αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα (Εικόνα 6). Η τοιχοποιία του υπογείου είναι από πέτρα ενώ το υπόλοιπο κτίριο από τούβλα με τριπτά επιχρίσματα στην εξωτερική επιφάνεια προς το περιβάλλον. Επιπλέον, υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι όπως λουτρά και τουαλέτες ενώ το δάπεδο είναι τύπου μωσαϊκού.



Εικόνα 6: Οροφή του κτιρίου “Α” από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οι εξωτερικές πόρτες είναι μεταλλικές ενώ οι εσωτερικές ξύλινες. Τα διάφορα ανοίγματα (υαλοστάσια) είναι μεταλλικά παλαιού τύπου με ξύλινα στόρια στο εξωτερικό μέρος για σκίαση από τις ηλιακές ακτίνες (Εικόνα 7).

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας



Εικόνα 7: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Α” με τα εξωτερικά στόρια

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ανά κατηγορία και ανά προσανατολισμό, τα διάφορα ανοίγματα του κτιρίου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους.

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Α”

Προσανατολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
	Σύνολο ανοιγμάτων ανά πλευρά			
Παράθυρο (1,45x1,45m)	33	25	28	6
Παράθυρο (0,80x1,45m)	24	22	∅	∅
Παράθυρο (0,54x0,88m)	∅	∅	9	∅
Παράθυρο (0,54x0,70m)	∅	∅	∅	13
Παράθυρο Διαδρόμου (2,85x3,10m)	∅	∅	2	∅
Παράθυρο Διαδρόμου	1	∅	∅	∅

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

(2,65x7,70m)				
Παράθυρο				
Διαδρόμου	∅	∅	∅	2
(1,65x2,05m)				
Πόρτα Μεταλλική				
(2,85x2,70m)	1	∅	1	∅
Πόρτα Μεταλλική				
(4,20x3,50m)	∅	1	∅	∅

Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδροροών (λούκια).

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του υπόψη κτιρίου, θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για:
 - Εξωτερικό κι εσωτερικό φωτισμό.
 - Λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών.
 - Θέρμανση – Ψύξη των διαφόρων χώρων του (γραφείων).
 - Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).
- Κατανάλωση πετρελαίου για:
 - Θέρμανση των χώρων (γραφείων).

Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε θέρμανση, έχουν εγκατασταθεί δύο (2) καυστήρες πετρελαίου μάρκας Ecoflam με κατανάλωση 24 l/hr συνολικής ισχύος 360,00kW, ενώ υπάρχουν εγκατεστημένα σαράντα ένα (41) κλιματιστικά διαφόρων ισχύων, με συνολική ισχύ 503,00kBtu/h. Τέλος, η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση των λοιπών ηλεκτρικών συσκευών και του φωτισμού (εσωτερικού – εξωτερικού), ανέρχεται στις 100,14kWh.

3.1.2 Δεδομένα κτιρίου Β

Το κτίριο “Β” βρίσκεται στο Βόρειο τμήμα του Εργοστασίου, όπως αυτό φαίνεται στις Εικόνες 4 και 8 και χρονολογείται περί το έτη 1947 - 1948. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 11.382,00m² ενώ το μέγιστο ύψος του φτάνει τα 11m. Το μεγαλύτερο μέρος του είναι ισόγειο ενώ ένα μικρό τμήμα του αποτελείται από το ισόγειο και τον ημί - όροφο.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας



Εικόνα 8: Οπίσθια όψη του κτιρίου “Β”

Ο σκελετός αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ η στέγη του είναι πριονωτή και είναι συνδυασμός οπλισμένου σκυροδέματος με επικάλυψη από βυζαντινά κεραμίδια και υαλοπίνακες (Εικόνα 8). Η τοιχοποιία του είναι τούβλα με τριπτά επιχρίσματα στην εξωτερική επιφάνεια προς το περιβάλλον. Επιπλέον, υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι όπως λουτρά και τουαλέτες ενώ το δάπεδο είναι τύπου γκρο – μπετόν.

Οι εξωτερικές πόρτες είναι μεταλλικές δίφυλλες συρόμενες ενώ οι εσωτερικές ξύλινες. Τα διάφορα ανοίγματα (υαλοστάσια) είναι τετραγωνικής μορφής, μεταλλικά παλαιού τύπου (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Β”

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται ανά κατηγορία και ανά προσανατολισμό, τα διάφορα ανοίγματα του κτιρίου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “B”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά	Δύση - Ανατολή
	Σύνολο ανοιγμάτων ανά πλευρά				
Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)					
Παράθυρο (3,00x2,40m)	Ø	17	Ø	Ø	Ø
Παράθυρο (3,00x1,55m)	34	Ø	3	Ø	Ø
Παράθυρο (0,70x1,30m)	Ø	Ø	9	Ø	Ø
Παράθυρο (3,00x3,40m)	13	Ø	Ø	Ø	Ø
Πόρτα Μεταλλική (4,80x4,70m)	Ø	6	Ø	3	Ø
Πόρτα Μεταλλική (3,30x4,70m)	Ø	Ø	3	Ø	Ø
Πόρτα Μεταλλική (2,00x4,70m)	3	Ø	1	1	Ø
Κάθετη πλευρά πριονωτής οροφής (140,00x3,00m)	Ø	Ø	Ø	Ø	7

Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδρορροών (λούκια).

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του υπόψη κτιρίου, θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για:
 - Εξωτερικό κι εσωτερικό φωτισμό.
 - Λειτουργία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων και ηλεκτρικών συσκευών.
 - Θέρμανση – Ψύξη των χώρων.
 - Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).
- Κατανάλωση πετρελαίου για:
 - Θέρμανση όλων των χώρων του Εργοστασίου.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε θέρμανση, έχουν εγκατασταθεί δέκα (10) καυστήρες πετρελαίου μάρκας Lamborghini με κατανάλωση 13 l/hr συνολικής ισχύος 2.500,00kW, ενώ υπάρχουν εγκατεστημένα δεκαπέντε (15) κλιματιστικά διαφόρων ισχύων, με συνολική ισχύ 240,00kBtu/h. Τέλος, η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων, ηλεκτρικών συσκευών και του φωτισμού (εσωτερικού – εξωτερικού), ανέρχεται στις 496,63kWh.

3.1.3 Δεδομένα κτιρίου Γ

Το κτίριο “Γ” βρίσκεται στο Βόρειο τμήμα του Εργοστασίου, όπως αυτό φαίνεται στις Εικόνες 4 και 10 και χρονολογείται περί το έτος 1940. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 2.027,00m² ενώ το μέγιστο ύψος του φτάνει τα 9m. Το κτίριο αποτελείται από μόνο έναν όροφο, αυτόν του ισογείου.



Εικόνα 10: Πρόσοψη του κτιρίου “Γ”

Ο σκελετός αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ η στέγη του είναι αυλακωτή λαμαρίνα (Εικόνα 11). Η τοιχοποιία του είναι μικτή με το εμπρόσθιο τμήμα του (πρόσοψη) να αποτελείται από πέτρα με τριπτά επιχρίσματα στην εξωτερική επιφάνεια προς το περιβάλλον ενώ όλο το υπόλοιπο τμήμα (πλάγια και πίσω όψη) από αυλακωτή λαμαρίνα. Επιπλέον, υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι όπως λουτρά και τουαλέτες ενώ το δάπεδο είναι τύπου γκρο – μπετόν.



Εικόνα 11: Μορφή και είδος υλικού της οροφής του κτιρίου “Γ”

Η κεντρική εξωτερική πόρτα είναι μεταλλική δίφυλλη συρόμενη ενώ οι υπόλοιπες αποτελούμενες από μεταλλικό σκελετό και επικάλυψη από αυλακωτή λαμαρίνα. Τα διάφορα ανοίγματα (υαλοστάσια) είναι τετραγωνικής μορφής, μεταλλικά παλαιού τύπου (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Γ”

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται ανά κατηγορία και ανά προσανατολισμό, τα διάφορα ανοίγματα του κτιρίου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Γ”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά	Δύση - Ανατολή
	Σύνολο ανοιγμάτων ανά πλευρά				
Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)					
Παράθυρο (4,20x1,40m)	22	18	4	0	0
Παράθυρο (2,50x1,60m)	0	0	0	6	0
Παράθυρο (2,05x1,20m)	0	0	0	12	0
Πόρτα Μεταλλική (4,80x4,70m)	2	6	1	3	0
Πόρτα Μεταλλική (5,70x4,70m)	0	0	0	1	0
Κάθετη πλευρά πριονωτής οροφής (62,95x2,10m)	0	0	0	0	2

Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδροροών (λούκια).

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του υπόψη κτιρίου, θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για:
 - Εξωτερικό κι εσωτερικό φωτισμό.
 - Λειτουργία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων και ηλεκτρικών συσκευών.
 - Θέρμανση – Ψύξη των χώρων.
 - Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).
- Κατανάλωση πετρελαίου για:
 - Θέρμανση όλων των χώρων του Εργοστασίου.

Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε θέρμανση, έχουν εγκατασταθεί τέσσερις (4) καυστήρες πετρελαίου μάρκας Oertli, Interfygo και Riello συνολικής ισχύος 850,00kW, ενώ για ψύξη υπάρχουν εγκατεστημένα τρία (3) κλιματιστικά, με συνολική ισχύ 30,00kBtu. Τέλος, η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού,

εργαλείων, ηλεκτρικών συσκευών και του φωτισμού (εσωτερικού – εξωτερικού), ανέρχεται στις 128,30kWh.

3.1.4 Δεδομένα κτιρίου Δ

Το κτίριο “Δ” βρίσκεται στο Βορειότερο τμήμα του Εργοστασίου, όπως αυτό φαίνεται στις Εικόνες 4 και 13 και χρονολογείται περί το έτος 1940. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι 1.392,40m² ενώ το μέγιστο ύψος του φτάνει τα 7m. Το κτίριο αποτελείται από μόνο έναν όροφο, αυτόν του ισογείου.



Εικόνα 13: Πλάγια δεξιά όψη του κτιρίου “Δ”

Ο σκελετός είναι μεταλλικός ενώ η στέγη του είναι μεταλλική με επικάλυψη από αυλακωτή λαμαρίνα (Εικόνα 13). Η τοιχοποιία του είναι μικτή, μέχρι το ύψος των δύο μέτρων περίπου αποτελείται από πέτρα με τριπτά επιχρίσματα στην εξωτερική επιφάνεια προς το περιβάλλον ενώ το υπόλοιπο τμήμα και μέχρι το μέγιστο ύψος από αυλακωτή λαμαρίνα. Επιπλέον, υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι όπως λουτρά και τουαλέτες ενώ το δάπεδο είναι τύπου γκρο – μπετόν.

Η κεντρική εξωτερική πόρτα είναι μεταλλική με επικάλυψη από αυλακωτή λαμαρίνα ενώ οι εσωτερικές είναι ξύλινες. Τα διάφορα ανοίγματα (υαλοστάσια) είναι τετραγωνικής μορφής, μεταλλικά παλαιού τύπου (Εικόνα 14). Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδρορροών (λούκια).



Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Εικόνα 14: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Δ”

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται ανά κατηγορία και ανά προσανατολισμό, τα διάφορα ανοίγματα του κτιρίου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους.

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Δ”

Προσανατολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)	Σύνολο ανοιγμάτων ανά πλευρά			
Παράθυρο (3,05x1,70m)	16	14	4	2
Παράθυρο (0,50x0,90m)	Ø	Ø	5	20
Πόρτα Μεταλλική (3,60x3,70m)	Ø	2	1	Ø

Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδροροών (λούκια).

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του υπόψη κτιρίου, θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για:
 - Εξωτερικό κι εσωτερικό φωτισμό.
 - Λειτουργία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων και ηλεκτρικών συσκευών.
 - Θέρμανση – Ψύξη των χώρων.
 - Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).
- Κατανάλωση πετρελαίου για:
 - Θέρμανση όλων των χώρων του Εργοστασίου.

Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε θέρμανση, έχουν εγκατασταθεί τρεις (3) καυστήρες πετρελαίου μάρκας Interfyro και Blowtherm συνολικής ισχύος 340,00kW, ενώ υπάρχουν εγκατεστημένα πέντε (5) κλιματιστικά διαφόρων ισχύων, με συνολική ισχύ 229,00kBtu/h. Τέλος, η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων, ηλεκτρικών συσκευών και του φωτισμού (εσωτερικού – εξωτερικού), ανέρχεται στις 164,89kWh.

3.1.5 Δεδομένα κτιρίου Ε

Το κτίριο “Ε” βρίσκεται στο Νοτιοδυτικό (ΝΔ) τμήμα του Εργοστασίου, όπως αυτό φαίνεται στις Εικόνες 4 και 15 και χρονολογείται περί το έτος 1962. Το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου είναι $6.300,00\text{m}^2$ ενώ το μέγιστο ύψος του φτάνει τα 11,4m. Το μεγαλύτερο μέρος του είναι ισόγειο ενώ ένα μικρό τμήμα του αποτελείται από το ισόγειο και τον ημί - όροφο.



Εικόνα 15: Πρόσοψη του κτιρίου “Ε”

Ο σκελετός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ η στέγη του είναι μικτή με ένα τμήμα της να αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και το υπόλοιπο πριονωτής μορφής με υαλοστάσια από τη μία πλευρά και πολυεστερικά αυλακωτή φύλλα αμιάντου τύπου “ΕΛΛΕΝΙΤ” από την άλλη (Εικόνες 15 και 16). Η τοιχοποιία του αποτελείται από τούβλα με τριπτά επιχρίσματα στην εξωτερική επιφάνεια προς το περιβάλλον. Επιπλέον, υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι όπως λουτρά και τουαλέτες ενώ το δάπεδο είναι τύπου γκρο – μπετόν.



Εικόνα 16: Μορφή και είδος υλικού της οροφής του κτιρίου “Ε”

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Οι εξωτερικές πόρτες είναι μεταλλικές δίφυλλες συρόμενες από λαμαρίνα ενώ οι υπόλοιπες εσωτερικές είναι ξύλινες. Τα διάφορα ανοίγματα (υαλοστάσια) είναι τετραγωνικής μορφής, μεταλλικά παλαιού τύπου (Εικόνα 17). Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδροροών (λούκια).



Εικόνα 17: Μορφή των υαλοστασίων του κτιρίου “Ε”

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται ανά κατηγορία και ανά προσανατολισμό, τα διάφορα ανοίγματα του κτιρίου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους.

Πίνακας 6: Συγκεντρωτικά στοιχεία ανοιγμάτων του κτιρίου “Ε”

Προσανατολισμός	Δυτικά	Ανατολικά	Βόρεια	Νότια	Νότια - Βόρεια
	Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)	Σύνολο ανοιγμάτων ανά πλευρά			
Παράθυρο (4,70x2,30m)	Ø	Ø	10	10	Ø
Παράθυρο (4,70x1,70m)	Ø	Ø	Ø	10	Ø
Πόρτα Μεταλλική (4,80x4,70m)	7	7	Ø	Ø	Ø
Κάθετη πλευρά πριονωτής οροφής (70,00x4,00m)	Ø	Ø	Ø	Ø	7

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Τέλος, η απαγωγή των υδάτων από την οροφή πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών υδρορροών (λούκια).

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του υπόψη κτιρίου, θα μπορούσαν να συνοψιστούν ως εξής:

- Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για:
 - Εξωτερικό κι εσωτερικό φωτισμό.
 - Λειτουργία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων και ηλεκτρικών συσκευών.
 - Θέρμανση – Ψύξη των χώρων.
 - Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).
- Κατανάλωση πετρελαίου για:
 - Θέρμανση όλων των χώρων του Εργοστασίου.

Προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε θέρμανση, έχουν εγκατασταθεί πέντε (5) καυστήρες πετρελαίου μάρκας Oertli, Rehr και Riello συνολικής ισχύος 1.160,00kW, ενώ υπάρχουν εγκατεστημένα δέκα (10) κλιματιστικά, με συνολική ισχύ 111,00kBtu/h. Τέλος, η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εργαλείων, ηλεκτρικών συσκευών και του φωτισμού (εσωτερικού – εξωτερικού), ανέρχεται στα 333,75kWh.

4. Ενεργειακά δεδομένα και ανάλυση των εξεταζόμενων κτιρίων

4.1 Συγκεντρωτικά ενεργειακά στοιχεία των εξεταζόμενων κτιρίων

Στον Πίνακα 7 παρατίθενται συγκεντρωτικά τα στοιχεία των εξεταζόμενων κτιρίων Α, Β, Γ, Δ, Ε, αναφορικά με τη συνολική ισχύ θέρμανσης – κλιματισμού και ηλεκτρικής κατανάλωσης φωτιστικών στοιχείων, ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και λοιπών ηλεκτρικών συσκευών.

Πίνακας 7: Συγκεντρωτικά στοιχεία των εξεταζόμενων κτιρίων Α έως Ε

Περιγραφή κτιρίου	Ισχύς		Ηλεκτρική κατανάλωση (kWh)		
	Θέρμανσης (kW)	Ισχύς κλιματιστικών (kBtu/h)/ (kW)	Ηλεκτρο-μηχανολογικός εξοπλισμός	Σύστημα φωτισμού	Βοηθητικές ηλεκτρικές συσκευές
Κτίριο Α	360,00	503,00/ 147,42	∅	12,11	88,03
Κτίριο Β	2.500,00	240,00/ 70,34	325,89	94,21	73,54
Κτίριο Γ	850,00	30,00/ 8,79	110,57	6,14	11,59
Κτίριο Δ	340,00	229,00/ 67,11	129,55	4,72	30,62
Κτίριο Ε	1.160,00	111,00/ 32,53	282,27	10,70	40,78

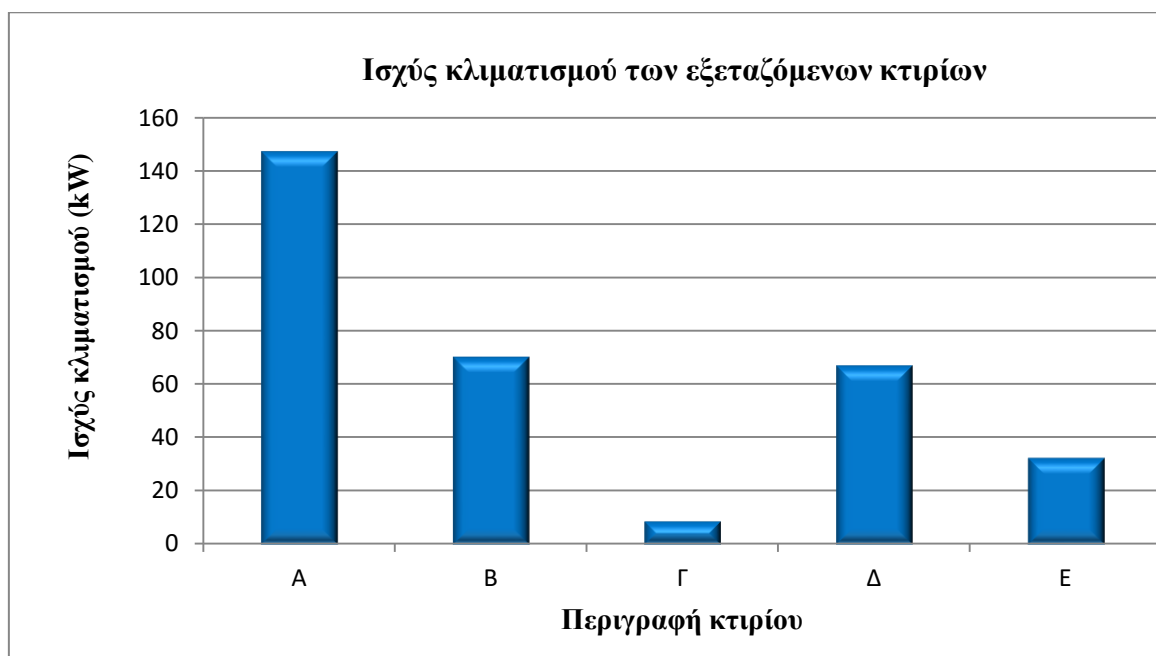
4.1.1. Ανάλυση - αξιολόγηση δεδομένων θέρμανσης – κλιματισμού και ηλεκτρικής κατανάλωσης εξοπλισμού και φωτιστικών στοιχείων

Στο παρακάτω Σχήμα 1 παρουσιάζεται η θερμική ισχύς των εξεταζόμενων κτιρίων. Παρατηρούμε ότι, στο κτίριο “Β”, η ισχύς είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα κτίρια, κυρίως λόγω του μεγέθους και της παλαιότητας του συγκεκριμένου κτιρίου, ενώ τα κτίρια “Α” και “Δ” παρουσιάζουν σαφώς μικρότερες απαιτήσεις θέρμανσης, είτε λόγω αποδοτικότερης μόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, είτε υποβάθμισης των μέσων θέρμανσης.



Σχήμα 1: Ισχύς θέρμανσης των εξεταζόμενων κτιρίων

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η ισχύς των κλιματιστικών των εξεταζόμενων κτιρίων. Παρατηρούμε ότι, σε αντίθεση με το Διάγραμμα 1, το κτίριο “Α” παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες απαιτήσεις, λόγω πολλαπλών και διαφορετικού μεγέθους γραφείων και κατά συνέπεια κλιματιστικών μονάδων, ενώ τα κτίρια “Γ” και “Ε” έχουν τις μικρότερες, λόγω της έλλειψης ή μη απαίτησης κλιματιστικών μονάδων ή συστημάτων ψύξης.



Σχήμα 2: Ισχύς κλιματισμού των εξεταζόμενων κτιρίων

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των εξεταζόμενων κτιρίων. Παρατηρούμε ότι, τα κτίρια “B” και “E” έχουν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τα υπόλοιπα κτίρια, εξαιτίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της παραγωγικής διαδικασίας, ενώ τα κτίρια “Γ” και

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

“Δ”, τις μικρότερες. Τονίζεται ότι, το κτίριο “Α” παρουσιάζει μηδενική ηλεκτρική κατανάλωση λόγω έλλειψης ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (κτίριο Διοίκησης και Επιτελείων).

Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος φωτισμού (εσωτερικά και εξωτερικά των κτιρίων), με το κτίριο “Β” να παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες απαιτήσεις, λόγω του πλήθους των λαμπτήρων υδραργύρου υψηλής πίεσης παλαιάς τεχνολογίας.

Τονίζεται ότι, τον τελευταίο χρόνο πραγματοποιήθηκε μελέτη αντικατάστασης του συνόλου των λαμπτήρων του Εργοστασίου, εσωτερικά και εξωτερικά των κτιρίων του, από ανάδοχη εταιρεία. Κατόπιν διάθεσης μέρους του απαιτούμενου ποσού, πραγματοποιήθηκε η αντικατάσταση πλήθους φωτιστικών υψηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης από λαμπτήρες νέας τεχνολογίας και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης LED (Light – Emitting Diode).

Για τα πέντε εξεταζόμενα κτίρια, συνολικά εγκαταστάθηκαν συστήματα φωτισμού συνολικής κατανάλωσης 8,16kWh, όπως:

- Στο κτίριο “Α” :
 - 4 λαμπτήρες E27 κρεμαστοί των 20W.
 - 7 λαμπτήρες LED στρογγυλοί “γλόμπος” των 20W.
 - 7 λαμπτήρες LED κυκλικοί των 40W.
- Στο κτίριο “Β” :
 - 203 λαμπτήρες E27 κρεμαστοί, τύπου καμπάνας των 11W.
 - 2 λαμπτήρες E27 κρεμαστοί των 20W.
- Στο κτίριο “Γ” :
 - 67 λαμπτήρες E27 κρεμαστοί, τύπου καμπάνας των 80W.
- Στο κτίριο “Δ” :
 - 44 λαμπτήρες E27 κρεμαστοί, τύπου καμπάνας των 80W
- Στο κτίριο “Ε” :
 - 65 λαμπτήρες E27 κρεμαστοί, τύπου καμπάνας των 80W
 - 42 λαμπτήρες LED στρογγυλοί “γλόμπος” των 12W.
 - 4 προβολείς LED των 200W.



Σχήμα 3: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των εξεταζόμενων κτιρίων



Σχήμα 4: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος φωτισμού των εξεταζόμενων κτιρίων

Στο παρακάτω Σχήμα 5 απεικονίζονται η ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων βοηθητικών ηλεκτρικών συσκευών των εξεταζόμενων κτιρίων. Παρατηρούμε ότι, τα κτίρια “Α” και “Β” παρουσιάζουν σαφώς μεγαλύτερες απαιτήσεις, λόγω αυξημένου προσωπικού και γραφείων σε σχέση με τα υπόλοιπα κτίρια.



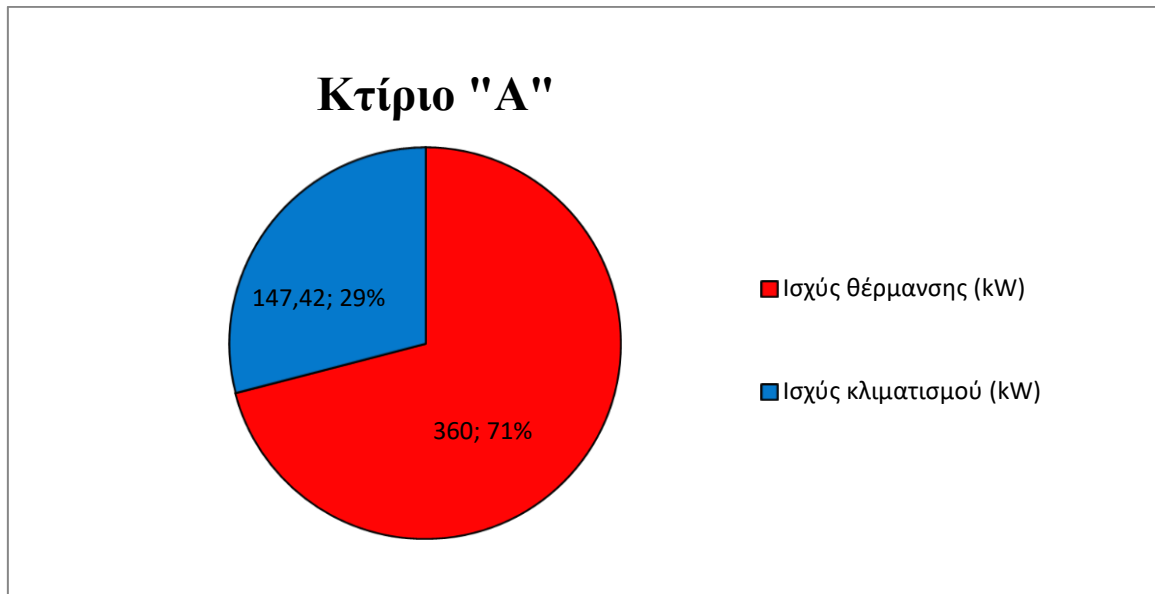
Σχήμα 5: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των διαφόρων βοηθητικών ηλεκτρικών συσκευών των εξεταζόμενων κτιρίων

Στα παρακάτω Σχήματα 6 έως 15, απεικονίζεται υπό μορφή “πίτας”, η συνολική ισχύς θέρμανσης και κλιματιστικών συσκευών καθώς και η ηλεκτρική κατανάλωση ανά κατηγορία και ανά εξεταζόμενο κτίριο. Παρατηρούμε ότι, σε όλα τα διαγράμματα η θέρμανση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις ακολουθούμενη από τα κλιματιστικά μέσα. Ο

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

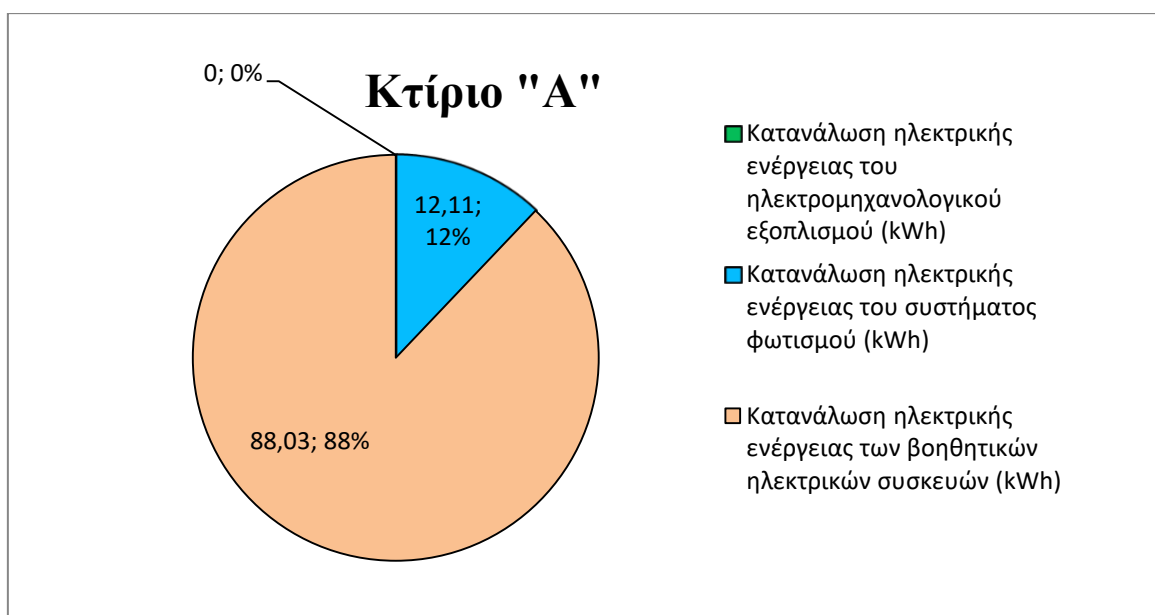
Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ηλεκτρική κατανάλωση (καθημερινή λειτουργία των παραγωγικών τμημάτων), εξαιρουμένου του κτιρίου "Α", ακολουθούμενος από το σύστημα φωτισμού και από τις διάφορες βοηθητικές ηλεκτρικές συσκευές.

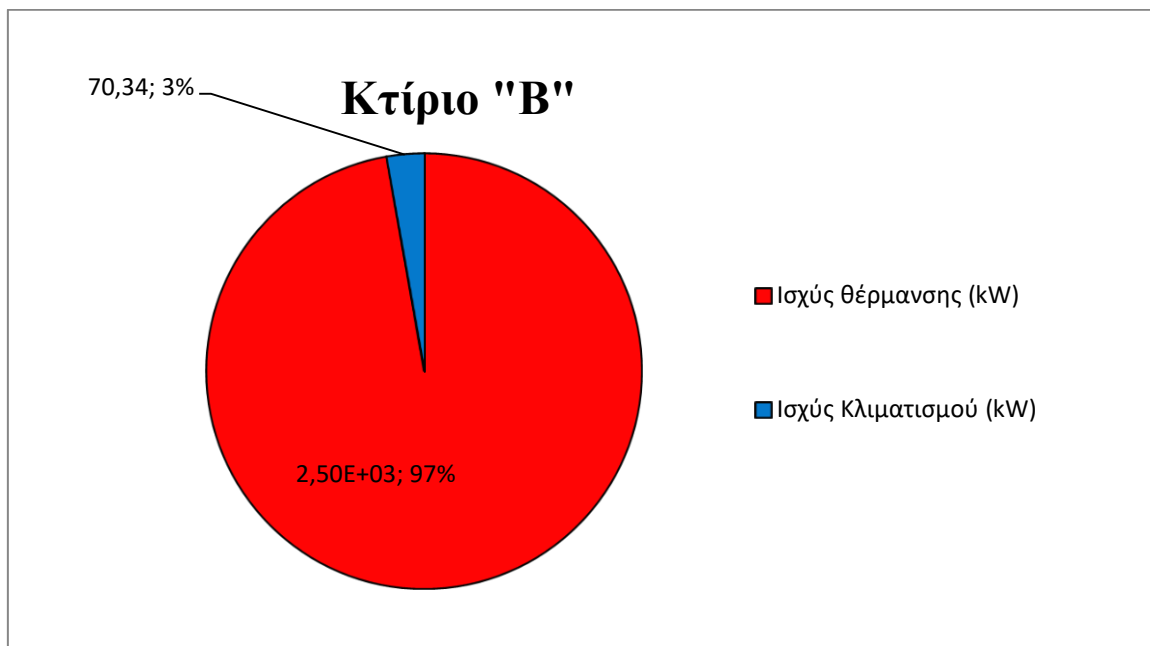


Σχήμα 6: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου "Α"

Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμενοι στα Σχήματα 6 και 7, η θερμική ισχύς αντιστοιχεί στο 71% ενώ η ισχύς κλιματισμού ακολουθεί με ποσοστό 29%. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των βοηθητικών ηλεκτρικών συσκευών αντιστοιχεί σε ποσοστό 88% ενώ το σύστημα φωτισμού στο 12%. Η ηλεκτρική κατανάλωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είναι μηδενική καθώς όπως προαναφέραμε, το συγκεκριμένο κτίριο είναι κτίριο Διοίκησης και Επιτελείων.

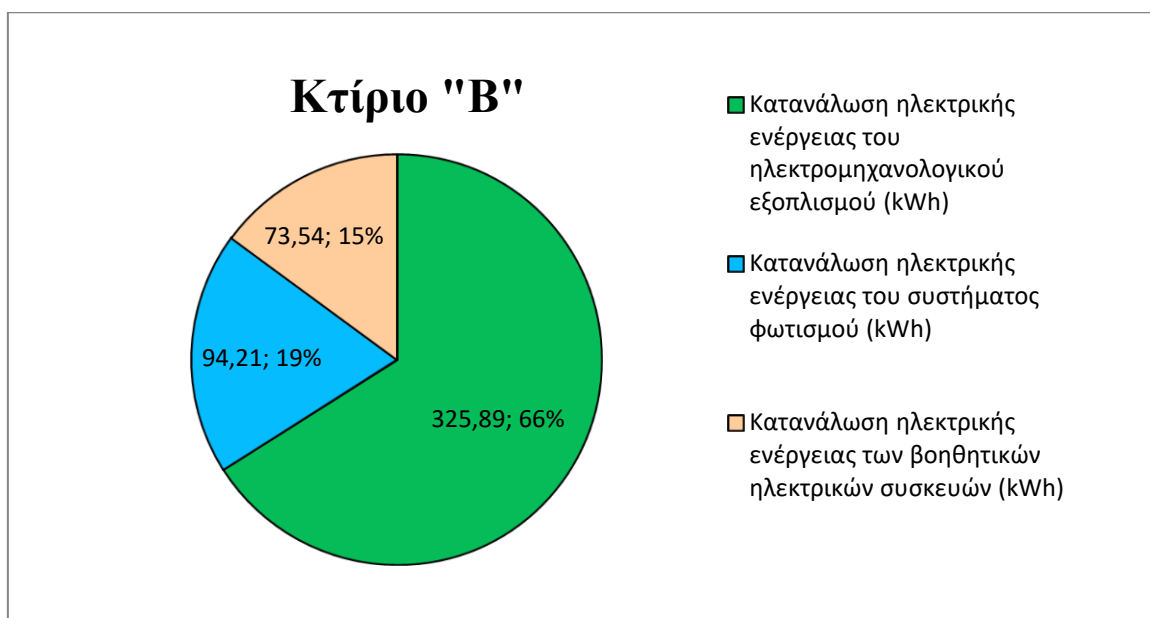


Σχήμα 7: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου "Α"



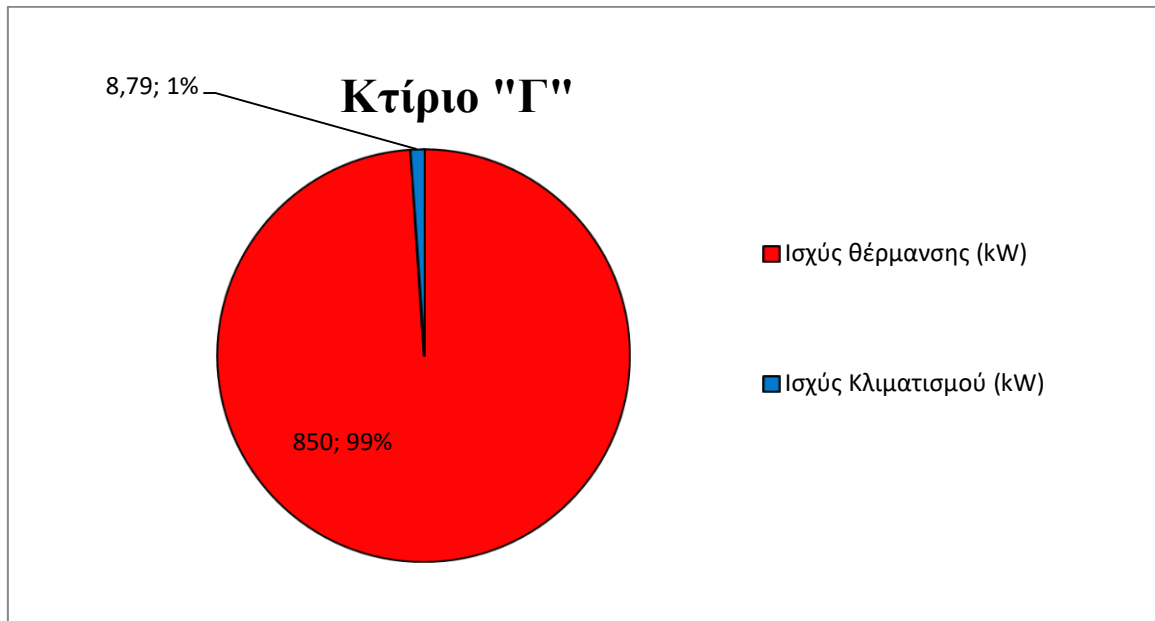
Σχήμα 8: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου "B"

Στα Σχήματα 8 και 9, η θερμική ισχύς του κτιρίου "B" αντιστοιχεί στο 97% ενώ του κλιματισμού ακολουθεί με μικρό ποσοστό 3%. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είναι ίση με 66% ακολουθούμενη από την κατανάλωση του συστήματος φωτισμού με ποσοστό 19% και των λοιπών βοηθητικών ηλεκτρικών συσκευών με 15%.

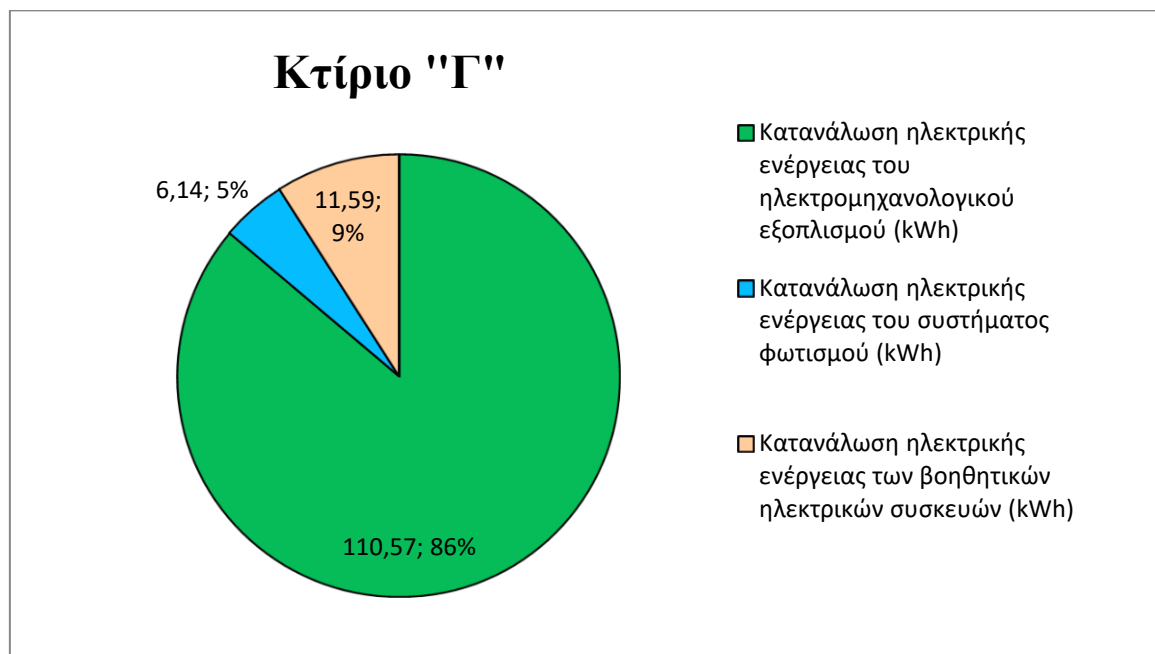


Σχήμα 9: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου "B"

Στα Σχήματα 10 και 11 τα οποία αναφέρονται στο κτίριο "Γ", παρουσιάζεται μία παρόμοια εικόνα με αυτή του κτιρίου "B", με τη θερμική ισχύς να αντιστοιχεί σε ποσοστό 99% ενώ η ισχύς κλιματισμού αντιστοιχεί σε ποσοστό 1%. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αντιστοιχεί σε ποσοστό 86% ακολουθούμενη από τις λοιπές βοηθητικές ηλεκτρικές συσκευές με ποσοστό 9% και το σύστημα φωτισμού με 5%.

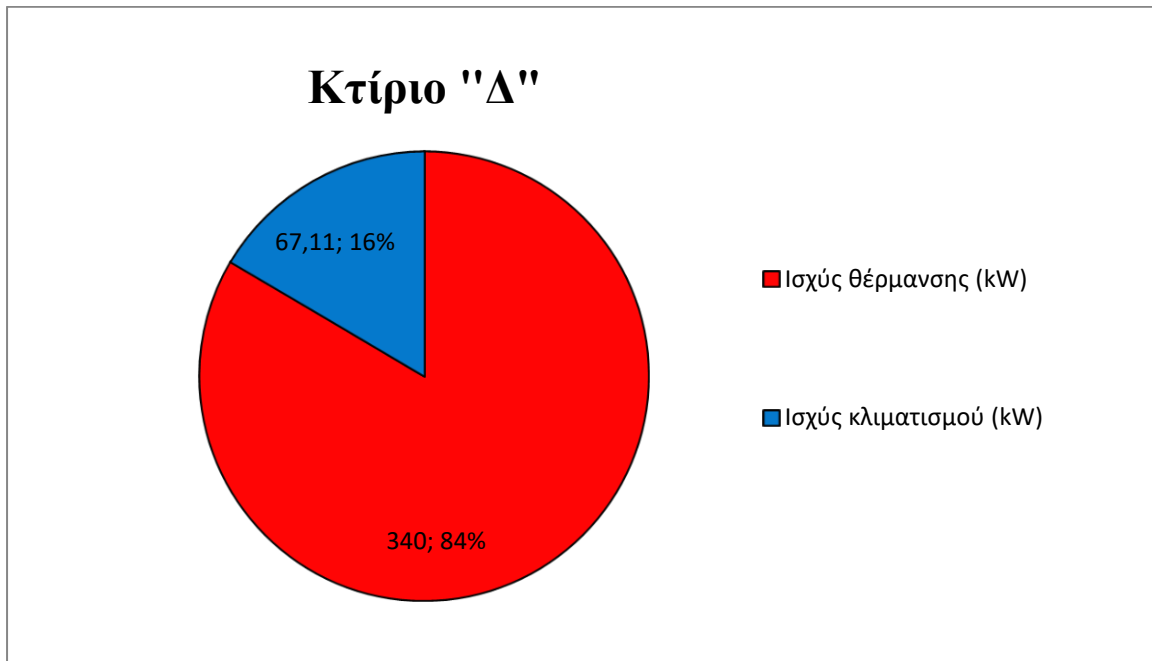


Σχήμα 10: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου "Γ"

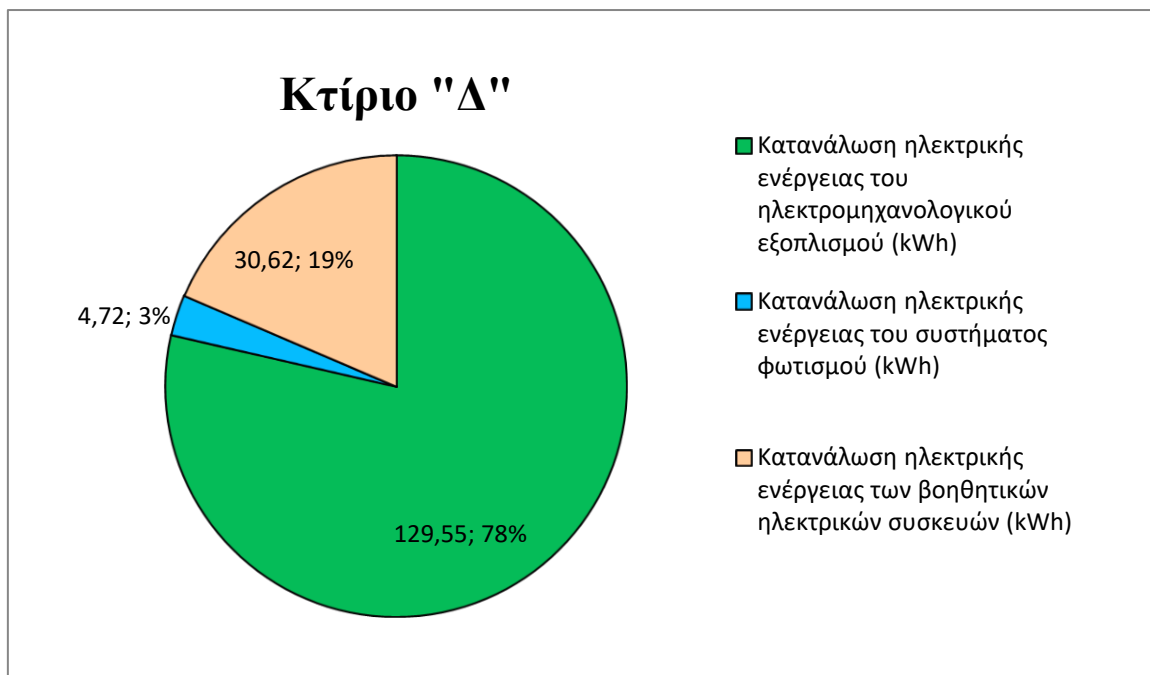


Σχήμα 11: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου "Γ"

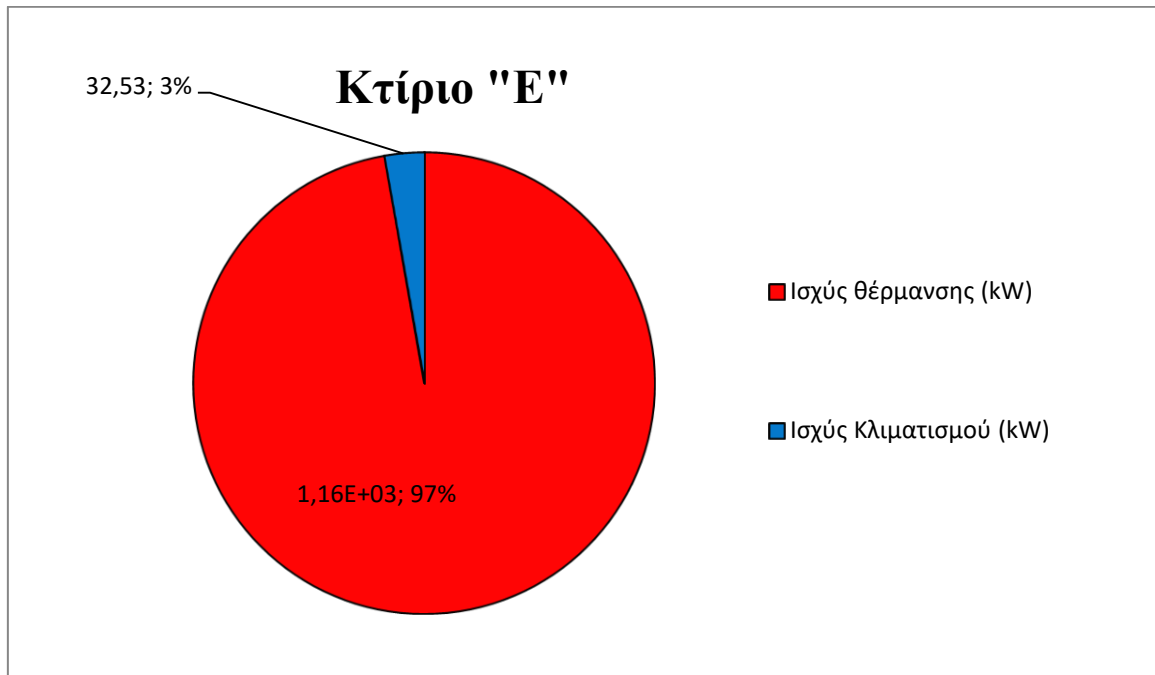
Στα Σχήματα 12 και 13 παρουσιάζεται η θερμική ισχύς του κτιρίου "Δ" η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό 84% ενώ του κλιματισμού αντιστοιχεί στο υπόλοιπο 16%. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αντιστοιχεί σε ποσοστό 78% ακολουθούμενη από τις λοιπές βοηθητικές ηλεκτρικές συσκευές με ποσοστό 19% και το σύστημα φωτισμού με 3%.



Σχήμα 12: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου "Δ"

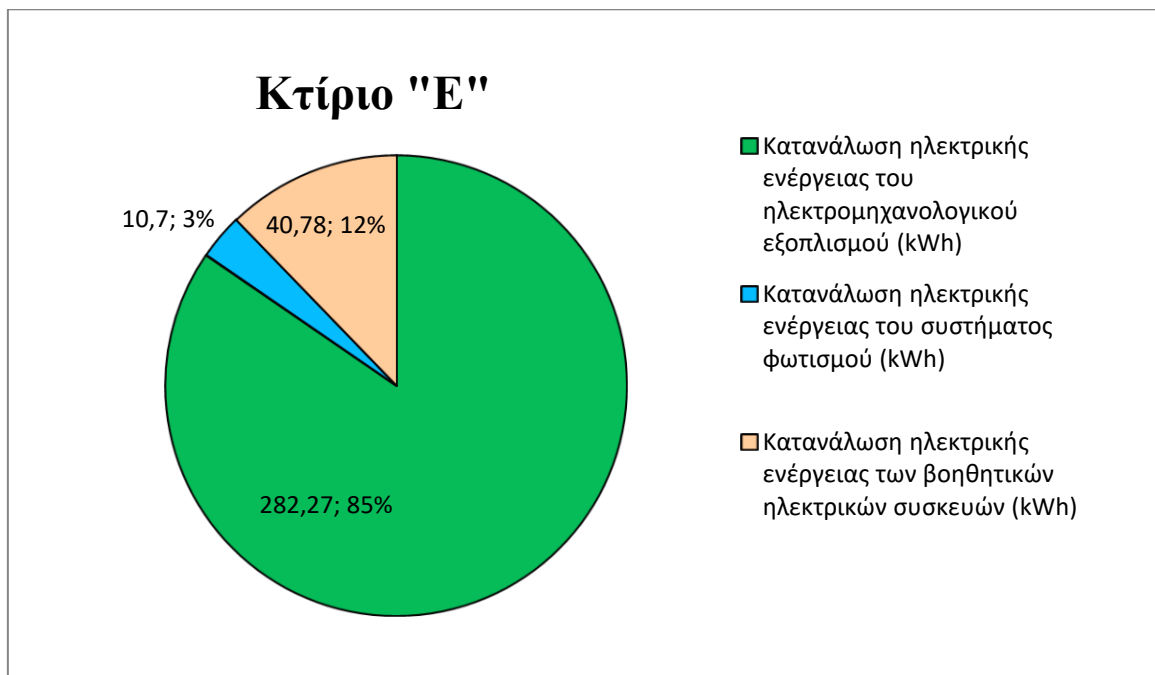


Σχήμα 13: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου "Δ"



Σχήμα 14: Συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού του κτιρίου "Ε"

Τέλος, στα Σχήματα 14 και 15 τα οποία αναφέρονται στο κτίριο "Ε", η θερμική ισχύς αντιστοιχεί σε ποσοστό 97% ενώ η ισχύς κλιματισμού αντιστοιχεί σε ποσοστό 3%. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αντιστοιχεί σε ποσοστό 85% ακολουθούμενη από τις λοιπές βοηθητικές ηλεκτρικές συσκευές με ποσοστό 12% και το σύστημα φωτισμού με 3%.



Σχήμα 15: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου "Ε"

Συμπερασματικά για όλα τα κτίρια και κυριότερα για τα παραγωγικά κτίρια "Β έως Ε", η θερμική ισχύς παρουσίασε τις μεγαλύτερες απαιτήσεις, με ποσοστό κατά μέσο όρο,

μεγαλύτερο του 95%. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αυξημένη παλαιότητα καθώς και στην φθορά των κτιρίων, στην ελλιπή μόνωσή τους και στο μέγεθος τους, καθώς επίσης και στον υποβαθμισμένο εξοπλισμό θέρμανσης αυτών.

Αντίστοιχα, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είχε το μεγαλύτερο ποσοστό, με εξαίρεση το κτίριο “Α”, ακολουθούμενη από τις λοιπές βοηθητικές ηλεκτρικές συσκευές και το σύστημα φωτισμού.

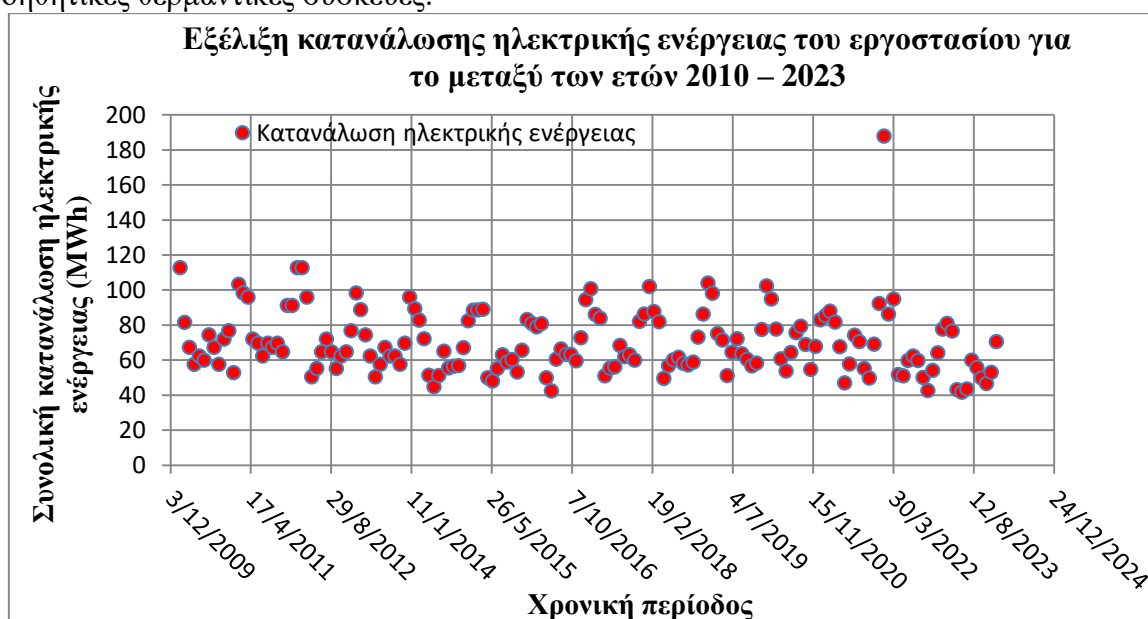
4.1.2. Ανάλυση - αξιολόγηση δεδομένων ηλεκτρικής κατανάλωσης του στρατιωτικού εργοστασίου

Συνεχίζοντας, στα Σχήματα 16, 17 και 18 απεικονίζεται η εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας όλου του Εργοστασίου με δύο διαφορετικές μορφές απεικόνισης, ξεκινώντας από το μήνα Ιανουάριο του έτους 2010 μέχρι και το μήνα Δεκέμβριο του έτους 2023. Παρατηρούμε το ίδιο μοτίβο να επαναλαμβάνεται ανά τα χρόνια, με τη μηνιαία κατανάλωση να κυμαίνεται μεταξύ 40,00 – 110,00MWh.

Αυτό αποδεικνύεται και από το Σχήμα 18 όπου απεικονίζεται η γραμμή τάσης της γραφικής παράστασης ως απλό γραμμικό μοντέλο με $y = -1,5766x + 137358$ και συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,0159$.

Γενικά, όσο μεγαλύτερες τιμές λαμβάνει ο συντελεστής προσδιορισμού τόσο ισχυρότερη είναι η γραμμικής σχέσης εξάρτησης των τυχαίων μεταβλητών y και x , υπό την προϋπόθεση ότι το γραμμικό μοντέλο είναι το κατάλληλο. Το R^2 δεν είναι κατάλληλος δείκτης καλής προσαρμογής ενός μοντέλου. Μπορεί να είναι πολύ μικρός ακόμα και αν το μοντέλο είναι το σωστό.

Τις μεγαλύτερες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τις συναντάμε κυρίως στους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο – Φεβρουάριο) όπως αντίστοιχα και στους θερινούς (Ιούνιος – Αύγουστος). Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είτε λόγω της παλαιότητας αλλά και της ελλιπούς συντήρησης των συστημάτων θέρμανσης λόγω έλλειψης οικονομικών πόρων, είτε λόγω της έλλειψης πετρελαίου, η θέρμανση στα κτίρια επιτυγχάνεται με ηλεκτρικά θερμαντικά μέσα, με κλιματιστικά καθώς και με λοιπές βοηθητικές θερμαντικές συσκευές.



Σχήμα 16: Εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για το χρονικό διάστημα 2010 – 2023

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

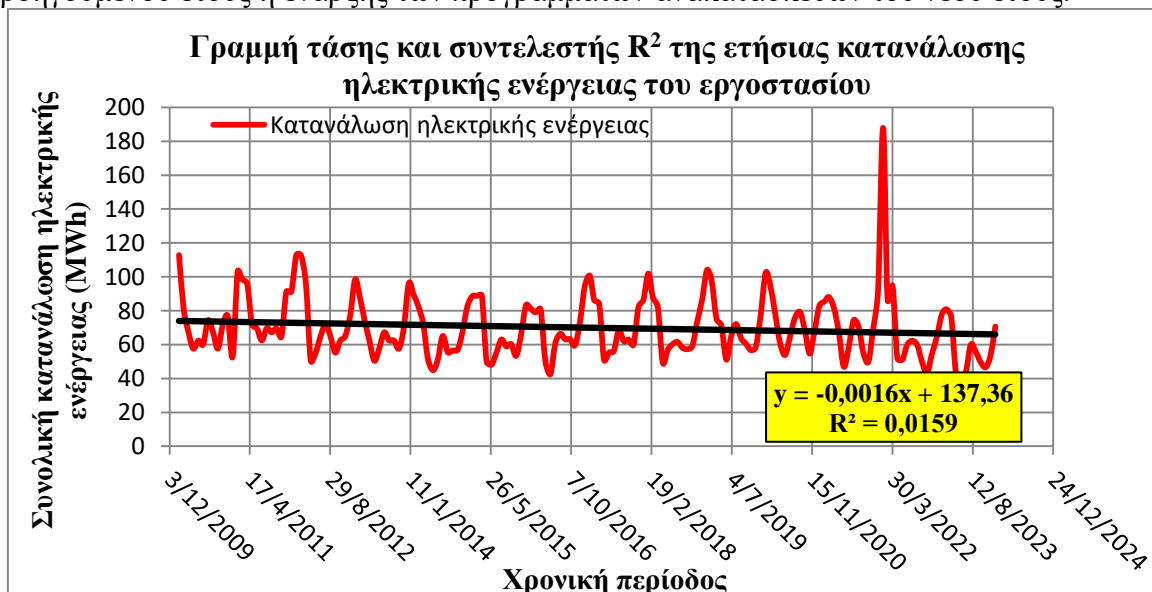
Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Αντίστοιχα, η ψύξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού επιτυγχάνεται αποκλειστικά με κλιματιστικά και λοιπές ηλεκτρικές συσκευές ψύξης. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και του συστήματος φωτισμού θεωρείται σταθερή ανά μήνα και κατά την πάροδο των ετών.



Σχήμα 17: Εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για το χρονικό διάστημα 2010 – 2023

Τη μεγαλύτερη άλλα και εκτός μοτίβου τιμή, την εντοπίζουμε το μήνα Ιανουάριο του έτους 2022. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στο βαρύ χειμώνα του συγκεκριμένου έτους και στην αυξημένη χρήση των ηλεκτροβόρων συσκευών που αναλύσαμε προηγουμένως καθώς και σε συνδυασμό με την αυξημένη χρήση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, εξαιτίας της διάθεσης τυχόν πιστώσεων για την ολοκλήρωση των προγραμμάτων επισκευών του προηγούμενου έτους ή έναρξης των προγραμμάτων ανακατασκευών του νέου έτους.



Σχήμα 18: Γραμμή τάσης και συντελεστής R^2 της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου

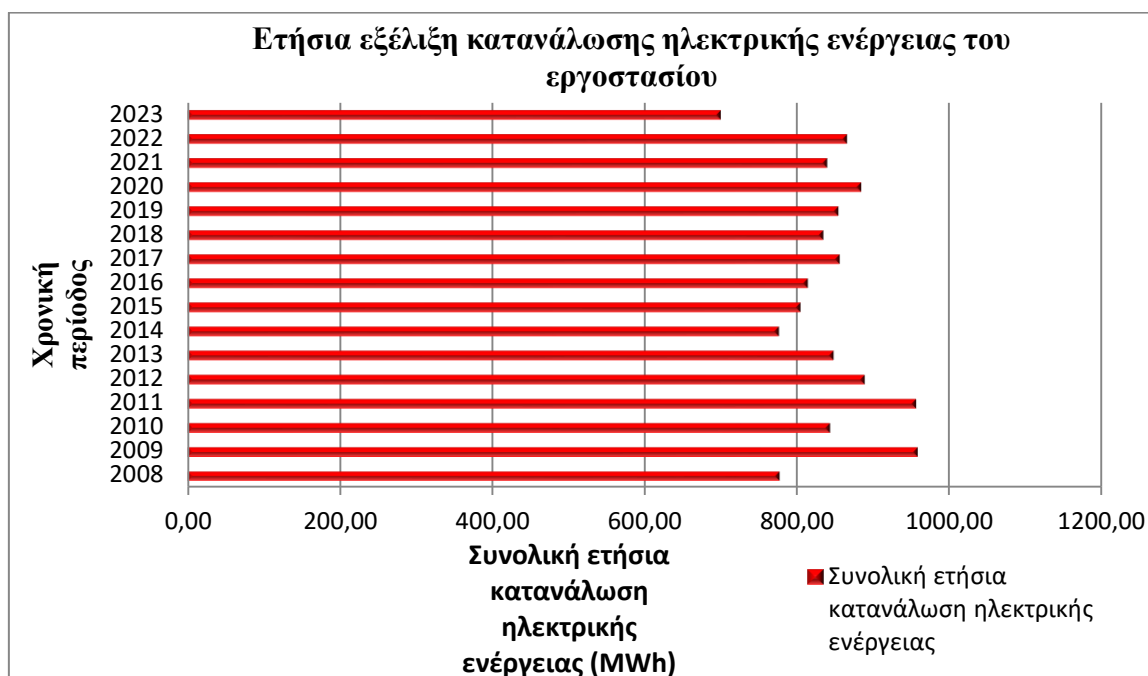
Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

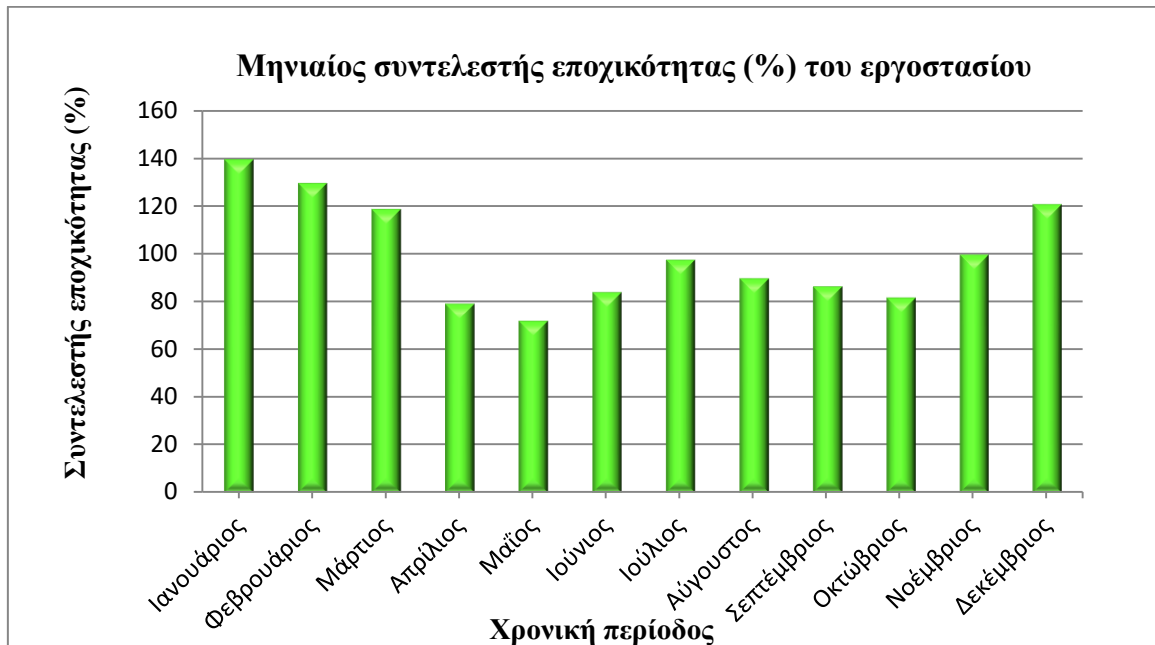
Στο Σχήμα 19 απεικονίζεται η ετήσια συγκεντρωτική εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας όλου του Εργοστασίου υπό μορφή ράβδων, μεταξύ των ετών 2008 και 2023. Οι συνολικές ετήσιες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 700,00 – 960,00MWh.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια σταθερή κατανάλωση γύρω από τις 800,00MWh, καθ' όλα τα έτη, με εξαίρεση τα έτη 2009 και 2011, όπου η κατανάλωση ηλεκτρισμού ήταν λίγο μεγαλύτερη και κυμάνθηκε γύρω από τις 1000,00MWh.

Τη μικρότερη τιμή τη συναντάμε το έτος 2023 και οφείλεται κυρίως στους ήπιους πλέον χειμώνες που διανύουμε με αποτέλεσμα τη μη χρήση θερμαντικών συστημάτων και λοιπών ηλεκτρικών θερμαντικών μέσων. Επίσης, στη μειωμένη παραγωγικότητα των παραγωγικών τμημάτων και κατά συνέπεια στη μειωμένη χρήση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού λόγω της μη διάθεσης πιστώσεων στο Εργοστάσιο.

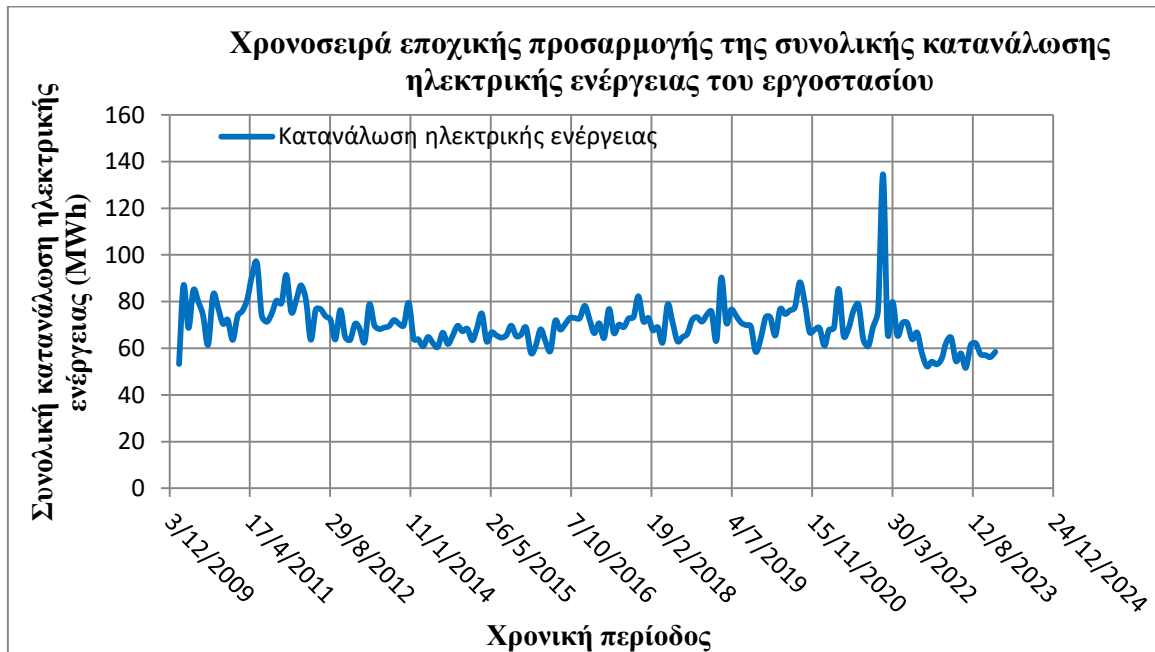


Σχήμα 19: : Ετήσια εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου

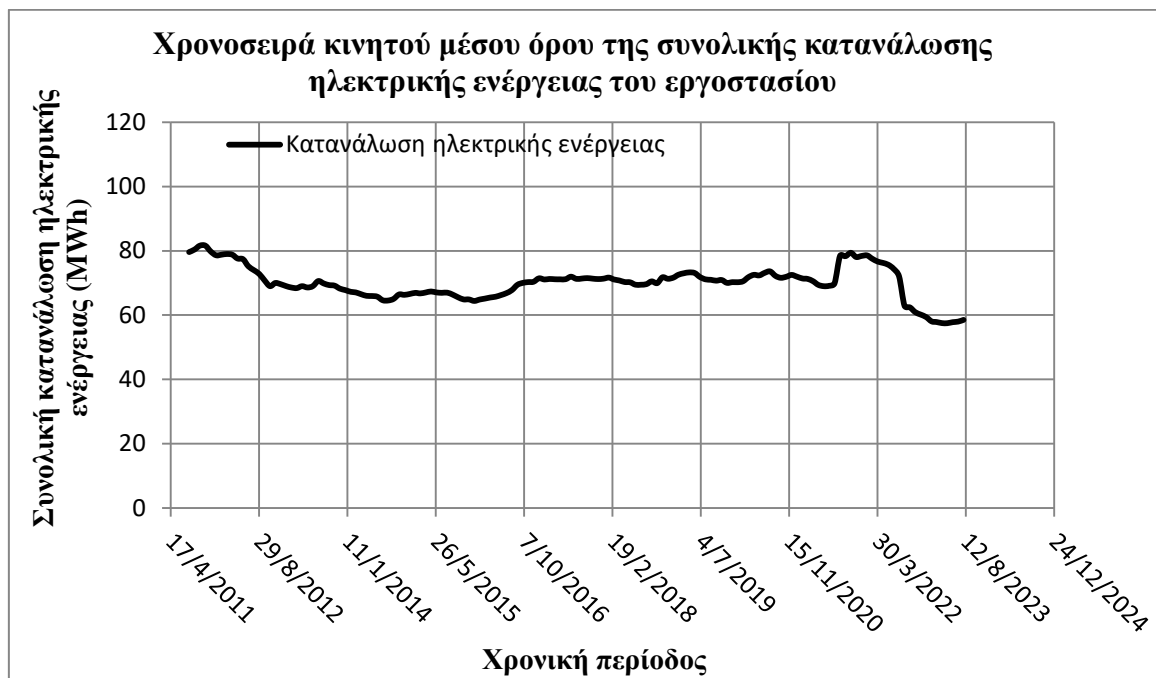


Σχήμα 20: Μηνιαίος συντελεστής Εποχικότητας του Εργοστασίου

Στο Σχήμα 20 απεικονίζεται η ετήσια εξέλιξη του δείκτη εποχικότητας, όπως υπολογίστηκε κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας των ενδείξεων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ανά τα χρόνια του Εργοστασίου. Παρατηρούμε ότι, οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται κυρίως κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, δηλαδή Δεκέμβριο έως και Μάρτιο και για τους λόγους που αναλύσαμε προηγουμένως.



Σχήμα 21: Χρονοσειρά εποχικής προσαρμογής της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου

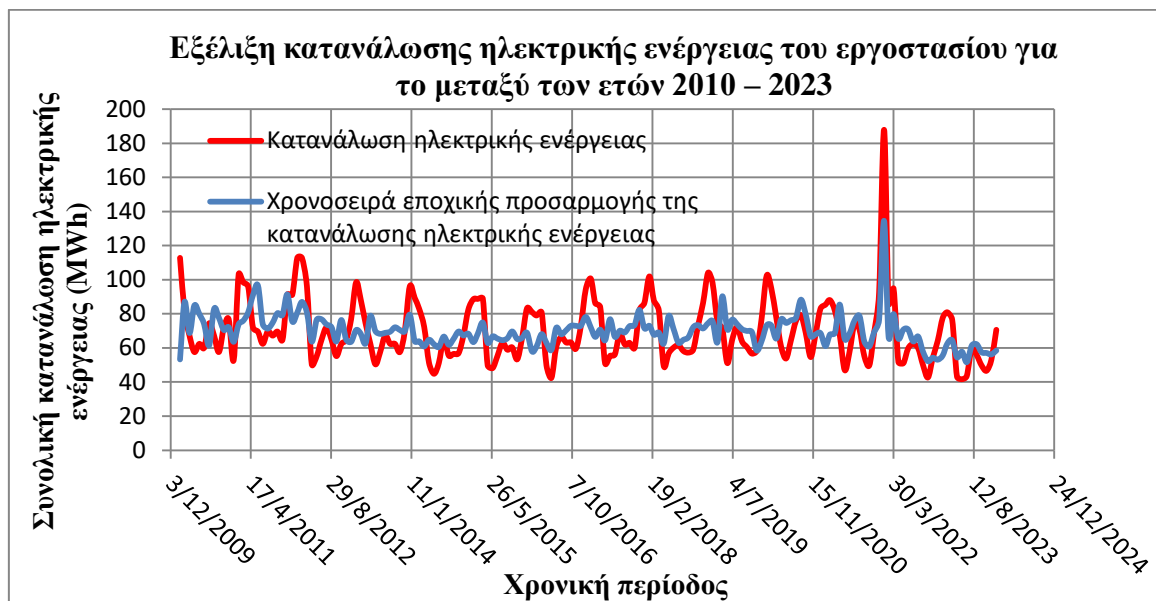


Σχήμα 22: Χρονοσειρά κινητού μέσου όρου της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου

Στα Σχήματα 21 και 22 παρουσιάζονται η χρονοσειρά εποχικής προσαρμογής και η χρονοσειρά του κινητού μέσου όρου αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένες χρονοσειρές υπολογίστηκαν κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας των ενδείξεων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου, ανά τα χρόνια, ξεκινώντας από τον μήνα Ιανουάριο 2010 έως και σήμερα, μέσω της χρήσης του αυτοματοποιημένου στατιστικού πακέτου λογισμικού και γλώσσας προγραμματισμού, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Η εποχική προσαρμογή είναι μια στατιστική τεχνική που έχει σχεδιαστεί για να εξομαλύνει τις περιοδικές μεταβολές στα στατιστικά στοιχεία ή τις κινήσεις της προσφοράς και της ζήτησης που σχετίζονται με την αλλαγή των εποχών. Μπορεί, επομένως, να εξαλείψει τα παραπλανητικά εποχιακά στοιχεία μιας οικονομικής χρονοσειράς. Η εποχική προσαρμογή είναι μια μέθοδος εξομάλυνσης δεδομένων που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της οικονομικής απόδοσης ή των πωλήσεων της εταιρείας για μια δεδομένη περίοδο.

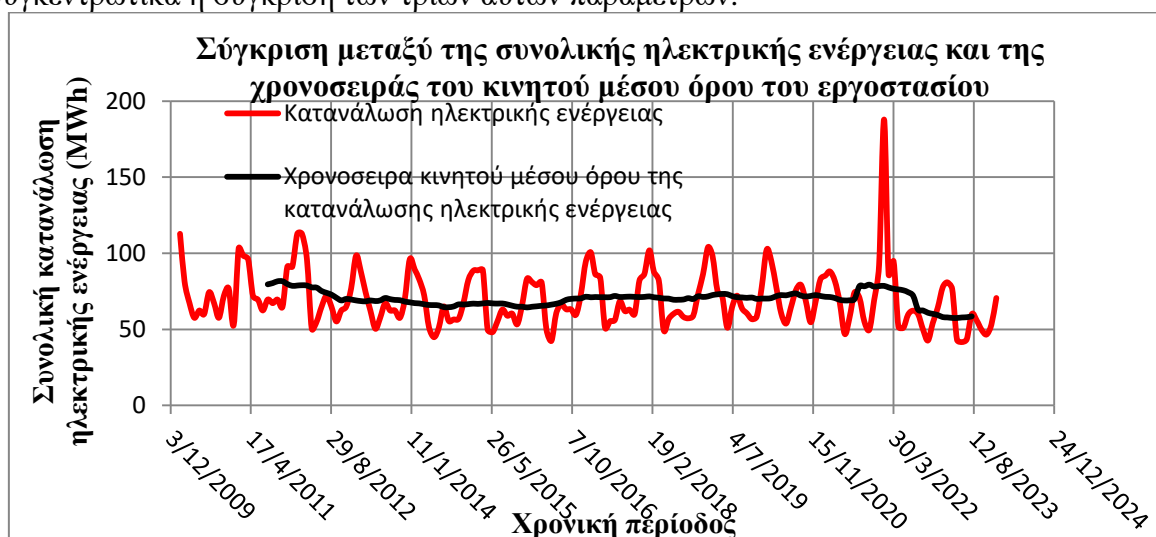
Οι εποχικές προσαρμογές παρέχουν μια σαφέστερη εικόνα των μη εποχικών τάσεων και των κυκλικών δεδομένων που διαφορετικά θα επισκιάζονταν από τις εποχιακές διαφορές. Αυτή η προσαρμογή επιτρέπει στους οικονομολόγους και τους στατιστικολόγους να κατανοήσουν καλύτερα τις υποκείμενες βασικές τάσεις σε μια δεδομένη χρονική σειρά.



Σχήμα 23: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής του Εργοστασίου

Αντίστοιχα, ο κινητός Μέσος Όρος είναι ένας δείκτης που ομαλοποιεί ένα γράφημα. Το καθιστά ευκολότερο στο διάβασμα και βοηθά στην "πρόβλεψη" μελλοντικών τιμών. Υπάρχουν διάφοροι τύποι δεικτών "κινητού μέσου όρου", ένας "ομαλότερος" από τον άλλον. Όσο πιο λεία είναι η γραμμή του κινητού μέσου όρου τόσο λιγότερο λεπτομερής είναι η εικόνα που διαμορφώνεται και πιο αργή η αντίδραση στην κίνηση των τιμών. Ο "Απλός Κινητός Μέσος Όρος" δεν λαμβάνει υπόψην του, τις αιχμές (ακίδες) με αποτέλεσμα να μην δίνει τόσο ακριβή εικόνα όπως ο "Εκθετικός Κινητός Μέσος Όρος".

Στα Σχήματα 23 και 24 παρουσιάζονται οι συγκρίσεις μεταξύ των πραγματικών τιμών - ενδείξεων ηλεκτρικής κατανάλωσης του Εργοστασίου και των χρονοσειρών εποχικής προσαρμογής και κινητού μέσου όρου αντίστοιχα, ενώ στο Σχήμα 25 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η σύγκριση των τριών αυτών παραμέτρων.

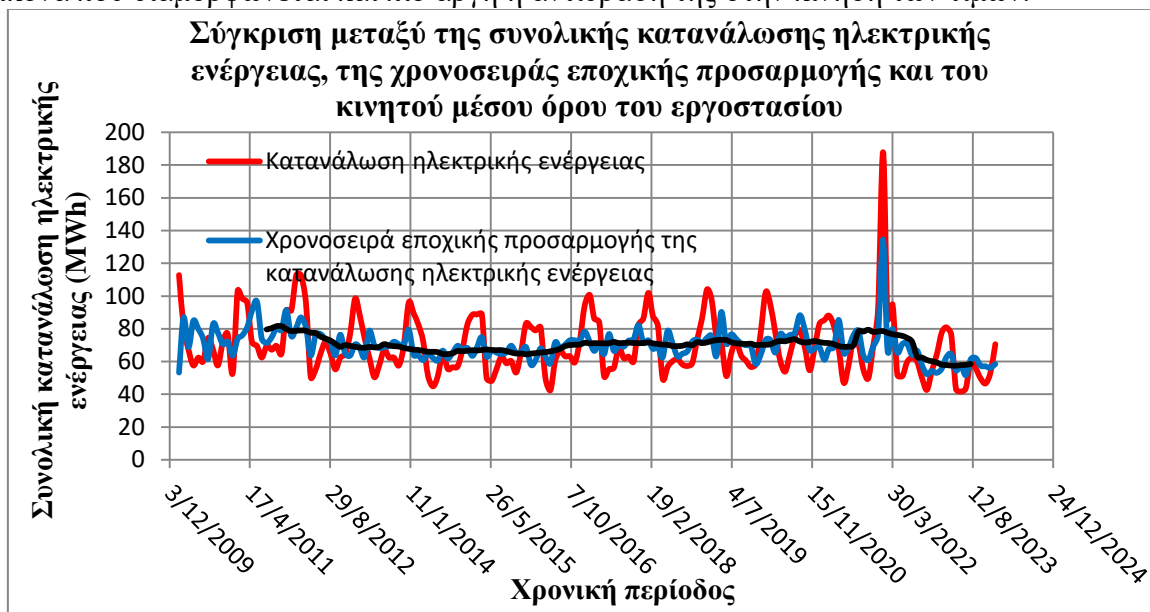


Σχήμα 24: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης και της χρονοσειράς του κινητού μέσου όρου του Εργοστασίου

Παρατηρούμε ότι, η χρονοσειρά της εποχικής προσαρμογής ακολουθεί τη μορφή των πραγματικών τιμών, εξομαλύνοντας τις περιοδικές μεταβολές που σχετίζονται με την αλλαγή των εποχών και με τιμές σαφώς μικρότερες από τις πραγματικές.

Η εξέλιξη της χρονοσειράς θα μπορούσε κάποιος να πει ότι είναι σχεδόν ευθεία γραμμή, εκτός μίας αιχμής κατά το μήνα Ιανουάριο 2022, όπου προείπαμε ότι μπορεί να οφείλεται σε τυχόν βαρύ χειμώνα σε συνδυασμό με τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών ή σε διάθεση πιστώσεων και την αυξημένη λειτουργία των παραγωγικών τμημάτων του Εργοστασίου.

Αντίστοιχα, η χρονοσειρά του κινητού μέσου όρου είναι περισσότερο λεία και σχεδόν ευθεία γραμμή, εκτός από την αιχμή που προείπαμε, με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο λεπτομερής η εικόνα που διαμορφώνεται και πιο αργή η αντίδρασή της στην κίνηση των τιμών.



Σχήμα 25: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής και του κινητού μέσου όρου του Εργοστασίου



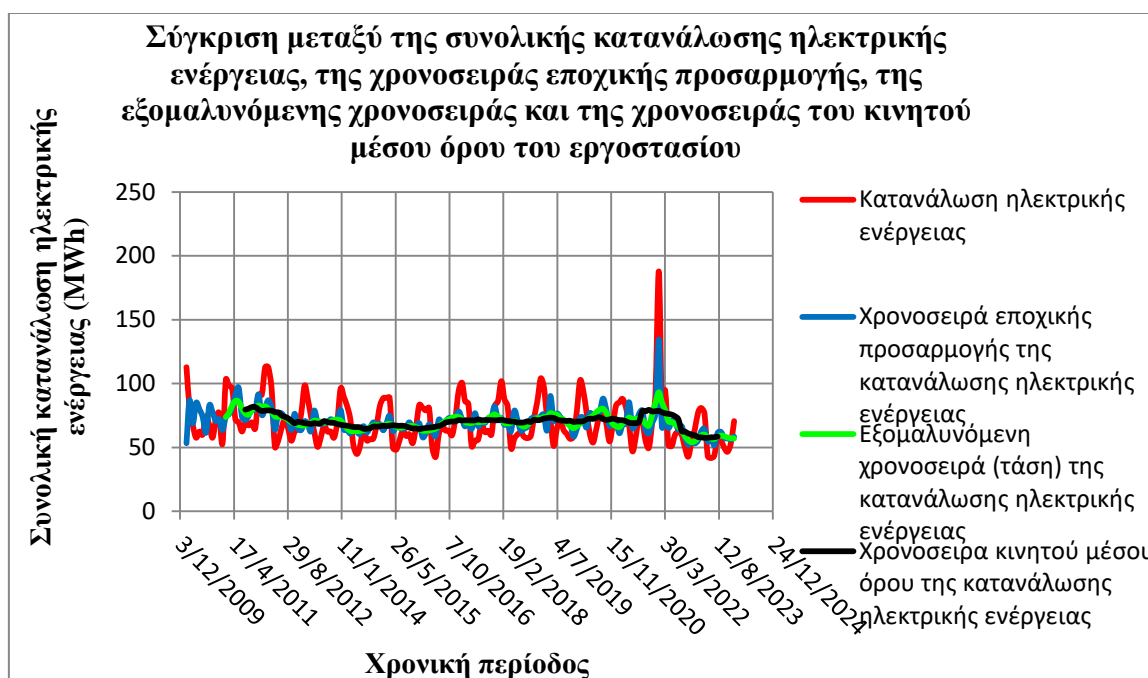
Σχήμα 26: Σύγκριση μεταξύ της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της εξομαλυνόμενης χρονοσειράς (τάσης) του Εργοστασίου

Στο Σχήμα 26 απεικονίζεται η σύγκριση μεταξύ της χρονοσειράς της εποχικής προσαρμογής και της αντίστοιχης εξομαλυνόμενης χρονοσειράς (τάσης), ενώ στο Σχήμα 27 απεικονίζεται συγκεντρωτικά η σύγκριση των δύο αυτών παραμέτρων με τις πραγματικές τιμές – ενδείξεις ηλεκτρικής κατανάλωσης του Εργοστασίου και της χρονοσειρας του κινητού μέσου όρου.

Η εξομάλυνση γίνεται συνήθως για να μας βοηθήσει να δούμε καλύτερα μοτίβα, τάσεις για παράδειγμα, σε χρονοσειρές. Γενικά εξομαλύνουμε την ακανόνιστη τραχύτητα για να δούμε πιο καθαρό σήμα.

Για εποχιακά δεδομένα, μπορεί να εξομαλύνουμε την εποχικότητα, ώστε να μπορούμε να προσδιορίσουμε την τάση. Η εξομάλυνση δεν μας παρέχει ένα μοντέλο, αλλά μπορεί να είναι ένα καλό πρώτο βήμα για την περιγραφή διαφόρων στοιχείων της σειράς.

Παρατηρούμε ότι η εξομαλυνόμενη χρονοσειρά (τάση) έχει παρόμοια μορφή με αυτή του κινητού μέσου όρου και τείνει να γίνει ευθεία γραμμή. Επίσης έχει αποσβεστεί η τραχύτητα, καθώς έχει εξομαλυνθεί η εποχικότητα με αποτέλεσμα η τάση να είναι σχεδόν ευθεία γραμμή, κάτι το οποίο σημαίνει σταθερή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά τα χρόνια.



Σχήμα 27: Σύγκριση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, της χρονοσειράς εποχικής προσαρμογής, της εξομαλυνόμενης χρονοσειράς και της χρονοσειράς του κινητού μέσου όρου του Εργοστασίου

4.1.3. Ανάλυση - αξιολόγηση δεδομένων κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του στρατιωτικού εργοστασίου

Στα Σχήματα 28, 29 και 30 απεικονίζεται η εξέλιξη του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου με δύο διαφορετικές μορφές απεικόνισης, ξεκινώντας από το μήνα Ιανουάριο του έτους 2010 μέχρι και το μήνα Δεκέμβριο του έτους 2023. Παρατηρούμε το ίδιο μοτίβο να επαναλαμβάνεται ανά τα χρόνια, με το κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να κυμαίνεται μεταξύ 3.500 - 35.000€.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

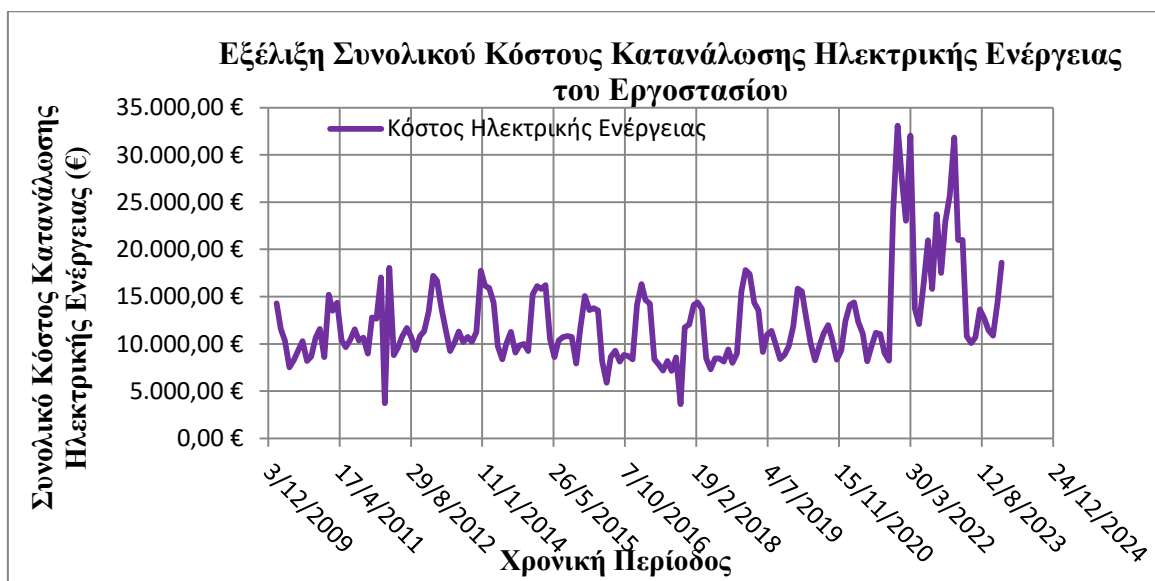
Αυτό αποδεικνύεται και από το Σχήμα 30 όπου απεικονίζεται η γραμμή τάσης της γραφικής παράστασης ως απλό γραμμικό μοντέλο με $y = 1,0705x - 33389$ και συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,1096$.

Τις μεγαλύτερες τιμές κόστους ηλεκτρικής ενέργειας τις συναντάμε κυρίως στους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο – Φεβρουάριο) όπως αντίστοιχα και στους θερινούς (Ιούνιος – Αύγουστος), κάτι το οποίο είναι και το αναμενόμενο σύμφωνα με τις πραγματικές τιμές - ενδείξεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

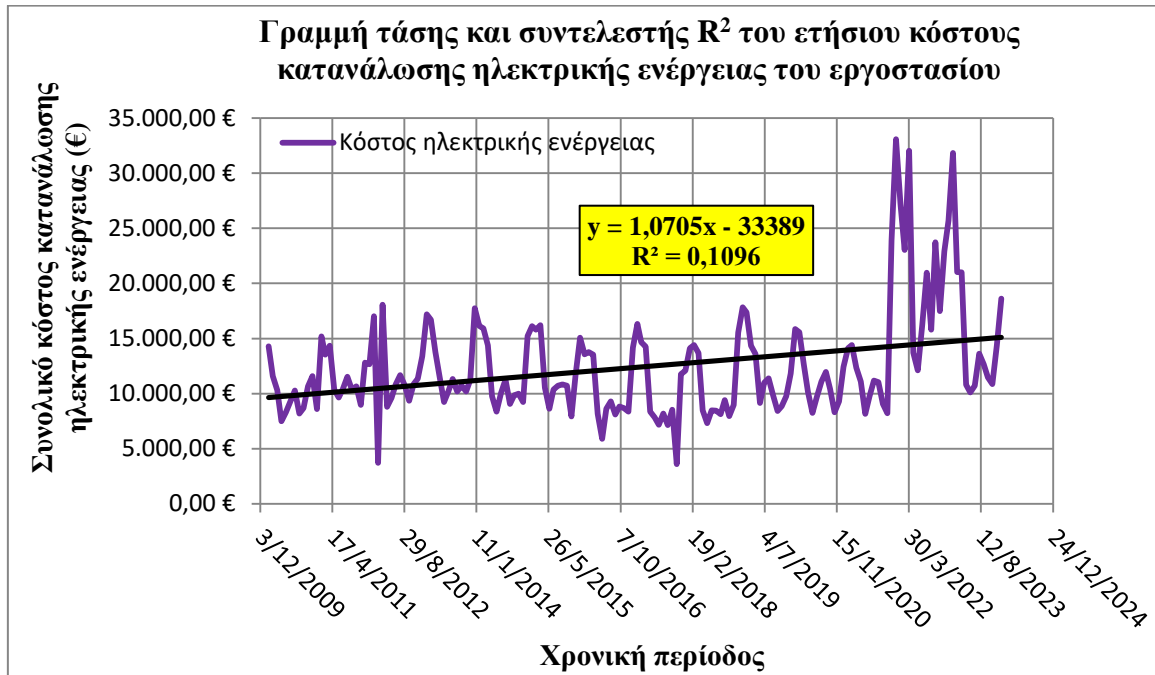


Σχήμα 28: Εξέλιξη συνολικού κόστους κατανάλωσης ενέργειας του Εργοστασίου

Τις μεγαλύτερες άλλα και εκτός μοτίβου τιμές, τις εντοπίζουμε το χρονικό διάστημα μεταξύ του μηνός Νοεμβρίου του έτους 2021 και του μηνός Μαρτίου του έτους 2023. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της τιμής της κιλοβατώρας τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με την αυξημένη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών θέρμανσης - ψύξης καθώς και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 29: Εξέλιξη συνολικού κόστους κατανάλωσης ενέργειας του Εργοστασίου



Σχήμα 30: Γραμμή τάσης και συντελεστής R² του ετήσιου κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου

Στο Σχήμα 31 απεικονίζεται το συνολικό ετήσιο κόστος ηλεκτρισμού του Εργοστασίου, ανά τα χρόνια, ξεκινώντας από το έτος 2004 έως και το μήνα Νοέμβριο έτους 2023. Με τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού σταθερή, παρατηρούμε μια ανοδική πορεία της τιμής της κιλοβατώρας μέχρι και το έτος 2015, στη συνέχεια τη μείωση της μέχρι και το έτος 2018 και τέλος την αύξηση της μέχρι το έτος 2022, λαμβάνοντας τη μεγαλύτερη τιμή της.



Σχήμα 31: Εξέλιξη του κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

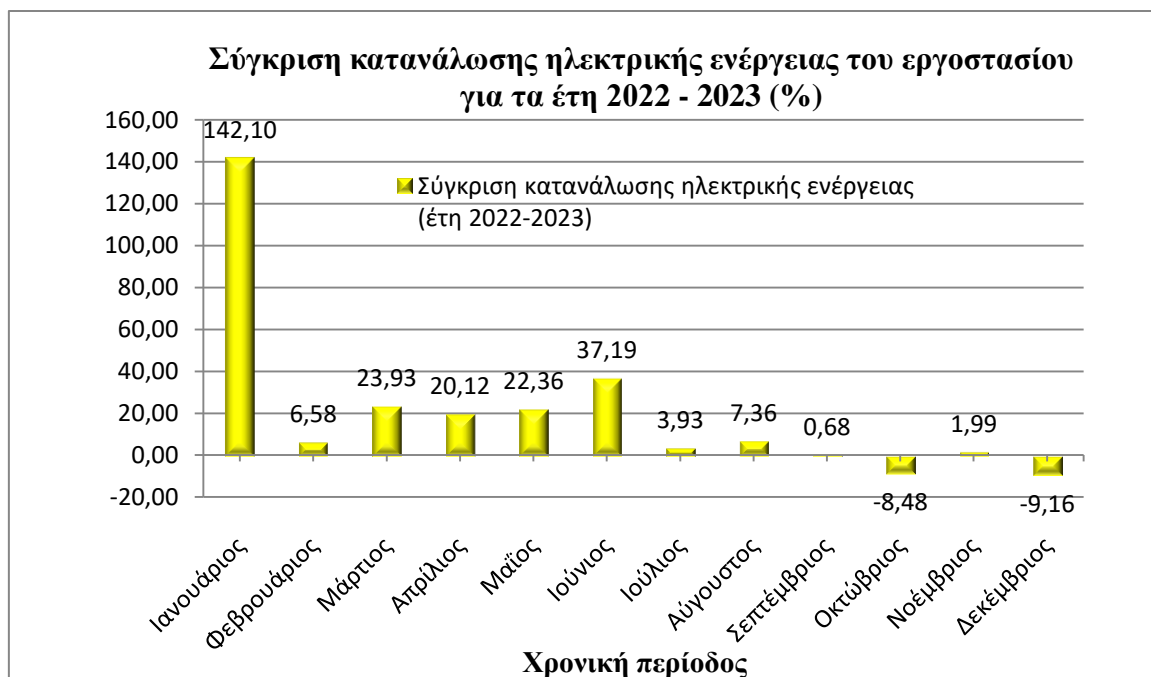
Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Στο Σχήμα 32 απεικονίζεται η ποσοστιαία μηνιαία σύγκριση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου, μεταξύ των ετών 2022 και 2023. Παρατηρούμε ότι, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του έτους 2022 είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το έτος 2023 στους περισσότερους μήνες εκτός από τους μήνες Οκτώβριο και Δεκέμβριο.

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή καταγράφεται το μήνα Ιανουάριο με ποσοστό 142,10% και ακολουθεί ο μήνας Ιούνιος με ποσοστό 37,20%, μήνες με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρισμού λόγω χρήσης συσκευών θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα.

Αντίστοιχα, στο Σχήμα 33 απεικονίζεται η ποσοστιαία μηνιαία σύγκριση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου, για τα έτη 2022 και 2023. Παρατηρούμε ότι, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας του έτους 2022 είναι επίσης μεγαλύτερο σε σχέση με το έτος 2023 στους περισσότερους μήνες εκτός από το μήνα Ιανουάριο, λόγω της αυξημένης τιμής της κιλοβατώρας.

Η μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή καταγράφεται στους μήνες Μάρτιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο με ποσοστό μεγαλύτερο του 50,00% ενώ η μεγαλύτερη τιμή εντοπίζεται το μήνα Σεπτέμβριο με ποσοστό 106,94%.



Σχήμα 32: Σύγκριση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2022 - 2023



Σχήμα 33: Σύγκριση κόστους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2022 – 2023

4.1.4. Σύγκριση - αξιολόγηση δεδομένων κατανάλωσης και κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του στρατιωτικού εργοστασίου

Συγκρίνοντας τη συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού με το αντίστοιχο κόστος, αρχίζοντας από το έτος 2010 έως και το μήνα Δεκέμβριο του έτους 2023, παρατηρούμε μία αυξητική τάση, κυρίως κατά τους χειμερινούς και τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της χρήσης ηλεκτρικών μέσων θέρμανσης και ψύξης αντιστοίχως, όπως κλιματιστικά (air – conditions), σόμπες και καλοριφέρ.

Αυτές οι αυξητικές τάσεις των τιμών, μπορούν να οφείλονται και στη διάθεση πιστώσεων για την υλοποίηση των προγραμμάτων ανακατασκευών, με αποτέλεσμα την αυξημένη χρήση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κατά τη λειτουργία των παραγωγικών τμημάτων και των γραμμών παραγωγής.

Τέλος, παρατηρούμε ότι οι τιμές του κόστους ακολουθούν κατά ένα βαθμό τις τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο, συναρτήσει βέβαια της τιμής της κιλοβατώρας. Από το μήνα Οκτώβριο του έτους 2021 και μετά παρατηρούμε μία αύξηση των τιμών κόστους κάτι το οποίο οφείλεται στην αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας.

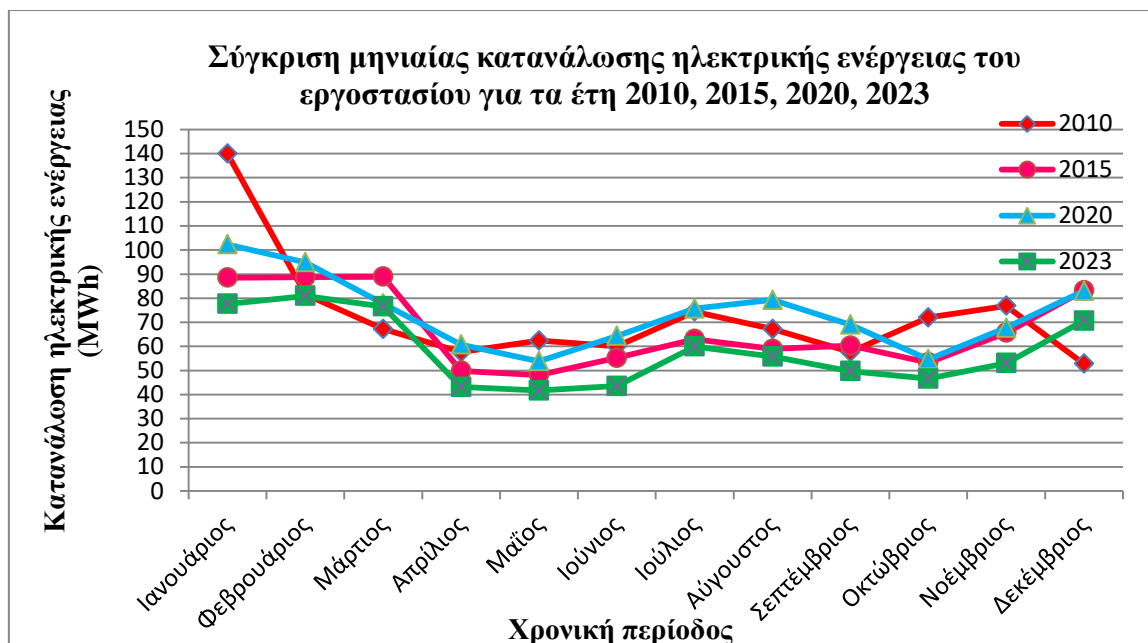
Στα παρακάτω Σχήματα 34 και 35 παρατίθενται συγκριτικά διαγράμματα μεταξύ της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρισμού και του αντίστοιχου κόστους, ανά μήνα και ανά 5-ετία, αρχίζοντας από το έτος 2010 μέχρι και το μήνα Δεκέμβριο του έτους 2023 (έτη 2010, 2015, 2020 και 2023). Όσον αφορά στην ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού παρατηρούμε μία παρόμοια μορφή των καμπυλών για τα έτη 2015, 2020 και 2023, αρχίζοντας και τελειώνοντας σε παρόμοιες τιμές του διαγράμματος.

Αντιθέτως, η καμπύλη του έτους 2010, αρχίζει από σημείο με πολύ μεγαλύτερη τιμή κατανάλωσης, ακολουθεί παρόμοια πορεία με τις άλλες τρεις και τελειώνει σε μικρότερη

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

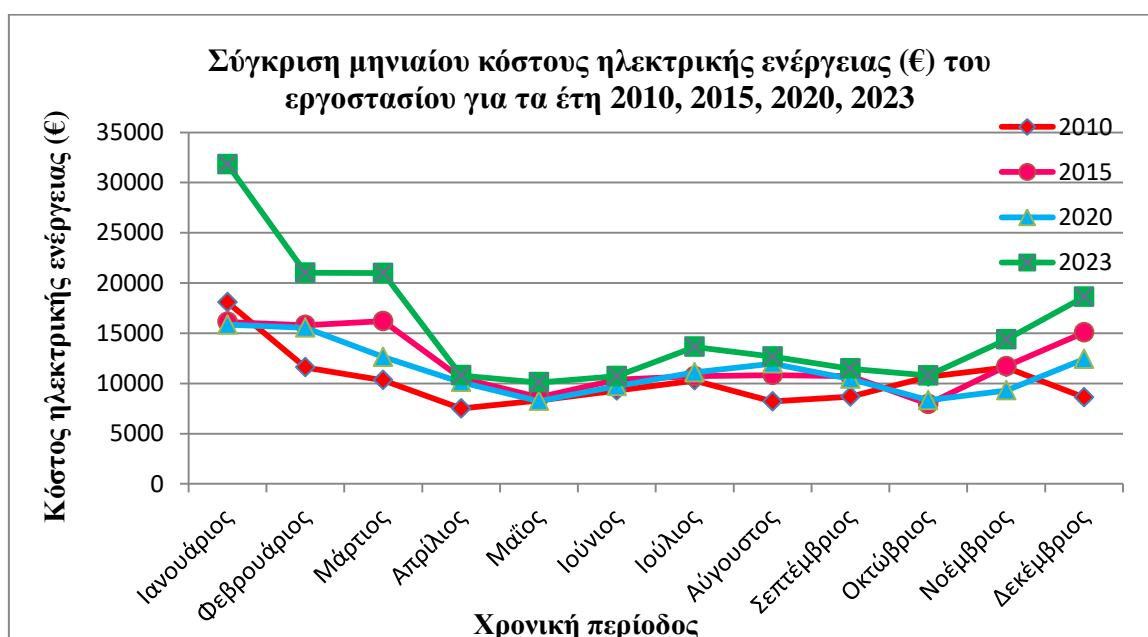
Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

τιμή. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο βαρύ χειμώνα κατά το μήνα Ιανουάριο του έτους 2010 σε συνδυασμό με την αυξημένη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού των γραμμών παραγωγής.



Σχήμα 34: Σύγκριση Μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2010, 2015, 2020 και 2023

Αναφορικά, με το αντίστοιχο συνολικό ετήσιο κόστος, παρατηρούμε μία παρόμοια μορφή εικόνα των καμπυλών των ετών 2015, 2020 και 2023, με εξαίρεση την καμπύλη του έτους 2010 που παρουσιάζεται ως ευθεία γραμμή και κυμαίνεται σε πολύ μικρότερες τιμές σε σχέση με τις άλλες τρεις. Αυτή η παρατήρηση είναι αποτέλεσμα της χαμηλής τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας που επικρατούσε στο συγκριμένο έτος.

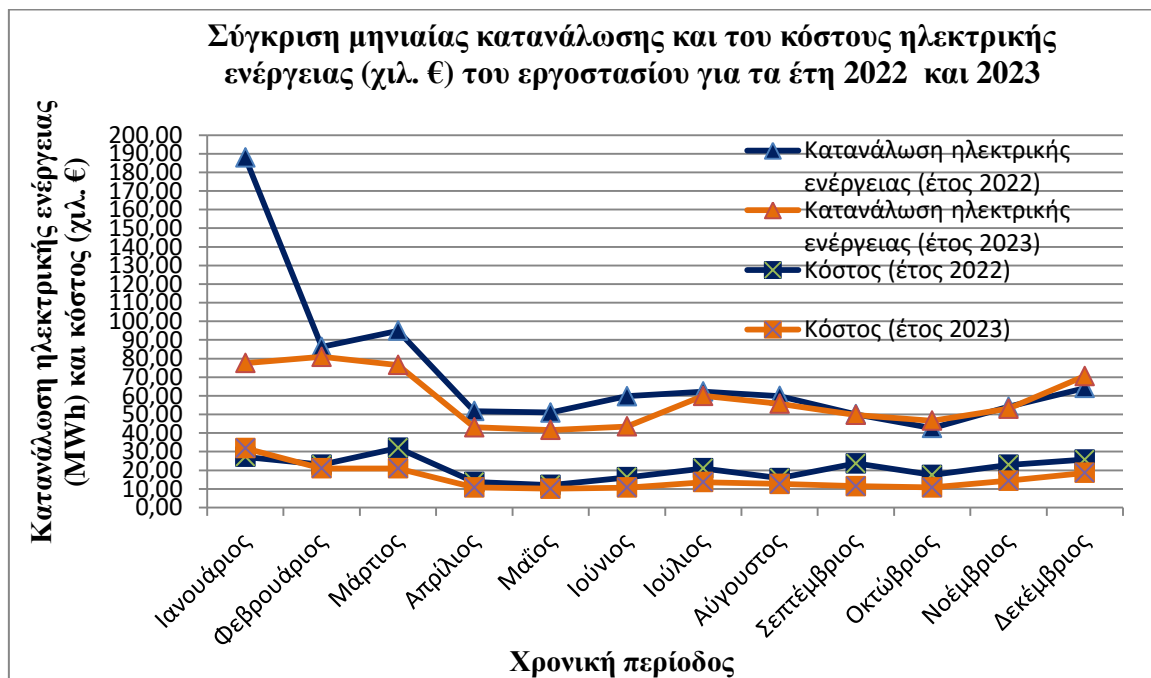


Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Σχήμα 35: Σύγκριση μηνιαίου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2010, 2015, 2020 και 2023

Τελικά, στο ακόλουθο Σχήμα 36 παρουσιάζεται η σύγκριση των τιμών – ενδείξεων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου καθώς και του αντίστοιχου κόστους μεταξύ των ετών 2022 και 2023.



Σχήμα 36: Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης και κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του Εργοστασίου για τα έτη 2022 και 2023

Παρατηρούμε ότι το φάσμα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του έτους 2022 κυμαίνεται σε ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές απ' ό τι το αντίστοιχο του έτους 2023. Δηλαδή, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο έτος 2022 κυμάνθηκε μεταξύ των τιμών 40,00 – 100,00MWh ενώ το έτος 2023 μεταξύ των τιμών 40,00 – 80,00MWh.

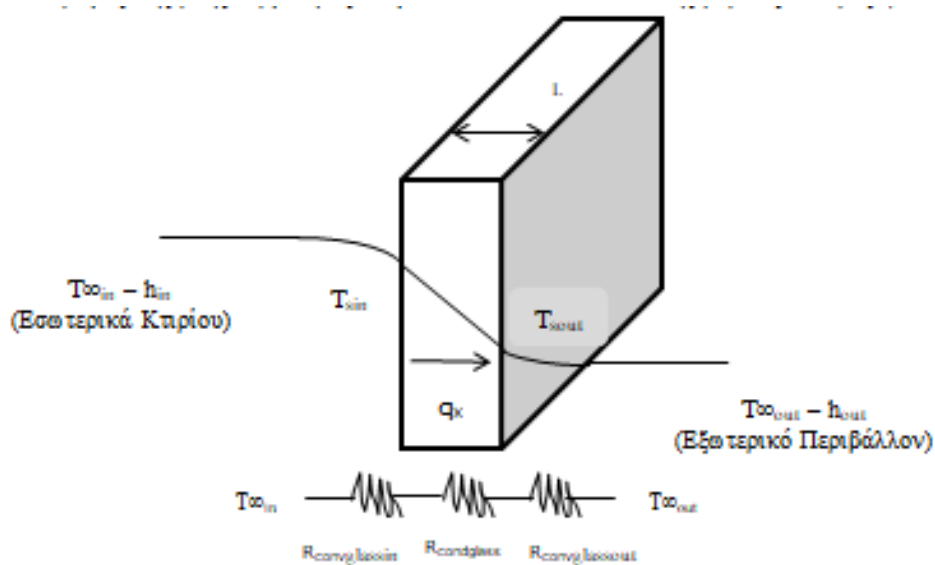
Επίσης, κατά το μήνα Ιανουάριο του έτους 2022 συναντάμε μία αιχμή με τιμή 187,90MWh, η οποία πιθανότατα οφείλεται σε αυξημένη χρήση ηλεκτρικών θερμαντικών συσκευών την περίοδο αυτή.

Αναφορικά με τις καμπύλες κόστους παρατηρούμε μία παρόμοια μορφή, με την καμπύλη κόστους του έτους 2022 να κυμαίνεται σε ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές. Αυτή η παρόμοια μορφή και ενώ κατά το έτος 2022 κυμάνθηκε σε μεγαλύτερες τιμές κατανάλωσης ενέργειας, οφείλεται στην αύξηση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2023.

5. Θερμικές απώλειες

5.1 Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα

Προκειμένου να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες στα εξεταζόμενα κτίρια, θα χρησιμοποιήσουμε μεθοδολογία και εξισώσεις μονοδιάστατης αγωγής σε σύνθετα σώματα της μεταφοράς θερμότητας και θα διαχωρίσουμε τις απώλειες σε αυτές διαμέσου των ανοιγμάτων (υαλοστάσια), (Εικόνα 18) και αυτές διαμέσου της εξωτερικής τοιχοποιίας (Εικόνα 19). Για κάθε πλευρά των κτιρίων (Βόρεια – Νότια – Δυτική – Ανατολική), θα υπολογιστούν οι παραπάνω δύο κατηγορίες θερμικών απωλειών ενώ για τη στέγη μόνο οι απώλειες διαμέσου της τοιχοποιίας της οροφής. Επομένως οι θερμικές απώλειες θα υπολογιστούν συνολικά για κάθε πλευρά και τελικά για όλο το κτίριο και όχι για κάθε εσωτερικό γραφείο ξεχωριστά, λόγω της παραδοχής που κάνουμε προς κέρδος χρόνου και υπολογισμών και εφόσον δεν επηρεάζεται το τελικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 18: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα του υαλοστασίου

Χρησιμοποιώντας το ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα κατ' αντιστοιχία με το ηλεκτρικό κύκλωμα υπολογίζουμε τις θερμικές αντιστάσεις κατ' αντιστοιχία των ηλεκτρικών αντιστάσεων και τη ροή θερμότητας (q) κατ' αντιστοιχία της έντασης (I) του ρεύματος.

$$R_{\text{tot,glass}} = R_{\text{conv,glass,in}} + R_{\text{cond,glass}} + R_{\text{conv,glass,out}} = \frac{1}{h_{in} \times A_{\text{glass}}} \frac{1}{\frac{W}{m^2K} \times m^2} + \frac{L}{k_{\text{glass}} \times A_{\text{glass}}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{h_{out} \times A_{\text{glass}}} \frac{1}{\frac{W}{m^2K} \times m^2} \quad (\text{εξ.1})$$

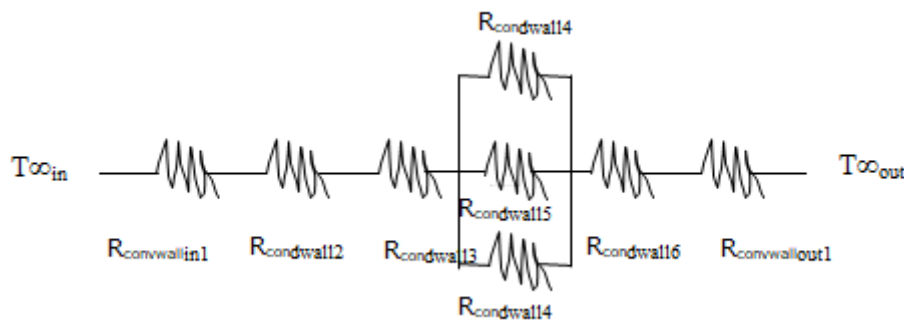
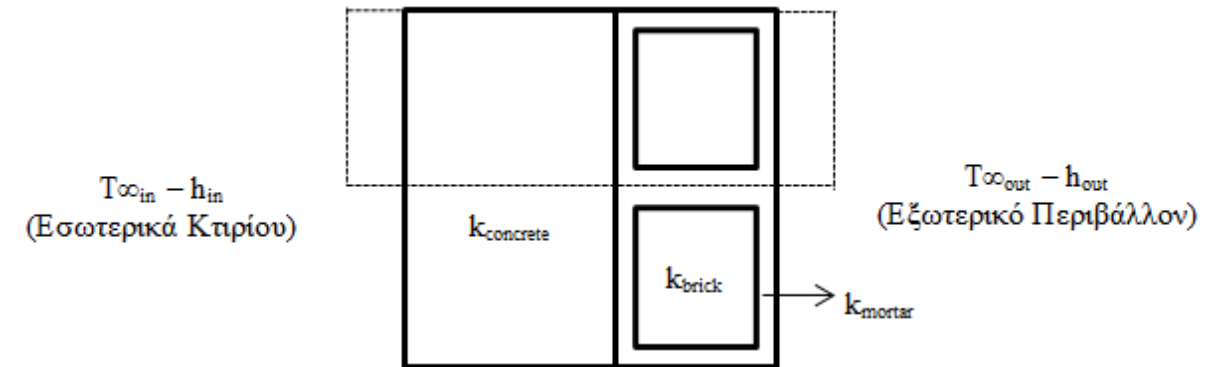
Επομένως, η ροή θερμότητας (απώλειες) διαμέσου του υαλοστασίου, υπολογίζεται σύμφωνα με τη παρακάτω εξίσωση.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

$$Q_{x\text{glass}} = \frac{T_{\infty\text{in}} - T_{\infty\text{out}}}{R_{\text{totglass}}} \frac{oC}{oC/W} \quad (\text{εξ.2})$$

Το αντίστοιχο θερμικό ισοδύναμο κύκλωμα της εξωτερικής τοιχοποιίας θα είναι (Εικόνα 19):



Εικόνα 19: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα της τοιχοποιίας

Χρησιμοποιώντας αντίστοιχα το ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα, υπολογίζουμε τις θερμικές αντιστάσεις.

$$R_{\text{totwall}} = R_{\text{convwallin1}} + R_{\text{condwall2}} + R_{\text{condwall3}} + R_{\text{condwall(4,5)}} + R_{\text{condwall6}} + R_{\text{convwallout1}} = \frac{1}{h_{\text{in}} \times A_{\text{wall1}}} + \frac{1}{\frac{W}{m^2K} \times m^2} + \frac{L2}{k_{\text{concrete}} \times A_{\text{wall1}}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{L3}{k_{\text{mortar}} \times A_{\text{wall1}}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L4}{k_{\text{mortar}} \times A_{\text{wall4}}}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L5}{k_{\text{brick}} \times A_{\text{wall5}}}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L6}{k_{\text{mortar}} \times A_{\text{wall1}}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2}} + \frac{1}{h_{\text{out}} \times A_{\text{wall1}}} \frac{1}{\frac{W}{m^2K} \times m^2} \quad (\text{εξ.3})$$

Η παράλληλη σύνδεση των αντιστάσεων $R_{\text{condwall(4,5)}}$ υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$R_{\text{condwall(4,5)}} = \frac{1}{R_{\text{cond(4,5)}}} = \frac{1}{R4} + \frac{1}{R5} + \frac{1}{R4} = \frac{1}{\frac{L4}{k_{\text{mortar}} \times A_{\text{wall4}}}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L5}{k_{\text{brick}} \times A_{\text{wall5}}}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L4}{k_{\text{mortar}} \times A_{\text{wall4}}}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2} \quad (\text{εξ.4})$$

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

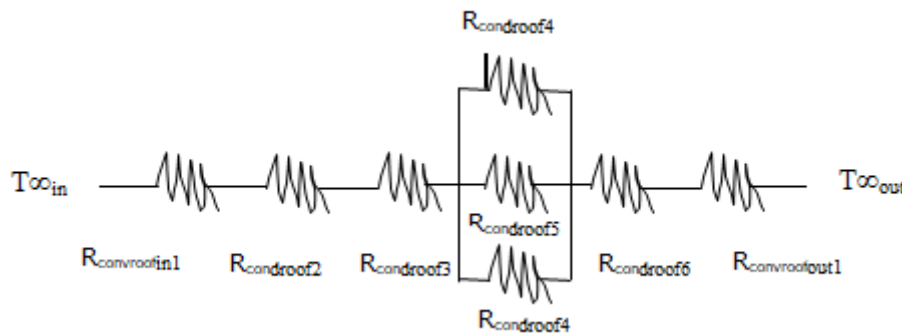
Αντίστοιχα, η ροή θερμότητας (απώλειες) διαμέσου του μικρού εκείνου επιλεγμένου κομματιού θα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$Q_{xwall} = \frac{T_{\infty in} - T_{\infty out}}{R_{totwall}} \frac{oC}{oC/W} \quad (\text{εξ.5})$$

Τελικά, η συνολική ροή θερμότητας (απώλειες) για τη συνολική πλευρά του τοίχου και έχοντας αφαιρέσει τη συνολική επιφάνεια των υαλοστασίων, θα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$q''_{xwall} = \frac{qxwall}{A_{wall1}} \frac{W}{m^2} \text{ και πολλαπλασιάζοντας με τη συνολική επιφάνεια της πλευράς. (εξ.6)}$$

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών διαμέσου της οροφής δημιουργούμε το αντίστοιχο θερμικό κύκλωμα, χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία (Εικόνα 20):



Εικόνα 20: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα της οροφής

$$R_{totroof} = R_{convroofin1} + R_{condroof2} + R_{condroof3} + R_{condroof(4,5)} + R_{condroof6} + R_{convroofout1} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{W}{m^2K}} \times m^2} + \frac{L2}{k_{concrete} \times A_{roof1}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{L3}{k_{mortar} \times A_{roof1}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L4}{k_{mortar} \times A_{roof4}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{L5}{k_{brick} \times A_{roof5}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2}}} + \frac{L6}{k_{mortar} \times A_{roof1}} \frac{m}{\frac{W}{mK} \times m^2} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{W}{m^2K}} \times m^2} \quad (\text{εξ.7})$$

Η παράλληλη σύνδεση των αντιστάσεων $R_{condroof(4,5)}$ υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$R_{condroof(4,5)} = \frac{1}{R_{cond(4,5)}} = \frac{1}{R4} + \frac{1}{R5} + \frac{1}{R4} = \frac{1}{\frac{L4}{k_{mortar} \times A_{roof4}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2}} + \frac{1}{\frac{L5}{k_{brick} \times A_{roof5}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2}} + \frac{1}{\frac{L4}{k_{mortar} \times A_{roof4}} \frac{1}{\frac{W}{mK} \times m^2}} \quad (\text{εξ.8})$$

Αντίστοιχα, η ροή θερμότητας (απώλειες) διαμέσου του μικρού εκείνου επιλεγμένου κομματιού θα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$q_{xroof} = \frac{T_{\infty in} - T_{\infty out}}{R_{totroof}} \frac{oC}{oC/W} \quad (\text{εξ.9})$$

Τελικά, η συνολική ροή θερμότητας (απώλειες) για τη συνολική επιφάνεια της οροφής, θα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση και πολλαπλασιάζοντας με τη συνολική επιφάνεια της οροφής.

$$q''_{xroof} = \frac{q_{xroof} W}{A_{roof1} m^2} \quad (\text{εξ.10})$$

5.2 Θερμικές απώλειες κτιρίου Α

Όπως αναφέραμε στον Πίνακα 7, η συνολική ισχύς των δύο καυστήρων του κτιρίου “Α” είναι 360,00kW ενώ των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) 503,00kbtu/h ή 147,42kW. Συνεπώς κατά της διάρκεια της χειμερινής περιόδου και ειδικότερα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι στο κτίριο και κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, θα λειτουργούν είτε οι καυστήρες πετρελαίου εφόσον έχει διατεθεί πετρέλαιο καύσιμο και αντίστοιχα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, είτε το σύνολο των κλιματιστικών συσκευών. Αντίστοιχα τη θερινή περίοδο και ειδικότερα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι λειτουργεί μόνο το σύνολο των κλιματιστικών για ψύξη.

Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, υπολογίστηκε στους $T_{\infty in} = 20^{\circ}\text{C}$ ενώ εξωτερικά του κτιρίου (περιβάλλον) στους $T_{\infty out} = 14^{\circ}\text{C}$. Ο συντελεστής συναγωγής στους 20°C ορίστηκε ως $h_{in} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ενώ στους 14°C ως $h_{out} = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($h_2 > h_1$). Ο συντελεστής αγωγής για υαλοπίνακα πάχους 2mm ορίζεται ως $k_{glass} = 0,78 \text{ W/mK}$.

Υπολογίζονται επίσης οι απώλειες θερμότητας διαμέσου της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους 24cm, η οποία αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 14cm, εσωτερικό κονίαμα 1,5cm, τούβλο διαστάσεων 8x8cm και εξωτερικό επίχρισμα 1cm. Τα τούβλα διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 1,5cm. Ο συντελεστής αγωγής του οπλισμένου σκυροδέματος ορίζεται ως $k_{concrete} = 1,73 \text{ W/mK}$, του τούβλου ως $k_{brick} = 0,72 \text{ W/mK}$ και του εσωτερικού κονιάματος και του του εξωτερικού επιχρίσματος ως $k_{mortar} = 0,22 \text{ W/mK}$.

Απομονώνεται εκείνο το κομμάτι της τοιχοποιίας (Εικόνα 19, διακεκομμένη γραμμή) και πλάτους 1m, το οποίο επαναλαμβανόμενο θα μου δώσει τη συνολική επιφάνεια της τοιχοποιίας της αντίστοιχης πλευράς.

Η οροφή πάχους 40cm αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 35cm, εσωτερικό κονίαμα 1,5cm και τσιμεντοειδείς θερμομονωτικές πλάκες διαστάσεων 50x50cm, πάχους 3,5cm και συντελεστή αγωγής $k_{plate} = 2,10 \text{ W/mK}$. Οι πλάκες χωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 1,5cm.

Απομονώνεται παρόμοια εκείνο το κομμάτι της οροφής πλάτους 1m, το οποίο επαναλαμβανόμενο θα μου δώσει τη συνολική επιφάνεια της οροφής.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Τα αποτελέσματα αναφορικά με τις θερμικές απώλειες μετά από τον υπολογισμό των εξισώσεων (εξ.1-10), φαίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Α”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
	Θερμικές απώλειες (kW)			
Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)				
92 παράθυρα (1,45x1,45m)	2,52	1,91	2,13	0,46
46 παράθυρα (0,80x1,45m)	1,01	0,93	∅	∅
9 παράθυρα (0,54x0,88m)	∅	∅	0,16	∅
13 παράθυρα (0,54x0,70m)	∅	∅	∅	0,18
2 παράθυρα διαδρόμου (2,85x3,10m)	∅	∅	0,64	∅
1 παράθυρο διαδρόμου (2,65x7,70m)	0,74	∅	∅	∅
2 παράθυρα διαδρόμου (1,65x2,05m)	∅	∅	∅	0,25
2 πόρτες μεταλλικές (2,85x2,70m)	0,30	∅	0,30	∅
1 πόρτα μεταλλική (4,20x3,50m)	∅	0,53	∅	∅

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας (kW)	3,32	3,58	2,42	2,78
Συνολικές θερμικές απώλειες ανά πλευρά (kW)	7,87	6,95	5,64	3,66
Συνολικές θερμικές απώλειες οροφής (kW)		8,93		
Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου “A” (kW)		33,06		

Συνεπώς η προσφερόμενη ισχύς των δύο καυστήρων του κτιρίου “A” είναι 360,00kW και 503,00kbtu/h ή 147,42kW των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) ενώ 33,06kW είναι οι απώλειες του κτιρίου “A” προς το περιβάλλον. Δηλαδή το 10% της ισχύος των καυστήρων χάνεται στο περιβάλλον κάθε ώρα λειτουργίας τους και αντίστοιχα το 23% της ισχύος των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions). Τέλος, να τονίσουμε ότι διαμέσου της τοιχοποιίας χάνονται τα 12,10kW, διαμέσου των ανοιγμάτων 12,03kW και διαμέσου της οροφής 8,93kW.

5.3 Θερμικές απώλειες κτιρίου B

Όπως αναφέραμε στον Πίνακα 7, η συνολική ισχύς των δέκα καυστήρων του κτιρίου “B” είναι 2.500,00kW ενώ των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) 240,00kbtu/h ή 70,34kW. Συνεπώς κατά της διάρκεια της χειμερινής περιόδου και ειδικότερα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι στο κτίριο και κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, θα λειτουργούν είτε οι καυστήρες πετρελαίου εφόσον έχει διατεθεί πετρέλαιο καύσιμο και αντίστοιχα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, είτε το σύνολο των κλιματιστικών συσκευών. Αντίστοιχα τη θερινή περίοδο και ειδικότερα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι λειτουργεί μόνο το σύνολο των κλιματιστικών για ψύξη.

Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, υπολογίστηκε στους $T_{in} = 20^{\circ}\text{C}$ ενώ εξωτερικά του κτιρίου (περιβάλλον) στους $T_{out} = 14^{\circ}\text{C}$. Ο συντελεστής συναγωγής στους 20°C ορίστηκε ως $h_{in} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ενώ στους 14°C ως $h_{out} = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($h_2 > h_1$). Ο συντελεστής αγωγής για υαλοπίνακα πάχους 2mm ορίζεται ως $k_{glass} = 0,78 \text{ W/mK}$.

Επιπρόσθετα, υπολογίζονται τις απώλειες θερμότητας διαμέσου της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους 67cm, η οποία αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

προς το εξωτερικό περιβάλλον, από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 53cm, εσωτερικό κονίαμα 2,0cm, τούβλο διαστάσεων 10x10cm και εξωτερικό επίχρισμα 2cm. Τα τούβλα διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 2,0cm. Ο συντελεστής αγωγής του οπλισμένου σκυροδέματος ορίζεται ως $k_{concrete} = 1,73 \text{ W/mK}$, του τούβλου ως $k_{brick} = 0,72 \text{ W/mK}$ και του εσωτερικού κονιάματος και του του εξωτερικού επιχρίσματος ως $k_{mortar} = 0,22 \text{ W/mK}$.

Η οροφή και συγκεκριμένα το προιονωτό τμήμα της, πάχους 26,5cm αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20cm, ασφαλική μεμβράνη πάχους 1cm με συντελεστή αγωγιμότητας $k_{membrane} = 0,27 \text{ W/mK}$ και βυζαντινά κεραμίδια διαστάσεων 42x16cm, πάχους 1,5cm και συντελεστή αγωγής $k_{tile} = 0,75 \text{ W/mK}$. Τα κεραμίδια χωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 1,5cm.

Τα αποτελέσματα αναφορικά με τις θερμικές απώλειες μετά από τον υπολογισμό των εξισώσεων (εξ.1-10), φαίνονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “B”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
	Θερμικές απώλειες (kW)			
Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)				
17 παράθυρα (3,00x2,40m)	∅	4,45	∅	∅
37 παράθυρα (3,00x1,55m)	5,75	∅	0,51	∅
9 παράθυρα (0,70x1,30m)	∅	∅	0,30	∅
13 παράθυρα (3,00x3,40m)	4,82	∅	∅	∅
9 πόρτες μεταλλικές (4,80x4,70m)	∅	4,92	∅	2,46
3 πόρτες μεταλλικές (3,30x4,70m)	∅	∅	1,69	∅

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

5 πόρτες μεταλλικές (2,00x4,70m)	1,03	∅	3,41	3,41
7 υάλινες κάθετες πλευρές πριονωτής οροφής (140,00x3,00m)	∅	∅	106,87	
Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας (kW)	9,17	9,63	6,12	6,14
Συνολικές θερμικές απώλειες ανά πλευρά (kW)	20,76	19,99	8,97	8,94
Συνολικές θερμικές απώλειες οροφής (kW)			450,23	
Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου “B” (kW)			507,89	

Συνεπώς η προσφερόμενη ισχύς των δύο καυστήρων του κτιρίου “B” είναι 2.500,00kW και 240,00kbtu/h ή 70,34kW των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) ενώ 507,89kW είναι οι απώλειες του κτιρίου “B” προς το περιβάλλον. Δηλαδή το 22% της ισχύος των καυστήρων χάνεται στο περιβάλλον κάθε ώρα λειτουργίας τους. Τέλος, να τονίσουμε ότι διαμέσου της τοιχοποιίας χάνονται τα 31,06kW, διαμέσου των ανοιγμάτων 133,47kW και διαμέσου της οροφής 343,36kW.

5.4 Θερμικές απώλειες κτιρίου Γ

Όπως αναφέραμε στον Πίνακα 7, η συνολική ισχύς των τεσσάρων καυστήρων του κτιρίου “Γ” είναι 850,00kW ενώ των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) 30,00kbtu/h ή 8,79kW. Συνεπώς κατά της διάρκεια της χειμερινής περιόδου και ειδικότερα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι στο κτίριο και κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, θα λειτουργούν είτε οι καυστήρες πετρελαίου εφόσον έχει διατεθεί πετρέλαιο καύσιμο και αντίστοιχα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, είτε το σύνολο των κλιματιστικών συσκευών. Αντίστοιχα τη θερινή περίοδο και ειδικότερα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι λειτουργεί μόνο το σύνολο των κλιματιστικών για ψύξη.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, υπολογίστηκε στους $T_{in} = 20^{\circ}\text{C}$ ενώ εξωτερικά του κτιρίου (περιβάλλον) στους $T_{out} = 14^{\circ}\text{C}$. Ο συντελεστής συναγωγής στους 20°C ορίστηκε ως $h_{in} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ενώ στους 14°C ως $h_{out} = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($h_2 > h_1$). Ο συντελεστής αγωγής για υαλοπίνακα πάχους 2mm ορίζεται ως $k_{glass} = 0,78 \text{ W/mK}$.

Υπολογίζονται επίσης οι απώλειες θερμότητας διαμέσου της μικτής εξωτερικής τοιχοποιίας. Αρχικά για το εμπρόσθιο τμήμα του κτιρίου (πρόσοψη) πάχους 46cm, η οποία αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 32cm, εσωτερικό κονίαμα 2,0cm, τούβλο διαστάσεων 10x10cm και εξωτερικό επίχρισμα 2cm. Τα τούβλα διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 2,0cm. Ο συντελεστής αγωγής του οπλισμένου σκυροδέματος ορίζεται ως $k_{concrete} = 1,73 \text{ W/mK}$, της πέτρας ως $k_{brick} = 0,72 \text{ W/mK}$ και του εσωτερικού κονιάματος και του του εξωτερικού επίχρισματος ως $k_{mortar} = 0,22 \text{ W/mK}$.

Οι υπόλοιπες τρεις πλευρές του κτιρίου καθώς και η οροφή αποτελούνται από κατάλληλο μεταλλικό σκελετό στο εσωτερικό του κτιρίου ο οποίος χρησιμοποιείται ως βάση πάνω στην οποία τοποθετούνται ομοιόμορφα φύλλα αυλακωτής λαμαρίνας ιδίων διαστάσεων 350x80cm, πάχους 0,2cm και συντελεστή αγωγιμότητας $k_{metalsheet} = 1,8 \text{ W/mK}$. Τα φύλλα συγκρατούνται μεταξύ τους μέσω πριτσινιών και μέσω κατάλληλων ενώσεων επάνω στον σκελετό του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα αναφορικά με τις θερμικές απώλειες μετά από τον υπολογισμό των εξισώσεων (εξ.1-10), φαίνονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Γ”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
	Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)	Θερμικές απώλειες (kWh)		
44 παράθυρα (4,20x1,40m)	4,70	3,85	0,85	∅
6 παράθυρα (2,50x1,60m)	∅	∅	∅	0,87
12 παράθυρα (2,05x1,20m)	∅	∅	∅	1,07
12 πόρτες μεταλλικές	1,64	4,92	0,82	2,46

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

(4,80x4,70m)				
1 πόρτα μεταλλική (5,70x4,70m)	∅	∅	∅	0,97
2 υάλινες κάθετες πλευρές πριονωτής οροφής (62,95x2,10m)	∅	∅		9,61
Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας (kW)	14,38	11,93	8,94	1,26
Συνολικές θερμικές απώλειες ανά πλευρά (kW)	20,72	20,70	10,61	6,63
Συνολικές θερμικές απώλειες οροφής (kW)		74,25		
Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου “Γ” (kW)		132,92		

Συνεπώς η προσφερόμενη ισχύς των δύο καυστήρων του κτιρίου “Γ” είναι 850,00kW και 30,00kbtu/h ή 8,79kW των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) ενώ 132,92kW είναι οι απώλειες του κτιρίου “Γ” προς το περιβάλλον. Δηλαδή το 16% της ισχύος των καυστήρων χάνεται στο περιβάλλον κάθε ώρα λειτουργίας τους. Τέλος, να τονίσουμε ότι διαμέσου της τοιχοποιίας χάνονται τα 36,50kW, διαμέσου των ανοιγμάτων 31,77kW και διαμέσου της οροφής 64,64kW.

5.5 Θερμικές απώλειες κτιρίου Δ

Όπως αναφέραμε στον Πίνακα 7, η συνολική ισχύς των δέκα καυστήρων του κτιρίου “Δ” είναι 340,00kW ενώ των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) 229,00kbtu/h ή 67,11kW. Συνεπώς κατά της διάρκεια της χειμερινής περιόδου και ειδικότερα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι στο κτίριο και κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, θα λειτουργούν είτε οι καυστήρες πετρελαίου εφόσον έχει διατεθεί πετρέλαιο καύσιμο και αντίστοιχα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, είτε το σύνολο των κλιματιστικών συσκευών. Αντίστοιχα τη θερινή περίοδο και ειδικότερα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι λειτουργεί μόνο το σύνολο των κλιματιστικών για ψύξη.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, υπολογίστηκε στους $T_{\text{airin}} = 20^{\circ}\text{C}$ ενώ εξωτερικά του κτιρίου (περιβάλλον) στους $T_{\text{airout}} = 14^{\circ}\text{C}$. Ο συντελεστής συναγωγής στους 20°C ορίστηκε ως $h_{\text{in}} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ενώ στους 14°C ως $h_{\text{out}} = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($h_2 > h_1$). Ο συντελεστής αγωγής για υαλοπίνακα πάχους 2mm ορίζεται ως $k_{\text{glass}} = 0,78 \text{ W/mK}$.

Επιπρόσθετα, υπολογίζονται οι απώλειες θερμότητας διαμέσου της μικτής εξωτερικής τοιχοποιίας. Σε όλη την περίμετρο του κτιρίου και μέχρι το ύψος των δύο μέτρων περίπου η μικτή τοιχοποιία πάχους 35cm αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από πέτρα διαστάσεων 30x30cm και εξωτερικό επίχρισμα 2,0cm. Οι πέτρες διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 2,0cm. Ο συντελεστής αγωγής της πέτρας ορίζεται ως $k_{\text{rock}} = 0,87 \text{ W/mK}$ και του εσωτερικού κονιάματος και του του εξωτερικού επιχρίσματος ως $k_{\text{mortar}} = 0,22 \text{ W/mK}$.

Μετά τη μικτή τοιχοποιία του ενός μέτρου και μέχρι το μέγιστο ύψος του κτιρίου, η τοιχοποιία σε όλες τις πλευρές καθώς και στην οροφή αποτελείται από κατάλληλο μεταλλικό σκελετό στο εσωτερικό ο οποίος χρησιμοποιείται ως βάση πάνω στην οποία τοποθετούνται ομοιόμορφα φύλλα αυλακωτής λαμαρίνας ιδίων διαστάσεων 350x80cm, πάχους 0,2cm και συντελεστή αγωγιμότητας $k_{\text{metalsheet}} = 1,8 \text{ W/mK}$. Τα φύλλα συγκρατούνται μεταξύ τους μέσω πριτσινιών και μέσω κατάλληλων ενώσεων επάνω στον ημεταλλικό σκελετό του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα αναφορικά με τις θερμικές απώλειες μετά από τον υπολογισμό των εξισώσεων (εξ.1-10), φαίνονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Δ”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
	Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)	Θερμικές απώλειες (kWh)		
36 παράθυρα (3,05x1,70m)	3,02	2,64	0,75	0,38
25 παράθυρα (0,50x0,90m)	∅	∅	0,94	3,77
3 πόρτες μεταλλικές (3,60x3,70m)	∅	0,38	0,19	∅
Θερμικές απώλειες	5,24	5,24	4,86	4,86

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

εξωτερικής τοιχοποιίας (kW)				
Συνολικές θερμικές απώλειες ανά πλευρά (kW)	8,25	8,25	6,75	9,01
Συνολικές θερμικές απώλειες οροφής (kW)			58,07	
Συνολικές θερμικές απώλειες κτιρίου “Δ” (kW)			90,34	

Συνεπώς η προσφερόμενη ισχύς των δύο καυστήρων του κτιρίου “Δ” είναι 340,00kW και 229,00kbtu/h ή 67,11kW των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) ενώ 90,34kW είναι οι απώλειες του κτιρίου “Γ” προς το περιβάλλον. Δηλαδή το 27% της ισχύος των καυστήρων χάνεται στο περιβάλλον κάθε ώρα λειτουργίας τους. Τέλος, να τονίσουμε ότι διαμέσου της τοιχοποιίας χάνονται τα 20,20kW, διαμέσου των ανοιγμάτων 12,06kW και διαμέσου της οροφής 58,07kW.

5.6 Θερμικές απώλειες κτιρίου E

Όπως αναφέραμε στον Πίνακα 7, η συνολική ισχύς των δέκα καυστήρων του κτιρίου “E” είναι 1.160,00kW ενώ των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) 111,00kbtu/h ή 32,53kW. Συνεπώς κατά της διάρκεια της χειμερινής περιόδου και ειδικότερα σε περιόδους χαμηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι στο κτίριο και κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, θα λειτουργούν είτε οι καυστήρες πετρελαίου εφόσον έχει διατεθεί πετρέλαιο καύσιμο και αντίστοιχα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα, είτε το σύνολο των κλιματιστικών συσκευών. Αντίστοιχα τη θερινή περίοδο και ειδικότερα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, θεωρούμε ότι λειτουργεί μόνο το σύνολο των κλιματιστικών για ψύξη.

Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, υπολογίστηκε στους $T_{in} = 20^{\circ}\text{C}$ ενώ εξωτερικά του κτιρίου (περιβάλλον) στους $T_{out} = 14^{\circ}\text{C}$. Ο συντελεστής συναγωγής στους 20°C ορίστηκε ως $h_{in} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ενώ στους 14°C ως $h_{out} = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($h_2 > h_1$). Ο συντελεστής αγωγής για υαλοπίνακα πάχους 2mm ορίζεται ως $k_{glass} = 0,78 \text{ W/mK}$.

Υπολογίζονται επίσης οι απώλειες θερμότητας διαμέσου της εξωτερικής τοιχοποιίας πάχους 25cm, η οποία αποτελείται κατά σειρά, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 15cm, εσωτερικό κονίαμα 1,5cm, τούβλο διαστάσεων 7x7cm και εξωτερικό επίχρισμα 1,5cm. Τα τούβλα διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κονιάματος, πάχους 1,5cm. Ο συντελεστής αγωγής του

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

οπλισμένου σκυροδέματος ορίζεται ως $k_{\text{concrete}} = 1,73 \text{ W/mK}$, του τούβλου ως $k_{\text{brick}} = 0,72 \text{ W/mK}$ και του εσωτερικού κονιάματος και του του εξωτερικού επιχρίσματος ως $k_{\text{mortar}} = 0,22 \text{ W/mK}$.

Η οροφή και συγκεκριμένα το πριονωτό τμήμα της αποτελείται, κινούμενοι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον, από κατάλληλη μεταλλική διαμόρφωση που χρησιμοποιείται ως βάση πάνω στην οποία στηρίζονται πολυεστερικά φύλλα αμιάντου “ελληνίτ” διαστάσεων 92x300cm, πάχους 1,0cm και συντελεστή αγωγής $k_{\text{polyester}} = 0,15 \text{ W/mK}$. Τα πολυεστερικά φύλλα αμιάντου συγκρατούνται μέσω μεταξύ τους πριτσινιών και μέσω κατάλληλων ενώσεων επάνω στον σκελετό του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα αναφορικά με τις θερμικές απώλειες μετά από τον υπολογισμό των εξισώσεων (εξ.1-10), φαίνονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμικών απωλειών κτιρίου “Ε”

Προσανα- τολισμός	Βόρεια	Νότια	Δυτικά	Ανατολικά
	Θερμικές απώλειες (kWh)			
Τύπος ανοίγματος (Μήκος x Ύψος)				
20 Παράθυρα (4,70x2,30m)	∅	∅	3,93	3,93
10 Παράθυρα (4,70x1,70m)	∅	∅	∅	2,90
14 Πόρτες Μεταλλικές (4,80x4,70m)	5,74	5,74	∅	∅
7 υάλινες κάθετες πλευρές πριονωτής οροφής (70,00x4,00m)	∅	∅	71,25	∅
Θερμικές απώλειες εξωτερικής τοιχοποιίας (kW)	7,84	7,84	11,24	10,26
Συνολικές	13,58	13,58	15,17	17,10

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

θερμικές απώλειες ανά πλευρά (kW)				
Συνολικές				
θερμικές απώλειες οροφής (kW)			170,45	
Συνολικές				
θερμικές				
απώλειες κτιρίου				
“Ε” (kW)			229,87	

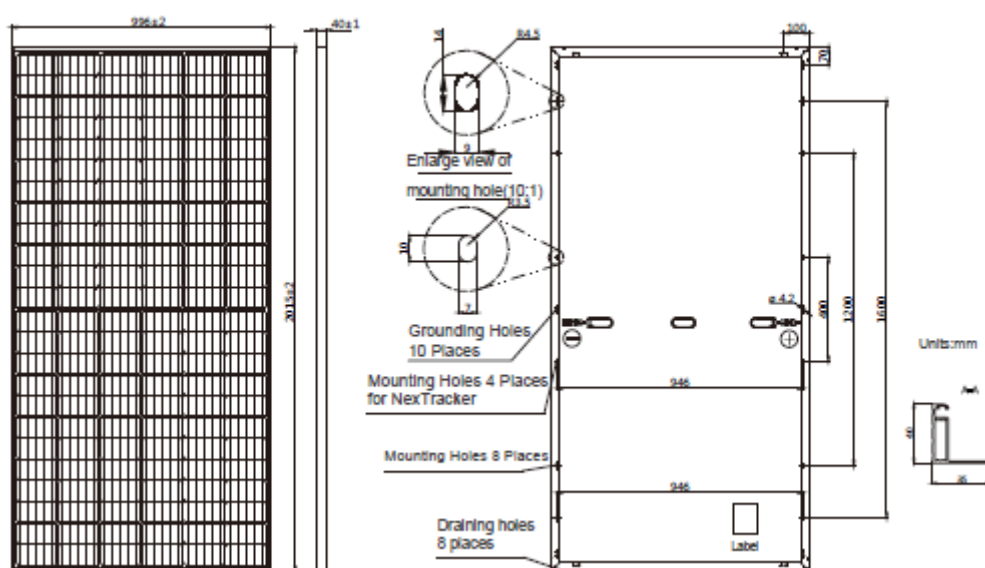
Συνεπώς η προσφερόμενη ισχύς των δύο καυστήρων του κτιρίου “Α” είναι 1.160,00kW και 111,00btu/h ή 32,53kW των κλιματιστικών συσκευών (air – conditions) ενώ 229,87kW είναι οι απώλειες του κτιρίου “Ε” προς το περιβάλλον. Δηλαδή το 20% της ισχύος των καυστήρων χάνεται στο περιβάλλον κάθε ώρα λειτουργίας τους. Τέλος, να τονίσουμε ότι διαμέσου της τοιχοποιίας χάνονται τα 37,18kW, διαμέσου των ανοιγμάτων 93,49kW και διαμέσου της οροφής 99,20kW.

6. Προτεινόμενες λύσεις - παρεμβάσεις

6.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά προτεινόμενων λύσεων - παρεμβάσεων

6.1.1. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (Φ/Β)

Ως καταλληλότερο, οικονομικότερο και αποδοτικότερο Φ/Β σε συνδυασμό με τις δικές μας απαιτήσεις, προτείνεται το μοντέλο “JAM72S10-400/PR (series)” της εταιρείας “JA SOLAR”, με μηχανικό διάγραμμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 21 και τις κυριότερες τεχνικές προδιαγραφές όπως φαίνονται στις Εικόνες 22 και 23 και στον Πίνακα 13.



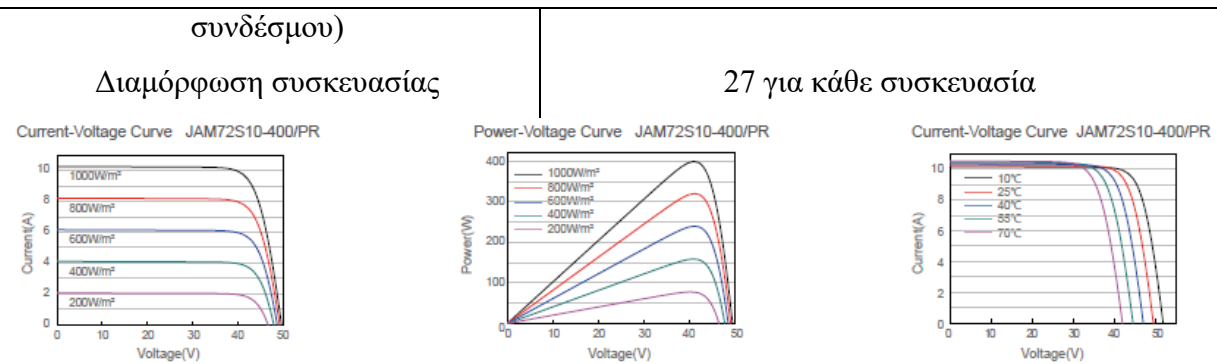
Εικόνα 21: Μηχανικό διάγραμμα Φ/Β “JAM72S10-400/PR (series)”

Πίνακας 13: Τεχνικές προδιαγραφές Φ/Β “JAM72S10-400/PR (series)”

Περιγραφή	Τιμές
Κελί	Μονό
Βάρος	22,7Kg±3%
Ονομαστική μέγιστη ισχύς (Pmax) [W]	40
Μέγιστη Τάση Ισχύος (Vmp) [V]	41,17
Αποδοτικότητα μονάδας [%]	19,9
Διαστάσεις	2015±2mmx996±2mmx40±1mm
Μέγεθος διασταυρούμενου καλωδίου	4mm ²
Σύνολο κελιών	144 (6x24)
Μήκος καλωδίου (συμπεριλαμβανομένου του	Πορτρέτο: 300mm(+)/400mm(-); Τοπίο: 1200mm(+)/1200mm(-)

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας



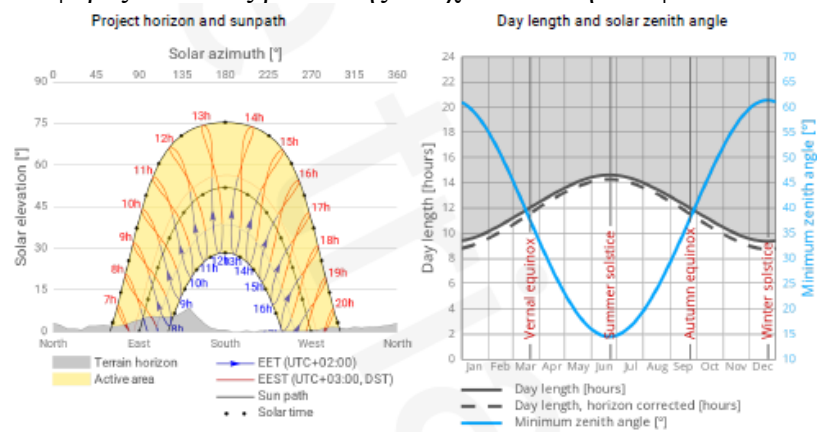
Εικόνα 22: Τεχνικές Προδιαγραφές Φ/Β “JAM72S10-400/PR (series)”

Προκειμένου να υπολογίσουμε το σύνολο των Φ/Β που μπορούν να εγκατασταθούν στην οροφή του κτιρίου και για να αποφύγουμε τυχόν επικαλύψεις μεταξύ τους, εφόσον γνωρίζουμε και ότι η οροφή είναι μακριά από οποιοδήποτε άλλο γειτονικό κτίριο, τοποθετούμε την αρχή του κάθε Φ/Β τα οποία βρίσκονται στην ίδια στήλη, σε απόσταση 2,02m (μήκος Φ/Β) x 1,8m (απόσταση ασφαλείας) = 3,63m, ενώ στην ίδια γραμμή το ένα ακριβώς δίπλα στο άλλο (Εικόνα 24). Η γωνία κλίσης του Φ/Β ορίζεται στις 15° ενώ ο προσανατολισμός τους από το Νότο προς το Βορρά.



Εικόνα 23: Προτεινόμενη απόσταση μεταξύ των Φ/Β

Για τη μελέτη των Φ/Β χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο δωρεάν διαδικτυακό λογισμικό της “SOLARGIS PROSPECT”. Στοιχεία σχετικά με τον ορίζοντα, με το ηλιακό αζιμούθιο και τη διάρκεια του φωτός της ημέρας, φαίνονται στην Εικόνα 25 ενώ στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται οι διάφορες απώλειες ρύπανσης και χιονιού στην επιφάνεια των Φ/Β.



Εικόνα 24: Στοιχεία του ορίζοντα και του ηλιακού αζιμούθιου (αριστερά) και της διάρκειας του φωτός της ημέρας (δεξιά)

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Πίνακας 14: Απώλειες ρύπανσης και χιονιού των Φ/Β

Περιγραφή	Jan %	Feb %	Mar %	Apr %	May %	Jun %	Aug %	Sep %	Oct %	Nov %	Dec %
Soiling losses	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Snow losses	4,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3

Η πιο σημαντική παράμετρος που καθορίζει την ηλιακή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία τροφοδοτεί ένα Φ/Β σύστημα ισχύος. Η παραγωγή ισχύος επηρεάζεται επίσης από τη θερμοκρασία του αέρα. Άλλες μετεωρολογικές παράμετροι επηρεάζουν επίσης την απόδοση, τη διαθεσιμότητα και τη γήρανση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

Συγκεντρωτικά στοιχεία σχετικά με τις μηνιαίες μετεωρολογικές μεταβλητές της τοποθεσίας του εργοστασίου και της ηλιακής ακτινοβολίας, φαίνονται στον Πίνακα 15.

Πίνακας 15: Μετεωρολογικές μεταβλητές και ηλιακή ακτινοβολία

Περιγραφή	CDD degree days	D2G	DIF (kWh/m ²)	DNI (kWh/m ²)	GHI (kWh/m ²)	HDD degree days	Temp (°C)	WS (m/s)
Jan	0	0,444	31,1	98,1	70,0	259	9,6	2,9
Feb	0	0,418	36,5	105,5	87,3	213	10,5	2,9
Mar	1	0,398	53,5	137,6	134,5	176	12,4	2,9
Apr	19	0,406	68,5	149,1	168,6	84	15,8	2,6
May	104	0,365	76,5	185,8	209,7	12	20,9	2,4
Jun	229	0,307	70,3	220,2	229,4	0	25,6	2,5
Jul	315	0,289	69,1	238,3	239,3	0	28,2	2,8
Aug	307	0,314	66,9	212,7	212,7	0	27,9	2,9
Sep	178	0,369	58,2	159,4	157,5	0	23,9	2,6
Oct	59	0,430	48,8	124,1	113,5	21	19,2	2,7
Nov	5	0,462	34,5	94,1	74,5	97	14,9	2,7
Dec	0	0,484	28,6	82,5	59,2	209	11,3	2,8
Yearly	1217	0,366	642,4	1807,4	1756,2	1070	18,4	2,8

Η θεωρητική εκτίμηση της ηλιακής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η μακροπρόθεσμη γήρανση και υποβάθμιση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών μονάδων και άλλων εξαρτημάτων του συστήματος παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 16, μαζί με τα αντίστοιχα μηνιαία στατιστικά.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

Πίνακας 16: Πρόγνωση μηνιαίων στατιστικών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Φ/Β

Περιγραφή	GTI Monthly sum (kWh/m ²)	GTI Daily average (Wh/m ²)	PVOUT total Monthly sum (kWh)	PVOUT total Daily average (Wh)	PVOUT specific Monthly sum (kWh/kWp)	PVOUT specific (Wh/kWp)	PR (%)
Jan	91,5	2951	7690,4	248078	76,9	2480,8	84,1
Feb	107,2	3828	8898,5	317805	89,0	3178,0	83,0
Mar	153,1	4938	12506,2	403427	125,1	4034,3	81,7
Apr	180,0	6002	14414,3	480475	144,1	4804,8	80,1
May	213,9	6899	16681,7	538121	166,8	5381,2	78,0
Jun	228,8	7628	17452,1	581737	174,5	5817,4	76,3
Jul	241,4	7786	18208,9	587385	182,1	5873,8	75,4
Aug	224,1	7228	17013,4	548820	170,1	5488,2	75,9
Sep	175,7	5856	13741,8	458059	137,4	4580,6	78,2
Oct	135,1	4358	10937,0	352806	109,4	3528,1	81,0
Nov	94,6	3152	7856,5	261885	78,6	2618,8	83,1
Dec	78,3	2525	6541,6	211019	65,4	2110,2	83,6
Yearly	1923,5	5262	151942,5	415801	1519,4	4158,0	79,0

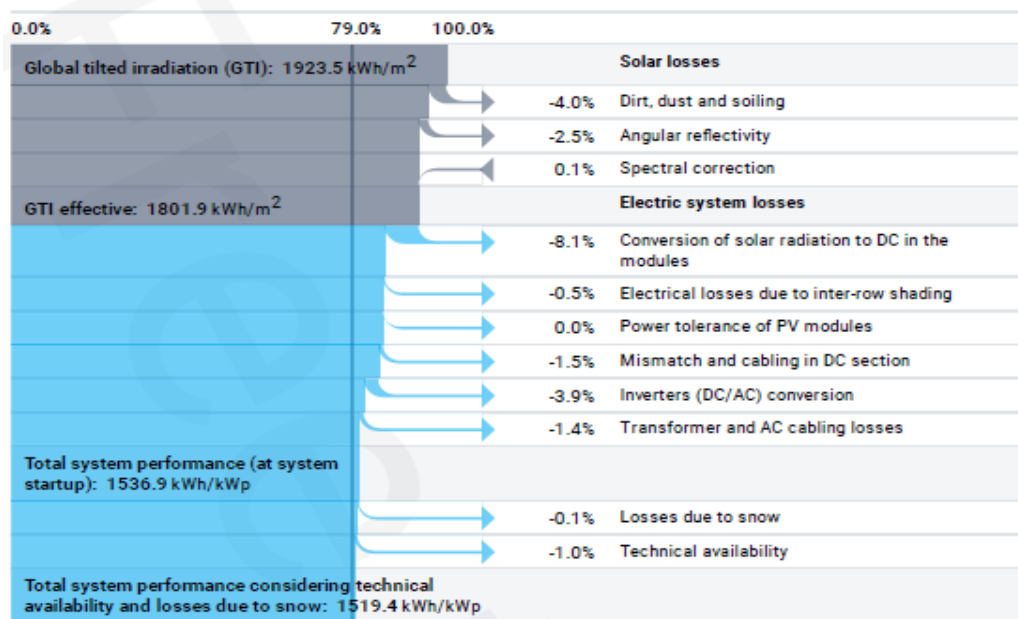
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 - 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 - 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - 6	-	-	-	-	5.2	10.6	5.0	0.3	-	-	-	-
6 - 7	-	-	0.9	29.4	79.7	96.5	78.2	45.9	14.7	0.6	-	-
7 - 8	-	7.8	66.1	159.3	226.9	252.6	235.7	197.9	153.3	85.6	14.1	0.4
8 - 9	72.2	133.8	223.7	319.5	388.7	418.7	408.9	378.4	329.4	249.6	156.3	70.2
9 - 10	226.1	286.6	372.6	465.6	520.7	557.7	552.1	532.8	480.0	387.3	285.2	215.3
10 - 11	332.2	400.7	482.8	569.1	616.9	650.1	651.5	637.0	579.4	475.9	377.1	306.2
11 - 12	395.2	463.1	546.7	622.1	668.9	697.9	708.3	694.7	623.8	513.8	414.7	351.9
12 - 13	411.3	482.7	568.6	629.0	665.4	698.2	714.9	696.2	620.2	515.8	420.8	360.5
13 - 14	394.4	469.8	556.3	607.7	634.6	661.5	680.1	661.1	578.6	482.6	390.1	335.3
14 - 15	332.8	417.8	495.9	538.2	565.6	600.0	620.2	592.4	498.2	400.2	312.3	270.6
15 - 16	233.1	311.3	385.9	426.1	458.1	503.8	521.9	488.0	387.0	277.6	199.9	169.6
16 - 17	82.6	176.5	245.2	285.1	327.7	372.7	388.6	348.4	244.0	130.4	48.4	30.3
17 - 18	0.8	28.0	87.6	135.8	179.3	219.9	229.6	183.9	71.6	8.7	-	-
18 - 19	-	-	1.9	17.8	43.1	73.4	75.5	31.2	0.5	-	-	-
19 - 20	-	-	-	-	0.3	3.7	3.2	-	-	-	-	-
20 - 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21 - 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22 - 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 - 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	2480.8	3178.0	4034.3	4804.8	5381.2	5817.4	5873.8	5488.2	4580.6	3528.1	2618.8	2110.2

Εικόνα 25: Ισχύς εξόδου Φ/Β ανά ώρα – ημέρα – μήνα και ετησίως

Στην Εικόνα 25 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά και με τη βοήθεια θερμοκρασιακού χρωματισμού, η εκτίμηση της ετήσιας ισχύος εξόδου του Φ/Β για κάθε ώρα, ημέρα και μήνα καθώς και συνολικά, με μέγιστη πρόγνωση ημερήσιας ισχύος εξόδου πχ για το μήνα Ιούλιο 714,9Wh/m² για κάθε επιμέρους Φ/Β. Στη συνέχεια, στην Εικόνα 27 παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής οι θεωρητικές απώλειες κατά τη μετατροπή της ενέργειας σε ένα Φ/Β σύστημα.

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας



Εικόνα 26: Θεωρητικές απώλειες κατά τη μετατροπή ενέργειας σε ένα Φ/Β σύστημα

Τέλος, στον Πίνακα 17 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ετήσια μέση εκτίμηση της παραγωγής ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Αυτή η τιμή λαμβάνει υπόψη τη διαμόρφωση του Φ/Β συστήματος και λαμβάνει επίσης υπόψη την πτώση της απόδοσης του συστήματος λόγω της γήρανσης και της απόδοσης υποβάθμισης των φωτοβολταϊκών μονάδων και άλλων εξαρτημάτων. Η έννοια της ειδικής ισχύος εξόδου του Φ/Β είναι χρήσιμη για τη σύγκριση διαφορετικών έργων ή διαμορφώσεις Φ/Β συστημάτων. Ο λόγος απόδοσης (PR) δείχνει τη μέση απόδοση κατά τη διάρκεια ζωής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση της απόδοσης του συστήματος.

Πίνακας 17: Εκτίμηση συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ένα Φ/Β σύστημα κατά τη διάρκεια της ζωής του

End of year	Degradation rate (%)	Specific photovoltaic power output (kWh/kWp)	Total photovoltaic power output (kWh)	Performance ratio (%)
Theoretical	-	1519,4	151942,5	79,0
1	0,8	1507,3	150727,0	78,4
2	0,5	1499,7	149973,4	78,0
3	0,5	1492,2	149223,5	77,6
4	0,5	1484,8	148477,4	77,2
5	0,5	1477,3	147735,0	76,8
6	0,5	1470,0	146996,3	76,4
7	0,5	1462,6	146261,3	76,0
8	0,5	1455,3	145530,0	75,7
9	0,5	1448,0	144802,4	75,3
10	0,5	1440,8	144078,4	74,9
11	0,5	1433,6	143358,0	74,5

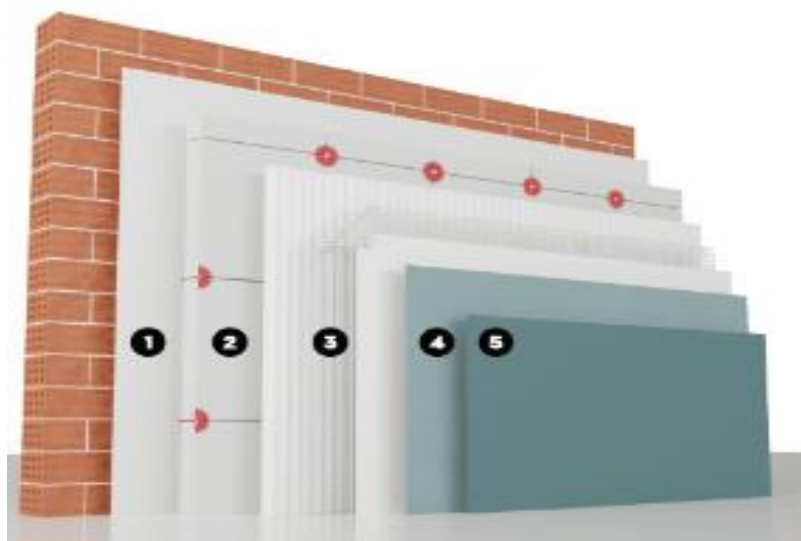
Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

12	0,5	1426,4	142641,2	74,2
13	0,5	1419,3	141928,0	73,8
14	0,5	1412,2	141218,3	73,4
15	0,5	1405,1	140512,2	73,0
16	0,5	1398,1	139809,7	72,7
17	0,5	1391,1	139110,6	72,3
18	0,5	1384,2	138415,1	72,0
19	0,5	1377,2	137723,0	71,6
20	0,5	1370,3	137034,4	71,2
21	0,5	1363,5	136349,2	70,9
22	0,5	1356,7	135667,5	70,5
23	0,5	1349,9	134989,1	70,2
24	0,5	1343,1	134314,2	69,8
25	0,5	1336,4	133642,6	69,5
Average	0,5	1420,2	142020,7	73,8
Cumulative	12,8	-	3550517,7	-

6.1.2. Εγκατάσταση θερμοπρόσοψης στην εξωτερική τοιχοποιία

Η θερμοπρόσοψη σε συνδυασμό με μια πιο οικονομική λύση θα αποτελείται από τα στρώματα της Εικόνας 21. Συγκεκριμένα στο εξωτερικό υπάρχον επίχρισμα (σοβάς) θα τοποθετηθούν κατά σειρά κινούμενοι προς το εξωτερικό περιβάλλον τα εξής στρώματα, ειδική κόλλα θερμομονωτικών πλακών πάχους 1,5cm και $k_{glue} = 0,22 \text{ W/mK}$, θερμομονωτικές πλάκες από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) με μηχανική στερέωση, διαστάσεων 100x60cm, πάχους 5cm και $k_{plate} = 0,034 \text{ W/mK}$, οπλισμένη στρώση με υαλόπλεγμα 0,5cm αποτελούμενη από εσωτερικό επίχρισμα (κόλλα) πάχους 1,5cm και $k_{mortar} = 0,22 \text{ W/mK}$ και υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων με τρύπες ενώ στο τέλος τοποθετείται στρώση ασταρώματος σε συνδυασμό με εξωτερικό επίχρισμα πάχους 2cm και $k_{mortar} = 0,22 \text{ W/mK}$. Οι πλάκες διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω μίας στρώσης κόλλας, πάχους 1,5cm.



Εικόνα 27: Μονοδιάστατη αγωγή σε σύνθετα σώματα με το αντίστοιχο ισοδύναμο θερμικό κύκλωμα της οροφής

6.1.3. Εγκατάσταση θερμομόνωσης στην οροφή

Εφόσον δεν αντιμετωπίζουμε προβλήματα υγραμόνωσης, αντοχή σε βάρος και εφόσον δεν υπάρχουν κλίσεις στην οροφή για λιμνάζοντα νερά, εγκαθιστούμε απευθείας σύστημα θερμομόνωσης, παρόμοιο όπως και με την θερμοπρόσοψη του κτιρίου. Δηλαδή, επάνω στις ήδη υπάρχουσες τσιμεντοειδείς πλάκες, τοποθετούμε κατά σειρά και κινούμενοι προς το εξωτερικό περιβάλλον κατάλληλη κόλλα (επίχρισμα) τσιμεντοειδούς βάσης πάχους 1,5cm και $k_{\text{glue}} = 0,22 \text{ W/mK}$, θερμομονωτικές πλάκες διαστάσεων 100x50cm και πάχους 5cm και $k_{\text{plate}} = 0,034 \text{ W/mK}$, οπλισμένη στρώση με υαλόπλεγμα 0,5cm αποτελούμενη από εσωτερικό επίχρισμα (κόλλα) πάχους 1,5cm και $k_{\text{mortar}} = 0,22 \text{ W/mK}$ και υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων με τρύπες ενώ στο τέλος τοποθετείται στρώση ασταρώματος σε συνδυασμό με κατάλληλη αδιάβροχη κόλλα (επίχρισμα) πάχους 2cm και $k_{\text{waterresistant}} = 0,20 \text{ W/mK}$.

6.2 Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Α

Το εξεταζόμενο κτίριο “Α” έχει μία ορθογωνική κάτοψη εμβαδού 670,20m² και απαρτίζεται από τρεις ορόφους (υπόγειο, ισόγειο, 1^{ος} όροφος). Ο κύριος άξονας του είναι παράλληλος με τον άξονα Ανατολή – Δύση (μήκος 42,70m). Τα προσκείμενα κτίρια που εντοπίζονται περιμετρικά του κτιρίου “Α” είναι σε μεγάλη απόσταση από αυτό, συνεπώς δεν μπορεί να επηρεαστεί από αυτά. Τα ανοίγματα εντοπίζονται περιμετρικά σε όλο το κτίριο (Πίνακας 2) και καταλαμβάνουν στη Βόρεια πλευρά του κτιρίου επιφάνεια 32%, στη Νότια 25%, στην Ανατολική πλευρά 10% και στη Δυτική 32%. Συνεπώς, ένα μεγάλο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου αποτελείται από ανοίγματα υψηλής θερμικής αγωγιμότητας λόγω παλαιότητας, όπως επίσης και η συνολική οροφή του κτιρίου.

Επίσης, η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από υλικά παλαιάς τεχνολογίας με υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας U (W/m²K) ή αντίστροφα χαμηλό συντελεστή θερμικής αντίστασης R (m²K/W), που σε συνδυασμό με την απουσία θερμομόνωσης ή θερμοπρόσοψης οδηγούν στη συνεχή ροή θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον υπό τη μορφή θερμικών απωλειών. Οι συνεχόμενες θερμικές απώλειες έχουν ως αποτέλεσμα τη συνεχή χρήση κατάλληλων συσκευών θέρμανσης ή ψύξης για την αναπλήρωσή τους από το ανθρώπινο προσωπικό, η οποία τελικά οδηγεί στην αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Παρακάτω αναφέρονται τα αποδοτικότερα και συνάμα οικονομικότερα μέτρα για τη μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας, της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου “Α” και της μείωσης του περιβαλλοντικού του αποτυπώματος.

6.2.1. Εγκατάσταση θερμοπρόσοψης στην εξωτερική τοιχοποιία

Το πρώτο μέτρο που προτείνεται είναι η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης ή θερμομόνωσης εξωτερικά του κτιρίου. Συγκεκριμένα στις τέσσερις πλευρές του κτιρίου (Βορράς – Νότος – Δύση – Ανατολή) και σε όλη την επιφάνεια των πλευρών εκτός από τις περιοχές των ανοιγμάτων. Η θερμοπρόσοψη σε συνδυασμό με μια πιο οικονομική λύση θα αποτελείται από τα στρώματα της Εικόνας 21 και με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

6.2.2. Εγκατάσταση θερμομόνωσης στην οροφή

Ως δεύτερο μέτρο προτείνεται η θερμομόνωση της οροφής του κτιρίου με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

6.2.3. Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων

Ως τρίτο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των παλαιών κουφωμάτων με νέα κουφώματα αλουμινίου, τα οποία αυξάνουν τα επίπεδα θερμομόνωσης άλλα και ηχομόνωσης, καθώς όπως αναλύσαμε προηγουμένως το $\frac{1}{4}$ περίπου της επιφάνειας της κάθε πλευράς αποτελείται από ανοίγματα. Τα νέα κουφώματα θα αποτελούνται από κατάλληλο πλαίσιο αλουμινίου περιμετρικά με υαλοπίνακα στη μέση πάχους 4mm και $k_{\text{glassnew}} = 0,30$ W/mK.

6.2.4. Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα

Ως τέταρτο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων από ηλιακό για την παροχή ζεστού νερού σε όλο το κτίριο “Α”. Από την αρχική ανάλυση εντοπίστηκαν στα λουτρά δύο θερμοσίφωνες με κατανάλωση 3,7kWh (40lt) ο καθένας και ένας των 1,50kWh (8lt). Συνεπώς ένας μικρός ηλιακός θερμοσίφωνα των 100lt και διπλής ενεργείας μπορεί να αντικαταστήσει τους παλιούς ηλεκτρικούς, να προσφέρει περισσότερο ζεστό νερό στο κτίριο και παράλληλα να επιτευχθεί εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

6.2.5. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου

Σαν τελευταίο μέτρο για το κτίριο “Α” προτείνεται η εγκατάσταση συνόλου Φ/Β τα οποία θα εγκατασταθούν στην οροφή του κτιρίου, εφόσον δεν τίθενται θέματα αντοχής λόγω βάρους και με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Εφόσον γνωρίζουμε τη συνολική επιφάνεια της οροφής, ο συνολικός αριθμός Φ/Β που μπορούν να εγκατασταθούν με ασφάλεια στην οροφή είναι 175 τεμάχια.

Επιλέγοντας την επιφάνεια της οροφής, παρατηρούμε ότι η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται 107m από την επιφάνεια της θάλασσας, το αζιμούθιο του εδάφους είναι 7° ενώ η κλίση του εδάφους είναι 3° .

Επομένως, σύμφωνα με την Εικόνα 26 όπου παρουσιάζεται συγκεντρωτικά και με τη βοήθεια θερμοκρασιακού χρωματισμού, η εκτίμηση της ετήσιας ισχύος εξόδου του Φ/Β για κάθε ώρα, ημέρα και μήνα καθώς και συνολικά, με μέγιστη πρόγνωση ημερήσιας ισχύος εξόδου πχ για το μήνα Ιούλιο $714,9\text{Wh/m}^2$ για κάθε επιμέρους Φ/Β οπότε για το σύνολο των 175 Φ/Β, εκτιμάται πρόγνωση 125kWh/m^2 ανά ημέρα.

6.3 Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Β

Το εξεταζόμενο κτίριο “Β” έχει επίσης μία ορθογωνική κάτοψη εμβαδού $11.382,00\text{m}^2$ και το μεγαλύτερο μέρος εντοπίζεται στο ισόγειο. Ο κύριος άξονας του είναι παράλληλος με τον άξονα Ανατολή – Δύση (μήκος 140,00m). Τα προσκείμενα κτίρια που εντοπίζονται περιμετρικά του κτιρίου “Β” είναι σε μεγάλη απόσταση από αυτό, συνεπώς δεν μπορεί να επηρεαστεί από αυτά. Τα ανοίγματα εντοπίζονται περιμετρικά σε όλο το κτίριο (Πίνακας 3) και καταλαμβάνουν στη Βόρεια πλευρά του κτιρίου επιφάνεια 21%, στη Νότια 18%, στην

Ανατολική 9% και στη Δυτική 9%. Συνεπώς, ένα μεγάλο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου αποτελείται από ανοίγματα υψηλής θερμικής αγωγιμότητας λόγω παλαιότητας, όπως επίσης και η συνολική οροφή του κτιρίου.

Το κτίριο “Β” αποτελώντας ένα από τα βασικά παραγωγικά τμήματα του Εργοστασίου, δεν μπορεί να απομονωθεί από το εξωτερικό περιβάλλον εξαιτίας της καθημερινής εισόδου – εξόδου εργαζομένων, υλικών, μηχανημάτων και μέσων σε αυτό.

Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση των θερμικών απωλειών προς το εξωτερικό περιβάλλον, τη συνεχόμενη λειτουργία των καυστήρων θέρμανσης ή των οποιοδήποτε ηλεκτρικών θερμαντικών συσκευών για την αναπλήρωση των απωλειών, την αύξηση κατανάλωσης καυσίμου ή της ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνέχεια της αύξηση των εκπομπών CO₂. Επομένως, η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης ή θερμομόνωσης στην τοιχοποιία άλλα και στην οροφή του κτιρίου δεν ωφελεί.

Συνεπώς, τα αποδοτικότερα και οικονομικότερα μέτρα για τη μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας, της ενεργειακής αναβάθμισης των παραγωγικών κτιρίων και της μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, αφορούν κυρίως μέτρα μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης ως προς την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών για την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και της ενθάρρυνσής τους για την αλλαγή στις συνήθειες κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο, η αλλαγή συμπεριφοράς σε μεγάλη κλίμακα δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί. Για να έχουμε ευρύτερη εμβέλεια και αντίκτυπο, θα πρέπει να στηριχτούμε σε δράσεις που αποσκοπούν στην ευαισθητοποίηση και στην υποκίνηση τους.

6.3.1. Στεγανοποίηση της οροφής

Το πρώτο μέτρο που προτείνεται είναι η κατάλληλη στεγανοποίηση της οροφής του κτιρίου και συγκεκριμένα το τμήμα των υαλοστασίων (ανοιγμάτων). Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως, τα επτά κάθετα τμήματα της πριονωτής οροφής του κτιρίου, μήκους 140m έκαστος, αποτελούνται από γυαλί με αποτέλεσμα να τίθενται θέματα στεγανοποίησης και υγρομόνωσης στις ενώσεις με την κύρια τοιχοποιία της οροφής. Συνεπώς, προτείνεται η χρήση κατάλληλων υλικών στεγανοποίησης για την ενίσχυση της στεγανότητας.

6.3.2. Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων

Η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων είτε της κύριας τοιχοποιίας είτε της οροφής, για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω δεν ωφελεί. Συνεπώς προτείνεται η αντικατάσταση των σπασμένων υαλοστασίων καθώς και η επισκευή των φθαρμένων κουφωμάτων προκειμένου να μειώσουμε, όσο το δυνατόν περισσότερο τις θερμικές απώλειες, να αυξήσουμε τη στεγανότητα του κτιρίου και να μειώσουμε εντέλει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας από την χρήση των ηλεκτρικών θερμαντικών συσκευών.

6.3.3. Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα

Ως τρίτο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων και των ηλεκτρικών μπόιλερ από ηλιακό, για την παροχή ζεστού νερού σε όλο το κτίριο “Β”. Από την αρχική ανάλυση εντοπίστηκαν στα λουτρά δύο θερμοσίφωνες με κατανάλωση 3,7kWh (40lt) ο καθένας και δύο μπόιλερ των 4,00kWh (120lt), το καθένα. Συνεπώς είναι απαραίτητη η εγκατάσταση δύο ηλιακών θερμοσίφωνων των 200lt ο καθένας και διπλής ενεργείας, προκειμένου να αντικατασταθούν οι παλαιοί ηλεκτρικοί, να προσφέρουν περισσότερο ζεστό νερό στο κτίριο και παράλληλα να επιτευχθεί εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

6.3.4. Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου με συσσωρευτή

Σαν τέταρτο μέτρο για το κτίριο “Β” προτείνεται η εγκατάσταση συνόλου Φ/Β τα οποία θα εγκατασταθούν στην οροφή του κτιρίου, εφόσον δεν τίθενται θέματα αντοχής λόγω βάρους και σύμφωνα με τα παραπάνω τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ο προσανατολισμός τους πρέπει να είναι από το Νότο προς το Βορρά, δηλαδή κοιτάνε προς το Νότο, κάτι το οποίο συνάδει και με την υπάρχουσα κατεύθυνση του τμήματος της πριονωτής οροφής.

Εφόσον γνωρίζουμε τη συνολική επιφάνεια της οροφής δηλαδή επτά επικλινή τμήματα των 140m και 1m το πλάτος του Φ/Β, ο αριθμός των Φ/Β που προτείνονται να εγκατασταθούν με ασφάλεια στην οροφή είναι $140 \times 7 = 980$ τεμάχια, με μέγιστη πρόγνωση ημερήσιας ισχύς εξόδου p_{ch} για το μήνα Ιούλιο $714,9 \text{ Wh/m}^2$ για κάθε επιμέρους Φ/Β ενώ για το σύνολο των 980 Φ/Β, 700 kWh/m^2 ανά ημέρα.

Η μόνη διαφορά έγκειται στην απαίτηση αποθήκευσης ενέργειας λόγω ότι η ημερήσια απόδοση της ηλεκτρικής ενέργειας του προτεινόμενου συνόλου Φ/Β είναι κατά το πλείστον, πολύ μεγαλύτερη από την ημερήσια απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Β”. Συνεπώς προτείνεται η τοποθέτηση κατάλληλης διάταξης συσσωρευτή, σε κατάλληλο χώρο του κτιρίου, για την αποθήκευση της επιπλέον αυτής ηλεκτρικής ενέργειας και τη χρήση της, όταν θα απαιτηθεί, σε μεταγενέστερο χρόνο.

6.3.5. Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων

Ως πέμπτο και τελευταίο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των παλαιών λαμπτήρων με αυτούς νέας τεχνολογίας “LED”. Από την αρχική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο, εντοπίστηκαν 203 λαμπτήρες υψηλής πίεσης, κατανάλωσης $81,20 \text{ kWh}$, 195 λαμπτήρες φθορίου, $7,02 \text{ kWh}$ και 58 λαμπτήρες πυρακτώσεως, $3,48 \text{ kWh}$ συνολικά και υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Συνεπώς προτείνεται να αντικατασταθεί το σύνολο αυτών των λαμπτήρων προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

6.4 Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Γ

Το εξεταζόμενο κτίριο “Γ” έχει επίσης μία ορθογωνική κάτοψη εμβαδού $2.026,00 \text{ m}^2$ και εντοπίζεται στο ισόγειο. Ο κύριος άξονας του είναι παράλληλος με τον άξονα Ανατολή – Δύση (μήκος $62,95\text{m}$). Τα προσκείμενα κτίρια που εντοπίζονται περιμετρικά του κτιρίου “Β” είναι σε μεγάλη απόσταση από αυτό, συνεπώς δεν μπορεί να επηρεαστεί από αυτά. Τα ανοίγματα εντοπίζονται περιμετρικά σε όλο το κτίριο (Πίνακας 4) και καταλαμβάνουν στη Βόρεια πλευρά του κτιρίου επιφάνεια 31%, στη Νότια 43%, στην Ανατολική πλευρά 51% και στη Δυτική 11%.

Επομένως, το μεγαλύτερο μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου αποτελείται από ανοίγματα υψηλής θερμικής αγωγιμότητας που σε συνδυασμό με την επικάλυψη από αυλακωτή λαμαρίνα του υπόλοιπου οδηγούν στην αύξηση των θερμικών απωλειών προς το εξωτερικό περιβάλλον, τη συνεχόμενη λειτουργία των καυστήρων θέρμανσης ή των οποιοδήποτε ηλεκτρικών θερμαντικών συσκευών για την αναπλήρωση των απωλειών, την αύξηση κατανάλωσης καυσίμου ή της ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνέχεια της αύξηση των εκπομπών CO_2 . Επομένως, η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης ή θερμομόνωσης στην

τοιχοποιία άλλα και στην οροφή του κτιρίου είναι αδύνατη, εξαιτίας της αυλακωτής λαμαρίνας.

6.4.1. Στεγανοποίηση της οροφής

Το πρώτο μέτρο που προτείνεται είναι η κατάλληλη στεγανοποίηση της οροφής του κτιρίου και συγκεκριμένα το τμήμα των υαλοστασίων (ανοιγμάτων). Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως, τα δύο κάθετα τμήματα της οροφής του κτιρίου, μήκους 62,95m το καθένα, αποτελούνται από γυαλί με αποτέλεσμα να τίθενται θέματα στεγανοποίησης και υγρομόνωσης στις ενώσεις με την κύρια τοιχοποιία της οροφής. Συνεπώς, προτείνεται η χρήση κατάλληλων υλικών στεγανοποίησης για την ενίσχυση της στεγανότητας.

6.4.2. Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων

Η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων είτε της κύριας τοιχοποιίας είτε της οροφής, για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω δεν ωφελεί. Συνεπώς προτείνεται η αντικατάσταση των σπασμένων υαλοστασίων καθώς και η επισκευή των φθαρμένων κουφωμάτων προκειμένου να μειώσουμε, όσο το δυνατόν περισσότερο τις θερμικές απώλειες.

6.4.3. Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα

Ως τρίτο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων από ηλιακό για την παροχή ζεστού νερού σε όλο το κτίριο “Γ”. Από την αρχική ανάλυση εντοπίστηκαν στα λουτρά δύο θερμοσίφωνες με κατανάλωση 3,70kWh (40lt). Συνεπώς ένας μικρός ηλιακός θερμοσίφοντας των 100lt και διπλής ενεργείας μπορεί να αντικαταστήσει τους παλαιούς ηλεκτρικούς, να προσφέρει περισσότερο ζεστό νερό στο κτίριο και παράλληλα να επιτευχθεί εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

6.4.4. Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων

Ως τέταρτο και τελευταίο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των παλαιών λαμπτήρων με αυτούς νέας τεχνολογίας “LED”. Από την αρχική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο, εντοπίστηκαν 20 λαμπτήρες φθορίου, κατανάλωσης 0,72kWh συνολικά και υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Συνεπώς προτείνεται να αντικατασταθεί το σύνολο αυτών των λαμπτήρων προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

6.5 Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Δ

Το εξεταζόμενο κτίριο “Δ” έχει επίσης μία ορθογωνική κάτοψη εμβαδού 1.392,40m² και εντοπίζεται στο ισόγειο. Ο κύριος άξονας του είναι παράλληλος με τον άξονα Ανατολή – Δύση (59,00m μήκος). Τα προσκείμενα κτίρια που εντοπίζονται περιμετρικά του κτιρίου “Δ” είναι σε μεγάλη απόσταση από αυτό, συνεπώς δεν μπορεί να επηρεαστεί από αυτά. Τα ανοίγματα εντοπίζονται περιμετρικά σε όλο το κτίριο (Πίνακας 5) και καταλαμβάνουν στη Βόρεια πλευρά του κτιρίου επιφάνεια 51%, στη Νότια 60% , στην Ανατολική πλευρά 5% και στη Δυτική 9%.

Επομένως, το μεγαλύτερο μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου αποτελείται από ανοίγματα υψηλής θερμικής αγωγιμότητας που σε συνδυασμό με την επικάλυψη από αυλακωτή λαμαρίνα τμήματος του κτιρίου οδηγούν στην αύξηση των θερμικών απωλειών

προς το εξωτερικό περιβάλλον. Επομένως, η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης ή θερμομόνωσης στην τοιχοποιία άλλα και στην οροφή του κτιρίου είναι αδύνατη, εξαιτίας της αυλακωτής λαμαρίνας.

6.5.1. Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων

Η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων είτε της κύριας τοιχοποιίας είτε της οροφής, για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω δεν ωφελεί. Συνεπώς, ως πρώτο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση των σπασμένων υαλοστασίων καθώς και η επισκευή των φθαρμένων κουφωμάτων προκειμένου να μειώσουμε, όσο το δυνατόν περισσότερο τις θερμικές απώλειες, να αυξήσουμε τη στεγανότητα του κτιρίου και να μειώσουμε εντέλει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

6.5.2. Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα

Ως δεύτερο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων από ηλιακό, για την παροχή ζεστού νερού σε όλο το κτίριο “Δ”. Από την αρχική ανάλυση εντοπίστηκε στα λουτρά ένας θερμοσίφωνα με κατανάλωση 3,50kWh (50lt). Συνεπώς ένας μικρός ηλιακός θερμοσίφωνα των 80lt και διπλής ενεργείας μπορεί να αντικαταστήσει τον παλιό ηλεκτρικό, να προσφέρει περισσότερο ζεστό νερό στο κτίριο και παράλληλα να επιτευχθεί εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

6.5.3. Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων

Ως τρίτο και τελευταίο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των παλαιών λαμπτήρων με αυτούς νέας τεχνολογίας “LED”. Από την αρχική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο, εντοπίστηκαν 20 λαμπτήρες φθορίου, κατανάλωσης 0,72kWh και 6 λαμπτήρες πυρακτώσεως, 0,36kWh συνολικά και υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Συνεπώς προτείνεται να αντικατασταθεί το σύνολο αυτών των λαμπτήρων προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

6.6 Προτεινόμενες λύσεις για το κτίριο Ε

Το εξεταζόμενο κτίριο “Δ” έχει επίσης μία ορθογωνική κάτοψη εμβαδού 6.300,00m² και το μεγαλύτερο μέρος του εντοπίζεται στο ισόγειο. Ο κύριος άξονας του είναι παράλληλος με τον άξονα Βορράς – Νότος (90,00m μήκος). Τα προσκείμενα κτίρια που εντοπίζονται περιμετρικά του κτιρίου “Β” είναι σε μεγάλη απόσταση από αυτό, συνεπώς δεν μπορεί να επηρεαστεί από αυτά. Τα ανοίγματα εντοπίζονται περιμετρικά σε όλο το κτίριο (Πίνακας 6) και καταλαμβάνουν στη Βόρεια πλευρά του κτιρίου επιφάνεια 14%, στη Νότια 24% , στην Ανατολική πλευρά 15% και στη Δυτική επίσης 15%. Συνεπώς, ένα μεγάλο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου αποτελείται από ανοίγματα υψηλής θερμικής αγωγιμότητας λόγω παλαιότητας, όπως επίσης και το μεγαλύτερο μέρος της οροφής του κτιρίου.

Το κτίριο “Ε” αποτελώντας επίσης ένα από τα βασικά παραγωγικά τμήματα του Εργοστασίου, δεν μπορεί να απομονωθεί από το εξωτερικό περιβάλλον εξαιτίας της καθημερινής εισόδου – εξόδου εργαζομένων, υλικών, μηχανημάτων και μέσων σε αυτό.

6.6.1. Στεγανοποίηση της οροφής

Το πρώτο μέτρο που προτείνεται είναι η κατάλληλη στεγανοποίηση της οροφής του κτιρίου και συγκεκριμένα το τμήμα των υαλοστασίων (ανοιγμάτων). Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως, τα επτά κάθετα τμήματα της πριονωτής οροφής του κτιρίου, μήκους 70m το καθένα, αποτελούνται από γυαλί με αποτέλεσμα να τίθενται θέματα στεγανοποίησης και υγραμόνωσης στις ενώσεις με την κύρια τοιχοποιία της οροφής. Συνεπώς, προτείνεται η χρήση κατάλληλων υλικών στεγανοποίησης για την ενίσχυση της στεγανότητας.

6.6.2. Αντικατάσταση των φύλλων αμιάντου της οροφής

Το δεύτερο μέτρο που προτείνεται είναι η αντικατάσταση των φύλλων αμιάντου “ελλενίτ” των επτά κεκλιμένων τμημάτων της πριονωτής οροφής του κτιρίου, διαστάσεων 70x6,5m το καθένα, καθόσον ο αμιάντος είναι επικίνδυνος εφόσον κατακερματιστεί και οι ίνες του απελευθερωθούν στον αέρα, ως σκόνη αμιάντου. Σε περίπτωση εισπνοής αυτών των ινών, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντικό να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας στην έκθεση στον αμιάντο κατά τις εργασίες απομάκρυνσης, κατεδάφισης, συντήρησης και επισκευής. Επομένως, εφόσον στο συγκεκριμένο κτίριο η βάση της οροφής αποτελείται από κατάλληλη μεταλλική κατασκευή και όχι από σκυρόδεμα, τίθενται θέματα αντοχής λόγω βάρους αν επιλέξουμε να εγκαταστήσουμε διάταξη συνηθισμένης οροφής αποτελούμενη από ξύλινη βάση, ασφαλική μεμβράνη και κεραμίδια. Γι’ αυτούς λόγους επιλέγουμε να εγκαταστήσουμε κατάλληλα φύλλα πολυουρεθάνης, διαστάσεων 10x1m το καθένα, πάχος 5cm και $k_{plate} = 0,034 \text{ W/mK}$. Τα φύλλα πολυουρεθάνης ενώνονται μεταξύ τους μέσω πριτσινιών και μέσω κατάλληλων ενώσεων στο μεταλλικό σκελετό του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε γρήγορη δόμηση με μεγάλη θερμομόνωση και κυρίως την επίτευξη οικονομικότερης λύσης.

6.6.3. Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων

Η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων είτε της κύριας τοιχοποιίας είτε της οροφής, για τους λόγους που αναφέρθηκε και παραπάνω δεν ωφελεί. Συνεπώς προτείνεται η αντικατάσταση των σπασμένων υαλοστασίων καθώς και η επισκευή των φθαρμένων κουφωμάτων προκειμένου να μειώσουμε, όσο το δυνατόν περισσότερο τις θερμικές απώλειες, να αυξήσουμε τη στεγανότητα του κτιρίου και να μειώσουμε εντέλει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της χρήσης ηλεκτρικών θερμαντικών συσκευών.

6.6.4. Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα

Ως τέταρτο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των ηλεκτρικών θερμοσίφωνων και των ηλεκτρικών μπόιλερ από ηλιακό, για την παροχή ζεστού νερού σε όλο το κτίριο “Ε”. Από την αρχική ανάλυση εντοπίστηκαν στα λουτρά δύο θερμοσίφωνες κατανάλωσης 4,00kWh (50lt), έκαστος. Συνεπώς είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα των 160lt και διπλής ενεργείας, προκειμένου να αντικατασταθούν οι παλαιοί ηλεκτρικοί, να προσφέρουν περισσότερο ζεστό νερό στο κτίριο λόγω αναγκών των επιμέρους τμημάτων της γραμμής παραγωγής και παράλληλα να επιτευχθεί εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.

6.6.5. Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου με συσσωρευτή

Σαν πέμπτο μέτρο για το κτίριο “Ε” προτείνεται η εγκατάσταση συνόλου Φ/Β τα οποία θα εγκατασταθούν στην οροφή του κτιρίου, εφόσον δεν τίθενται θέματα αντοχής λόγω βάρους και σύμφωνα με τα προαναφερόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ο προσανατολισμός τους πρέπει να είναι από το Νότο προς το βορρά, δηλαδή κοιτάνε προς το Νότο, κάτι το οποίο συνάδει και με την υπάρχουσα κατεύθυνση του τμήματος της προιωντής οροφής.

Εφόσον γνωρίζουμε τη συνολική επιφάνεια της οροφής δηλαδή επτά επικλινή τμήματα των 70m και 1m το πλάτος του Φ/Β, ο αριθμός των Φ/Β που προτείνονται να εγκατασταθούν με ασφάλεια στην οροφή είναι $70 \times 7 = 490$ τεμάχια, με μέγιστη πρόγνωση ημερήσιας ισχύς εξόδου p_{ch} για το μήνα Ιούλιο $714,9 \text{Wh/m}^2$ για κάθε επιμέρους Φ/Β ενώ για το σύνολο των 490 Φ/Β, 350kWh/m^2 ανά ημέρα.

Τέλος, υφίσταται η απαίτηση αποθήκευσης ενέργειας λόγω ότι η ημερήσια απόδοση της ηλεκτρικής ενέργειας του προτεινόμενου συνόλου Φ/Β είναι κατά το πλείστον, πολύ μεγαλύτερη από την ημερήσια απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου “Ε”. Συνεπώς προτείνεται η τοποθέτηση κατάλληλης διάταξης συσσωρευτή, σε κατάλληλο χώρο του κτιρίου, για την αποθήκευση της επιπλέον αυτής ηλεκτρικής ενέργειας και τη χρήση της, όταν θα απαιτηθεί, σε μεταγενέστερο χρόνο.

6.6.6. Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων

Ως έκτο και τελευταίο μέτρο προτείνεται η αντικατάσταση όλων των παλαιών λαμπτήρων με αυτούς νέας τεχνολογίας “LED”. Από την αρχική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο, εντοπίστηκαν 103 λαμπτήρες φθορίου, κατανάλωσης $3,71 \text{kWh}$ και 6 λαμπτήρες πυρακτώσεως, $0,36 \text{kWh}$ συνολικά, υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Συνεπώς προτείνεται να αντικατασταθεί το σύνολο αυτών των λαμπτήρων προκειμένου να μειώσουμε ακόμη περισσότερο την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

6.7 Θερμικές απώλειες των κτιρίων μετά τις προτεινόμενες λύσεις – παρεμβάσεις

Στον παρακάτω Πίνακα 18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προτεινόμενων λύσεων – παρεμβάσεων στις θερμικές απώλειες των κτιρίων.

Πίνακας 18: Αποτελέσματα προτεινόμενων λύσεων – παρεμβάσεων στις θερμικές απώλειες

Περιγραφή κτιρίου	Θερμικές απώλειες πριν τα μέτρα (kW)	Θερμικές απώλειες μετά τα μέτρα (kW)
Κτίριο Α	33,06	18,43
Κτίριο Β	507,89	Χωρίς Μεταβολή – Μέτρα
Κτίριο Γ	132,92	υποκίνησης προσωπικού και μέτρα
Κτίριο Δ	90,34	αντικατάστασης συσκευών –

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Κτίριο Ε	229,87	Μελλοντικός αντίκτυπος στη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης χωρίς τη δυνατότητα υπολογισμού της την παρούσα χρονική στιγμή 176,48
----------	--------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. Αξιολόγηση κινδύνων με τη χρήση πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης απόφασης (ΠΣΥΑ)

7.1 Ανάλυση Απόστασης από Ιδεατό Σημείο

7.1.1. Σκοπός των μεθόδων ΠΑΑ που βασίζονται στην απόσταση

Οι μέθοδοι της απόστασης από ένα ιδεατό σημείο αξιολογούν και κατατάσσουν εναλλακτικές βάσει της απόστασής τους από ένα σημείο που αναπαριστά μία υποθετική εναλλακτική, η οποία ανταποκρίνεται με τον βέλτιστο τρόπο στο προτιμησιακό μοντέλο των αποφασιζόντων. Με τον τρόπο αυτό, η εναλλακτική που βρίσκεται πιο κοντά στο υποθετικό αυτό σημείο είναι και η βέλτιστη.

Συνήθεις μέθοδοι είναι οι:

- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)
- CP (Compromise Programming)
- VIKOR (VIsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje ή Means multi-criteria and compromise Solution).

7.1.2. Η μέθοδος “TOPSIS”

Η μέθοδος “TOPSIS” είναι αυτή που επιλέχθηκε για την πολυκριτήρια ανάλυση υποστήριξης απόφασης των βέλτιστων λύσεων του προβλήματος μας, καθώς παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων.

Η μέθοδος “TOPSIS” αναπτύχθηκε ως εναλλακτική της οικογένειας “ELECTRE”, και αποτελεί μία μέθοδο σύνθεσης αντιστάθμισης, βασισμένη στην αρχή ότι η επιλεχθείσα εναλλακτική οφείλει να έχει την ελάχιστη γεωμετρική απόσταση από τη θετική ιδεατή λύση και τη μέγιστη από την αρνητική.

Συγκριτικά πλεονεκτήματα:

- Συνεπής αριθμητική λογική που αντιπροσωπεύει τη λογική της ατομικής επιλογής.
- Λαμβάνει υπόψιν ταυτόχρονα τόσο την ιδεατή όσο και την αντι-ιδεατή λύση.
- Χρησιμοποιεί μία συστηματική και εύκολα προγραμματιζόμενη υπολογιστική διαδικασία.
- Επιτρέπει μεγάλο αριθμό κριτηρίων και εναλλακτικών.
- Διαθέτει πολλαπλές προεκτάσεις για πληθώρα προβλημάτων.

7.1.3. Στάδια επίλυσης μεθόδου “TOPSIS”

1. Τα στάδια επίλυσης της μεθόδου “TOPSIS” είναι τα ακόλουθα:
2. Σχεδίαση του πίνακα απόφασης.
3. Υπολογισμός του κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης.
4. Υπολογισμός του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης.
5. Προσδιορισμός διανυσμάτων θετικής και αρνητικής ιδεατής λύσης.
6. Υπολογισμός αποστάσεων.
7. Υπολογισμός σχετικής εγγύτητας.

7.2 Αξιολόγηση κινδύνων υλοποίησης λύσεων - παρεμβάσεων στα πέντε εξεταζόμενα κτίρια με τη μέθοδο “TOPSIS”

Σε παραπάνω ενότητα προγραμματίσαμε – προτείναμε λύσεις – παρεμβάσεις για την αναδιαμόρφωση των υφιστάμενων υποδομών για την ενεργειακή αποδοτικότητα. Για το σκοπό αυτό, θέλουμε να αξιολογήσουμε διάφορους κινδύνους που δύναται να επηρεάσουν τα επικρατέστερα μέτρα υλοποίησης για το προτεινόμενο νέο πλαίσιο.

Παρότι τα κριτήρια αξιολόγησης των κινδύνων δεν είναι ισοβαρή, κατόπιν εμπειρίας, έχουμε καταλήξει σε παράγοντες που αφορούν στην αντιληφθείσα πιθανότητα εμφάνισης, στο επίπεδο ανησυχίας, στην αντιληφθείσα επίδραση επί του νέου πλαισίου και στη δυνατότητα διαχείρισης/μετριασμού του κινδύνου από πλευράς του Φορέα.

Συνεπώς τα χαρακτηριστικά του προβλήματος συνοψίζονται στα ακόλουθα: 8 εναλλακτικές, 4 κριτήρια κόστους και 1 κριτήριο οφέλους, ενώ η επίλυση του προβλήματος παρουσιάζεται κατά στάδια επίλυσης μέσω της μεθόδου “TOPSIS”, στους ακόλουθους Πίνακες.

Πίνακας 19: Σχεδίαση του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια			
	C ₁ . Πιθανότητα εκδήλωσης	C ₂ . Επίπεδο ανησυχίας	C ₃ . Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C ₄ . Δυνατότητα μετριασμού
R ₁ . Απραξία συστήματος	1	3	5	5
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	2	1	4	1
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας	4	3	5	2
R ₄ . Γραφειοκρατία	4	3	3	2
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	4	5	2	3
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	2	2	2	2
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	2	3	4	1
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	4	3	5	1

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

Βάρη κριτηρίων	0,35	0,15	0,3	0,2
-----------------------	-------------	-------------	------------	------------

Πίνακας 20: Υπολογισμός του αρχικού κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια			
	C ₁ . Πιθανότητα εκδήλωσης	C ₂ . Επίπεδο ανησυχίας	C ₃ . Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C ₄ . Δυνατότητα μετριάσμού
R ₁ . Απραξία συστήματος	1	9	25	25
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	2*2=4	1	16	1
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας	16	9	25	4
R ₄ . Γραφειοκρατία	16	9	9	4
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	16	25	4	9
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	4	4	4	4
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	4	9	16	1
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	16	9	25	1
SUM	77	75	124	49

Πίνακας 21: Υπολογισμός του τελικού κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια
--------------	----------

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

	C₁. Πιθανότητα εκδήλωσης	C₂. Επίπεδο ανησυχίας	C₃. Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C₄. Δυνατότητα μετριάσμού
R ₁ . Απραξία συστήματος	0,114	0,346	0,449	0,714
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	2/SQRT(77) =0,228	0,115	0,359	0,143
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας	0,456	0,346	0,449	0,286
R ₄ . Γραφειοκρατία	0,456	0,346	0,269	0,286
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	0,456	0,577	0,180	0,429
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	0,228	0,231	0,180	0,286
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	0,228	0,346	0,359	0,143
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	0,456	0,346	0,449	0,143

Πίνακας 22: Υπολογισμός του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια			
	C₁. Πιθανότητα εκδήλωσης	C₂. Επίπεδο ανησυχίας	C₃. Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C₄. Δυνατότητα μετριάσμού
R ₁ . Απραξία συστήματος	0,040	0,052	0,135	0,143

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	0,228*0,35=0,080	0,017	0,108	0,029
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας	0,160	0,052	0,135	0,057
R ₄ . Γραφειοκρατία	0,160	0,052	0,081	0,057
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	0,160	0,087	0,054	0,086
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	0,080	0,035	0,054	0,057
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	0,080	0,052	0,108	0,029
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	0,160	0,052	0,135	0,029

Πίνακας 23: Προσδιορισμός των διανυσμάτων θετικής και αρνητικής ιδεατής λύσης του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια			
	C ₁ . Πιθανότητα εκδήλωσης	C ₂ . Επίπεδο ανησυχίας	C ₃ . Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C ₄ . Δυνατότητα μετριάσμού
R ₁ . Απραξία συστήματος	0,040	0,052	0,135	0,143
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	0,080	0,017	0,108	0,029
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας	0,160	0,052	0,135	0,057

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

R ₄ . Γραφειοκρατία	0,160	0,052	0,081	0,057
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	0,160	0,087	0,054	0,086
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	0,080	0,035	0,054	0,057
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	0,080	0,052	0,108	0,029
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	0,160	0,052	0,135	0,029
Θετικά ιδεατή λύση	0,040	0,017	0,054	0,029
Αρνητικά ιδεατή λύση	0,160	0,087	0,135	0,143

Πίνακας 24: Υπολογισμός αποστάσεως από θετική ιδεατή λύση του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια				Απόσταση από θετική ιδεατή λύση
	C ₁ . Πιθανότητα εκδήλωσης	C ₂ . Επίπεδο ανησυχίας	C ₃ . Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C ₄ . Δυνατότητα μετριασμού	
R ₁ . Απραξία συστήματος	0,000	0,001	0,007	0,013	0,144
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	$(0,080 - 0,040)^2 = 0,002$	0,000	0,003	0,000	$\text{SQRT}(0,002 + 0,000 + 0,003) = 0,067$
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής	0,014	0,001	0,007	0,001	0,151

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

ικανότητας					
R ₄ . Γραφειοκρατία	0,014	0,001	0,001	0,001	0,131
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	0,014	0,005	0,000	0,003	0,150
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	0,002	0,000	0,000	0,001	0,052
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	0,002	0,001	0,003	0,000	0,075
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	0,014	0,001	0,007	0,000	0,148

Πίνακας 25: Υπολογισμός αποστάσεως από αρνητική ιδεατή λύση του πίνακα απόφασης της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Κριτήρια				Απόσταση από θετική ιδεατή λύση
	C ₁ . Πιθανότητα εκδήλωσης	C ₂ . Επίπεδο ανησυχίας	C ₃ . Επίδραση στο νέο πλαίσιο	C ₄ . Δυνατότητα μετριασμού	
R ₁ . Απραξία συστήματος	0,014	0,001	0,000	0,000	0,125
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	(0,080-0,160)²=0,006	0,005	0,001	0,013	SQRT(0,006+0,005+0,001+0,013)=0,158
R ₃ . Έλλειψη	0,000	0,001	0,000	0,007	0,092

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

χρηματοδοτικής ικανότητας					
R ₄ . Γραφειοκρατία	0,000	0,001	0,003	0,007	0,107
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	0,000	0,000	0,007	0,003	0,099
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	0,006	0,003	0,007	0,007	0,151
R ₇ . Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	0,006	0,001	0,001	0,013	0,146
R ₈ . Ανεπαρκείς υποδομές	0,000	0,001	0,000	0,013	0,119

Πίνακας 26: Υπολογισμός σχετικής εγγύτητας και κατάταξη των κινδύνων με τη χρήση της μεθόδου “TOPSIS”

Εναλλακτικές	Σχετική εγγύτητα	Κατάταξη	Σπουδαιότητα κινδύνου
R ₁ . Απραξία συστήματος	0,463	4	5
R ₂ . Έλλειψη θεσμικής ικανότητας	0,125/(0,144+0,125)=0,702	2	7
R ₃ . Έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας	0,379	8	1
R ₄ . Γραφειοκρατία	0,450	5	4
R ₅ . Έλλειψη εμπιστοσύνης	0,398	7	2
R ₆ . Έλλειψη αποδοχής	0,744	1	8

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίγλας

R7. Ανεπαρκείς τεχνικές δεξιότητες	0,659	3	6
R8. Ανεπαρκείς υποδομές	0,446	6	3

Επομένως, η μέθοδος “TOPSIS” μας υποδεικνύει τη σειρά σπουδαιότητας των κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν την υλοποίηση του έργου, με σπουδαιότερο παράγοντα κινδύνου την έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας. Στη δεύτερη θέση βρίσκεται η έλλειψη εμπιστοσύνης ενώ αμέσως μετά ακολουθούν οι ανεπαρκείς υποδομές. Η γραφειοκρατία βρίσκεται στην τέταρτη θέση και μετά ακολουθούν η απραξία του συστήματος, οι ανεπαρκείς τεχνικές ειδικότητες, η έλλειψη θεσμικής ικανότητας ενώ στη τελευταία θέση των κινδύνων βρίσκεται η έλλειψη αποδοχής από το κοινωνικό σύνολο.

8. Συμπεράσματα

Ο κτιριακός τομέας αποτελεί τον μεγαλύτερο κλάδο κατανάλωσης ενέργειας, έχοντας υψηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο όχι μόνο από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG).

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος στην Ελλάδα αποτελεί βασικό στόχο, όχι μόνο για την επίτευξη των στόχων της ΕΕ για το 2020 και το 2030 αλλά και για την επίτευξη μακροπρόθεσμων στόχων που τίθενται από τον οδικό χάρτη για την οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα έως το 2050.

Έχουν προταθεί διάφορα μέτρα μετριασμού των κτιριακών επιπτώσεων, όπως μέτρα ενεργειακής απόδοσης μέσω βελτίωσης της τεχνολογίας και της συμπεριφοράς των χρηστών, προσθήκη μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου, αντικατάσταση παραθύρων και εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών άλλα και μέτρα υιοθέτησης των ΑΠΕ.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, διερευνάται η ενεργειακή απόδοση και βιωσιμότητα ενός κτιριακού συγκροτήματος και συγκεκριμένα η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου.

Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν πέντε κτίρια ενός στρατιωτικού εργοστασίου με έτος κατασκευής το 1945. Αρχικά εντοπίστηκαν τα τοπογραφικά δεδομένα της περιοχής που εντοπίζεται το εργοστάσιο καθώς και πληροφορίες λειτουργίας και ενεργειακών απαιτήσεων. Καταγράφηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων κτιρίων (διαστάσεις, υλικά κατασκευής, ανοίγματα, μόνωση), ενώ υπολογίστηκε και απεικονίστηκε η συνολική ισχύς θέρμανσης – κλιματισμού, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, των στοιχείων φωτισμού και των λοιπών βοηθητικών ηλεκτρικών συσκευών.

Η αυξημένη ισχύς θέρμανσης εντοπίζεται στα κτίρια “B-E” καθόσον αποτελούν βασικά παραγωγικά τμήματα του εργοστασίου ενώ το κτίριο “A” φέρει πληθώρα κλιματιστικών μέσων, καθόσον αποτελείται από γραφεία (Κτίριο Διοίκησης). Επίσης τα παραγωγικά κτίρια παρουσιάζουν αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως λόγω του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (μηχανήματα παραγωγικής διαδικασίας υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης).

Στη συνέχεια υπολογιστήκαν, αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν όλα τα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του στρατιωτικού εργοστασίου αρχίζοντας από το έτος 2010 έως το έτος 2023, με τη μηνιαία κατανάλωση να κυμαίνεται μεταξύ 45,00 – 110,00MWh.

Όμως τις μεγαλύτερες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τις συναντάμε κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο – Φεβρουάριο) όπως και κατά τους θερινούς (Ιούνιος – Αύγουστος) αντίστοιχα.

Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είτε λόγω της παλαιότητας άλλα και της ελλιπούς συντήρησης των συστημάτων θέρμανσης λόγω έλλειψης οικονομικών πόρων, είτε λόγω της έλλειψης πετρελαίου, η θέρμανση στα κτίρια επιτυγχάνεται με ηλεκτρικά θερμαντικά μέσα, με κλιματιστικά καθώς και με λοιπές βοηθητικές θερμαντικές

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

συσκευές. Αντίστοιχα, η ψύξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού επιτυγχάνεται αποκλειστικά με κλιματιστικά και λοιπές ηλεκτρικές συσκευές ψύξης.

Επιπρόσθετα, με τη χρήση αυτοματοποιημένου στατιστικού πακέτου λογισμικού και γλώσσας προγραμματισμού, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), υπολογίστηκαν διάφορες χρονοσειρές όπως αυτή του κινητού μέσου όρου και της εποχικής προσαρμογής προκειμένου να τονιστεί και να αξιολογηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Αναλύθηκαν επίσης, τα αντίστοιχα δεδομένα κόστους κατανάλωσης ρεύματος για την ίδια χρονική περίοδο με το ίδιο μοτίβο να επαναλαμβάνεται ανά τα χρόνια και με το μηνιαίο κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να κυμαίνεται μεταξύ 6.500,00 - 17.000,00€.

Τέλος παρουσιάστηκαν κατάλληλα συγκριτικά διαγράμματα κόστους – κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορα έτη. Συνολικά παρατηρήθηκε μία παρόμοια μορφή των καμπυλών για τα έτη 2015, 2020 και 2023, με εξαίρεση την καμπύλη του έτους 2010 που κυμάνθηκε σε πολύ μικρότερες τιμές σε σχέση με τις άλλες τρεις. Αυτή διακύμανση αποδίδεται στη τιμή της κιλοβατώρας τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Προκειμένου να αξιολογηθεί η ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων, υπολογίστηκαν με τη χρήση κατάλληλης μεθοδολογίας μονοδιάστατης αγωγής σε σύνθετα σώματα, οι θερμικές απώλειες του εκάστοτε κτιρίου. Συγκεκριμένα υπολογίστηκαν οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον διαμέσου των ανοιγμάτων, της εξωτερικής τοιχοποιίας και της οροφής. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι μεγαλύτερες τιμές των απωλειών εντοπίστηκαν στα παραγωγικά κτίρια εξαιτίας της παλαιότητας, της υποβάθμισης των υλικών τοιχοποιίας, της ελλιπούς μόνωσης και στεγανότητας και της αδυναμίας απομόνωσης από το εξωτερικό περιβάλλον.

Στη συνέχεια προτάθηκαν κατάλληλες λύσεις – παρεμβάσεις μετριασμού των ενεργειακών επιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τα ενεργειακά δεδομένα, τη μορφή και τη δυνατότητα υλοποίησης από οικονομικής σκοπιάς για κάθε ένα κτίριο. Πιο συγκεκριμένα,

- Κτίριο “Α”
 - ✓ Εγκατάσταση θερμοπρόσοψης στην εξωτερική τοιχοποιία
 - ✓ Εγκατάσταση θερμομόνωσης στην οροφή
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων
 - ✓ Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα
 - ✓ Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου

- Κτίριο “Β”
 - ✓ Στεγανοποίηση της οροφής
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων
 - ✓ Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα
 - ✓ Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου με συσσωρευτή
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων

- Κτίριο “Γ”
 - ✓ Στεγανοποίηση της οροφής

Μελέτη ενεργειακής απόδοσης και βιωσιμότητας κτιριακού συγκροτήματος: η περίπτωση του ελληνικού στρατιωτικού εργοστασίου

Χριστόφορος Ε. Τσίχλας

- ✓ Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων
 - ✓ Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων
- Κτίριο “Δ”
- ✓ Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων
 - ✓ Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων
- Κτίριο “Ε”
- ✓ Στεγανοποίηση της οροφής
 - ✓ Αντικατάσταση των φύλλων αμιάντου της οροφής
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων
 - ✓ Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα
 - ✓ Εγκατάσταση υβριδικού συστήματος Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην οροφή του κτιρίου με συσσωρευτή
 - ✓ Αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων

Η υλοποίηση των παραπάνω λύσεων μας οδηγεί στη μείωση των θερμικών απωλειών προς το εξωτερικό περιβάλλον, στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, στη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος και των κτιριακών επιπτώσεων και κατά συνέπεια στη μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου (GHG) και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Τελικά, αξιολογήθηκαν οι κίνδυνοι από την υλοποίηση των προτεινόμενων λύσεων μετριάσμού των επιπτώσεων, με τη χρήση ενός πολυκριτήριου συστήματος υποστήριξης απόφασης. Ειδικότερα, επιλέχθηκε η μέθοδος “TOPSIS” για την πολυκριτήρια ανάλυση υποστήριξης απόφασης των βέλτιστων λύσεων του προβλήματος μας, καθώς παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων.

Τα αποτελέσματα υπέδειξαν τη σειρά σπουδαιότητας των κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν την υλοποίηση του έργου, με σπουδαιότερο παράγοντα κινδύνου την έλλειψη χρηματοδοτικής ικανότητας ενώ η έλλειψη εμπιστοσύνης και οι ανεπαρκείς υποδομές βρίσκονται στις αμέσως επόμενες θέσεις.

9. Βιβλιογραφία

1. **EC, A clean Planet for all.** *A Clean Planet for All A European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy.* [επιμ.] in: 773 Final COM. 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>.
2. **M. Economidou, V. Todeschi, P. Bertoldi, D. D'Agostino, P. Zangheri, L. Castellazzi.** *Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings.* s.l. : Energy Build. 225, 110322, 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778820317229>.
3. **United Nations.** *The Sustainable Development Goals Report 2018.* New York, USA. Voss, K., Musall, E., 2013. *Net Zero Energy Buildings: International Projects of Carbon Neutrality in Buildi.* s.l. : Detail Green Books & EnOB,, 2018.
4. **Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Porster, P., Ginzburg, V., Handa, C., Kheshgi, H., Kobayashi, S., Kriegler, E., Mundaca, L., S'ef'erian, R., Vilarino, M.V.** *Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development.* 2018.
5. **Ευρωπαϊκή Οδηγία, 2002/91.** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:32002L0091>.
6. **D. Majcen, L. Itard, H. Visscher.** *Actual and theoretical gas consumption in Dutch dwellings: what causes the differences?* s.l. : Energy Policy, 2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142151300503X>.
7. **EU, The European Parliament, Brussels.** *Energy performance of buildings ***II, in: P5_TA(2002)0459.* 2002. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:en:PDF>.
8. **EU, European Commission, Brussels, Belgium.** *Accompanying document to the proposal for a recast of the energy performance of buildings directive (2002/91/EC) summary of the impact assessment in: E. Commission (Ed.) COM (2008) 780 final, SEC (2008) 2864.* 2002. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698901/EPRS_BRI\(2022\)698901_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698901/EPRS_BRI(2022)698901_EN.pdf).
9. **Carmen Maduta, Giulia Melica, Dalia D' Agostino, Paolo Bertoldi.** *Towards a decarbonised building stock by 2050: The meaning and the role of zero emission buildings (ZEBs) in Europe.* s.l. : Energy Strategy Reviews, 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22002036>.
10. **Ευρωπαϊκή Οδηγία, 2010/31.** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=celex:32012L0027>.
11. **European Parliament, Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 Supplementing Directive 2010/31/EU.** European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings by Establishing a Comparative Methodology Framework for Calculating Cost-Optimal Levels of Minimum Energy Performance Requirements for Buildings and Building Elements. *Official Journal of the European Union.* 2012. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:081:0018:0036:en:PDF>.
12. **Council, European Parliament and the.** *Directive (EU) 2018/844 Amending Directive 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings Directive 2012/27/ EU on Energy Efficiency.* 2018. https://publications.europa.eu/resource/cellar/a61a4eda-7380-11e8-9483-01aa75ed71a1.0006.01/DOC_1.

13. **Pablo Olasolo-Alonso, Luis M. López-Ochoa, Jesús Las-Heras-Casas, Luis M. López-González.** *Energy Performance of Buildings Directive implementation in Southern European countries: A review.* s.l. : Energy & Buildings, Energy & Buildings 281 112751, 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218314014>.
14. **(BPIE), Buildings Performance Institute Europe, Discussion paper.** *Buildings should be at heart of the European Green Deal. Here's why.* 2019, Accessed 21 January 2020.
15. **Nina Holck Sandberg, Jan Sandstad Næss, Helge Brattebø, Inger Andresen.** *Large potentials for energy saving and greenhouse gas emission reductions from large-scale deployment of zero emission building technologies in a national building stock,* *Energy Policy.* s.l. : Energy Policy 152 112114, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421520308259>.
16. **Catherine De Wolf, Mauro Cordella, Nicholas Dodd, Brandon Byers, Shane Donatello.** *Whole life cycle environmental impact assessment of buildings: Developing software tool and database support for the EU framework Level(s).* s.l. : Resources, Conservation & Recycling, Resources, Conservation & Recycling 188 106642, 2023. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC127315>.
17. **International Energy Agency.** *Energy Technology Perspectives.* 2017. <https://www.iea.org/topics/energy-technology-perspectives>.
18. **Ευρωπαϊκή Οδηγία, 2018/844.** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX%3A32018L0844>.
19. **Lucon, O., úrge-Vorsatz, D., Ahmed, A.Z., Akbari, H., Bertoldi, P., Cabeza, L.F., Eyre, N., Gadgil, A., Harvey, L.D.D., Jiang, Y., Liphoto, E., Mirasgedis, S., Murakami, S., Parikh, J., Pyke, C., Vilarino, M.V.** *Buildings.* In: *Pichs-Madruga, Edenhofer R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlomer, S., von Stechow, C., Zwickel, T., Minx O, J.C. (Eds.), Climate Change.* s.l. : ontribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
20. **2019 report Global status report for buildings and construction.** *Global Alliance for Buildings and Construction (Global ABC).* 2020.
21. **Yijun Zhou, Vivian WY. Tam, Khoa N. Le.** *Developing a multi-objective optimization model for improving building's environmental performance over the whole design process.* s.l. : Building and Environment 246 110996, 2023.
22. **Eleftheria Alexandri, Andreas Androutopoulos.** *Energy Upgrade of Existing Dwellings in Greece; Embodied Energy Issues.* s.l. : ScienceDirect, Procedia Environmental Sciences 38 196 – 203, 2017.
23. **Ming Hu, David Milner.** *Visualizing the research of embodied energy and environmental impact research in the building and construction field: A bibliometric analysis.* s.l. : Developments in the Built Environment, Developments in the Built Environment 3, 100010, 2020.
24. **ΦΕΚ, 89.** 19 Μαΐου 2008.
25. **ΦΕΚ, 407.** 9 Απριλίου 2010.
26. **ΦΕΚ, 1387.** 2 Σεπτεμβρίου 2010.
27. **Κ.Εν.Α.Κ.** Οκτώβριος 2010.
28. **Υ.Π.Ε.Κ.Α. ΤΕΕ Τ.Ο.Τ.Τ.Ε., 20701.** Απρίλιος 2010.
29. **ΦΕΚ, 83/Α'.** 9 Απριλίου 2013.
30. **ΦΕΚ, 2945/Β'.** 3 Νοεμβρίου 2014.
31. **ΦΕΚ, 143/Α'.** 9 Νοεμβρίου 2015.

32. **ΦΕΚ, 136/A'**. 28 Ιουλίου 2015.
33. **Κ.Εν.Α.Κ/ΦΕΚ, 4003/B'**. 17 Νοεμβρίου 2017.
34. **ΦΕΚ, 193/A'**. 20 Οκτωβρίου 2021.
35. **Κοινή Μελέτη ΔΠΘ και ΠΑΕ. Ολοκληρωμένη Μελέτη Βιώσιμης Ενεργειακής Αναβάθμισης του Εθνικού Κτηριακού Τομέα.** 2023.
36. **Droutsas, K.G., Kontoyiannidis, S., Dascalaki, E.G., Balaras, C.A.** *Mapping the energy performance of hellenic residential buildings from EPC (energy performance certificate) data.* s.l. : Energy 98 284-295, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.137>.
37. **Dascalaki, E.G., Balaras, C.A., Gaglia, A.G., Droutsas, K.G., Kontoyiannidis, S.** *Energy performance of buildings-EPBD in Greece.* s.l. : Energy Policy 45 469-477, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.058>.
38. **P. Pallis, N. Gkonis, E. Varvagiannis, K. Braimakis, S. Karellas, M. Katsaros, P. Vourliotis, D. Sarafianos.** *Towards NZEB in Greece: A comparative study between cost optimality and energy efficiency for newly constructed residential buildings.* s.l. : Energ. Buildings (198) 115–137, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.005>.
39. **C.A. Balaras, E.G. Dascalaki, P. Droutsas, S. Kontoyiannidis.** *Hellenic renewable energy policies and energy performance of residential buildings using solar collectors for domestic hot water production in Greece.* s.l. : J. Renewable Sustainable Energy 5, 2013. <https://doi.org/10.1063/1.4813066>.
40. **E.G. Dascalaki, K. Droutsas, A.G. Gaglia, S. Kontoyiannidis, C.A. Balaras.** *Data collection and analysis of the building stock and its energy performance – An example for Hellenic buildings.* s.l. : Energ. Buildings 42 1231–1237, 2010. <https://doi.org/10.1080/14733315.2011.11683948>.
41. **E. Touloupaki, T. Theodosiou.** *Optimization of external envelope insulation thickness: A parametric study.* s.l. : Energies 10 (3) 270, 2017. <https://doi.org/10.3390/en10030270>.
42. **Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2019-2024 P9_TA 006.** 2023. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0024_EL.pdf.
43. **Γενικό Επιτελείο Στρατού.** <http://www.army.gr/>.