



Τομέας Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων
Σχετικό Μάθημα: Θερμοδυναμική ΙΙ

Διπλωματική Εργασία

Μελέτη εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή θέρμανση) και παθητικών συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιριακών εγκαταστάσεων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.

Μηνάς Μπόρος

Επιβλέπον μέλος ΔΕΠ

Κωνσταντίνος Μαγουλάς
Καθηγητής

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020

i. Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Μαγουλά Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή τη διπλωματική εργασία και για την καθοδήγηση σε όλα της τα βήματα από την αρχή μέχρι το τέλος.

Στη συνέχεια θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον κύριο Σχοινά Πέτρο, που ανήκει στο ΕΔΙΠ της Σχολής, που με τη καθοδήγηση του και τις τεχνικές του γνώσεις επί του θέματος συνέβαλε τα μέγιστα αρχικά στην κατανόηση και ύστερα στην υλοποίηση της εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές, το ΕΔΙΠ, τους φοιτητές της Σχολής και τους εξωτερικούς συνεργάτες για την κατανόηση και τη βοήθεια τους στην προσπάθεια καταγραφής των απαραίτητων στοιχείων της Σχολής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω στους δύο συμφοιτητές μου, Μουρατίδη Θεοφάνη και Μπαλαμώτη Γεώργιο, για την άψογη συνεργασία τόσο στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, όσο και σε όλη την πορεία φοίτησης στη Σχολή, μέσα και έξω από αυτήν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους που πάντα ήταν δίπλα μου και με στήριζαν σε αυτά τα 5 έτη στη Σχολή.

ii. Περίληψη

Η Σχολή των Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. στεγάζεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου από τα μέσα της δεκαετίας του '80. Όπως είναι λογικό, οι ανάγκες μιας Σχολής που προσπαθεί πάντα να προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες, όλο και μεγαλώνουν. Η Α' Φάση του κτιρίου, η οποία έχει παραμείνει ίδια ως κέλυφος από εκείνη την περίοδο, όπως είναι λογικό, δεν συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής σχετικά με την ενεργειακή της κατάσταση. Κάποιες σποραδικές βελτιώσεις στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης όλα αυτά τα χρόνια προφανώς και δεν αρκούν ώστε να αλλάξει το κτίριο τον ενεργειακό του χαρακτήρα.

Η παρούσα διπλωματική αποτελεί μία εκ των τριών εργασιών που στοχεύουν στη μελέτη εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και παθητικών συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιριακών εγκαταστάσεων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ και αναλυτικότερα:

- Μελέτη εφαρμογών τριπαραγωγής και παθητικών συστημάτων από τον Γιώργο Μπαλαμώτη
- Μελέτη εφαρμογών γεωθερμίας και παθητικών συστημάτων από τον Θεοφάνη Μουρατίδη

Αρχικά, στο πλαίσιο αυτό έγινε από κοινού μελέτη της ενεργειακής αποτίμησης της Σχολής στην υφιστάμενη κατάσταση. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μελέτη αναβάθμισης του κτιριακού κελύφους της, με προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων, υαλοπινάκων και θυρών.

Η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων στο κέλυφος αντικατοπτρίζεται στη μείωση των θερμικών φορτίων κατά 28% και των ψυκτικών φορτίων κατά 16%, οδηγώντας έτσι σε μείωση του συνολικού λειτουργικού κόστους περίπου 23%. Το υπολογιζόμενο κόστος για τη θερμική θωράκιση της Σχολής ανέρχεται σε περίπου 2 εκατ.€ και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 23 έτη περίπου, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη πιθανές επιχορηγήσεις.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε επίσης η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου με προσθήκη συστημάτων ηλιακής θέρμανσης αέρα. Τα συστήματα ηλιακής θέρμανσης αέρα που μελετήθηκαν, εφαρμόστηκαν στις πτέρυγες των μεγάλων εργαστηρίων και στους κεντρικούς κάθετους διαδρόμους (Βορράς ↔ Νότος). Η εφαρμογή αυτή ανεβάζει το συνολικό κόστος στα 2,25 εκατ.€ και τη περίοδο αποπληρωμής περίπου στα 25 έτη. Η συνολική μείωση των θερμικών φορτίων μετά τις παρεμβάσεις στο κέλυφος και την ηλιακή θέρμανση αέρα είναι 32%.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα και των τριών διπλωματικών εργασιών (ενεργειακή θωράκιση κτιρίου και εφαρμογή συστημάτων ηλιακής θέρμανσης αέρα, γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και τριπαραγωγής) προκύπτει ότι μπορεί να εφαρμοστούν συνδυασμοί παθητικών επεμβάσεων και ΑΠΕ που να οδηγούν σε ουσιαστική βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, στην αναβάθμιση της άνεσης και της ποιότητας ζωής των χρηστών των εγκαταστάσεων της Σχολής, ή ακόμη και στην ενεργειακά ουδέτερη λειτουργία του (πράσινο κτίριο) με ενδεχόμενη προσθήκη πράσινων ταρατσών, επέκταση ΦΒ πλαισίων κλπ.

Abstract

The School of Chemical Engineering NTUA has been housed at the Zografou Campus since the 80's. As is expected, the needs of a department which is always trying to adapt to new conditions are forever expanding. Phase A of the building has retained its original shell, and as expected, it does not comply with modern standards in regard to energy efficiency. Indeed, sporadic improvements to the building's heating and cooling systems are not enough to change its efficiency rating.

This diploma thesis, part of a tripartite of studies, aims at examining applications of renewable energy sources and passive energy efficiency techniques in order to better the efficiency rating of the building facilities of the School of Chemical Engineering NTUA. More specifically it aims at studying:

- Trigeneration and passive energy saving applications by Georgios Balamotis
- Geothermal heat pump and passive energy saving applications by Theofanis Mouraditis.

In this context, initially, a joint study of the energy evaluation of the department building as it stands. Then, a study was conducted regarding the upgrading of the building shell via the addition of external thermal insulation, replacement of window frames, windows, and doors.

The effectiveness of these upgrades can be seen in the 28% and 16% reduction of energy loads regarding heating and cooling, respectively, and an overall operating cost reduction of 23%. The expected cost of these upgrades is 2 mil. €, with an expected payback period of 23 years; without including possible grants.

In the present diploma thesis, the energy upgrade of the building with the addition of solar air heating systems was also studied. The solar air heating systems that were studied were applied in the wings of the large laboratories and in the vertical corridors (North↔South). This addition raises the total cost to 2.25 mil. € and the repayment period to approximately 25 years. The total reduction of thermal loads after the interventions in the shell and the solar air heating is 32%.

By evaluating the results of all three theses (energy shielding of the building, solar air heating applications as well as geothermal heat pump and trigeneration) it becomes evident that combinations of passive energy interventions and renewable energy can be applied. These will lead to essential improvements of the building's energy consumption, they will upgrade the comfort and life-quality of the

Department's members and they can even eliminate the building's energy costs (green building) with the addition of green roof-tops, expansion of PV etc.

iii. Περιεχόμενα

I.	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
II.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
III.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
IV.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
V.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	9
VI.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
VII.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ	10
VIII.	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	11
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
2	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	13
2.1	ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	13
2.2	ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	16
2.3	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	23
2.4	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	24
2.5	ΜΕΛΕΤΗ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε	26
2.6	ASHRAE / ASHRAE STANDARDS	27
2.7	RETSSCREEN	28
2.8	ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	29
2.9	ΜΕΛΕΤΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	31
2.9.1	Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση κτιρίου	31
2.9.2	Εξοπλισμός κτιριακής μονάδας	33
2.9.3	Παρεμβάσεις στο υφιστάμενο κτίριο	34
2.10	ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΕΡΑ (SOLAR AIR HEATING - SAH)	35
3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	44
3.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	44
3.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	45
3.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΣΩ EXCEL ΚΑΙ MATLAB	48
3.4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	51
3.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	52
3.6	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΗ	54
3.7	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗ ΝΕΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	55
3.8	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗ ΝΕΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	56
3.9	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΩΝ	58
3.10	ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΕΡΑ ΣΤΟ RETSCREEN	59
3.10.1	Ενεργειακά αποτελέσματα τεχνολογίας	66
3.10.2	Οικονομικά αποτελέσματα τεχνολογίας	70
3.10.3	Σχολιασμός και αξιολόγηση τεχνολογίας	71

4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ.....	73
4.1	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	73
4.2	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	75
4.2.1	<i>Ενεργειακά αποτελέσματα</i>	<i>75</i>
4.2.2	<i>Οικονομικά αποτελέσματα</i>	<i>78</i>
4.3	ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	80
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
6	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	83
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84
8	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	87
8.1	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	87
8.2	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΩΡΩΝ	89
8.3	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - MATLAB SCRIPTS.....	103
8.4	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 - ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΧΟΛΗΣ	140
8.5	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	154

iv. Περιεχόμενα Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΧΟΛΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	14
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΩΡΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΑΕΡΑ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΜΕΤΡΟ	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3: ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5: ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6: ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7: ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8: ΠΙΝΑΚΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΝ	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9: ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΝΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11: ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13: ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16: ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17: ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΥ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.18: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.19: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20: ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟ RETSCREEN	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.21: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ RETSCREEN	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.22: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.23: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΔΙΔΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.24: ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΛΟΓΩ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.25: ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	70
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.26: ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.27: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΙΘΑΝΗΣ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΜΕΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8: ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9: ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10: ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΟΝΟΥ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΤΟ ΥΨΟΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗΣ	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.4: ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟ-ΗΜΕΡΩΝ	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.5: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.6: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	89

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.7: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.8: ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.9: ΠΙΝΑΚΑΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.10: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΣΤΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ	140
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.11: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΓΡΑΦΕΙΑ / ΜΙΚΡΟ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ	141
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.12: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ	142
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.13: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ PC LABS	143
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.14: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΑΙΘΟΥΣΕΣ.....	143
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.15: ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΩΡΩΝ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ)	144
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.16: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ)	144
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.17: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΧΩΡΙΣ AC) - ΧΕΙΜΩΝΑΣ	145
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.18: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΧΩΡΙΣ AC) - ΆΝΟΙΞΗ	145
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.19: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΧΩΡΙΣ AC) - ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	146
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.20: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΧΩΡΙΣ AC) - ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ.....	146
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.21: ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ AC ΑΝΑ ΧΩΡΟ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ).....	147
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.22: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ AC ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ).....	147
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.23: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ AC ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ	148
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.24: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ Α' ΦΑΣΗΣ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ).....	149
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.25: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ Β' ΦΑΣΗΣ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ).....	150
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.26: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ).....	151
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.27: ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΣΧΥΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	151
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.28: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΙ ΩΡΩΝ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ	152
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.29: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ (ΠΑΡΑΔΟΧΗ)	152
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.30: ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ	153
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.31: ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΧΩΡΙΣ AC.....	153
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.32: ΜΕΛΕΤΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ.	154
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.33: ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	155

v. Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1: ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΘΕ ΧΩΡΑΣ	25
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1: ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ ΑΝΑ ΧΩΡΟ.....	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.2: ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂	69
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1: ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ W/M ² ΜΕΤΑ ΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΓΙΑ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΓΙΑ ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	77
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ₂	78
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ	79

vi. Περιεχόμενα Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1.1: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	12
ΕΙΚΟΝΑ 2.1: ΧΑΡΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	13
ΕΙΚΟΝΑ 2.2: ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟ GOOGLE EARTH ΜΕ ΣΗΜΑΝΣΗ ΠΤΕΡΥΓΩΝ	15
ΕΙΚΟΝΑ 2.3: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	19
ΕΙΚΟΝΑ 2.4: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 2.5: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ	37
ΕΙΚΟΝΑ 2.6: ΈΡΓΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ - MARKS & SPENCER (1).....	39
ΕΙΚΟΝΑ 2.7: ΈΡΓΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ - MARKS & SPENCER (2).....	39
ΕΙΚΟΝΑ 2.8: ΈΡΓΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΑΕΡΑ ΣΤΙΣ ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΑΡΙΖΟΝΑ.....	40
ΕΙΚΟΝΑ 2.9: ΠΡΩΤΟ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟ ΝΟΤΙΑ BLOCKS	42
ΕΙΚΟΝΑ 2.10: ΈΝΑΤΟ ΚΑΙ ΔΕΚΑΤΟ ΝΟΤΙΑ BLOCKS	42
ΕΙΚΟΝΑ 2.11: ΝΟΤΙΟ ΜΕΡΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	43
ΕΙΚΟΝΑ 2.12: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ ΑΕΡΑ	43
ΕΙΚΟΝΑ 3.1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙΣΑΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ	48
ΕΙΚΟΝΑ 3.2: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΗΚΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΘΟΥΣ	49
ΕΙΚΟΝΑ 3.3: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΚΤΑΣΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΑΠΕΔΟΥ	49
ΕΙΚΟΝΑ 3.4: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	50
ΕΙΚΟΝΑ 3.5: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	50
ΕΙΚΟΝΑ 3.6: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 3.7: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	60
ΕΙΚΟΝΑ 3.8: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΑΣΗ 61	
ΕΙΚΟΝΑ 3.9: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΠΤΕΡΥΓΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	62
ΕΙΚΟΝΑ 3.10: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΥΤΙΚΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ.....	63
ΕΙΚΟΝΑ 3.11: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ	63
ΕΙΚΟΝΑ 3.12: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΠΤΕΡΥΓΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	65
ΕΙΚΟΝΑ 3.13: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΔΥΤΙΚΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 3.14: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ	66
ΕΙΚΟΝΑ 3.15: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΤΕΡΥΓΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	66
ΕΙΚΟΝΑ 3.16: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΔΥΤΙΚΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 3.17: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΑΠΟ RETSCREEN - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥΣ	67

vii. Περιεχόμενα Εξισώσεων

ΕΞΙΣΩΣΗ 2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΒΑΘΜΟ-ΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	29
ΕΞΙΣΩΣΗ 2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΒΑΘΜΟ-ΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	29
ΕΞΙΣΩΣΗ 2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΒΑΘΜΟ-ΗΜΕΡΩΝ ΨΥΞΗΣ	30
ΕΞΙΣΩΣΗ 2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΒΑΘΜΟ-ΗΜΕΡΩΝ ΨΥΞΗΣ	30
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [1]	44
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [2]	44
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	45
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [1]	46
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [2]	46

ΕΞΙΣΩΣΗ 3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [3]	46
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [4]	47
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [5]	47
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ [6]	47
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	48
ΕΞΙΣΩΣΗ 3.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΝΕΑΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΜΟΝΩΣΗ	55

viii. Συμβολισμοί

Q	ΦΟΡΤΙΟ (W)
A	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (m ²)
U	ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ (W/°C·m ²)
ΔT	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (°C)
V	ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΑΕΡΑ (m ³ /s)
P	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (kg/m ³)
Cp	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ (J/(kg* °C))
CLTD _{CORR}	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟ CLTD/CLF (°C)
SC	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ
SHGF	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ (W/m ²)
CLF	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟ CLTD/CLF
H _{FG}	ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΑ (J/Kg)
ΔW	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (Kg _{νερού} /Kg _{αέρα})
Q _P	ΛΑΝΘΑΝΟΥΣΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΤΟΜΟΥ (W)
Q _{L,EQ}	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ/ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ (W)
R	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (°C·m ² /W)
E _H	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (MWh)
E _C	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΨΥΞΗ (MWh)

1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία (Δ.Ε.) υλοποιήθηκε στο πλαίσιο τριών αλληλένδετων διπλωματικών εργασιών. Σκοπός τους ήταν η μελέτη της ενεργειακής αναβάθμιση της Α΄ Φάσης του κτιρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, αρχικά μέσω της θωράκισης του κελύφους του κτιρίου και ακολούθως μέσω της χρήσης τεχνολογίας ηλιακής θέρμανσης αέρα σε συγκεκριμένους χώρους. Οι άλλες δύο Δ.Ε. μελετούν την επιπλέον ενεργειακή αναβάθμιση της Σχολής, με προσθήκη είτε γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, είτε με μονάδας τριπαραγωγής.

Η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου αξιολογήθηκε μέσω της μείωσης των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ως αποτέλεσμα επεμβάσεων που αφορούν:

- τη θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας
- την αντικατάσταση των κουφωμάτων, των υαλοπινάκων και
- την αντικατάσταση των θυρών με νέες πυράντοχες

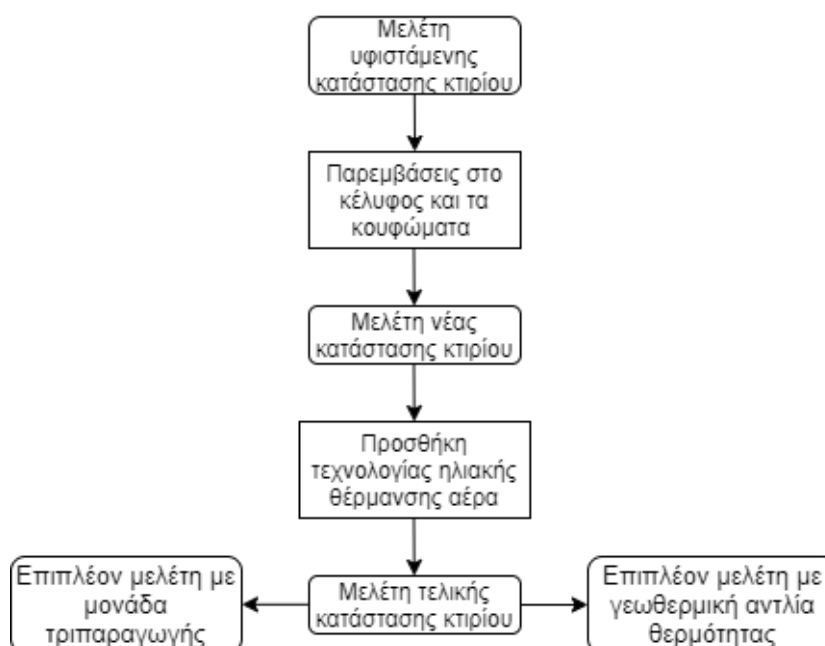
Οι παρεμβάσεις σχετικά με την ηλιακή θέρμανση αέρα αφορούν:

- ειδικούς συλλέκτες ηλιακής ακτινοβολίας στο εξωτερικό του κτιρίου και
- σύστημα διανομής στο εσωτερικό των χώρων που μελετήθηκαν

Οι χώροι που μελετήθηκαν σχετικά με την ηλιακή θέρμανση αέρα είναι οι κάθετοι διάδρομοι (Βορράς ↔ Νότος) και οι πτέρυγες των μεγάλων εργαστηρίων, στα επίπεδα που υπάρχουν δύο εργαστήρια.

Οι μελέτες εφαρμογής των αναφερόμενων τεχνολογιών πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού RETScreen, στην έκδοση RETScreen International που έχει ως βάση λειτουργίας το Excel και στην έκδοση RETScreen Expert που διανέμεται σε λειτουργία Προβολής.

Η πορεία που ακολουθήθηκε στο πλαίσιο των διπλωματικών είναι η εξής:



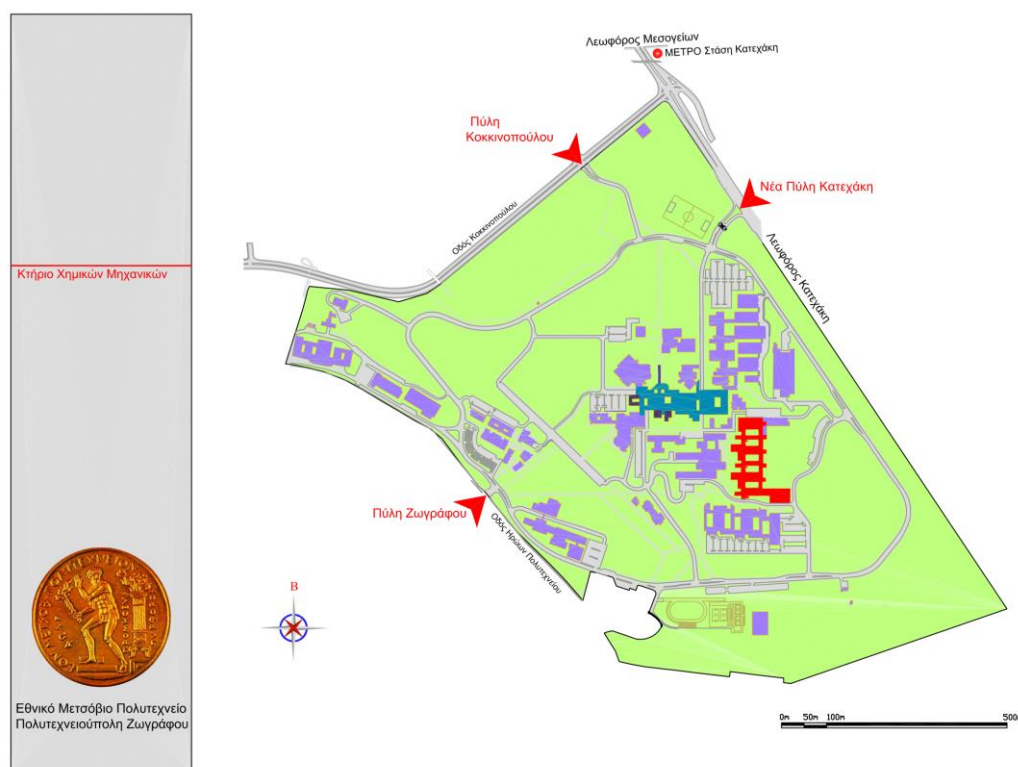
Εικόνα 1.1: Διάγραμμα ροής μελέτης

2 Θεωρητικό Μέρος

2.1 Γενική περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) ολοκληρώθηκε στην πρώτη φάση του στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η μεταφορά και η εγκατάσταση στο νέο κτίριο από το ιστορικό κτιριακό συγκρότημα του Ε.Μ.Π. στην Πατησίων έγινε περίπου στα μέσα της ίδιας δεκαετίας. Αυτή η μεταφορά ήταν αναγκαία, καθώς οι απαιτήσεις της Σχολής τόσο σε εργαστηριακές εγκαταστάσεις και εξοπλισμό όσο και σε αίθουσες διδασκαλίας διαφόρων τύπων ήταν αυξημένες. Η συνεχής αύξηση αυτών των απαιτήσεων οδήγησε στη δημιουργία της νέας φάσης (Β' Φάση) του κτιριακού συγκροτήματος.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1, η Σχολή των Χημικών Μηχανικών βρίσκεται στον ανατολικό τομέα της Πολυτεχνειούπολης στους πρόποδες του Υμηττού, με συντεταγμένες, όπως αυτές δίνονται από το Google Earth, γεωγραφικό πλάτος: $37^{\circ}58'36''$ N (Βόρεια) και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ}47'05''$ E (Ανατολικά). Η παρουσία του κτιρίου στη συγκεκριμένη τοποθεσία έχει ως αποτέλεσμα τα διάφορα επίπεδα της να μη βρίσκονται στο ίδιο υψόμετρο με το βόρειο τμήμα της Σχολής να βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο και το νότιο τμήμα της Σχολής στο ψηλότερο. Στη βόρεια πλευρά της, η Σχολή γειτονεύει με τις Σχολές Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. και Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π..



Εικόνα 2.1: Χάρτης Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Στη νότια πλευρά της γειτονεύει με τα παλιά κτίρια της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π. και στη δυτική πλευρά γειτονεύει με τη Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών Ε.Μ.Π..

Το κτίριο χωρίζεται σε επίπεδα και το κάθε επίπεδο χωρίζεται σε πτέρυγες. Οι πτέρυγες επαναλαμβάνονται και κάθετα στο κτίριο σε όσα επίπεδα υπάρχουν. Για παράδειγμα, η γραμματεία βρίσκεται στο επίπεδο: 0 και την πτέρυγα: Α, στο βόρειο άκρο του κτιρίου. Με αναφορά αυτήν ορίζονται τα υπόλοιπα επίπεδα και πτέρυγες. Συνεπώς, τα επίπεδα που υπάρχουν και στεγάζουν χώρους προς ακαδημαϊκή εκμετάλλευση είναι 7 όπως φαίνονται και στον Πίνακα 2.1, και οι πτέρυγες είναι 8, 2 κάθετες (Βόρεια προς Νότια και αντίστροφα) και 6 οριζόντιες (Ανατολικά προς Δυτικά και αντίστροφα), όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.2. Οι προεκτάσεις της πτέρυγας Β και της πτέρυγας Η στο ανατολικό μέρος του κτιρίου ονομάζονται αντίστοιχως Β1 και Η1. [1]

Πίνακας 2.1: Πίνακας επιπέδων Σχολής Χημικών Μηχανικών

Επίπεδο	Υψόμετρο (m)
-1	187,50
0	191,50
1	195,55
2	199,60
3	203,65
4	207,70
5	211,75

Η συγκεκριμένη μελέτη εφαρμόστηκε στην Α' Φάση του κτιρίου της Σχολής, όπως αυτή φαίνεται στην Εικόνα 2.2 στο κόκκινο πλαίσιο και στην προέκταση της Η' πτέρυγας, χωρίς να μελετάται ο χώρος που καταλαμβάνει το Ημιβιομηχανικό Εργαστήριο.



Εικόνα 2.2: Αεροφωτογραφία Σχολή Χημικών Μηχανικών από Google Earth με σήμανση πτερυγών

Οι χώροι που υπάρχουν στο προς μελέτη τμήμα της Σχολής χωρίζονται στις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

- Αίθουσες Διδασκαλίας
- Εργαστήρια
- Διάδρομοι
- Αμφιθέατρα
- Βοηθητικοί Χώροι
- Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια
- Αίθουσες Συνεδριάσεων
- Κλιμακοστάσια
- Αίθρια
- Βιβλιοθήκες / Αναγνωστήριο
- Χώροι Υγιεινής

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση έγινε με σκοπό την καλύτερη αποτύπωση των απαιτήσεων του κάθε χώρου. Πρέπει να τονιστεί ότι η αναφορά σε Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια περιλαμβάνει τους χώρους που αξιοποιούνται είτε ως γραφεία διδασκόντων ή φοιτητών είτε ως χώροι εκτέλεσης εργαστηρίων ασκήσεων μικρότερων ομάδων.

Σχετικά με τα εργαστήρια, εκτός από τις βασικές πτέρυγες εργαστηρίων που είναι οι πτέρυγες Β, Δ και Ζ, στο κτίριο στεγάζονται εργαστήρια στη νέα φάση (Πτέρυγα Β1 - Προέκταση Πτέρυγας Β) και 3 χώροι του οριζόντιου εργαστηρίου. Το Οριζόντιο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Διεργασιών και Προϊόντων (γνωστό ως Οριζόντιο Εργαστήριο – ΟΕ) αποτελεί μία κοινή μονάδα εξυπηρέτησης των Εργαστηρίων της Σχολής Χημικών Μηχανικών, που έχουν συγκεντρωθεί και αξιοποιούνται επιστημονικά όργανα υψηλού κόστους. [2]

Η ίδρυσή του εξυπηρετεί την ανάγκη απόκτησης οργάνων κοινής κτήσης των οποίων το κόστος αγοράς, λειτουργίας και συντήρησης από μεμονωμένα εργαστήρια είναι απαγορευτικό. Σκοπός της είναι η δημιουργία εργαστηριακής υποδομής επιστημονικών και ερευνητικών οργάνων υψηλής πιστότητας και ακρίβειας με δυνατότητα πρόσβασης για όλα τα μέλη της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π και παροχής Υπηρεσιών προς τρίτους.

2.2 Τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης κτιριακών εγκαταστάσεων

Η ενεργειακή κατανάλωση υφιστάμενων κτιρίων μπορεί να βελτιωθεί μέσω ποικίλων παρεμβάσεων που εξαρτώνται από τους διαθέσιμους πόρους και το επιτρεπόμενο μέγεθος των αρχιτεκτονικών αλλαγών στην όψη των κτιρίων. [3]- [8]

Μερικές από τις επεμβάσεις που δύναται να γίνουν σε ένα κτίριο ώστε αυτό να αναβαθμιστεί ενεργειακά είναι:

- Επένδυση τοιχοποιίας με προσθήκη θερμομόνωσης
- Αντικατάσταση εξωτερικών κουφωμάτων
- Αντικατάσταση θυρών
- Σκίαση ανοιγμάτων
- Αντικατάσταση συστημάτων τεχνητού φωτισμού
- Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού
- Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας
- Αναβάθμιση συστήματος εξαερισμού με εισαγωγή εξωτερικού νωπού αέρα

➤ Επένδυση τοιχοποιίας με προσθήκη θερμομόνωσης

Η θερμομόνωση των κτιρίων είναι μία από τις κυριότερες μεθόδους μείωσης των θερμικών απωλειών σε ένα κτίριο. Κυριότεροι στόχοι της θερμομόνωσης είναι αρχικά η διασφάλιση θερμικής άνεσης και καλής ποιότητας μικροκλίματος στο εσωτερικό του κτιρίου, ανεξαρτήτως των συνθηκών που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, συμβάλλει τόσο στον περιορισμό κατανάλωσης ενέργειας για δροσισμό και θέρμανση όσο και στον περιορισμό του κόστους αυτής.

Η θερμική μόνωση μπορεί να εφαρμοστεί σε νέα κτίσματα και σε παλαιά ως μια παρέμβαση ενεργειακής βελτιστοποίησης. Ανάλογα με τη περίπτωση, η θερμομόνωση μπορεί να γίνει εσωτερικά ή εξωτερικά. [9]

✓ Εσωτερική θερμομόνωση

Δεν είναι λίγες οι φορές που επιλέγεται η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης ενός κτιρίου ή ενός χώρου. Συνήθως, κάποιος οδηγείται σε αυτή την επιλογή όταν είναι αδύνατη ή μη προτιμητέα η παρέμβαση στην εξωτερική επιφάνεια. Για παράδειγμα, όταν η πρόσοψη ενός κτιρίου είναι διατηρητέα ή όταν υπάρχει σε κοντινή απόσταση παρακείμενο κτίσμα που δεν επιτρέπει τις εξωτερικές εργασίες, η εσωτερική θερμομόνωση αποτελεί μονόδρομος. Επίσης, η εσωτερική θερμομόνωση συνίσταται σε χώρους όπου δε χρησιμοποιούνται συνεχώς για μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπως είναι τα εξοχικά σπίτια, οι κινηματογράφοι οι αίθουσες εκδηλώσεων κ.α.. Αυτό συμβαίνει καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις, στόχος είναι η άμεση επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας στον χώρο, χωρίς να αποτελεί κριτήριο η διατήρηση της για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή λειτουργίας του συστήματος ψύξης - θέρμανσης. Αυτή η διατήρηση δε μπορεί να επιτευχθεί, διότι δεν εκμεταλλεύεται από κάποιον η θερμοχωρητικότητα του κτιριακού κελύφους. Τέλος, μία θετική πλευρά στην επιλογή της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι ο συνδυασμός της με τη γενική ανακαίνιση του εσωτερικού χώρου ενός κτιρίου και την πλήρη θερμομόνωση αυτού, δηλαδή σε τοιχοποιία, οροφή και δάπεδο. [10]

✓ Εξωτερική θερμομόνωση

Η εξωτερική θερμομόνωση, από τη μεριά της, είναι αυτή που επιλέγεται πιο συχνά και εφαρμόζεται στις περισσότερες περιπτώσεις. Με την εξωτερική θερμομόνωση, αξιοποιείται η θερμοχωρητικότητα του κελύφους δίνοντας έτσι τη δυνατότητα διατήρησης της επιθυμητής θερμοκρασίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μετά την παύση λειτουργίας του συστήματος ψύξης - θέρμανσης. Αποτελεί, επίσης, ένα είδος επιπλέον προστασίας των στοιχείων της όψης του κτιρίου, όπως είναι για παράδειγμα οι σωληνώσεις ύδρευσης από τη βροχή και το ψύχος. Ταυτόχρονα, ο

χρήσιμος εσωτερικός χώρος παραμένει ανεπηρέαστος και δε δημιουργείται η ανάγκη για αλλαγή εσωτερικής διαρρύθμισης και για προσωρινή αφαίρεση και τοποθέτηση των σωμάτων θέρμανσης, των πλαισίων κουφωμάτων κ.α., όπως συμβαίνει στην εσωτερική θερμομόνωση. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικά θεωρούνται τόσο η πλήρης στεγάνωση των προσόψεων και η εξάλειψη των θερμογεφυρών, δηλαδή των σημείων ή των επιφανειών που παρουσιάζουν αυξημένη θερμική ροή όπως είναι οι πλάκες του κάθε ορόφου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση του κτιρίου της Σχολής Χημικών Μηχανικών, θα μελετηθεί η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου με διογκωμένη πολυστερίνη ή εν συντομία EPS (Expanded Polystyrene). [11]

✓ Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα πλαστικό και αφρώδες υλικό που χαρακτηρίζεται την ελαφρότητα και την ακαμπτότητα του. Παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστερενίου και αποτελείται κατά 98% από αέρα και όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες EPS. Ορισμένα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου υλικού, πέρα από τη θερμομόνωση που προσφέρει, είναι η αποδεδειγμένη ακουστική μόνωση, η ανθεκτικότητα στην υγρασία, οι ευέλικτες μηχανικές ιδιότητες, η πολλαπλή χρησιμότητα του, η εύκολη μεταφορά και τοποθέτηση. [12]

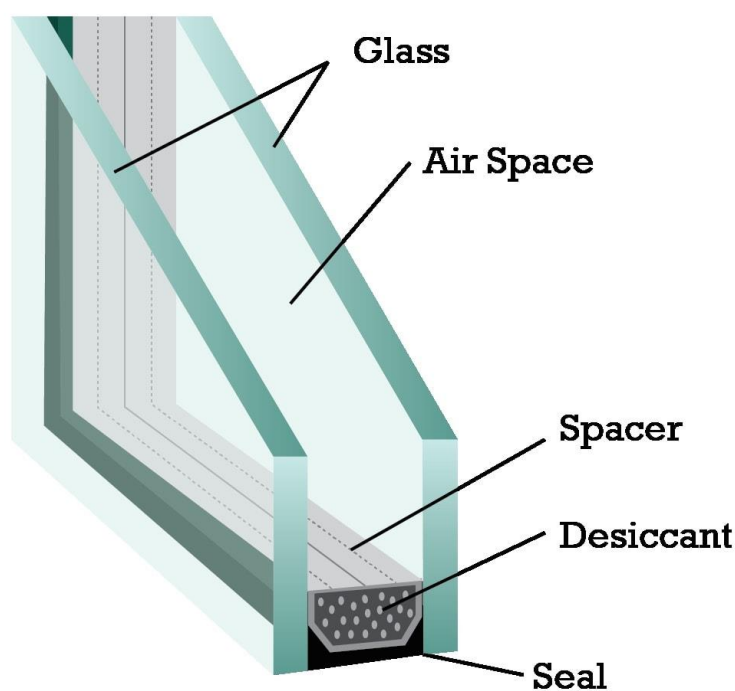
➤ Αντικατάσταση εξωτερικών κουφωμάτων

Σημαντικό στοιχείο για τις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου είναι τα κουφώματα. Όπως είναι λογικό, η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων που χτίστηκαν στη δεκαετία του '80, όπως η Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, διατηρεί ακόμα μονούς υαλοπίνακες χωρίς αεροστεγάνωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το χειμώνα τα άτομα που βρίσκονται εσωτερικά στο κτίριο να νιώθουν περισσότερο κρύο και το καλοκαίρι περισσότερη ζέση. Άλλα προβλήματα που παρουσιάζει η ύπαρξη μονών υαλοπινάκων είναι η χαμηλή ηχομόνωση και μειωμένη ασφάλεια, λόγω εύκολης θραύσης τους. Η πιο συνηθισμένη επιλογή είναι η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με αντίστοιχους διπλούς που παρουσιάζουν περισσότερα πλεονεκτήματα.

✓ Διπλοί Υαλοπίνακες

Οι διπλοί υαλοπίνακες προσφέρουν επιπλέον θερμομόνωση και βελτιώνουν αισθητά τη κατανάλωση ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, πετρελαίου ή άλλης μορφής ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση. Αποτελούνται από δύο υαλοπίνακες (glasses) σε κοντινή απόσταση που συνδέονται μεταξύ τους με αποστάτη (spacer) δημιουργώντας με αυτό το τρόπο ένα σώμα που ενσωματώνεται στο πλαίσιο του

κουφώματος. Οι δύο υαλοπίνακες απέχουν μεταξύ τους συνήθως 6-12 mm δημιουργώντας ένα χώρο (air space) στον οποίο ενδέχεται να υπάρχει κάποιο αδρανές αέριο, όπως το αργό. Ουσιαστικά αυτός ο χώρος δυσχεραίνει τη μεταφορά θερμότητας, από ή προς τον χώρο, με αγωγή. Σημειώνεται, ότι δεν «παγιδεύει τη θερμότητα», αλλά λόγω της υψηλής θερμικής αντίστασης που εμφανίζει μειώνει σημαντικά τη ροή της θερμότητας. Επίσης, για την αποφυγή συσσώρευσης υγρασίας στο διάκενο, στη σύνδεση των δύο υαλοπινάκων υπάρχει και ένα αφυγραντικό υλικό (desiccant) και η τελική σύνδεση μίας μονάδας διπλού υαλοπίνακα γίνεται με ένα σφραγιστικό υλικό (seal). [13] - [17]



Εικόνα 2.3: Απεικόνιση Διπλού Υαλοπίνακα

➤ Αντικατάσταση θυρών

Πολλές φορές η αντικατάσταση των θυρών δεν ανήκει στις πρώτες επιλογές για την ενεργειακή αναβάθμιση ενός χώρου. Ακολουθώντας την ίδια λογική με τους υαλοπίνακες, οι απώλειες θερμότητας λόγω των κουφωμάτων, δυσκολεύουν την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασία στον εσωτερικό χώρο. Οι θύρες, σε αντίθεση με τους υαλοπίνακες, υπάρχουν εκτός από την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου και μεταξύ των διαφόρων χώρων, είτε μη κλιματιζόμενων, είτε κλιματιζόμενων. Μια επένδυση σε αλλαγή θυρών, προσφέρει εκτός από ενεργειακά κέρδη και αρκετά μεγαλύτερη αίσθηση ασφάλειας. Τέλος, οι πυράντοχες θύρες, εκτός από μείωση απώλειας ενέργειας και αύξηση ασφάλειας, προσφέρουν πυροπροστασία ορισμένων προδιαγραφών.

➤ Σκίαση ανοιγμάτων

Τους θερινούς μήνες η ψύξη των περισσότερων χώρων δυσκολεύει όταν μέσα στον χώρο εισάγεται ηλιακή ακτινοβολία μέσω των διαφόρων διάφανων επιφανειών. Γι' αυτό τον λόγο, είναι επιθυμητή η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες και αντίστοιχα η αύξηση της τους χειμερινούς, προκειμένου να ευνοηθεί ο κλιματισμός του χώρου. Ο πιο απλός τρόπος σκίασης ενός χώρου είναι η τοποθέτηση μόνιμων εξωτερικών σκιάστρων, κάθετα στην εξωτερική τοιχοποιία και πάνω από το κάθε άνοιγμα. Όπως είναι γνωστό, ο ήλιος τη χειμερινή περίοδο κινείται σε χαμηλότερη τροχιά και ένα μόνιμο εξωτερικό σκίαστρο θα ήταν ένας σχετικά φθηνός τρόπος σκίασης και αξιοποίησης σωστά της ηλιακής ακτινοβολίας. Εκτός από στατικά συστήματα σκίασης, μπορούν να τοποθετηθούν δυναμικά συστήματα που να εξυπηρετούν σε μεγαλύτερο βαθμό τις ανάγκες του κτιρίου. [18]

➤ Αντικατάσταση συστημάτων τεχνητού φωτισμού

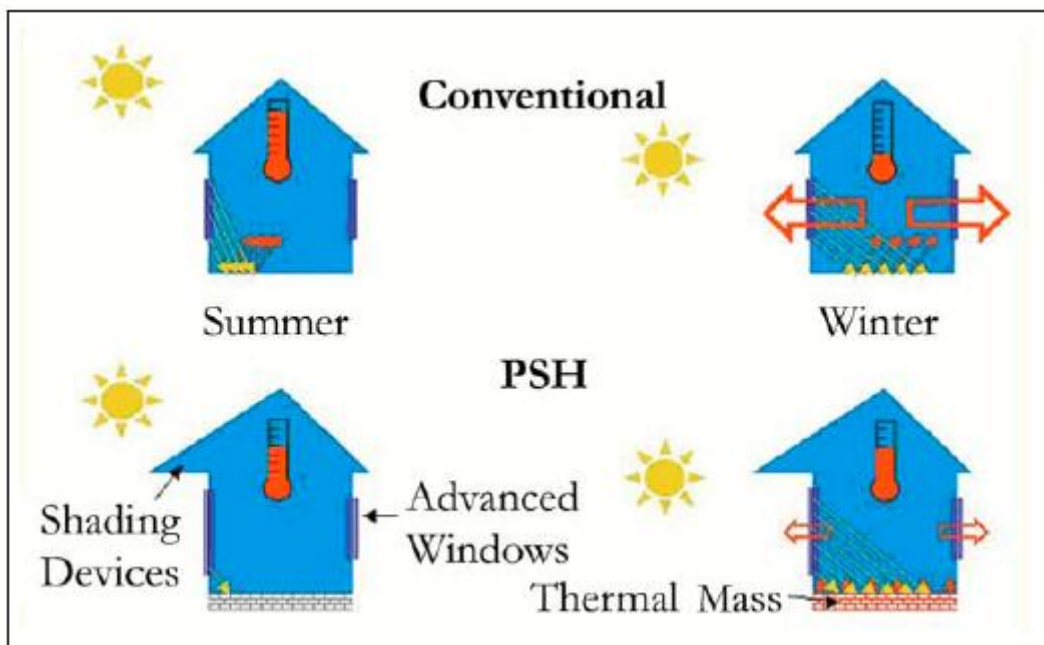
Περίπου ένα 5% της συνολικής ενέργειας σε ένα κτίριο ή σε μία κατοικία αφορά το φωτισμό που δεν προέρχεται από ηλιακή ακτινοβολία. Κατά κύριο λόγο, σε πολλά κτιριακά συμπλέγματα χρησιμοποιούνται ακόμα λαμπτήρες φθορισμού. Αυτοί οι λαμπτήρες μπορούν να αντικατασταθούν από λαμπτήρες διόδου εκπομπής φωτός, ή αλλιώς λαμπτήρες LED (Light Emitting Diode). Παρά το αυξημένο κόστος αγοράς τους, οι λαμπτήρες LED προσφέρουν μεγαλύτερο όφελος. Παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερη φωτιστική απόδοση από τις παλαιότερες τεχνολογίες λαμπτήρων. Σημειώνεται, ότι η φωτιστική απόδοση (ή συντελεστής απόδοσης) ενός λαμπτήρα αναφέρεται στο ποσό της φωτεινής ροής που αποδίδεται από κάποιον λαμπτήρα για κάθε Watt καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος (lm/W). Τέλος, οι LED λαμπτήρες μπορούν να λειτουργήσουν με ροοστάτη (dimmer). [19] - [22]

➤ Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Όπως και σε κάθε άλλη πτυχή της τεχνολογίας, έτσι και στον τεχνητό φωτισμό η τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς δημιουργώντας νέα προϊόντα. Παρόλο που οι LED λαμπτήρες είναι πιο οικονομικοί από τους παλαιότερους τύπους, δημιουργήθηκε η ανάγκη για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας. Έτσι, εγκαταστάθηκαν στο κτίριο της Σχολής συστήματα εντοπισμού κίνησης που συνδέονται με το σύστημα φωτισμού. Με αυτό τον τρόπο, εξαλείφεται η άσκοπη, και επομένως ενεργοβόρα λειτουργία τους, ενισχύοντας έτσι την προσπάθεια της Σχολής προς μία οικονομικότερη και αποδοτικότερη διαχείριση πόρων.

➤ Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να επιδράσει θετικά στην ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτιρίου, με εφαρμογές που ποικίλουν. Ο πιο απλός τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας και της θέσης του ήλιου γενικότερα είναι η χρήση χώρων με βόρειο προσανατολισμό τους θερινούς μήνες, καθώς δέχονται ελάχιστη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας και η χρήση χώρων με νότιο προσανατολισμό τους χειμερινούς μήνες, έτσι ώστε να αξιοποιείται αυτή στο μέγιστο, εφόσον ο ήλιος τότε βρίσκεται πιο χαμηλά. Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή στα κτίρια αποτελούν τα συστήματα παθητικής ηλιακής θέρμανσης. Η παθητική ηλιακή θέρμανση (Passive Solar Heating, PSH) είναι η θέρμανση κτιρίων με αξιοποίηση των ηλιακών κερδών μέσω αδιαφανών επιφανειών. Η ετήσια ζήτηση σε θέρμανση μπορεί να μειωθεί σημαντικά επιλέγοντας υαλοπίνακες υψηλής απόδοσης (με χαμηλή απώλεια θερμότητας και υψηλή ηλιακή μετάδοση) και με προσανατολισμό στο μεγαλύτερο μέρος αυτών προς τον ισημερινό, δηλαδή προς τον Νότο, εφόσον βρισκόμαστε στο βόρειο ημισφαίριο. Με τα παθητικά ηλιακά συστήματα αξιοποιείται καλύτερα ο φυσικός φωτισμός, όμως απαιτείται η χρήση εξωτερικών μηχανισμών σκίασης, για να επιτύχει κανείς τη βέλτιστη απόδοση. Όπως είναι λογικό, ιδανική εφαρμογή της παθητικής ηλιακής θέρμανσης γίνεται κατά τη δημιουργία νέων κτιρίων, αλλά δεν είναι λίγες οι φορές που γίνονται παρεμβάσεις με σκοπό την επίτευξη αυτής. Η βασική αρχή λειτουργίας και οι στόχοι που θέλει να επιτύχει αυτή η τεχνολογία παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.4. [23] - [27]



Εικόνα 2.4: Απεικόνιση Συστήματος Παθητικής Ηλιακής Θέρμανσης

➤ Αξιοποίηση φυσικού αερισμού

Η ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω της εναλλαγής των αέριων μαζών με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό γίνεται οδηγώντας τον νωπό αέρα προς το εσωτερικό, και οδηγώντας τον εσωτερικό αέρα προς τα έξω δια των θυρών, κουφωμάτων ή αεραγωγών. Όπου απαιτείται ψύξη, για να διαφύγει ο ζεστός αέρας του εσωτερικού χώρου, προβλέπεται η διάνοιξη ανοιγμάτων σε ψηλότερα σημεία αυτού. Τη χειμερινή περίοδο, ο καλά σχεδιασμένος παθητικός αερισμός αναζωογονεί τον αέρα χωρίς να δημιουργεί ρεύματα. Ο παθητικός αερισμός λειτουργεί καλύτερα αν ο αέρας έχει καθαρές, αδιάλειπτες διαδρομές στο εσωτερικό του χώρου. Μπορεί να μεγιστοποιηθεί η ροή του αέρα σχεδιάζοντας ανοιχτούς χώρους ή έχοντας αεραγωγούς ή άλλου τύπου ανοίγματα μεταξύ των δωματίων. Όπως είναι λογικό, ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων με γνώμονα τον παθητικό αερισμό γίνεται κατά την κατασκευή ενός κτιρίου. Η εφαρμογή του σε ήδη υπάρχοντα κτίρια είναι πολύ δύσκολη. [28]

2.3 Νομοθεσία

Η ενεργειακή αναβάθμιση των δημόσιων κτιρίων αποτελεί στόχο πολλών χωρών μεταξύ των οποίων και της Ελλάδας. Για να βοηθηθεί η επίτευξη του, σχεδιάζονται χρηματοδοτικά προγράμματα, στο πλαίσιο των οποίων επωφελούνται ενέργειες όπως αυτές που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική. Τέτοιο πρόγραμμα αποτελεί και το «ΗΛΕΚΤΡΑ».

Βασικός σκοπός αυτού του προγράμματος είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος που ανήκει στην ιδιοκτησία των φορέων της Γενικής Κυβέρνησης με παρεμβάσεις που αφορούν ενδεικτικά στο κέλυφος του κτιρίου, στα διάφορα συστήματα Ηλεκτρο-Μηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων και γενικότερα σε παρεμβάσεις που αποδεδειγμένα συμβάλουν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, συμπεριλαμβανομένης της στατικής ενίσχυσης, όπου απαιτείται.

Ο συνολικός προϋπολογισμός του προγράμματος για όλη τη διάρκεια εφαρμογής του (2020-2026) ανέρχεται σε πεντακόσια εκατομμύρια ευρώ (500.000.000 €) με δυνατότητα τροποποίησης. Το Πρόγραμμα αφορά στη χορήγηση επενδυτικών δανείων μέσω του ΤΠΔ στους φορείς της Γενικής Κυβέρνησης. Φορέας διαχείρισης του προγράμματος «ΗΛΕΚΤΡΑ» ορίζεται η Διεύθυνση Ενεργειακών Πολιτικών και Ενεργειακής Αποδοτικότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Βασικά κριτήρια για την επιλογή των έργων

- Η σκοπιμότητα στη βάση της τεκμηρίωσης της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης
- Ο ολοκληρωμένος και λειτουργικός χαρακτήρας των προτεινόμενων έργων
- Η ωριμότητα υλοποίησης
- Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και
- Η ρεαλιστικότητα του προϋπολογισμού και του χρονοδιαγράμματος υλοποίησης.

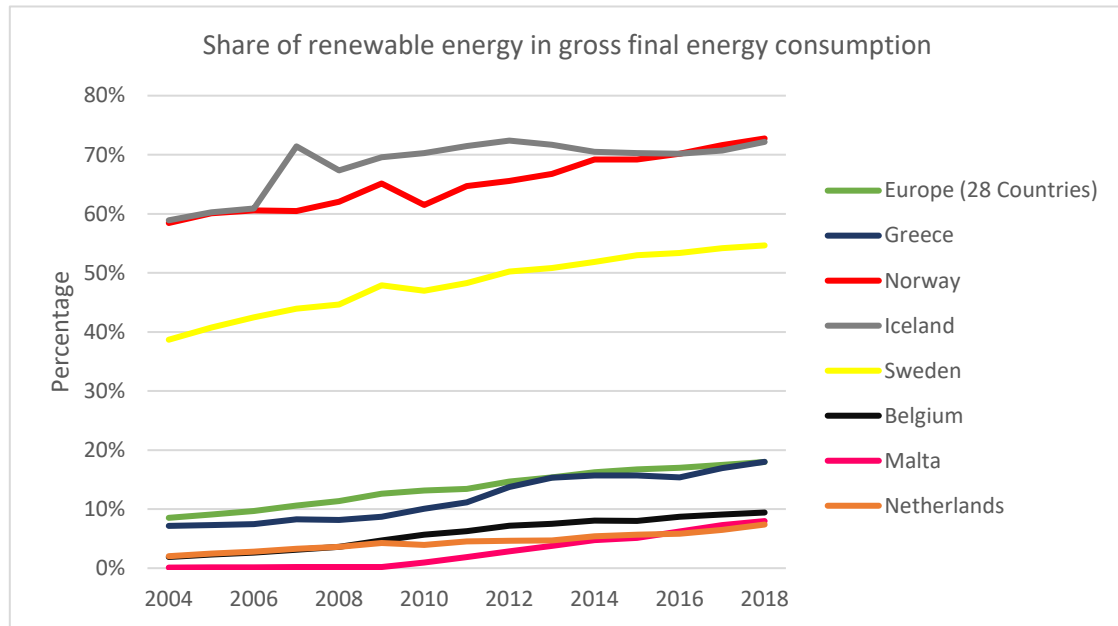
Μελέτες, όπως αυτές που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο αυτών των διπλωματικών, θα μπορούσαν να αποτελέσουν έναυσμα για αντίστοιχες μελέτες από επίσημους φορείς. [29]

2.4 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Λόγω της οικονομικής προόδου και του βελτιωμένου βιοτικού επιπέδου, η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται συνεχώς με αποτέλεσμα να καταναλώνονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας για θέρμανση, μεταφορά, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανική χρήση. Προς το παρόν, η μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, η βενζίνη, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες, εξαντλούνται. Η παραγωγή και η χρήση ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές έχουν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δημιουργώντας μία σειρά προβλημάτων. Από την άλλη πλευρά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) δημιουργούνται συνεχώς από τον κύκλο της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, τα οργανικά υλικά όπως το ξύλο, ακόμη και τα οικιακά και γεωργικά απόβλητα αποτελούν πηγές ενέργειας πάντα διαθέσιμες και δεν εξαντλούνται όντας άφθονες στο φυσικό περιβάλλον.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη εκμετάλλευση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών για τη χρήση των δυνατοτήτων τους προέκυψε μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση το 1979 και έγινε μόνιμη την επόμενη δεκαετία μετά την ευαισθητοποίηση του κοινού για τα περιβαλλοντικά προβλήματα. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Οι ΑΠΕ συμβάλλουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, οδηγώντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και ενισχύοντας την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού τους. Ταυτόχρονα, έχουν μερίδιο στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η χρήση τους δεν το επιβαρύνει, διότι δεν παράγει ρύπανση ή αέρια που αυξάνουν τον κίνδυνο της κλιματικής αλλαγής. Ακόμα, έχει αποδειχθεί ότι ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται κυρίως για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, τη διύλιση και τη χρήση συμβατικών καυσίμων.

Η Ελλάδα έχει σημαντικό δυναμικό ΑΠΕ που μπορεί να προσφέρει μια πρακτική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της. Στο Διάγραμμα 2.1, το οποίο προκύπτει από στοιχεία της Eurostat και αναφέρεται στο συνολικό ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε κάθε χώρα, φαίνεται ότι η Ελλάδα κινείται στον μέσο όρο των 28 κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (συμπεριλαμβάνεται και το Ηνωμένο Βασίλειο). Παρόλα αυτά, χώρες όπως η Ελλάδα, η Μάλτα, το Βέλγιο και η Ολλανδία βρίσκονται πολύ μακριά από τις βόρειες χώρες, όπως η Σουηδία, η Ισλανδία και η Νορβηγία που κυμαίνονται σε ποσοστά κοντά στο 55-70%. [30] - [32]



Διάγραμμα 2.1: Συνολικό ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας κάθε χώρας

Για τις χώρες με χαμηλότερο ποσοστό κάλυψης των αναγκών τους από εφαρμογές ΑΠΕ, υπάρχει ετήσιος επιδιωκόμενος στόχος, ενώ για τις χώρες οι οποίες βρίσκονται πολύ πάνω από τον μέσο όρο αυτός δεν υφίσταται.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- Ανεξάντλητες πηγές ενέργειας - Μείωση εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους
- Μείωση και σταθεροποίηση εκπομπών ρύπων, όπως διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του θείου και του αζώτου κ.α.
- Ενεργειακή ανεξαρτησία για τη κάθε χώρα, καθώς αποτελούν εγχώριες πηγές ενέργειας
- Αποκέντρωση ενεργειακού συστήματος, καθώς είναι γεωγραφικά διάσπαρτες
- Κάλυψη μεγάλου φάσματος αναγκών
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις της οικονομίας μέσα στον χρόνο και
- Δημιουργείται σημαντικός αριθμός νέων θέσεων εργασίας, είτε τοπικά είτε σε διεθνές επίπεδο.

2.5 Μελέτη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε

Η παρούσα διπλωματική βασίστηκε στη μελέτη και αξιοποίηση Τεχνικών Οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) έτσι ώστε οι επιλογές και οι μετατροπές που θα αποφασιστούν να καλύπτουν τα απαραίτητα πρότυπα. Επίσης, πολλά σημεία των οδηγιών χρησιμοποιήθηκαν ως οδηγοί και σημεία σύγκρισης για περαιτέρω μελέτη. Πιο συγκεκριμένα, οι Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86: Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων.
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017: Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων.
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010: Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών.
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2017: Οδηγίες και έντυπα εκθέσεων ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, συστημάτων θέρμανσης και συστημάτων κλιματισμού.
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2012: Συμπαγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας & ψύξης: Εγκαταστάσεις σε κτήρια.

Μέσω της εφαρμογής των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. καλύφθηκαν σε μεγάλο βαθμό πολλά στοιχεία μελέτης της υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου, των αναγκαίων αλλαγών για ενεργειακή αναβάθμιση και των καιρικών συνθηκών.

Σημειώνεται ότι μέσω των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., μπορεί κάποιος να μελετήσει λεπτομερώς τα βήματα που απαιτούνται για διάφορες εκθέσεις ενεργειακής επιθεώρησης είτε σχετικά με το κτίριο, είτε σχετικά με τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης κ.α..

2.6 ASHRAE / ASHRAE Standards

Η ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) αποτελεί την Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης & Κλιματισμού που δραστηριοποιείται παγκοσμίως και έχει ως στόχο τη βελτίωση της ανθρώπινης ευημερίας στην καθημερινότητα. Αυτό το επιτυγχάνει μέσω βιώσιμων τεχνολογιών για διάφορα κτιριακά περιβάλλοντα. Αυτή η ένωση αριθμεί περισσότερα από 57 χιλιάδες μέλη και δραστηριοποιείται πλέον σε 132 χώρες παγκοσμίως. Ιδρύθηκε πριν από 126 χρόνια, το 1894, στη Νέα Υόρκη. Μέσω της δράσης της, έχει βοηθήσει στη σωστή εφαρμογή παλαιών και νέων τεχνολογιών για την ενεργειακή βελτιστοποίηση των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Χρήσιμα εργαλεία που παρέχει η ASHRAE είναι τα Εγχειρίδια (Handbooks) της, που αποτελούνται από τέσσερις τόμους:

- ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment
- ASHRAE Handbook—HVAC Applications
- ASHRAE Handbook—Refrigeration
- ASHRAE Handbook—Fundamentals

Τα παραπάνω εγχειρίδια ανανεώνονται συστηματικά προσπαθώντας πάντα να προσαρμόζονται στις συνθήκες, όσο δύσκολες κι αν είναι αυτές, όπως συμβαίνει αυτή την περίοδο.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής, μελετήθηκαν και αξιοποιήθηκαν τα εγχειρίδια αυτά σε διάφορα στάδια υπολογισμών. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα η ASHRAE έχει δύο τομείς, τον Hellenic και τον Hellenic - North Hellas Section, οι οποίοι δραστηριοποιούνται στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη αντίστοιχα.

2.7 RETScreen

Το Λογισμικό Ανάλυσης Έργων Καθαρής Ενέργειας RETScreen χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως λογισμικό υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με την καθαρή ενέργεια. Πρόκειται για πρόγραμμα από την Κυβέρνηση του Καναδά στο πλαίσιο της ανάγκης να υιοθετηθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση με στόχο την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Βασικός τρόπος για την αντιμετώπιση αυτού του μείζονος προβλήματος είναι η αξιοποίηση των ανανεώσιμων και δυνητικά ανανεώσιμων μορφών ενέργειας καθώς και συστημάτων συμπαραγωγής ή και τριπαραγωγής.

Το RETScreen δίνει τη δυνατότητα σε επαγγελματίες και υπεύθυνους διαφόρων ενεργειακών έργων να εντοπίζουν, να αξιολογούν και να βελτιστοποιούν γρήγορα την τεχνική και οικονομική βιωσιμότητα των πιθανών έργων καθαρής ενέργειας. Αυτό το λογισμικό επιτρέπει στους χρήστες να μετρούν και να επαληθεύουν εύκολα την πραγματική απόδοση των εγκαταστάσεων τους και βοηθούν στην εύρεση πρόσθετων ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής αξιοποιήθηκαν δύο εκδόσεις του συγκεκριμένου λογισμικού. Το RETScreen International που είναι η πρώτη έκδοση του με βάση λειτουργίας το Excel και το RETScreen Expert που διατίθεται σε λειτουργία προβολής.

Λόγω περιορισμών του RETScreen International στο κομμάτι σχεδιασμού για χώρες με θερμότερο κλίμα από αυτό του Καναδά αποφασίστηκε ο υπολογισμός αυτών των παραμέτρων να γίνει μέσω οδηγιών της ASHRAE και των T.O.T.E.E.. Έτσι, η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου, καθώς και της προκύπτουσας κατάστασης μετά τις παρεμβάσεις, έγινε εκτός λογισμικού, ενώ το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη εφαρμογής συστήματος ηλιακής θέρμανσης αέρα (Solar Air Heating (SAH)).

2.8 Κλιματικά δεδομένα

Για την ολοκληρωμένη μελέτη της ενεργειακής κατάστασης, απαιτείται η χρήση και ο υπολογισμός κλιματικών δεδομένων σχετικά με θερμοκρασία, αέρα και ηλιακή ακτινοβολία. Ορισμένα από τα πιο κρίσιμα μεγέθη αναλύονται παρακάτω. Τα κλιματικά δεδομένα που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική μπορούν να βρεθούν στο Παράρτημα 1 - Κλιματικά Δεδομένα.

Βαθμομέρες

Οι βαθμομέρες για μια δεδομένη ημέρα αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των βαθμών Κελσίου που η μέση θερμοκρασία είναι πάνω ή κάτω από μια δεδομένη θερμοκρασία αναφοράς. Ο υπολογισμός μπορεί να γίνει και κατευθείαν ανά μήνα αλλά επιλέγεται να γίνει με τη μέση θερμοκρασία ανά ημέρα σε βάθος πενταετίας για να είναι πιο αντιπροσωπευτικό το τελικό νούμερο.

✓ Θέρμανσης

Το συγκεκριμένο λογισμικό δέχεται ως δεδομένο για τους υπολογισμούς τις βαθμομέρες θέρμανσης με θερμοκρασία αναφοράς τους 18°C.

$$DDH_i = \sum_{k=1}^{N_i} (T_{set,H} - T_{average,k})$$

Εξίσωση 2.1 Υπολογισμός μηνιαίων βαθμο-ημερών θέρμανσης

Όπου

DDH_i : βαθμομέρες θέρμανσης για μήνα i ($i=1,2, \dots, 12$) [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$]

N_i : αριθμός ημερών του μήνα i [d]

$T_{set,H}$: θερμοκρασίας αναφοράς (18) [$^{\circ}\text{C}$]

$T_{average,k}$: μέση θερμοκρασία ημέρας k του μήνα i [$^{\circ}\text{C}$]

Συνεπώς, στο σύνολο του έτους θα ισχύει:

$$DDH = \sum_{i=1}^{12} DDH_i$$

Εξίσωση 2.2 Υπολογισμός ετήσιων βαθμο-ημερών θέρμανσης

Όπου

DDH : το σύνολο των βαθμοημερών θέρμανσης μέσα στο έτος [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$]

✓ Ψύξης

Το συγκεκριμένο λογισμικό δέχεται ως δεδομένο για τους υπολογισμούς τις βαθμομέρες ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 10°C.

$$DDC_i = \sum_{k=1}^{N_i} (T_{average,k} - T_{set,C})$$

Εξίσωση 2.3 Υπολογισμός μηνιαίων βαθμο-ημερών ψύξης

Όπου

DDC_i : βαθμομέρες ψύξης για μήνα i ($i=1,2, \dots, 12$) [$^{\circ}\text{C} * \text{d}$]

N_i : αριθμός ημερών του μήνα i [d]

$T_{set,C}$: θερμοκρασίας αναφοράς (10) [$^{\circ}\text{C}$]

$T_{average,k}$: μέση θερμοκρασία ημέρας k του μήνα i [$^{\circ}\text{C}$]

Συνεπώς, στο σύνολο του έτους θα ισχύει:

$$DDC = \sum_{i=1}^{12} DDC_i$$

Εξίσωση 2.4 Υπολογισμός ετήσιων βαθμο-ημερών ψύξης

Όπου

DDC : το σύνολο των βαθμοημερών ψύξης μέσα στο έτος [$^{\circ}\text{C} * \text{d}$]

Θερμοκρασίες σχεδιασμού

Οι θερμοκρασίες σχεδιασμού είναι οι ακραίες τιμές θερμοκρασιών που εμφανίζονται στο περιβάλλον σε ποσοστό συχνότητας 1%. Αυτές οι θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης για να καλύπτουν και τις πιο πιθανές ακραίες περιπτώσεις που μπορούν να συμβούν σε έναν αξιόλογο βαθμό και έκταση μέσα σε ένα έτος.

Τέλος, από τις βάσεις δεδομένων λήφθηκαν δεδομένα σχετικά με τη μέση ταχύτητα του αέρα (μετρημένη στα 10m) και μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο. Τα δεδομένα αυτά ήταν απαραίτητα σε κάποιες μορφές του λογισμικού ώστε να βγάλει σωστά αποτελέσματα.

2.9 Μελέτη υφιστάμενου κτιρίου

2.9.1 Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση κτιρίου

Η μελέτη της Α' φάσης του κτιρίου στηρίχτηκε σε σχέδια και αρχεία που μας διατέθηκαν και σε επιτόπιες επισκέψεις που πραγματοποιήθηκαν στους επιμέρους χώρους της Σχολής για συγκέντρωση περισσότερων στοιχείων απαραίτητων για τους υπολογισμούς μας. Οι κατηγορίες των χώρων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- Εργαστήρια, όπως τα βασικά εργαστήρια της Σχολής και τα οριζόντια εργαστήρια
- Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια, όπως είναι τα προσωπικά γραφεία των διδασκόντων και φοιτητών και όπως είναι οι χώροι που αξιοποιούνται για μικρές εργαστηριακές ασκήσεις χωρίς μηχανήματα ή με μηχανήματα με πολύ χαμηλή ισχύς μηχανημάτων
- Αίθουσες Διδασκαλίες
- Αίθουσες Συνεδριάσεων, όπως είναι η αίθουσα Κουμούτσου
- Διάδρομοι
- Χώροι Υγιεινής (WC)
- Εργαστήρια πληροφορικής (PC-Labs)
- Βοηθητικοί Χώροι, όπως είναι οι αποθήκες
- Βιβλιοθήκες, όπως είναι το αναγνωστήριο
- Κλιμακοστάσια και
- Αμφιθέατρα

Επίσης, κάθε χώρος της Σχολής καταχωρήθηκε σε κάποια από τις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με την ανάγκη θέρμανσης τη χειμερινή περίοδο και ψύξης τη θερινή περίοδο. Στον Πίνακα 2.2 φαίνεται η διαλογή των χώρων ανάλογα με την προαναφερθείσα κατηγοριοποίηση.

Πίνακας 2.2: Πίνακας κατηγοριοποίησης χώρων ανάλογα με την απαίτηση σε θέρμανση και ψύξη

Χώρος	Χειμώνας		Θέρος	
	Θερμαινόμενος	Μη Θερμαινόμενος	Ψυχόμενος	Μη Ψυχόμενος
Εργαστήρια	X	-	X	-
Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια	X	-	X	-
Αίθουσες Διδασκαλίες & Συνεδριάσεων	X	-	X	-
Διάδρομοι	X	-	-	X
Χώροι Υγιεινής	-	X	-	X
Εργαστήρια πληροφορικής	X	-	X	-
Βοηθητικοί Χώροι	-	X	-	X
Βιβλιοθήκες	X	-	X	-
Κλιμακοστάσια	-	X	-	X
Αμφιθέατρα	X	-	X	-

Συνεπώς, οι χώροι που θερμαίνονται είναι:

1. Εργαστήρια
2. Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια
3. Αίθουσες Διδασκαλίες & Συνεδριάσεων
4. Διάδρομοι
5. Εργαστήρια Πληροφορικής
6. Βιβλιοθήκες
7. Αμφιθέατρα

Και οι χώροι που ψύχονται είναι:

1. Εργαστήρια
2. Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια
3. Αίθουσες Διδασκαλίες & Συνεδριάσεων
4. Εργαστήρια Πληροφορικής
5. Βιβλιοθήκες
6. Αμφιθέατρα

Στη συνέχεια, μέσω των σχεδίων της Σχολής (κατόψεις επιπέδου) έγινε μελέτη του κάθε χώρου καταγράφοντας σε βάσεις δεδομένων ανά όροφο, τα μήκη των τοίχων, των θυρών και των υαλοπινάκων και τις εκτάσεις των δαπέδων και των οροφών. Κάθε στοιχείο που καταγραφόταν, έπρεπε να εμπίπτει σε μία κατηγορία από τις ακόλουθες, ανάλογα με την επαφή που είχαν στην αντίθετη (σε σχέση με το πεδίο μελέτης) πλευρά:

- Επαφή με θερμαινόμενο χώρο το χειμώνα ή επαφή με ψυχόμενο χώρο το καλοκαίρι
- Επαφή με μη θερμαινόμενο (ή μη ψυχόμενο) χώρο
- Επαφή με αέρα, δηλαδή με περιβάλλον
- Επαφή με έδαφος

Ο διαχωρισμός αυτός έγινε, γιατί ανάλογα με το περιβάλλοντα χώρο του κάθε στοιχείου χρησιμοποιούνται διαφορετικές θερμοφυσικές ιδιότητες για τους επόμενους υπολογισμούς.

Το υφιστάμενο κτίριο μελετήθηκε ως προς τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία των χώρων του. Για την πραγματοποίηση αυτών των μελετών έπρεπε να ληφθούν και να αξιοποιηθούν δεδομένα σχετικά με τις καιρικές συνθήκες που υπάρχουν στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Γι' αυτό τον λόγο, έγινε μελέτη στις μέσες θερμοκρασίες, στα μέσα επίπεδα έντασης αέρα και στα επίπεδα υγρασίας από τις βάσεις δεδομένων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) της τελευταίας πενταετίας. Μέσα από αυτά τα δεδομένα έγιναν υπολογισμοί μεγεθών, όπως είναι οι βαθμομέρες και οι θερμοκρασίες σχεδιασμού.

2.9.2 Εξοπλισμός κτιριακής μονάδας

Για την καλύτερη αποτύπωση των αναγκών της Σχολής υπολογίζονται τα θερμικά και ψυκτικά φορτία. Για τη θέρμανση, υπολογίζονται, ουσιαστικά, τα φορτία τα οποία ψύχουν τον χώρο και δυσκολεύουν τη θέρμανση του και για την ψύξη υπολογίζονται τα φορτία που ζεσταίνουν το χώρο και δυσκολεύουν τη ψύξη του. Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι εκάστοτε κατηγορίες.

Θέρμανση και Ψύξη Σχολής

Στο κτίριο υπάρχουν εγκατεστημένες μονάδες θέρμανσης (καυστήρες φυσικού αερίου και λέβητες) και μονάδες ψύξης. Άλλες εξ αυτών λειτουργούν και άλλες όχι, λόγω βλαβών είτε των ιδίων είτε του δικτύου σωληνώσεων.

Η νέα φάση του κτιρίου έχει δικές της μονάδες ψύξης που καλύπτουν αυτόνομα τις ανάγκες της. Το ίδιο και τα αμφιθέατρα της Σχολής. Γι' αυτό τον λόγο τα τμήματα αυτά δεν έχουν συμπεριληφθεί στη μελέτη.

Ηλεκτρική Κατανάλωσης Σχολής

Προκειμένου να επιτευχθεί μια πιο ολοκληρωμένη αποτύπωση των αναγκών της Σχολής συμπληρωματικά με τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία πραγματοποιήθηκε καταμέτρηση των λαμπτήρων στους χώρους του κτιρίου η οποία συνδυάστηκε με καταγραφή μηχανημάτων στα εργαστήρια, υπολογιστικών μονάδων και άλλα πηγών κατανάλωσης ενέργειας. Τα αποτελέσματα αυτή της μελέτης παρουσιάζονται στο **Παράρτημα 4 - Ηλεκτρική Κατανάλωση Σχολής**.

2.9.3 Παρεμβάσεις στο υφιστάμενο κτίριο

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, υπάρχουν διάφοροι τρόποι ενεργειακής βελτιστοποίησης των κτιρίων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, σε πρώτο στάδιο μελετήθηκε η θωράκιση της Σχολής με εξωτερική θερμική μόνωση, η αντικατάσταση των κουφωμάτων και των μονών υαλοπινάκων με κουφώματα αλουμινίου και διπλούς υαλοπίνακες και η αντικατάσταση των θυρών με νέες πυράντοχες πόρτες. Τέλος, ως μία ακόμα παρέμβαση μπορεί να θεωρηθεί η προσθήκη εσωτερικού τοίχου μέχρι ένα ύψος, στα σημεία που «βλέπουν» προς τα αίθρια και προς το εξωτερικό της Σχολής και αποτελούν αλουμινοκατασκευές.

Εκτός από τη μείωση στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης που προκύπτουν και με υπολογισμούς, αυτές οι παρεμβάσεις στη Σχολή εξασφαλίζουν καλύτερες συνθήκες κατά τη παραμονή των ατόμων στο εσωτερικό της, προσθέτουν μεγαλύτερη αίσθηση ασφάλειας και επεκτείνουν το χρόνο ζωής του κτιριακού συμπλέγματος.

Στην ίδια λογική, στη συνέχεια μελετάται και η εφαρμογή της τεχνολογίας Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα (ΗΘΑ) (Solar Air Heating - SAH).

2.10 Ηλιακή Θέρμανση Αέρα (Solar Air Heating - SAH)

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διαφόρων τεχνολογιών, ορισμένες εκ των οποίων βασίζονται στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η τεχνολογία που θα μελετηθεί στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής είναι η Ηλιακή Θέρμανση Αέρα (ΗΘΑ). [33]

Τι είναι η ΗΘΑ;

Η ΗΘΑ είναι τεχνολογία αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση του περιβάλλοντος αέρα και διανομή του στους επιθυμητούς χώρους. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται ευρέως για τη θέρμανση του αέρα στο εσωτερικό χώρων διαφόρων κτιρίων, αλλά, επίσης, εφαρμόζεται στη βιομηχανία, όπως για ξήρανση των καλλιεργειών, όπου ο θερμαινόμενος αέρας είναι μια σημαντική απαίτηση. [34]

Αυτή η τεχνολογία έχει ανθίσει σε πολύ μεγάλο βαθμό τα τελευταία χρόνια και έχει οδηγήσει στην πραγματοποίηση πολλών έργων μεγάλης κλίμακας, για παράδειγμα ένα εργοστάσιο στον Καναδά, που τοποθέτησε 10.000 m² συλλεκτών ηλιακής θέρμανσης. Όπως είναι λογικό, η αξιοποίηση αυτής της τεχνολογίας μεγιστοποιείται όταν μελετάται η ένταξη της σε νέο κτίριο, όπως συμβαίνει και με τις περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό, πάντως, δε σημαίνει ότι η αξιοποίηση της σε περιπτώσεις παρεμβάσεων σε υφιστάμενο κτίριο δεν ενεργεί θετικά τόσο ενεργειακά όσο και σε θέματα υγείας των ατόμων του κτιρίου. Η διάρκεια ζωής όλου του συστήματος υπολογίζεται πάνω από 30 έτη.

Σύστημα ΗΘΑ

Το σύστημα ΗΘΑ αποτελείται από δύο σημαντικά μέρη, ένα στο εξωτερικό και ένα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Στο εξωτερικό του κτιρίου βρίσκεται τοποθετημένο το σύμπλεγμα ηλιακών συλλεκτών. Η μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται, όπως είναι λογικό, όταν οι συλλέκτες τοποθετούνται προς τον ισημερινό, δηλαδή στις νότιες μεριές των κτιρίων, εφόσον βρισκόμαστε στο βόρειο ημισφαίριο. Στο εσωτερικό του κτιρίου βρίσκεται το σύστημα διανομής αέρα, το οποίο είτε υπάρχει γενικά για τη διανομή του αέρα ή προστίθεται κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας σε ένα κτίριο.

Υπάρχουν δύο κύρια είδη συλλεκτών για την ηλιακή θέρμανση αέρα:

- Συλλέκτες με εφαρμοσμένους υαλοπίνακες (Glazed)

Αυτοί οι συλλέκτες έχουν σχεδιαστεί κυρίως για θέρμανση χώρου ανακυκλοφορώντας τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου. Δηλαδή, το σύστημα ηλιακής θέρμανσης αέρα σε αυτή την περίπτωση απαιτεί δύο διεισδύσεις στο κτίριο, μία για τη μεταφορά του εσωτερικού αέρα προς το σύστημα των συλλεκτών και μία από το σύστημα των συλλεκτών προς τον εσωτερικό χώρο. Δεδομένου ότι ο αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό του συστήματος των συλλεκτών προέρχεται από το εσωτερικό του κτιρίου, η θέρμανση του πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία των συλλεκτών λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας γίνει μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του εσωτερικού του κτιρίου.

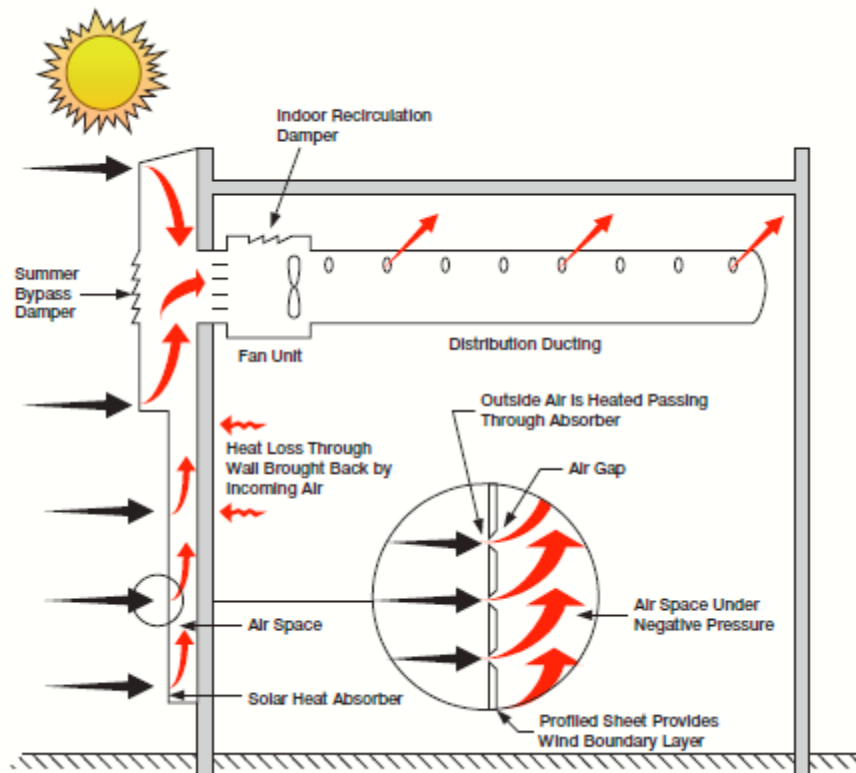
- Συλλέκτες με μη εφαρμοσμένους υαλοπίνακες (Unglazed)

Αυτοί οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται κυρίως για τη θέρμανση του αέρα του περιβάλλοντος και όχι του εσωτερικού αέρα του κτιρίου. Απαιτούν μόνο μία διείσδυση στο κτίριο, ή εάν χρησιμοποιούνται υπάρχουσες είσοδοι ανεμιστήρα, τότε δεν απαιτούνται πρόσθετες διεισδύσεις. Η θέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα επιτρέπει να χρησιμοποιείται η ηλιακή ενέργεια κάθε φορά που η θερμοκρασία στον συλλέκτη είναι πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και όχι από την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου. [35] [36]

Οι συλλέκτες με μη εφαρμοσμένους υαλοπίνακες, που θα μελετηθούν και στην περίπτωση της Σχολής, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στους διάτρητους και στους μη διάτρητους. Οι διάτρητοι συλλέκτες παρουσιάζουν πολύ μικρά ανοίγματα σε όλη τους την επιφάνεια και οι μη διάτρητοι παρουσιάζουν ανοίγματα στο κάτω ή το πίσω μέρος τους. Αμφότερα, τα ανοίγματα είναι τα σημεία εισόδου του αέρα περιβάλλοντος στο γενικό σύστημα. [37] - [47]

Πώς δουλεύει η ηλιακή θέρμανση αέρα;

Στη Εικόνα 2.5 παρουσιάζεται συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας της τεχνολογίας.



Εικόνα 2.5: Απεικόνιση συστήματος Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά ο εξωτερικός αέρας περιβάλλοντος εισάγεται μέσω των μικρών ανοιγμάτων του σκουρόχρωμου συλλέκτη και θερμαίνεται καθώς περνάει πίσω από τους συλλέκτες.

Ειδικοί διάτρητοι συλλέκτες εγκαθίστανται αρκετά κοντά σε τοίχους με νότιο προσανατολισμό, δημιουργώντας μια κοιλότητα αέρα. (Νοτιοανατολικά, νοτιοδυτικά, ανατολικά και δυτικά τοίχοι είναι επίσης προς αξιοποίηση, αλλά με μικρότερη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.) Οι συλλέκτες θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία του ηλίου και οι ανεμιστήρες εξαερισμού δημιουργούν αρνητική πίεση στην κοιλότητα του αέρα, τραβώντας τον ηλιακά θερμαινόμενο αέρα μέσω των διατρήσεων του συλλέκτη. Ο ειδικός μηχανολογικός εξοπλισμός χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ποσότητας ροής αέρα μέσω των διατρήσεων. Αυτό διατηρεί μια συνεχή έλξη σε ολόκληρη την επιφάνεια του τοιχώματος και διασφαλίζει ότι ο ψυχρότερος αέρας πέρα από το θερμαινόμενο οριακό στρώμα δεν εισάγεται στο ρεύμα αέρα.

Ο αέρας γενικά απομακρύνεται από την κορυφή του τοίχου (όπου έχει φτάσει λόγω της ανόδου του θερμού αέρα). Στη συνέχεια, ο θερμαινόμενος αέρας διοχετεύεται στο κτίριο μέσω σύνδεσης με την είσοδο του δικτύου αερισμού.

Δεδομένου ότι ο αέρας που εισέρχεται στο σύστημα αέρα έχει ήδη θερμανθεί, μειώνεται το ενεργειακό φορτίο στον συμβατικό εξοπλισμό θέρμανσης. Ο ηλιακά θερμαινόμενος καθαρός αέρας στη συνέχεια διανέμεται στο κτίριο μέσω του συστήματος αερισμού.

Συστήματα παράκαμψης (bypass dampers) μπορούν να τοποθετηθούν στην κορυφή της πρόσοψης. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στον αέρα του περιβάλλοντος να τροφοδοτείται απευθείας στο κτίριο όταν δεν απαιτείται θέρμανση. Στις εφαρμογές εξαερισμού, ένας ρυθμιζόμενος θερμοστάτης που ανιχνεύει την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου ελέγχει αυτό το σύστημα. Ο θερμοστάτης είναι συνήθως ρυθμισμένος να ανοίγει το σύστημα παράκαμψης όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή ώστε να μην απαιτείται επιπλέον θέρμανση.

Τέλος, στην επιφάνεια του τοίχου που καλύπτουν οι συλλέκτες αυτή η τεχνολογία εκμεταλλεύεται τις θερμικές απώλειες από τα τοιχώματα αυξάνοντας έτσι τη συνολική αποδιδόμενη θερμότητα στον χώρο.

Πώς υπολογίζεται ο απαιτούμενος αέρας για τη θέρμανση των χώρων;

Ένα σημαντικό στοιχείο στον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος είναι ο απαιτούμενος φρέσκος αέρας ανάλογα τον τρόπο αξιοποίησης ενός χώρου.

Όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος της διπλωματικής, έγινε μελέτη διαφόρων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ώστε να ανταποκρίνονται τα μεγέθη στις τιμές που προβλέπονται. [48] [49] Από αυτή τη μελέτη προέκυψε ο απαιτούμενος ρυθμός ανανέωσης αέρα ανά μονάδα επιφάνειας για κάθε χώρο που θερμαίνεται:

Πίνακας 2.3: Πίνακας απαιτούμενου ρυθμού ανανέωσης αέρα ανά τετραγωνικό μέτρο

Τύποι Χώρων	Αίθουσες	Αίθουσες Η/Υ	Αίθουσες Συνδιαλέξεων	Αμφιθέατρα	Βιβλιοθήκες	Βοηθητικοί Χώροι	Γραφεία - Μικρό Εργαστήριο	Διάδρομοι	Εργαστήρια
($m^3/(h \cdot m^2)$)	11	3.19	27.5	27.5	6.6	2.6	3	2.6	6.88

Εφαρμογές τεχνολογίας

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα είδη κτιρίων, είτε εμπορικά είτε πανεπιστημιακά είτε βιομηχανικά.

Ένα από τα μεγαλύτερα έργα που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ευρώπη βρίσκεται στη Μεγάλη Βρετανία, στο κατάστημα της Marks & Spencer. Στο συγκεκριμένο έργο έχουν τοποθετηθεί 4.330 m² συλλεκτών, έκταση που ισούται με 11 γήπεδα αντισφαίρισης (tennis). Σημειώνεται ότι για το συγκεκριμένο εγχείρημα τοποθετήθηκαν 3 διαφορετικά υποσυστήματα της τεχνολογίας με διαφορετικό χρώμα συλλεκτών, για να ικανοποιούνται και οι αισθητικές απαιτήσεις.



Εικόνα 2.6: Έργο ηλιακής θέρμανσης αέρα στη Μεγάλη Βρετανία - Marks & Spencer (1)



Εικόνα 2.7: Έργο ηλιακής θέρμανσης αέρα στη Μεγάλη Βρετανία - Marks & Spencer (2)

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής έχουν τοποθετηθεί σε αρκετά κτίρια. Ένα έργο, το οποίο μοιάζει με αυτό που μελετάται στη συγκεκριμένη διπλωματική, είναι αυτό στο πανεπιστήμιο της Βόρεια Αριζόνα. Όπως και σε αυτή τη περίπτωση, πρόκειται για ένα πανεπιστημιακό ίδρυμα και για εφαρμογή της τεχνολογίας με συνολική επιφάνεια συλλεκτών περίπου 250-300 m². Στο πανεπιστήμιο της Βόρεια Αριζόνα τοποθετήθηκαν 263 m² συλλεκτών.



Εικόνα 2.8: Έργο ηλιακής θέρμανσης αέρα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής - Πανεπιστήμιο στη Βόρεια Αριζόνα

Εφαρμογή τεχνολογίας στη Σχολή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η βέλτιστη αξιοποίηση αυτής της τεχνολογίας παρουσιάζεται όταν τοποθετούνται οι συλλέκτες σε τοίχο με νότιο προσανατολισμό, και λιγότερο όταν τοποθετούνται σε νοτιοδυτικό, νοτιοανατολικό, δυτικό ή ανατολικό. Παρόλο που η Σχολή παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη διαθέσιμη επιφάνεια σε τοίχους στη δυτική και ανατολική πλευρά, προτιμήθηκε, ύστερα από μελέτη, να μην αξιοποιηθούν αυτές οι πλευρές ως λιγότερο αποδοτικές.

Αποφασίστηκε, λοιπόν, να αξιοποιηθούν τοίχοι με νότιο προσανατολισμό. Σημαντικότερο ρόλο στην επιλογή των σημείων τοποθέτησης αποτέλεσε η επιλογή των χώρων στους οποίους θα εφαρμοστεί αυτή η τεχνολογία.

Όπως φαίνεται και στην περιγραφή του συνολικού συστήματος της τεχνολογίας, η τελική διανομή του θερμαινόμενου αέρα στο κάθε χώρο γίνεται συνήθως με μεγάλους κυλινδρικούς αγωγούς κατά μήκος του χώρου. Η αναγκασία ύπαρξη ενός τέτοιου αγωγού, οδήγησε στην απόφαση να μην συμπεριληφθούν στην εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας μικροί χώροι που περιορίζονται από διάφορα δομικά στοιχεία, όπως είναι τα Γραφεία/Μικρο-εργαστήρια, τα Οριζόντια εργαστήρια, οι αίθουσες συνδιαλέξεων, διδασκαλίας και PC Lab. Συνεπώς, αποφασίστηκε να μελετηθεί η εφαρμογή της τεχνολογίας στα μεγάλα εργαστήρια της Σχολής και στους διαδρόμους. Πιο συγκεκριμένα, αποφασίστηκε η εφαρμογή της τεχνολογίας στους μεγάλους κάθετους (Βορράς ↔ Νότος) διαδρόμους που βρίσκονται στην ανατολική και δυτική πλευρά και στις 3 πτέρυγες εργαστηρίων της Σχολής μαζί με τους ενδιάμεσους διαδρόμους στα επίπεδα που βρίσκονται τουλάχιστον δύο εργαστήρια ανά επίπεδο και πτέρυγα.

Για τους μεγάλους διαδρόμους μελετήθηκε η αξιοποίηση μέρη του νότιου τοίχου της Σχολής, και πιο συγκεκριμένα για τους δυτικούς διαδρόμους που βρίσκονται στο 2ο και 3ο επίπεδο αξιοποιήθηκαν μέρη των δύο πρώτων νότιων blocks όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.9.



Εικόνα 2.9: Πρώτο και δεύτερο νότια blocks

Για τους ανατολικούς διαδρόμους που βρίσκονται στο 2ο, 3ο και 4ο επίπεδο αξιοποιήθηκαν μέρη των 9ου και 10ου νότιων blocks όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.10



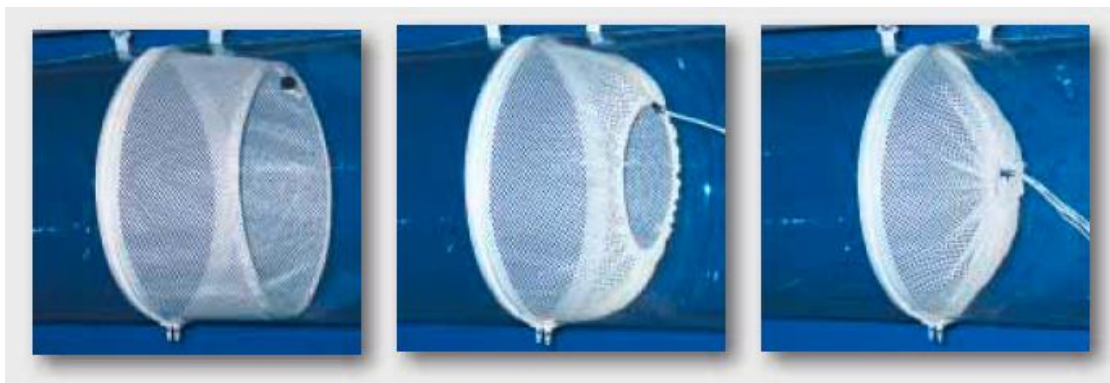
Εικόνα 2.10: Ένατο και δέκατο νότια blocks

Για τις πτέρυγες εργαστηρίων αξιοποιήθηκε το πάνω νότιο μέρος του τοίχου κάθε πτέρυγας, το οποίο φαίνεται και στην Εικόνα 2.11.



Εικόνα 2.11: Νότιο μέρος πτέρυγας εργαστηρίων

Όπως είναι λογικό, λόγω πολυπλοκότητας του κτιριακού συμπλέγματος, γεννιέται η απορία του σωστού διαμοιρασμού του αέρα στο σύνολο των χώρων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα ελέγχου και διαμοιρασμού του αέρα.



Εικόνα 2.12: Παράδειγμα συστήματος ελέγχου και διαμοιρασμού αέρα

Η ρυθμιζόμενη συσκευή ροής (Adjustable Flow Device, AFD) προσφέρει αντίσταση στην εξισορρόπηση της στατικής ανάκτησης και της ροής αέρα στα διάφορα παρακλάδια του αγωγού, στη μείωση διαταραχής της ροής και των απότομων εκκινήσεων.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι πέρα από τους συμβατικούς μεταλλικούς αγωγούς, έχουν αναπτυχθεί πολλά υποσχόμενοι υφασμάτινοι αγωγοί για τη μεταφορά του αέρα στους χώρους. Μερικά από τα πλεονεκτήματά τους είναι το μικρό βάρος τους, η μεγαλύτερη ευκαμπτότητά τους, η ευκολότερη μεταφορά τους, το αισθητικό τους αποτέλεσμα κ.α..

3 Υπολογιστικό Μέρος

3.1 Διαδικασία υπολογισμού θερμικών φορτίων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι χώροι που θερμαίνονται είναι:

- Εργαστήρια
- Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια
- Αίθουσες Διδασκαλίες & Συνεδριάσεων
- Διάδρομοι
- Εργαστήρια Πληροφορικής
- Βιβλιοθήκες
- Αμφιθέατρα

Τα θερμικά φορτία που μελετήθηκαν για τους χώρους της Σχολής χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Θερμικά φορτία από τα δομικά στοιχεία, όπως τοιχοποιία, θύρες, υαλοπίνακες κλπ.
- Θερμικά φορτία από είσοδο ψυχρού αέρα περιβάλλοντος και
- Θερμικά φορτία από είσοδο μηχανικού αερισμού παροχής νωπού αέρα.

Τα θερμικά φορτία από αγωγή υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = A * U * \Delta T, [W]$$

Εξίσωση 3.1 Υπολογισμός θερμικών φορτίων [1]

Όπου

A: επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας δομικού στοιχείου [m^2]

U: Θερμοπερατότητα δομικού στοιχείου [$\frac{W}{m^2(^\circ C)}$]

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας [$^\circ C$]

Ενώ τα θερμικά φορτία από ψυχρό αέρα περιβάλλοντος υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = \dot{V} * \rho * C_p * \Delta T, [W]$$

Εξίσωση 3.2 Υπολογισμός θερμικών φορτίων [2]

Όπου

\dot{V} : ρυθμός ανανέωσης αέρα $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

ρ : πυκνότητα αέρα $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

C_p : ειδική θερμότητα αέρα $\left[\frac{J}{Kg*(^{\circ}C)}\right]$

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας [$^{\circ}C$]

Σημειώνεται ότι η διαφορά θερμοκρασίας αποτελεί τη διαφορά της θερμοκρασίας άνεσης και της θερμοκρασίας σχεδιασμού θέρμανσης.

Αν θεωρήσουμε i την κατηγορία θερμικών φορτίων, τότε για ένα χώρο μελέτης ισχύει:

$$Q_H = \sum_i Q_i$$

Εξίσωση 3.3 Υπολογισμός συνολικών θερμικών φορτίων

Όπου με H συμβολίζεται η θέρμανση (Heating).

Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση αυτές τις εξισώσεις για όλους τους χώρους θέρμανσης με χρήση των λογισμικών MATLAB και Excel, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

3.2 Διαδικασία υπολογισμού ψυκτικών φορτίων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι χώροι που ψύχονται είναι:

- Εργαστήρια
- Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια
- Αίθουσες Διδασκαλίας & Συνεδριάσεων
- Εργαστήρια Πληροφορικής
- Βιβλιοθήκες
- Αμφιθέατρα

Τα ψυκτικά φορτία που μελετήθηκαν για τους χώρους της Σχολής χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ψυκτικά φορτία από τα δομικά στοιχεία, όπως τοιχοποιία, πόρτες, παράθυρα κλπ.
- Ψυκτικά φορτία από ηλιακά κέρδη από τους υαλοπίνακες

- Ψυκτικά φορτία από είσοδο θερμού αέρα περιβάλλοντος, αισθητά και λανθάνοντα
- Ψυκτικά φορτία από είσοδο μηχανικού αερισμού παροχής νωπού αέρα
- Ψυκτικά φορτία από τον μηχανολογικό και εργαστηριακό εξοπλισμό
- Ψυκτικά φορτία από εκπομπή θερμότητας από τα άτομα στον χώρο και
- Ψυκτικά φορτία από τον φωτισμό

Τα ψυκτικά φορτία από αγωγή για στοιχεία σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = A * U * CLTD_{CORR}, [W]$$

Εξίσωση 3.4 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [1]

Όπου

A: επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας δομικού στοιχείου τοιχοποιίας, οροφής και παραθύρων. [m^2]

U: Θερμοπερατότητα δομικού στοιχείου [$\frac{W}{m^2(^{\circ}C)}$]

$CLTD_{CORR}$: Η διορθωμένη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου όπως αυτή προσδιορίζεται από τη μέθοδο υπολογισμού CLTD/CLF κατά ASHRAE. [$^{\circ}C$]

Τα ηλιακά κέρδη από τους υαλοπίνακες υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = A * SC * SHGF * CLF, [W]$$

Εξίσωση 3.5 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [2]

Όπου

A: επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας παραθύρων [m^2]

SC: συντελεστής σκίασης []

SHGF: συντελεστής ηλιακών κερδών [$\frac{W}{m^2}$]

CLF: συντελεστής ψυκτικών φορτίων όπως αυτός προσδιορίζεται από τη μέθοδο υπολογισμού CLTD/CLF κατά ASHRAE. []

Τα αισθητά φορτία από θερμό αέρα περιβάλλοντος υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = \dot{V} * \rho * C_p * \Delta T, [W]$$

Εξίσωση 3.6 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [3]

Όπου,

\dot{V} : ρυθμός ανανέωσης αέρα [$\frac{m^3}{s}$]

ρ : πυκνότητα αέρα $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

C_p : ειδική θερμότητα αέρα $\left[\frac{J}{Kg*(^{\circ}C)}\right]$

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας $[^{\circ}C]$

Τα λανθάνοντα φορτία από θερμό αέρα περιβάλλοντος υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = \dot{V} * \rho * h_{fg} * \Delta_w, [W]$$

Εξίσωση 3.7 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [4]

Όπου,

\dot{V} : ρυθμός ανανέωσης αέρα $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

ρ : πυκνότητα αέρα $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

h_{fg} : η ειδική ενθαλπία των υδρατμών του αέρα $\left[\frac{J}{Kg}\right]$

Δ_w : η διαφορά της ειδικής υγρασίας μεταξύ εισερχόμενου ρεύματος αέρα και κλιματιζόμενου χώρου $\left[\frac{Kg}{Kg_{da}}\right]$

Τα φορτία από εξοπλισμό και φωτισμό υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = Q_{l \dot{\eta} eq} * CLF, [W]$$

Εξίσωση 3.8 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [5]

Όπου,

Q : Εγκατεστημένη Ισχύς, l : φωτισμός, eq : εξοπλισμό $[W]$

CLF : συντελεστής ψυκτικών φορτίων όπως αυτός προσδιορίζεται από τη μέθοδο υπολογισμού CLTD/CLF κατά ASHRAE. []

Τα φορτία από ανθρώπους υπολογίζονται από τον τύπο:

$$Q_i = Q_p [W] * N = 75 * N [W]$$

Εξίσωση 3.9 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων [6]

Όπου ,

Q_p : η μέση εκπεμπόμενη θερμότητα των ανθρώπων $\left[\frac{W}{people}\right]$

N : πλήθος ατόμων σε ένα χώρο $[people]$

Σημειώνεται ότι η διαφορά θερμοκρασίας αποτελεί τη διαφορά της θερμοκρασίας άνεσης και της θερμοκρασίας σχεδιασμού ψύξης.

Αν θεωρήσουμε i την κατηγορία ψυκτικών φορτίων, τότε για ένα χώρο μελέτης ισχύει:

$$Q_c = \sum_i Q_i$$

Εξίσωση 3.10 Υπολογισμός συνολικών ψυκτικών φορτίων

Όπου με C συμβολίζεται η ψύξη (Cooling).

Επισημαίνεται ότι οι συντελεστές CLTD, CLF, SHGF και SC προέρχονται από πίνακες μελέτης. [50]

Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση αυτές τις εξισώσεις για όλους τους χώρους θέρμανσης με χρήση των λογισμικών MATLAB και Excel, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

3.3 Διαδικασία υπολογισμού φορτίων μέσω Excel και MATLAB

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο υπολογισμός των φορτίων έγινε με χρήση Excel και MATLAB. Για την καλύτερη διαχείριση των δεδομένων, οι χώροι μελετήθηκαν ανά επίπεδο και συνολικά μελετήθηκαν 6 επίπεδα, από 0 έως 5. Ως δεδομένα στο Excel εισήχθησαν τα μήκη και ο αριθμός των διαφόρων στοιχείων ανάλογα με τον προσανατολισμό τους, το είδος χώρου που μελετάται και την έκταση του δαπέδου και της οροφής. Όλα τα στοιχεία εισήχθησαν, όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως, και ανάλογα με το είδος χώρου που έρχεται σε άμεση επαφή.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά ο τρόπος που λειτούργησε η όλη διαδικασία. Το συνολικό Script μπορεί να βρεθεί στο **Παράρτημα 3 - MATLAB Scripts**.

Συνοπτική Διαδικασία υπολογισμού

Έστω ότι το επίπεδο μελέτης στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν το i . Το Script «άνοιγε» το αντίστοιχο Excel αρχείο για το συγκεκριμένο επίπεδο. Μέσα στο Excel βρισκόταν ένας πίνακας όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.

Level	Room	Sheet	Range1	Range2	RoomType
i	Όνομα Χώρου 1	Sheet Database για Χώρο 1	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 1	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 1	Τύπος Χώρου 1
i	Όνομα Χώρου 2	Sheet Database για Χώρο 2	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 2	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 2	Τύπος Χώρου 2
i	Όνομα Χώρου 3	Sheet Database για Χώρο 3	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 3	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 3	Τύπος Χώρου 3
i	Όνομα Χώρου 4	Sheet Database για Χώρο 4	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 4	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 4	Τύπος Χώρου 4
i	Όνομα Χώρου 5	Sheet Database για Χώρο 5	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 5	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 5	Τύπος Χώρου 5
i	Όνομα Χώρου 6	Sheet Database για Χώρο 6	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 6	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 6	Τύπος Χώρου 6
i	Όνομα Χώρου 7	Sheet Database για Χώρο 7	Range 1 Δεδομένων για Χώρο 7	Range 2 Δεδομένων για Χώρο 7	Τύπος Χώρου 7

Εικόνα 3.1: Παράδειγμα πίνακα δημιουργηθείσας βάσης δεδομένων ανά επίπεδο

Μέσω εντολών διαβάσματος του αρχείου, το Script υπολόγιζε το πλήθος των χώρων ανά επίπεδο και ξεκίναγε τη διαδικασία υπολογισμού των φορτίων. Οι στήλες Sheet, Range 1 και Range 2 ορίζουν τις πηγές δεδομένων που παρουσιάζονται παρακάτω.

Στην Εικόνα 3.2 εμφανίζεται ο πίνακας δεδομένων που συμπληρώνεται με τα μήκη και το πλήθος των διαφόρων στοιχείων. Στο πρώτο μισό ορίζονται τα μήκη και στο δεύτερο αντίστοιχα το πλήθος. Το κόκκινο πλαίσιο ορίζει το Range 1.

		Όνομα Χώρου 1			
Variable	Check	Βορράς	Νότος	Ανατολή	Δύση
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με αέρα				
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο				
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο				
Μικροί Υαλοπίνακες	Μονοί υαλοπίνακες				
Μεγάλοι Υαλοπίνακες	Μονοί υαλοπίνακες				
Μικροί Υαλοπίνακες	Διπλοί Υαλοπίνακες				
Μεγάλοι Υαλοπίνακες	Διπλοί Υαλοπίνακες				
Υαλότουβλα	Υαλότουβλα				
Πόρτες	Πόρτες σε επαφή με αέρα				
Πόρτες	Πόρτες σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο				
Πόρτες	Πόρτες σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο				
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με αέρα				
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο				
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο				
Μικροί Υαλοπίνακες	Μονοί υαλοπίνακες				
Μεγάλοι Υαλοπίνακες	Μονοί υαλοπίνακες				
Μικροί Υαλοπίνακες	Διπλοί Υαλοπίνακες				
Μεγάλοι Υαλοπίνακες	Διπλοί Υαλοπίνακες				
Υαλότουβλα	Υαλότουβλα				
Πόρτες	Πόρτες σε επαφή με αέρα				
Πόρτες	Πόρτες σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο				
Πόρτες	Πόρτες σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο				

Εικόνα 3.2: Παράδειγμα πίνακα δεδομένων μηκών και πλήθους

Στην Εικόνα 3.3 εισάγονται τα δεδομένα έκτασης οροφής και δαπέδου για κάθε χώρο. Το μωβ πλαίσιο ορίζει το Range 2.

Όνομα Χώρου 1	
Ceil & Floor	Area
Οροφή σε επαφή με αέρα	
Οροφή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	
Οροφή σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο	
Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	
Δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	
Δάπεδο σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο	
Δάπεδο σε επαφή με αέρα	

Εικόνα 3.3: Παράδειγμα πίνακα δεδομένων έκτασης οροφής και δαπέδου

Χρησιμοποιώντας επαναληπτικές μεθόδους, το Script υπολογίζει τα φορτία, όπως ορίστηκαν προηγουμένως, για όλους τους χώρους και για όλα τα επίπεδα. Ορισμένα φορτία δεν χρειάστηκε να υπολογιστούν με τη βοήθεια MATLAB και περάστηκαν χειροκίνητα στα τελικά αποτελέσματα.

Στο τέλος κάθε μελέτης, σε κάθε αρχείο εκτυπωνόταν μέσα από το Script τα αποτελέσματα για αξιοποίηση τους, όπως φαίνονται στις Εικόνα 3.4 και Εικόνα 3.5.

Για τα θερμικά φορτία τα αποτελέσματα είναι της εξής μορφής:

<u>Συνολική επιφάνεια δαπέδου</u>	<u>Φορτία από τοιχοποιία, πόρτες και παράθυρα</u>	<u>Φορτία από οροφή και δάπεδο</u>	<u>Φορτία από είσοδο ψυχρού αέρα</u>	<u>Φορτία από είσοδο μηχανικού αερισμού</u>

Εικόνα 3.4: Παράδειγμα πίνακα αποτελεσμάτων θερμικών φορτίων

Για τα ψυκτικά φορτία τα αποτελέσματα είναι της εξής μορφής:

<u>Συνολική επιφάνεια δαπέδου</u>	<u>Φορτία από τοιχοποιία, πόρτες και παράθυρα</u>	<u>Φορτία από οροφή και δάπεδο</u>	<u>Φορτία από είσοδο ψυχρού αέρα αισθητά</u>	<u>Φορτία από είσοδο μηχανικού αερισμού</u>	<u>Φορτία από είσοδο ψυχρού αέρα λανθάνοντα</u>	<u>Φορτία από ηλιακά κέρδη</u>	<u>Φορτία από τους ανθρώπους</u>	<u>Φορτία από το φωτισμό</u>	<u>Φορτία από τον εξοπλισμό</u>

Εικόνα 3.5: Παράδειγμα πίνακα αποτελεσμάτων ψυκτικών φορτίων

Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία υπολογίζονται τα θερμικά και ψυκτικά φορτία με τη χρήση του σωστού Script. Τα αποτελέσματα για κάθε χώρο μπορούν να βρεθούν στο **Παράρτημα 2 - Αποτελέσματα Χώρων**.

Η ίδια λογική χρησιμοποιήθηκε τόσο στα φορτία στην υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου όσο και στα φορτία μετά τις παρεμβάσεις, κάνοντας, όπως είναι λογικό, τις απαραίτητες αλλαγές στους διάφορους συντελεστές. Ο σωστός προσδιορισμός των χαρακτηριστικών είναι ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι σωστές τιμές στα διάφορα μεγέθη, όπως για παράδειγμα η σωστή τιμή θερμοπερατότητας.

Πριν γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η αξιολόγηση τους, πρέπει να σημειωθούν οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές θερμοκρασίας, θερμοπερατότητας και διαστάσεων ανά περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν. Γι' αυτό τον λόγο συμπληρώθηκε ο Πίνακας 3.1

3.4 Δεδομένα τιμών που χρησιμοποιήθηκαν για την υφιστάμενη κατάσταση

Πίνακας 3.1: Πίνακας δεδομένων υφιστάμενης κατάστασης

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδα
Θερμοκρασία σχεδιασμού θέρμανσης	4,80	°C
Θερμοκρασία άνεσης θέρμανσης	20,00	°C
Θερμοκρασιακή διαφορά θέρμανσης	15,20	°C
Θερμοκρασία σχεδιασμού ψύξης	35,90	°C
Θερμοκρασία άνεσης ψύξης	25,50	°C
Θερμοκρασιακή διαφορά ψύξης	10,40	°C
Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας σε επαφή με αέρα	2,78	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1,39	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο	0	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα δαπέδου σε επαφή με αέρα	2,75	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα δαπέδου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα δαπέδου σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο	0	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα δαπέδου σε επαφή με έδαφος	3,1	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα οροφής σε επαφή με αέρα	3,05	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα οροφής σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2,90	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα οροφής σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο	0	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα θυρών σε επαφή με αέρα	6	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα θυρών σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα θυρών σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο	0	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα μονού υαλοπίνακα	6,10	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα διπλού υαλοπίνακα	2,50	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα υαλότουβλων	3,50	W/(°C*m ²)
Ύψος τοίχου	3,50	m
Ύψος πόρτας	2,5	m
Ύψος μικρών υαλοπινάκων	0,60	m
Ύψος μεγάλων υαλοπινάκων	1,80	m
Ύψος υαλότουβλων	0,20	m
Ύψος αμφιθεάτρου	7,50	m
Πυκνότητα αέρα	1,20	kg/m ³
Ειδική θερμότητα αέρα	1	kJ/(kg*°C)

3.5 Αποτελέσματα φορτίων στην υφιστάμενη κατάσταση

Ακολουθώντας τις διαδικασίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως προέκυψαν τα φορτία, θερμικά και ψυκτικά, για κάθε όροφο, όπως παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

Στους Πίνακα 3.2 και Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται ανά επίπεδο τα αποτελέσματα μελέτης, σχετικά με τη συνολική επιφάνεια θέρμανσης και ψύξης, τα συνολικά φορτία ανά περίπτωση και τα χαρακτηριστικά μεγέθη ανά όροφο που φανερώνουν τα ανηγμένα φορτία ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2).

Πίνακας 3.2: Πίνακας Θερμικών Φορτίων στην υφιστάμενη κατάσταση ανά επίπεδο

	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5
Υφιστάμενο Κτίριο						
Επιφάνεια θέρμανσης (m^2)	1.082	1.810	5.950	4.926	2.913	1.057
Θερμικά φορτία (W)	161.768	253.323	840.517	625.411	391.843	157.235
Θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας θέρμανσης (m^2)	149	140	141	127	134	149

Πίνακας 3.3: Πίνακας Ψυκτικών Φορτίων στην υφιστάμενη κατάσταση ανά επίπεδο

	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5
Υφιστάμενο Κτίριο						
Επιφάνεια ψύξης (m^2)	777	1.514	3.425	2.983	1.943	773
Ψυκτικά φορτία (W)	167.505	299.813	865.100	762.102	463.599	230.176
Ψυκτικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ψύξης (m^2)	215	198	253	255	239	298

Όπως είναι λογικό παρατηρούνται αρκετές διαφορές μεταξύ των δύο φορτίων. Αυτές οι διαφορές, όμως, ήταν αναμενόμενες. Αρχικά, η συνολική έκταση στις δύο περιπτώσεις είναι αρκετά διαφορετική, καθώς στα ψυκτικά φορτία μελετώνται λιγότεροι χώροι, όπως έχει επισημανθεί. Τα ψυκτικά φορτία, λόγω της εξάρτησης τους από περισσότερους παράγοντες και λόγω του πλήθους τους αναμενόταν να ήταν μεγαλύτερα, και αυτό αποτυπώνεται καλύτερα στις τελευταίες γραμμές των πινάκων, όπου φαίνονται τα φορτία ανά μονάδα επιφάνειας.

Γενικά, λόγω της ύπαρξης κακών μονώσεων, μονών υαλοπινάκων και παλαιών θυρών στο κτίριο, τα φορτία ανά μονάδα επιφάνειας είναι αυξημένα και χρήζουν βελτίωσης.

Στο σύνολο του κτιρίου, οι αντίστοιχες τιμές για τις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται στους Πίνακα 3.4 και Πίνακα 3.5:

Πίνακας 3.4: Πίνακας Θερμικών Φορτίων στην υφιστάμενη

	Σύνολο
	Υφιστάμενο Κτίριο
Επιφάνεια θέρμανσης (m ²)	177.39
Θερμικά φορτία (W)	2.430.097
Θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας θέρμανσης (m ²)	137

Πίνακας 3.5: Πίνακας Ψυκτικών Φορτίων στην υφιστάμενη κατάσταση

	Σύνολο
	Υφιστάμενο Κτίριο
Επιφάνεια ψύξης (m ²)	11.415
Ψυκτικά φορτία (W)	2.788.295
Ψυκτικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ψύξης (m ²)	244

3.6 Επεμβάσεις θερμικής θωράκισης στη Σχολή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ενεργειακές επεμβάσεις που μελετώνται είναι τρεις. Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου [51], αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων από διπλούς, αντικατάσταση θυρών και προσθήκη νέας τοιχοποιίας. Για τις θύρες έγινε έρευνα αγοράς για τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο σε θύρες πυρασφάλειας 120' και για τους εσωτερικούς τοίχους έγινε αντίστοιχη έρευνα αγοράς.

Με τη βοήθεια των Script σε περιβάλλον MATLAB που χρησιμοποιήθηκαν και με της φυσικής εξέτασης και μέτρησης των χώρων, υπολογίστηκαν τα μεγέθη των παραπάνω επεμβάσεων στο σύνολο της Σχολής και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6: Πίνακας επιφανειών επεμβάσεων

Κατηγορία	Επιφάνεια (m ²)
Εξωτερική Θερμομόνωση	6.668
Πυράντοχες Θύρες	1.688
Διπλοί Υαλοπίνακες	3.018

Ύστερα από μελέτη της γενικής αγοράς προέκυψαν στον Πίνακα 3.7 οι τιμές ανά μονάδα επιφάνειας και το συνολικό υπολογιζόμενο κόστος αυτών των επεμβάσεων.

Πίνακας 3.7: Πίνακας οικονομικών στοιχείων επεμβάσεων

Κατηγορία	Συνολικό Μοναδιαίο κόστος (€/m ²)	Συνολικό Κόστος (€)
Εξωτερική Θερμομόνωση	48	320.085
Πυράντοχες Θύρες	275	464.063
Διπλοί Υαλοπίνακες	275	830.000
Σύνολο		1.614.148

Σε αυτό το κόστος πρέπει να προστεθεί και το κόστος της νέας τοιχοποιίας που αναφέρθηκε.

Πίνακας 3.8: Πίνακα κόστους εσωτερικών τοίχων

Κόστος Εσωτερικής Τοιχοποιίας		
Μοναδιαίο Κόστος (€/m ³)	Ποσότητα (m ³)	Σύνολο (€)
170	93	15.776

Έτσι, το υπολογιζόμενο συνολικό κόστος αυτών των παρεμβάσεων εκτιμάται στα 1,63 εκατ. €. Όπως είναι λογικό, σε τέτοιες ενέργειες προκύπτουν διάφορα κόστη πέρα από την αγορά υλικών και το κόστος εργασίας που έχουν υπολογιστεί παραπάνω. Συνεπώς, θεωρείται ένας συντελεστής ασφαλείας 20%, όποτε το συνολικό κόστος υπολογίζεται στα 1,96 εκατ. €.

3.7 Δεδομένα τιμών που χρησιμοποιήθηκαν για τη νέα κατάσταση

Όλα τα δεδομένα είναι ίδια με την υφιστάμενη κατάσταση, αλλά έχουν αλλάξει οι τιμές για ορισμένες παραμέτρους, όπως δείχνει ο Πίνακας 3.9.

Πίνακας 3.9: Πίνακας δεδομένων νέας κατάστασης

Δεδομένα	Τιμή	Μονάδα
Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας σε επαφή με αέρα	0,57	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	0,29	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα θυρών σε επαφή με αέρα	2	W/(°C*m ²)
Θερμοπερατότητα θυρών σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1	W/(°C*m ²)

Πιο συγκεκριμένα, η τελική τιμή της θερμοπερατότητας στη νέα κατάσταση προέκυψε από τη προσθήκη εξωτερικής μόνωσης με θερμοπερατότητα $U = 0.72 \frac{W}{^{\circ}C * m^2}$. Ισχύει ότι:

$$U_{tot} = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1 + R_2}$$

Εξίσωση 3.11 Υπολογισμός νέας θερμοπερατότητας τοιχοποιίας με πρόσθετη μόνωση

Όπου,

R: Η θερμική αντίσταση.

Άρα η τελική τιμή της θερμοπερατότητας στην τελική κατάσταση είναι:

$$U_{new} = \frac{1}{\frac{1}{2.78} + \frac{1}{0.72}} = 0.57 \frac{W}{^{\circ}C * m^2}$$

3.8 Αποτελέσματα φορτίων στη νέα κατάσταση

Ακολουθώντας τις διαδικασίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως προέκυψαν τα φορτία, θερμικά και ψυκτικά, για κάθε όροφο, όπως παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες μετά τις επεμβάσεις.

Στους Πίνακα 3.10 και Πίνακα 3.11 παρουσιάζονται ανά επίπεδο τα αποτελέσματα μελέτης, σχετικά με τη συνολική επιφάνεια θέρμανσης και ψύξης, τα συνολικά φορτία ανά περίπτωση και τα χαρακτηριστικά μεγέθη ανά όροφο που φανερώνουν τα ανηγμένα φορτία ανά μονάδα επιφάνειας (W/m^2) μετά τις επεμβάσεις.

Πίνακας 3.10: Πίνακας Θερμικών Φορτίων μετά τη θωράκιση ανά επίπεδο

	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5
Κτίριο μετά από επεμβάσεις						
Επιφάνεια θέρμανσης (m^2)	1.082	1.810	5.950	4.926	2.913	1.057
Θερμικά φορτία (W)	120.622	164.299	627.179	446.528	275.417	116.845
Θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας θέρμανσης (m^2)	111	91	105	91	95	111

Πίνακας 3.11: Πίνακας Ψυκτικών Φορτίων μετά τη θωράκιση ανά επίπεδο

	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5
Κτίριο μετά από επεμβάσεις						
Επιφάνεια ψύξης (m^2)	777	1.514	3.425	2.983	1.943	773
Ψυκτικά φορτία (W)	137.800	234.711	724.931	651.169	390.652	203.954
Ψυκτικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ψύξης (m^2)	177	155	212	218	201	264

Στο σύνολο του κτιρίου προκύπτουν οι Πίνακας 3.12 και Πίνακας 3.13:

Πίνακας 3.12: Πίνακας Θερμικών Φορτίων μετά τη θωράκιση

	Σύνολο
	Κτίριο μετά από επεμβάσεις
Επιφάνεια θέρμανσης (m ²)	17.739
Θερμικά φορτία (W)	1.750.889
Θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας θέρμανσης (m ²)	99

Πίνακας 3.13: Πίνακας Ψυκτικών Φορτίων μετά τη θωράκιση

	Σύνολο
	Κτίριο μετά από επεμβάσεις
Επιφάνεια ψύξης (m ²)	11.415
Ψυκτικά φορτία (W)	2.343.217
Ψυκτικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ψύξης (m ²)	205

Συνεπώς, η μείωση στα φορτία ανά μονάδα επιφάνειας είναι:

Πίνακας 3.14: Πίνακας μείωσης Θερμικών Φορτίων μετά τη θωράκιση

	Σύνολο
	Ποσοστιαία μείωση
Θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας θέρμανσης (m ²)	28%

Πίνακας 3.15: Πίνακας μείωσης Ψυκτικών Φορτίων μετά τη θωράκιση

	Σύνολο
	Ποσοστιαία μείωση
Ψυκτικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ψύξης (m ²)	16%

3.9 Οικονομικά Αποτελέσματα μετατροπών

Εκτός από ενεργειακά οφέλη, οι επεμβάσεις επιτυγχάνουν μείωση του λειτουργικού κόστους τόσο για τη θέρμανση όσο και για την ψύξη. Οι μονάδες θέρμανσης τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο και τα συστήματα συμπιεστών στην ψύξη τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα. Τα μοναδιαία κόστη φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.16.

Πίνακας 3.16: Πίνακας Κόστους Καυσίμων

Κόστος φυσικού αερίου ανά κυβικό μέτρο (€/m ³)	Κόστος ηλεκτρικού ρεύματος ανά μεγαβατώρα (€/MWh)
0,341	60

Με τη βοήθεια του λογισμικού RETScreen υπολογίστηκαν τα εξής μεγέθη:

Πίνακας 3.17: Πίνακας ποσού και κόστος καυσίμου σε υφιστάμενη κατάσταση και μετά τις παρεμβάσεις

Υφιστάμενο κτίριο			
Απαραίτητη ποσότητα καυσίμου για θέρμανση (m ³)	Απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (MWh)	Κόστος καυσίμου για θέρμανση (€)	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (€)
512.779	3.609	174.801	216.511
Κτίριο μετά τις επεμβάσεις			
Απαραίτητη ποσότητα καυσίμου για θέρμανση (m ³)	Απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (MWh)	Κόστος καυσίμου για θέρμανση (€)	Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (€)
369.458	3.033	125.945	181.951

Στο σύνολο, ισχύει:

Πίνακας 3.18: Πίνακας μείωσης κόστους μετά τις παρεμβάσεις

Μείωση Κόστους (€)		
Θέρμανση	Ψύξη	Συνολική Μείωση
48.857	34.560	83.417

Με απλή θεώρηση της μείωσης του λειτουργικού κόστους ως χρηματοροή μπορεί να υπολογιστεί ο χρόνος αποπληρωμής:

Πίνακας 3.19: Πίνακας αποπληρωμής θωράκισης κτιρίου

Αρχική Επένδυση (€)	Εξοικονόμηση Καυσίμου (€/year)	Χρόνος αποπληρωμής (years)
1.955.907	83.417	23,5

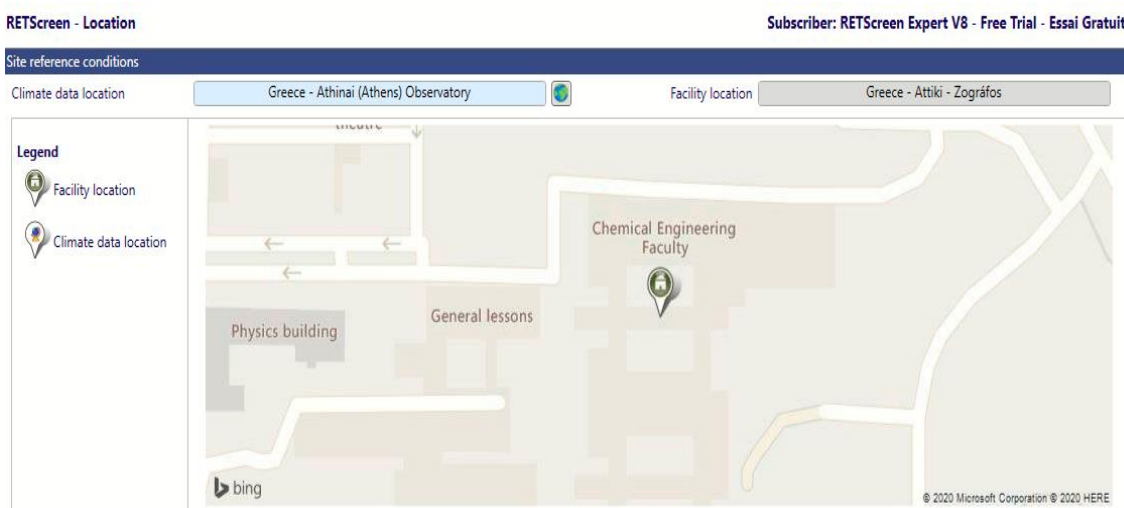
3.10 Ηλιακή Θέρμανση Αέρα στο RETScreen

Η εφαρμογή της τεχνολογίας ηλιακής θέρμανσης αέρα στο κτίριο έγινε με χρήση του λογισμικού RETScreen.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι χώροι που αποφασίστηκαν να θερμανθούν με αυτή τη τεχνολογία είναι οι κάθετοι διάδρομοι (Βορράς ↔ Νότος) και τα τρία επίπεδα σε κάθε πτέρυγα εργαστηρίων, εργαστήρια και ενδιάμεσοι διάδρομοι. Συνολικά, δημιουργήθηκαν 3 διαφορετικά αρχεία για την καλύτερη μελέτη της κάθε περίπτωσης ξεχωριστά. Παρόλα αυτά τα αρχικά απαραίτητα δεδομένα ήταν κοινά, καθώς αναφερόντουσαν στα στοιχεία του κτιρίου, στα καιρικά δεδομένα και στο βασικό εξοπλισμό θέρμανσης του κτιρίου.

Σχετικά με το κτίριο και τα καιρικά δεδομένα, έγινε η αποτύπωση στο πρόγραμμα των συντεταγμένων, των θερμοκρασιών σχεδιασμού, του υψόμετρου, των μέσων θερμοκρασιών, της υγρασίας, της μέσης μηνιαίας ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, της πίεσης, της ταχύτητας του αέρα, της θερμοκρασίας του εδάφους και των βαθμο-ημερών. Το λογισμικό διαθέτει δικιά του βάση δεδομένων για όλα τα στοιχεία, αλλά όπου ήταν δυνατός ο υπολογισμός των μεγεθών ή η εύρεση τους σε βάσεις δεδομένων του αστεροσκοπείου, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, χρησιμοποιήθηκαν τα υπολογιζόμενα μεγέθη.

Στη συνέχεια φαίνονται αυτά τα στοιχεία μέσα στο λογισμικό του RETScreen Expert.



Εικόνα 3.6: Στιγμιότυπο από RETScreen - Επιλογή Τοποθεσίας

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Precipitation mm	daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	heating degree-days 18 °C	Cooling degree-days 10 °C
January	10.3	72.0%	68.51	2.07	99.2	1.2	12.1	239	23
February	11.8	71.0%	60.48	2.60	99.0	1.2	12.0	172	52
March	13.9	68.0%	56.11	3.87	99.0	1.3	13.0	126	122
April	17.5	62.0%	36.60	5.07	98.8	1.1	15.3	28	226
May	21.5	58.0%	20.15	6.42	98.8	1.1	19.3	0	343
June	26.2	52.0%	9.00	7.03	98.8	1.1	24.0	0	487
July	28.9	48.0%	7.75	7.31	98.7	1.2	26.4	0	584
August	28.9	49.0%	7.75	6.66	98.7	1.3	26.6	0	586
September	24.8	56.0%	16.20	5.01	99.0	1.1	24.5	0	443
October	19.7	66.0%	47.43	3.58	99.3	0.9	20.9	8	300
November	15.9	73.0%	80.70	2.32	99.3	0.9	17.1	64	176
December	11.4	73.0%	81.53	1.83	99.2	1.0	13.8	204	51
Annual	19.3	62.3%	492.21	4.49	99.0	1.1	18.8	841	3,393
Source	User-defined	Ground	NASA	User-defined	Ground	User-defined	User-defined	User-defined	User-defined
Measured at					m	10	0		

Εικόνα 3.7: Στιγμιότυπο από RETScreen - Κλιματικά Δεδομένα

Για τη μελέτη αυτή της τεχνολογίας, ο χρήστης πρέπει να εισαγάγει το βασικό εξοπλισμό θέρμανσης, ώστε να γίνει στο τέλος η σύγκριση στην κατανάλωση καυσίμου. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το κτίριο θερμαίνεται με μονάδες θέρμανσης (καυστήρες φυσικού αερίου και λέβητες).

Συνεπώς, τα κόστη για το φυσικό αέριο και το ηλεκτρικό ρεύμα είναι:

Πίνακας 3.20: Κόστος Καυσίμων για το RETScreen

Κόστος φυσικού αερίου ανά κυβικό μέτρο(€/m ³)	Κόστος ηλεκτρικού ρεύματος ανά μεγαβατώρα (€/MWh)
0,341	60

Για το βασικό σύστημα θέρμανσης επιλέγεται εποχική απόδοση μονάδας θέρμανσης από τη βάση δεδομένων του λογισμικού ίση με 65%.

Οι συλλέκτες τοποθετούνται στους κάθετους νότιους τοίχους, οπότε η κλίση τους είναι 90° και το αζιμούθιο τους, δηλαδή η απόκλιση τους από τον Νότο, είναι 0°. Ως περίοδος λειτουργίας τους συστήματος ορίζεται από τα μέσα Οκτωβρίου έως τα μέσα Μαΐου. Στην Εικόνα 3.8 φαίνονται αυτά τα δεδομένα στο λογισμικό.

Resource assessment

Solar tracking mode

Fixed

Slope

90

Azimuth

0

⬆ Show data

Month	Percent of month used -	Percent of month used -
	base case	proposed case
	%	%
January	100%	100%
February	100%	100%
March	100%	100%
April	100%	100%
May	50%	50%
June	0%	0%
July	0%	0%
August	0%	0%
September	0%	0%
October	50%	50%
November	100%	100%
December	100%	100%
Annual	58.1%	58.1%

Εικόνα 3.8: Στιγμιότυπο από RETScreen - Χαρακτηριστικά συλλεκτών και ποσοστό χρήσης σε μηνιαία βάση

Από το σημείο αυτό και πέρα κάθε σύστημα ελέγχου έχει διαφοροποιήσεις. Προφανώς κάποια στοιχεία παραμένουν κοινά, αλλά καιρικά στοιχεία που έχουν άμεση επιρροή στο σχεδιασμό του συστήματος διαφέρουν στις τρεις περιπτώσεις που μελετιούνται. Σημαντικές διαφορές υπάρχουν στον απαιτούμενο ρυθμό ανανέωσης αέρα και στην έκταση των συλλεκτών. Από αυτά τα δύο στοιχεία διαμορφώνονται εν τέλει και τα κόστη επένδυσης, καθώς αλλάζουν τα απαραίτητα στοιχεία του συστήματος, όπως είναι η έκταση των συλλεκτών και η διαστασιολόγηση των ανεμιστήρων και του συστήματος διανομής.

Πιο συγκεκριμένα, στο **Παράρτημα 5 - Υπολογισμοί Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα**, έχουν υπολογιστεί τα απαραίτητα δεδομένα.

Πίνακας 3.21: Πίνακας απαιτούμενου αερισμού για το RETScreen

Χώρος Μελέτης	Απαιτούμενος Αερισμός (m ³ /h)
Πτέρυγες Εργαστηρίων (3)	12.578
Δυτικοί Διάδρομοι	4.381
Ανατολικοί Διάδρομοι	6.028

Από τους δυνατούς στόχους σχεδιασμού επιλέγεται το «High air volume». Αυτό επιλέγεται, γιατί με αυτόν τον στόχο σχεδιασμού απαιτείται μικρότερη έκταση

συλλεκτών και έχει μικρότερο, συνεπώς, κόστος. Ο αέρας που διανέμεται στον χώρο είναι πιο ψυχρός από την περίπτωση που επιλεγεί ως στόχος σχεδιασμού «High temperature rise» ή «Standard operation», αλλά σε αυτή τη περίπτωση δεν αποτελεί τροχοπέδη αυτή η παράμετρος, καθώς στην Ελλάδα δε παρατηρούνται χειμώνες με πολύ χαμηλή θερμοκρασία για να απαιτείται μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

Ως επιθυμητή θερμοκρασία χώρου, και στις τρεις περιπτώσεις, επιλέγονται οι 20°C, και η θερμοκρασία στην οποία ρυθμίζεται ο θερμοστάτης των συστημάτων παράκαμψης ορίζονται οι 25°C, καθώς θεωρήθηκε ότι σε αυτήν τη θερμοκρασία δεν απαιτείται περαιτέρω θέρμανση του αέρα για την περίοδο χρήσης. Μεγαλύτερη θερμοκρασία για το σύστημα παράκαμψης δε θα ήταν λογική, καθώς δε παρατηρούνται θερμοκρασίες τέτοιου επιπέδου την περίοδο χρήσης της τεχνολογίας.

Ως χρόνος λειτουργίας των συστημάτων ηλιακής θέρμανσης αέρα σε εβδομαδιαία επιλέγονται οι 12 ώρες τις καθημερινές και οι 10 ώρες τα σαββατοκύριακα, ώστε να καλύπτονται οι όποιες απαιτήσεις σε χρήση αυτών των χώρων.

Ως θερμική αντίσταση των τοίχων που τοποθετούνται οι συλλέκτες ορίζεται η τιμή $R = \frac{1}{U} = \frac{1}{0.57} = 1.75 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$. Λόγω των μικρών επιφανειών που καλύπτουν οι συλλέκτες, η τιμή της θερμικής αντίστασης δεν έχει μεγάλη βαρύτητα, καθώς η ενέργεια θέρμανσης που ανακτάται από την τοιχοποιία είναι πάρα πολύ μικρότερη από την ενέργεια που προσδίδεται αρχικά από το σύστημα μελέτης.

Συνεπώς, για τις πτέρυγες των εργαστηρίων ισχύει:

Solar air heater - Ventilation

Load characteristics

		Base case	Proposed case
Facility type		Commercial/Institutional	
Indoor temperature	°C	20	20
Air temperature - maximum	°C	25	25
R-value - wall	m ² - °C/W	1.8	1.75
Design airflow rate	m ³ /h	12,578	12,578
Operating days per week - weekdays	d/w	5	5
Operating hours per day - weekdays	h/d	12	12
Operating days per week - weekends	d/w	2	2
Operating hours per day - weekends	h/d	10	10
Heating	kWh	57,127	57,127

Εικόνα 3.9: Στιγμιότυπο από RETScreen - Στοιχεία για πτέρυγες εργαστηρίων

Για τους δυτικούς διαδρόμους ισχύει:

-Solar air heater - Ventilation

Load characteristics

		Base case	Proposed case
Facility type		Commercial/Institutional	
Indoor temperature	°C	20	20
Air temperature - maximum	°C	25	25
R-value - wall	m ² - °C/W	1.8	1.75
Design airflow rate	m ³ /h	4,381	4,381
Operating days per week - weekdays	d/w	5	5
Operating hours per day - weekdays	h/d	12	12
Operating days per week - weekends	d/w	2	2
Operating hours per day - weekends	h/d	10	10
Heating	kWh	19,866	19,866

Εικόνα 3.10: Στιγμιότυπο από RETScreen - Στοιχεία για τους δυτικούς διαδρόμους

Για τους ανατολικούς διαδρόμους ισχύει:

-Solar air heater - Ventilation

Load characteristics

		Base case	Proposed case
Facility type		Commercial/Institutional	
Indoor temperature	°C	20	20
Air temperature - maximum	°C	25	25
R-value - wall	m ² - °C/W	1.8	1.75
Design airflow rate	m ³ /h	6,028	6,028
Operating days per week - weekdays	d/w	5	5
Operating hours per day - weekdays	h/d	12	12
Operating days per week - weekends	d/w	2	2
Operating hours per day - weekends	h/d	10	10
Heating	kWh	27,378	27,378

Εικόνα 3.11: Στιγμιότυπο από RETScreen - Στοιχεία για τους ανατολικούς διαδρόμους

Σε επόμενο στάδιο πρέπει να οριστούν τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος σχετικά με τους συλλέκτες και το σύστημα διανομής. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επιλέγονται συλλέκτες με μη εφαρμοσμένο υαλοπίνακα (Unglazed) και πιο συγκεκριμένα διάτρητοι συλλέκτες (Transpired – plate collectors) και στόχος σχεδιασμού «High air volume». Τυπικά, επιλέχθηκε ως κατασκευαστής η Conserva Engineering (Solarwall) [52], η οποία δραστηριοποιείται και στην Ευρώπη και είναι από τους πρωτοπόρους αυτής της τεχνολογίας. Σημειώνεται, ότι έγινε προσπάθεια επικοινωνίας με την εταιρία για βοήθεια, κυρίως στην οικονομική αξιολόγηση του project, αλλά δεν ήταν δυνατή η παροχή περαιτέρω πληροφοριών σε τέτοιο επίπεδο. Παρόλα αυτά, επιλέχθηκαν οι τιμές των συλλεκτών, των υλικών και των εγκαταστάσεων αυτών, μέσω της βάσης δεδομένων του λογισμικού σχετικά με τα κόστη. Το χρώμα που επιλέχθηκε ήταν το μαύρο, διότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα ηλιακής ενέργειας και η συνολική έκταση των συλλεκτών δεν είναι αρκετά μεγάλη ώστε να δημιουργεί αισθητικό πρόβλημα. Το λογισμικό ανάλογα με τα στοιχεία που έχουν δοθεί υπολογίζει την προτεινόμενη επιφάνεια συλλεκτών, και αναφέρεται ότι η τελική επιφάνεια δε πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή

μικρότερη κατά 20% από τη προτεινόμενη. Και στις τρεις περιπτώσεις, η τελική έκταση ικανοποιεί αυτή τη συνθήκη, και ο χώρος εξωτερικής επιφάνειας που επιλέγεται είναι αρκετός για την εγκατάσταση των συλλεκτών.

Τα σημεία τοποθέτησης έχουν επιλεγεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει σκίαση και, συνεπώς, το ποσοστό σκίασης που ζητάει το λογισμικό να είναι 0%. Επιπλέον, εφόσον τα σημεία μελέτης βρίσκονται στο ανώτερο επίπεδο και δε έχουν πολύ κοντά ψηλά κτίρια μπορεί να θεωρηθεί ότι ο αερισμός μελετάται στο μέγιστο του χωρίς κάποιες μεταβολές. Τέλος, το λογισμικό απαιτεί την επιπλέον απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία των ανεμιστήρων. Η πολυπλοκότητα του κτιριακού συμπλέγματος, η εφαρμογή τους σε ήδη υπάρχον κτίριο και όχι σε νέα κατασκευή, και η πιθανή χρήση νέων φίλτρων πιο σύγχρονων προδιαγραφών οδηγεί στην επιλογή της μέγιστης τιμής γι' αυτή τη μεταβλητή, δηλαδή 7 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη. Αυτή η επιλογή θα μειώσει τη κερδοφορία, καθώς θα καταναλώνεται ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά είναι πιο αντιπροσωπευτική για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης σε ετήσια βάση υπολογίζεται και αυτό μέσω της βάσης δεδομένων του λογισμικού σχετικά με τα κόστη. Στη συγκεκριμένη τεχνολογία τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης είναι αρκετά χαμηλά, καθώς δεν υπάρχουν πολλά μηχανολογικά στοιχεία που να απαιτούν συντήρηση, πέρα από τους κεντρικούς ανεμιστήρες του συστήματος. Θεωρητικά, αν υπήρχε από πριν σύστημα διανομής δε θα απαιτούταν επιπλέον ετήσια συντήρηση σε αυτή τη μελέτη.

Υπενθυμίζεται ότι η μελέτη αναφέρεται σε μία πτέρυγα εργαστηρίων και ότι τα τελικά αποτελέσματα, ενεργειακά και οικονομικά πρέπει να πολλαπλασιαστούν επί τρία.

Για τους συλλέκτες για τα εργαστήρια υπάρχουν διαθέσιμα περίπου 72 m² ανά περίπτωση και η προτεινόμενη έκταση είναι 87.3 m². Αντίστοιχα για τους δυτικούς διαδρόμους διαθέσιμα είναι 36 m² και προτεινόμενα έκταση είναι 30.4 m² και για τους ανατολικούς διαδρόμους είναι διαθέσιμα περίπου 60 m² και η προτεινόμενη έκταση είναι 41.9 m². Οι επιλεγόμενες τελικές τιμές της έκτασης εφαρμογής είναι αντίστοιχα, 70 m², 32 m² και 45 m².

Συνεπώς, για τις πτέρυγες εργαστηρίων ισχύει:

Solar air heater			
Type		Transpired-plate	
Design objective		High air volume	
Manufacturer		Conserval Engineering	
Model		Solarwall	
Solar collector colour			
Solar collector absorptivity		0.94	
Performance factor		1	
Solar collector area	m ²	70	87.3
Capacity	kW	49	
Solar collector shading - season of use	%	0%	
Wind sheltering - season of use	%	0%	
Incremental fan power	W/m ²	7	
Electricity rate	€/kWh	0.094	
Initial costs	€/m ²	273	
Incremental initial costs - total	€	19,115	
O&M costs (savings)	€	123	

Εικόνα 3.12: Στιγμιότυπο από RETScreen - Χαρακτηριστικά συστήματος για πτέρυγες εργαστηρίων

Για τους δυτικούς διαδρόμους ισχύει:

Solar air heater			
Type		Transpired-plate	
Design objective		High air volume	
Manufacturer		Conserval Engineering	
Model		Solarwall	
Solar collector colour			
Solar collector absorptivity		0.94	
Performance factor		1	
Solar collector area	m ²	32	30.4
Capacity	kW	22.4	
Solar collector shading - season of use	%	0%	
Wind sheltering - season of use	%	0%	
Incremental fan power	W/m ²	7	
Electricity rate	€/kWh	0.094	
Initial costs	€/m ²	273	
Incremental initial costs - total	€	8,738	
O&M costs (savings)	€	123	

Εικόνα 3.13: Στιγμιότυπο από RETScreen - Χαρακτηριστικά συστήματος για δυτικούς διαδρόμους

Και τέλος για τους ανατολικούς διαδρόμους ισχύει:

Solar air heater			
Type		Transpired-plate	
Design objective		High air volume	
Manufacturer		Conserval Engineering	
Model		Solarwall	
Solar collector colour			
Solar collector absorptivity		0.94	
Performance factor		1	
Solar collector area	m ²	45	41.9
Capacity	kW	31.5	
Solar collector shading - season of use	%	0%	
Wind sheltering - season of use	%	0%	
Incremental fan power	W/m ²	7	
Electricity rate	€/kWh	0.094	
Initial costs	€/m ²	273	
Incremental initial costs - total	€	12,288	
O&M costs (savings)	€	123	

Εικόνα 3.14: Στιγμιότυπο από RETScreen - Χαρακτηριστικά συστήματος για ανατολικούς διαδρόμους

3.10.1 Ενεργειακά αποτελέσματα τεχνολογίας

Για κάθε μελέτη υπολογίζεται μέσα από το πρόγραμμα ο ρυθμός ροής αέρα ανά μονάδα επιφάνειας συλλέκτη, η μέση αύξηση θερμοκρασίας του αέρα, και η απόδοση του συστήματος σε ετήσια βάση.

Για τις πτέρυγες εργαστηρίων ισχύει:

Summary		
Incremental electricity - fan	kWh	1,186
Heating delivered	kWh	31,629
Building heat loss recaptured	kWh	307
^ Other information		
Solar collector fan flow rate	m ³ /h/m ²	180
Solar collector flow rate	m ³ /h/m ²	180
Air temperature - average rise	°C	3.4
Solar air heater - seasonal efficiency		27.6%

Εικόνα 3.15: Στιγμιότυπο από RETScreen - Ενεργειακά αποτελέσματα για πτέρυγες εργαστηρίων

Για τους δυτικούς διαδρόμους ισχύει:

Summary		
Incremental electricity - fan	kWh	542
Heating delivered	kWh	13,294
Building heat loss recaptured	kWh	120
Other information		
Solar collector fan flow rate	m ³ /h/m ²	137
Solar collector flow rate	m ³ /h/m ²	137
Air temperature - average rise	°C	4.1
Solar air heater - seasonal efficiency		25.3%

Εικόνα 3.16: Στιγμιότυπο από RETScreen - Ενεργειακά αποτελέσματα για δυτικούς διαδρόμους

Για τους ανατολικούς διαδρόμους ισχύει:

Summary		
Incremental electricity - fan	kWh	763
Heating delivered	kWh	18,533
Building heat loss recaptured	kWh	161
Other information		
Solar collector fan flow rate	m ³ /h/m ²	134
Solar collector flow rate	m ³ /h/m ²	134
Air temperature - average rise	°C	4.2
Solar air heater - seasonal efficiency		25.1%

Εικόνα 3.17: Στιγμιότυπο από RETScreen - Ενεργειακά αποτελέσματα για ανατολικούς διαδρόμους

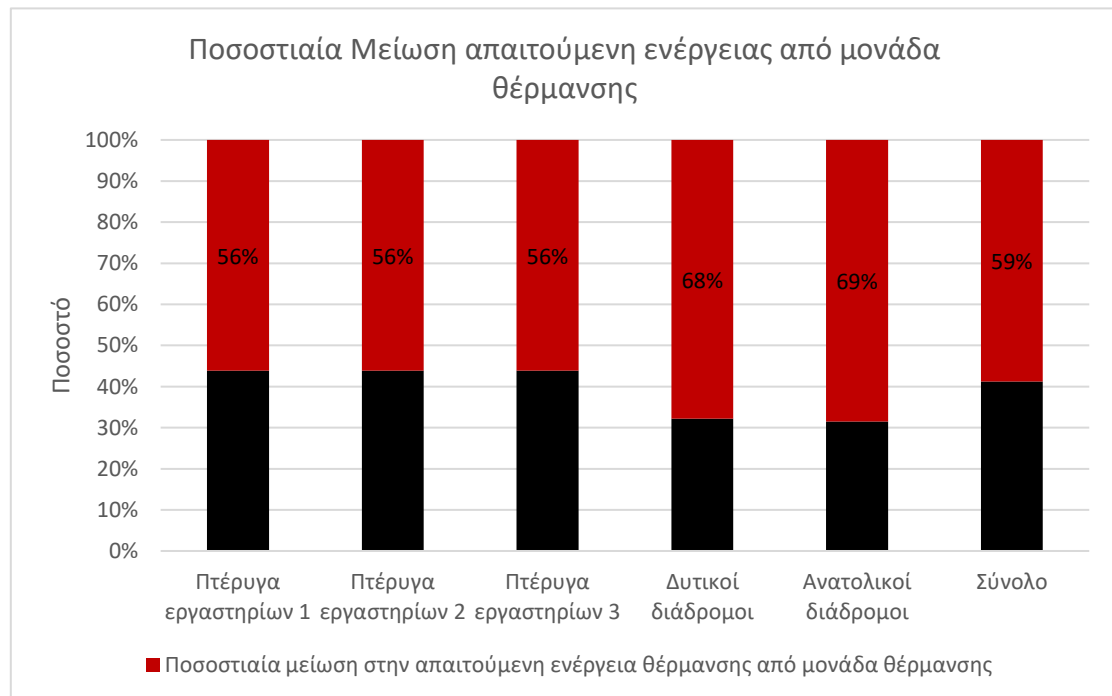
Ο ρυθμός ροής αέρα ανά μονάδα επιφάνειας συλλέκτη και στις τρεις περιπτώσεις βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια (από 108 έως 180 $\frac{m^3}{h \cdot m^2}$) και η μέση αύξηση της θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από 3,4 έως 4,2 °C. Τα χαμηλά επίπεδα ετήσιας απόδοσης δε πρέπει να προκαλούν ανησυχία για την αποτελεσματικότητα, γιατί υπολογίζεται με βάση τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία μέσα στους 12 μήνες. Εφόσον, τους θερινούς μήνες δεν απαιτείται θέρμανση και, συνεπώς, δεν αξιοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία, η εποχική απόδοση εμφανίζεται μειωμένη και πιο συγκεκριμένα κάτω από 30%.

Για την ολοκληρωμένη μελέτη της τεχνολογίας πρέπει να υπολογιστεί η συνολική ενέργεια θέρμανσης που προσδίδουν τα συστήματα ΗΘΑ στους χώρους.

Πίνακας 3.22: Πίνακας αποτύπωσης ενέργειας μετά τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα

Χώρος Μελέτης	Ενέργεια από μονάδα θέρμανσης χωρίς ΗΘΑ (MWh)	Ενέργεια από μονάδα θέρμανσης με ΗΘΑ (MWh)	Αποδιδόμενη ενέργεια θέρμανσης από ΗΘΑ (MWh)	Ποσοστιαία μείωση στην απαιτούμενη ενέργεια μονάδας θέρμανσης
Πτέρυγα εργαστηρίων 1	56,91	24,97	31,94	56%
Πτέρυγα εργαστηρίων 2	56,91	24,97	31,94	56%
Πτέρυγα εργαστηρίων 3	56,91	24,97	31,94	56%
Δυτικοί διάδρομοι	19,78	6,37	13,41	68%
Ανατολικοί διάδρομοι	27,27	8,58	18,69	69%
Σύνολο	217,78	89,86	127,92	59%

Διαγραμματικά, η μείωση στην απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης από μονάδα θέρμανσης αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 3.1:



Διάγραμμα 3.1: Ποσοστό μείωσης απαιτούμενης ενέργειας από μονάδα θέρμανσης με τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα ανά χώρο

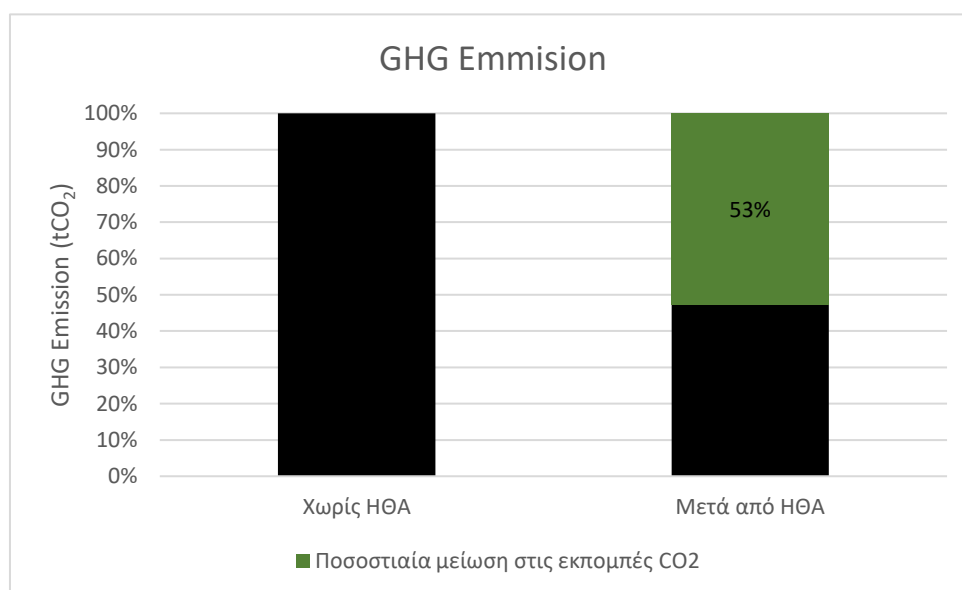
Οι ποσότητες ενέργειας θέρμανσης που προσδίδει το σύστημα που έχει επιλεχτεί, θα αξιοποιηθούν και αργότερα στη συνολική μελέτη του κτιρίου. Με μελέτη των χώρων και των επιπέδων στα οποία βρίσκονται οι χώροι που εφαρμόστηκε αυτή η

τεχνολογία, προκύπτει για κάθε όροφο το ποσό ενέργειας που λαμβάνει μέσω της ΗΘΑ:

Πίνακας 3.23: Πίνακας Αποδιδόμενη ενέργειας ανά όροφο μέσω της ηλιακής θέρμανσης αέρα

Επίπεδο	Αποδιδόμενη ενέργεια θέρμανσης (MWh)
0	0
1	11
2	37
3	43
4	25
5	11

Στο σύνολο τους τα συστήματα οδηγούν και στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.2. Με μαύρο χρώμα εμφανίζεται η εκπομπή CO₂ σε τόνους και με πράσινο η μείωση τους, ανάμεσα στο υφιστάμενο και στο νέο κτίριο.



Διάγραμμα 3.2: Ποσοστό μείωσης στις εκπομπές CO₂

3.10.2 Οικονομικά αποτελέσματα τεχνολογίας

Το πρόγραμμα υπολογίζει, επίσης, τη μειωμένη απαίτηση σε καύσιμο (φυσικό αέριο) για το βασικό σύστημα θέρμανσης, έτσι ώστε να υπολογιστούν τα χρηματικά ποσά που εξοικονομούνται. Από τη διαφορά των δύο ποσών για καύσιμο, αφαιρείται η ετήσια συντήρηση του συστήματος που αναφέρθηκε και πριν. Πρέπει να τονιστεί, ότι αφαιρείται, επίσης, και το κόστος της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας για τους ανεμιστήρες του συστήματος. Συνεπώς, ισχύει ότι:

Πίνακας 3.24: Πίνακας ετήσιας εξοικονόμησης στη θέρμανση λόγω ηλιακής θέρμανσης αέρα

Χώρος Μελέτης	Ετήσια εξοικονόμηση στη θέρμανση λόγω ΗΘΑ (€/y)
Πτέρυγα εργαστηρίων 1	1.408
Πτέρυγα εργαστηρίων 2	1.408
Πτέρυγα εργαστηρίων 3	1.408
Δυτικοί διάδρομοι	517
Ανατολικοί διάδρομοι	769
Σύνολο	5.508

Σημαντικό κομμάτι του αρχικού κόστους αποτελεί ο σχεδιασμός και εγκατάσταση του συστήματος διανομής του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Με άξονα το λογισμικό υπολογίστηκαν τα κόστη ανά περίπτωση και συνολικά όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.25:

Πίνακας 3.25: Πίνακας οικονομικών αποτελεσμάτων ηλιακής θέρμανσης αέρα

	Κόστος συλλεκτών (€)	Κόστος μεταφοράς συλλεκτών (€)	Κόστος αγοράς αγωγών και ανεμιστήρων (€)	Κόστος εγκατάστασης αγωγών και ανεμιστήρων (€)	Κόστος μεταφοράς αγωγών και ανεμιστήρων (€)	Επιπλέον Κόστη (€)	Σύνολο (€)
Ανατολικοί διάδρομοι	12.288	1.229	14.490	4.347	1.449	6.593	40.396
Δυτικοί διάδρομοι	8.738	874	10.531	3.159	1.053	6.593	30.949
Πτέρυγα εργαστηρίων 1	19.115	1.912	30.237	9.071	3.024	6.593	69.951
Πτέρυγα εργαστηρίων 2	19.115	1.912	30.237	9.071	3.024	6.593	69.951
Πτέρυγα εργαστηρίων 3	19.115	1.912	30.237	9.071	3.024	6.593	69.951
							281.198

Τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης που αναφέρθηκαν και υπολογίστηκαν και πριν είναι συνολικά 617 €.

Συνοψίζοντας, ισχύει ο Πίνακας 3.26 για τα οικονομικά της τεχνολογίας ηλιακής θέρμανσης αέρα:

Πίνακας 3.26: Πίνακας οικονομικής αποτύπωσης ηλιακής θέρμανσης αέρα

Αρχικό κόστος (€)	281.199
Ετήσια συντήρηση (€/γ)	617
Ετήσια εξοικονόμηση στη θέρμανση λόγω ΗΘΑ (€/γ)	5.508

Διαιρώντας το αρχικό κόστος με την ετήσια εξοικονόμηση προκύπτει ότι ο χρόνος αποπληρωμής είναι 51 χρόνια.

3.10.3 Σχολιασμός και αξιολόγηση τεχνολογίας

Σύμφωνα με διάφορες μελέτες και ολοκληρωμένα εγχειρήματα σχετικά με αυτή την τεχνολογία σε άλλες χώρες, ο χρόνος αποπληρωμής είναι πολύ μικρότερος και κυμαίνεται από τα 5 έως τα 15 χρόνια. Αυτό δε συμβαίνει σε αυτή τη περίπτωση, καθώς υπάρχουν αρκετές διαφορές στις μελέτες. Πιο συγκεκριμένα:

- Το κόστος στις άλλες μελέτες πάντα ήταν μειωμένο, καθώς υπήρχαν επιδοτήσεις σε ύψος μεγαλύτερο από το 40%, ενώ αυτή η μελέτη έγινε χωρίς κάποια θεώρηση επιδότησης από εξωτερικό φορέα.
- Στις περισσότερες περιπτώσεις που είχαν μελετηθεί, το κτίριο διέθετε ήδη σύστημα διανομής του αέρα στο εσωτερικό του, οπότε το μεγαλύτερο ποσοστό του αρχικού κόστους για τον σχεδιασμό και την εγκατάστασή του δεν υπήρχε.
- Δεδομένου ότι τα εγχειρήματα σε άλλες χώρες γίνονται σε ένα περιβάλλον όπου η τεχνολογία είναι διαδεδομένη και υπάρχουν αρκετές εταιρίες που μπορούν να την υποστηρίξουν, τα κόστη υλικών είναι εμφανώς χαμηλότερα.
- Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουν υπολογιστεί και κόστη μεταφοράς, καθώς δεν έχει βρεθεί εταιρία στην Ελλάδα που να έχει να επιδείξει παρόμοιες μελέτες και έργα.

Συνεπώς, τα αυξημένα χρόνια αποπληρωμής, στην προκειμένη περίπτωση, ήταν αναμενόμενα.

Η προσδιδόμενη ενέργεια στους χώρους μελέτης μείωσε τις απαιτήσεις σε ενέργεια από τη μονάδα θέρμανσης κατά 60% περίπου.

Το ποσοστό αυτό, ανηγμένο στο σύνολο του κτιρίου, είναι φυσικά σημαντικά μικρότερο, περίπου 5%, χωρίς να μειώνει ωστόσο τη σημαντικότητα της τεχνολογίας της ΗΘΑ στην προσπάθεια δημιουργίας ενός πράσινου κτιρίου.

Όπως αναφέρθηκε, δεδομένου ότι στα περισσότερα παρόμοια εγχειρήματα, τουλάχιστον στο εξωτερικό, δίνονται επιχορηγήσεις κοντά στο 40% έγινε μία τυπική μελέτη για κοντινά ποσοστά.

Πίνακας 3.27: Πίνακας μελέτης πιθανής επιχορήγησης ηλιακής θέρμανσης αέρα

Ποσοστό Επιχορήγησης	Απαιτούμενο Αρχικό κεφάλαιο (€)	Χρόνος Αποπληρωμής (y)
0%	281.198	51
30%	196.839	36
40%	168.719	31
50%	140.599	26

Όπως ήταν αναμενόμενο, υπάρχει γραμμική μείωση, ο χρόνος αποπληρωμής, ωστόσο, παραμένει πολύ κοντά στον χρόνο ζωής της επένδυσης, δηλαδή τα 30 χρόνια. Βαρόμετρο αποτελεί ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση του συστήματος διανομής αέρα, που παρουσιάζουν πολύ μεγάλο κόστος.

4 Αξιολόγηση των επεμβάσεων θερμικής θωράκισης του κτιρίου και εφαρμογής ηλιακής θέρμανσης αέρα

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει:

- A. τις παρεμβάσεις για τη θωράκιση του κτιρίου, και
- B. την εφαρμογή της τεχνολογίας της ηλιακής θέρμανσης αέρα μετά από τη θωράκιση.

Για τη σωστή αξιολόγηση των δύο περιπτώσεων, τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να αποτυπωθούν και να μελετηθούν, είναι οι μειώσεις στα φορτία που εμφανίζονται, και κατά συνέπεια στη μείωση του κόστους λειτουργίας των συμβατικών μονάδων θέρμανσης και ψύξης, καθώς και το αρχικό συνολικό κόστος επένδυσης για τις δύο περιπτώσεις. Επίσης, σε κάθε περίπτωση υπολογίζονται, μέσω του RETScreen, και εμφανίζονται οι μειώσεις στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.

Η αποτύπωση του υφιστάμενου κτιρίου, από ενεργειακής άποψης, έχει γίνει αναλυτικά στο 3.5 Αποτελέσματα φορτίων στην υφιστάμενη κατάσταση.

Η αποτύπωση του κτιρίου μετά τη θωράκιση, από ενεργειακής άποψης, έχει γίνει αναλυτικά στο 3.8 Αποτελέσματα φορτίων στη νέα κατάσταση

4.1 Ενεργειακή κατάσταση κτιρίου μετά την εφαρμογή Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα

Στους Πίνακα 4.1 έως Πίνακα 4.3 αποτυπώνεται η ενεργειακή κατάσταση ύστερα από τις επεμβάσεις του κτιριακού κελύφους και την εφαρμογή Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα. Ουσιαστικά, η επίδραση της προαναφερθείσας τεχνολογίας επιδρά θετικά μειώνοντας τα θερμικά φορτία, μειώνοντας συνεπώς και την απαίτηση σε θέρμανση. Επίσης, βοηθάει και στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα μειώνοντας την. Τα ψυκτικά φορτία επηρεάζονται μόνο από την ενεργειακή θωράκιση.

Πίνακας 4.1: Πίνακας Επιφάνειας θέρμανσης και ψύξης μετά και τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα

Προσθήκη Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Επιφάνεια Θέρμανσης (m ²)	1.082	1.810	5.950	4.926	2.913	1.057	17.739
Επιφάνεια Ψύξης (m ²)	777	1.514	3.425	2.983	1.943	773	11.415

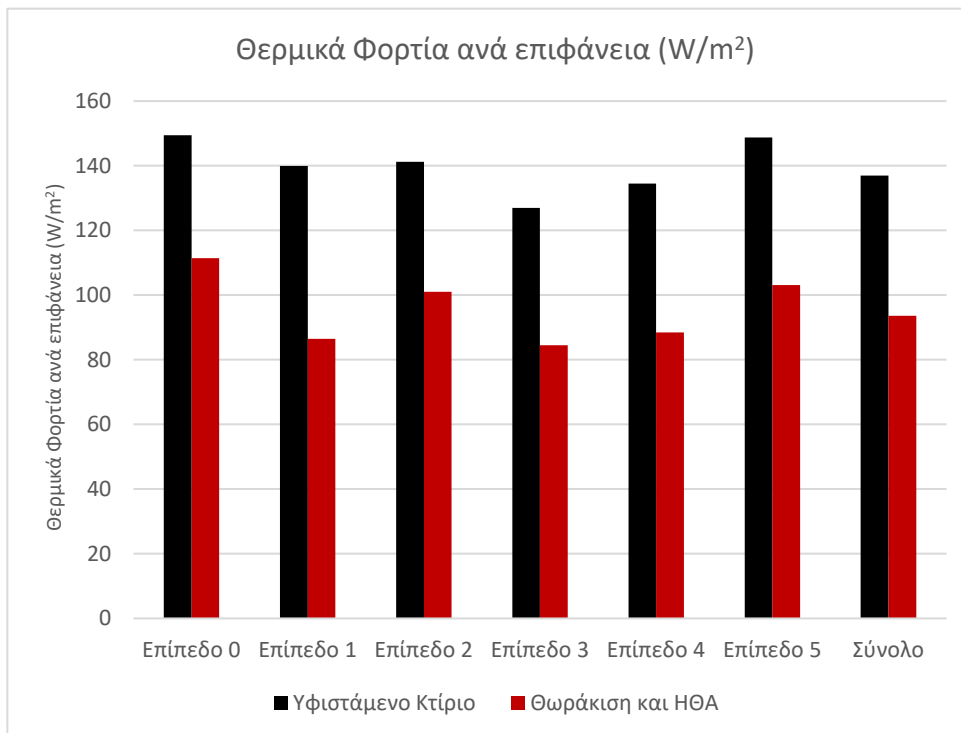
Πίνακας 4.2: Πίνακας Θερμικών και Ψυκτικών Φορτίων μετά και τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα

Προσθήκη Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Θερμικά Φορτία (W)	120.622	156.476	601.013	416.322	257.607	109.022	1.661.062
Ψυκτικά Φορτία (W)	137.800	234.711	724.931	651.169	390.652	203.954	2.343.217

Πίνακας 4.3: Πίνακας Θερμικών και Ψυκτικών Φορτίων ανά μονάδα επιφάνειας μετά και τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα

Προσθήκη Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Θερμικά Φορτία ανά επιφάνεια (W/m²)	111	86	101	85	88	103	94
Ψυκτικά Φορτία ανά επιφάνεια (W/m²)	177	155	212	218	201	264	205

Διαγραμματικά, για τη μείωση των θερμικών φορτίων ανά όροφο ισχύει:



Διάγραμμα 4.1: Θερμικά φορτία σε W/m² μετά τη Θωράκιση Κτιρίου και την εφαρμογή Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα

4.2 Συνολικά αποτελέσματα επεμβάσεων

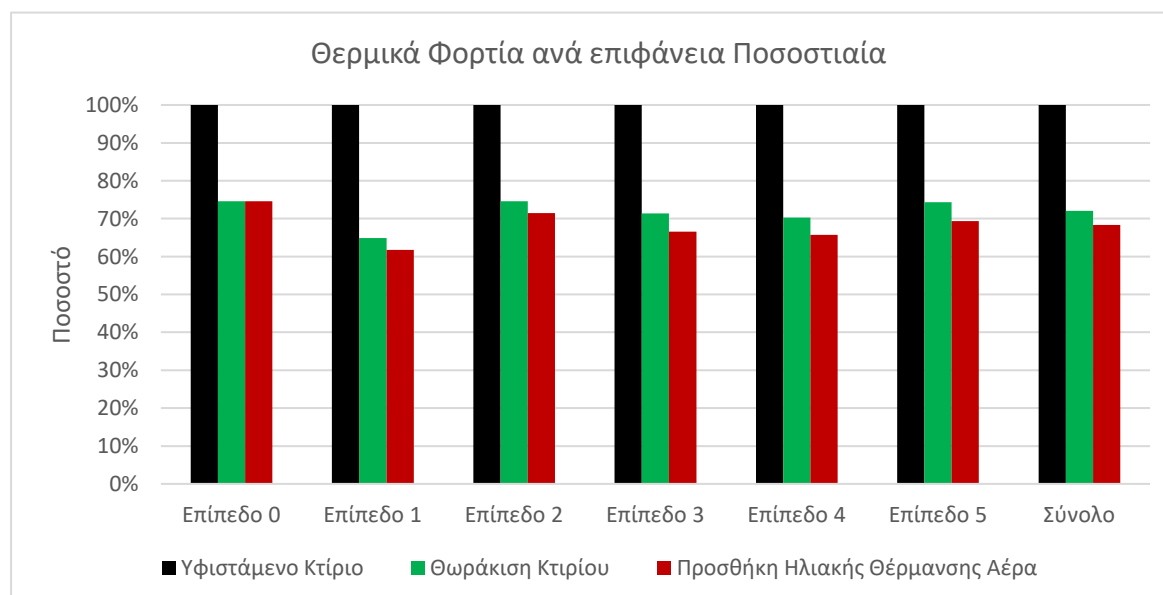
4.2.1 Ενεργειακά αποτελέσματα

Η ποσοστιαία μείωση των φορτίων που επιτυγχάνεται συνολικά μετά και στις δύο περιπτώσεις είναι:

Πίνακας 4.4: Πίνακας ποσοστιαίας μείωσης θερμικών φορτίων

Μείωση στα Θερμικά Φορτία ανά επιφάνεια							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Θωράκιση Κτιρίου	25%	35%	25%	29%	30%	26%	28%
Θωράκιση Κτιρίου και Ηλιακή Θέρμανση Αέρα	25%	38%	28%	33%	34%	31%	32%

Συνεπώς, για τα θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ισχύει η ποσοστιαία μεταβολή όπως αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 4.2:



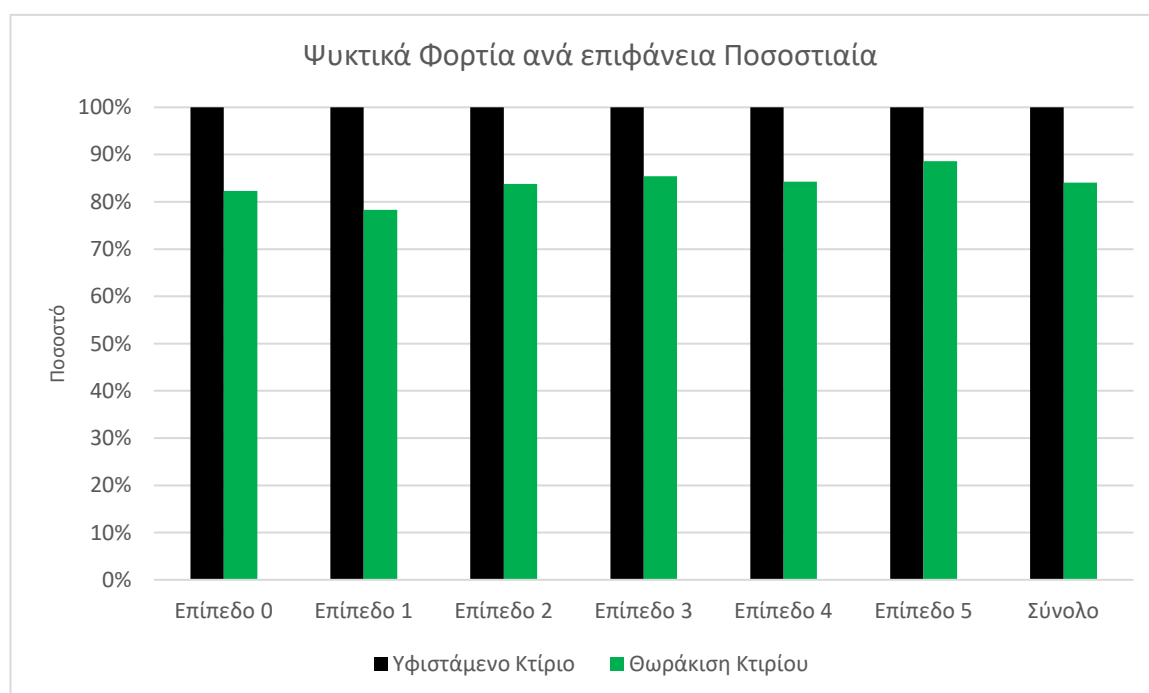
Διάγραμμα 4.2: Ποσοστιαία θερμικά φορτία ανά επιφάνεια

Σχετικά με τα ψυκτικά φορτία, δεν επηρεάζονται από τη προσθήκη της τεχνολογίας ηλιακής θέρμανσης αέρα, οπότε θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα μόνο σχετικά με τη Θωράκιση Κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, ισχύει:

Πίνακας 4.5: Πίνακας ποσοστιαίας μείωσης ψυκτικών φορτίων

Μείωση στα Ψυκτικά Φορτία ανά επιφάνεια							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Θωράκιση Κτιρίου	18%	22%	16%	15%	16%	11%	16%

Συνεπώς, για τα θερμικά φορτία ανά μονάδα επιφάνειας ισχύει η ποσοστιαία μεταβολή όπως αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 4.3:



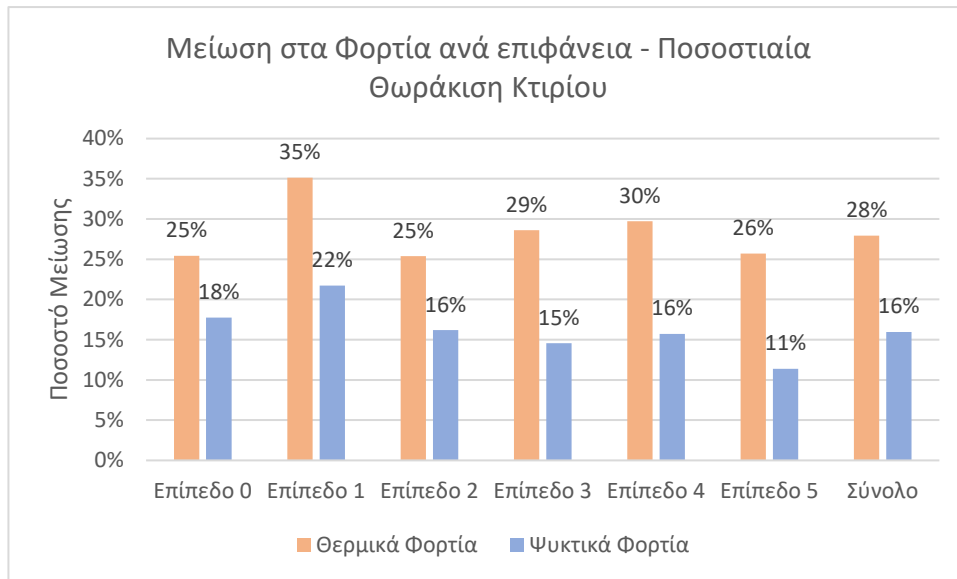
Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια

Τελικά, ποσοστιαία και για τις δύο περιπτώσεις ισχύουν οι ακόλουθοι πίνακες και διαγράμματα:

Για τη Θωράκιση:

Πίνακας 4.6: Συγκριτικός πίνακας ποσοστιαίας μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων για θωράκιση κτιρίου

Μείωση στα Φορτία ανά επιφάνεια – Ποσοστιαία - Θωράκιση Κτιρίου							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Θερμικά Φορτία	25%	35%	25%	29%	30%	26%	28%
Ψυκτικά Φορτία	18%	22%	16%	15%	16%	11%	16%

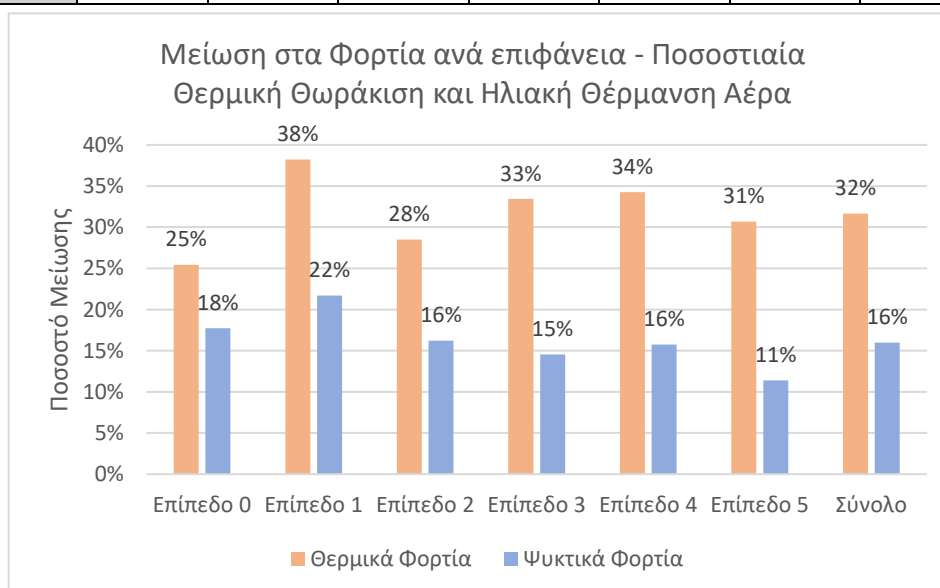


Διάγραμμα 4.4: Συγκριτικό διάγραμμα ποσοστιαίας μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων για θωράκιση κτιρίου

Για τη Θωράκιση Κτιρίου και την εφαρμογή Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα:

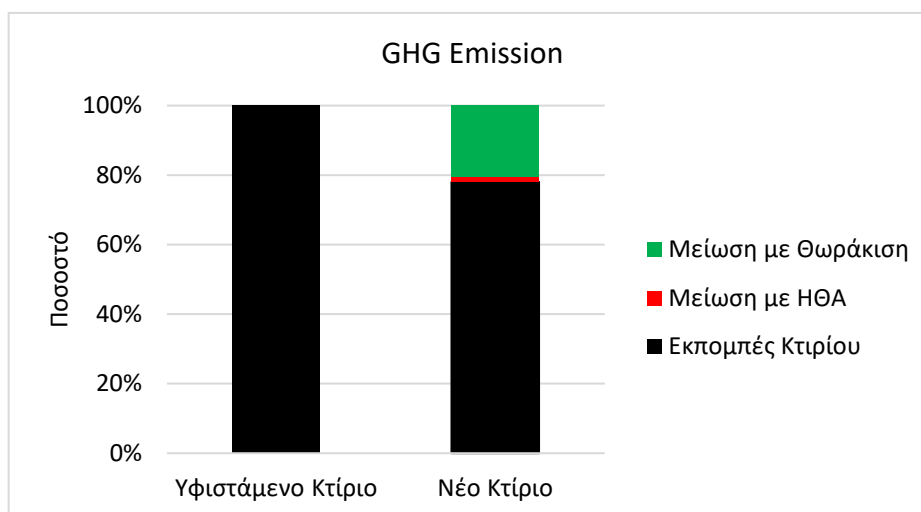
Πίνακας 4.7: Συγκριτικός πίνακας ποσοστιαίας μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων και για προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα

Μείωση στα Φορτία ανά επιφάνεια – Ποσοστιαία- Θωράκιση Κτιρίου και Εφαρμογή Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα							
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4	Επίπεδο 5	Σύνολο
Θερμικά Φορτία	25%	38%	28%	33%	34%	31%	32%
Ψυκτικά Φορτία	18%	22%	16%	15%	16%	11%	16%



Διάγραμμα 4.5: Συγκριτικό διάγραμμα ποσοστιαίας μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων και για θωράκιση κτιρίου και για προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα

Για τη μείωση των εκπομπών CO₂ ισχύει:



Διάγραμμα 4.6: Συγκριτικό διάγραμμα ποσοστιαίας μείωσης εκπομπής CO₂

Με τη συνολική μείωση να ακουμπάει το 22%.

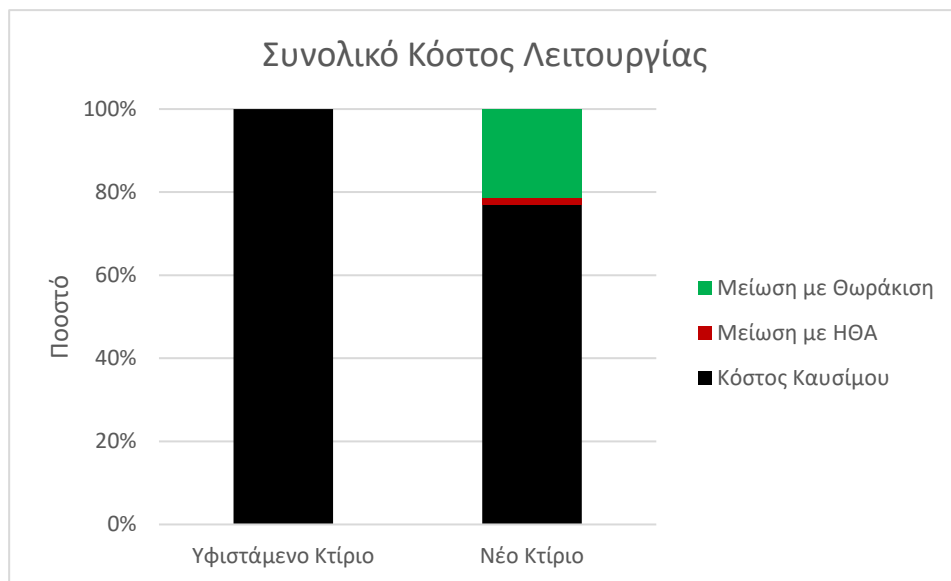
4.2.2 Οικονομικά αποτελέσματα

Για το κόστος καυσίμων ισχύει, προκύπτει ο Πίνακας 4.8.

Πίνακας 4.8: Συνολικός Πίνακας Οικονομικών στοιχείων

	Υφιστάμενο Κτίριο	Θωράκιση Κτιρίου	Θωράκιση Κτιρίου και Ηλιακή Θέρμανση Αέρα
Θέρμανση			
Κατανάλωση Φ.Α (m ³ /y)	512.779	369.458	350.504
Κόστος Φ.Α. (€/m ³)	0,341	0,341	0,341
Συνολικό Κόστος Θέρμανσης (€/y)	174.801	125.945	119.483
Ψύξη			
Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh/y)	3.609	3.033	3.033
Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/MWh)	60	60	60
Συνολικό Κόστος Ψύξης (€/y)	216.511	181.951	181.951
Σύνολο			
Συνολικό Κόστος (€/y)	391.312	307.895	301.434
Ετήσιες εκπομπές CO ₂ (tnCO ₂ /y)	2.512	1.996	1.961

Με τη συνολική μείωση να φτάνει στο 23%. Διαγραμματικά, αυτή η μείωση αποτυπώνεται ποσοστιαία στο Διάγραμμα 4.7:



Διάγραμμα 4.7: Συγκριτικό διάγραμμα ποσοστιαίας μείωσης καυσίμων θέρμανσης και ψύξης

4.3 Αποπληρωμή επεμβάσεων

Συνεπώς η ετήσια εξοικονόμηση κόστους καυσίμου θέρμανσης και ψύξης στις δύο περιπτώσεις (θωράκιση κτιρίου και θωράκιση κτιρίου με ηλιακή θέρμανση αέρα) παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.9:

Πίνακας 4.9: Πίνακας ετήσιας εξοικονόμησης καυσίμου θέρμανσης και ψύξης

	Ετήσια εξοικονόμηση (€)
Θωράκιση κτιρίου	83.417
Θωράκιση Κτιρίου και Ηλιακή Θέρμανση Αέρα	89.878

Επισημαίνεται ότι ο χρόνος αποπληρωμής για τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα αναφέρεται στην περίπτωση που πραγματοποιείται η προσθήκη της στη συνολική προσπάθεια ενεργειακής αναβάθμισης της Σχολής, και όχι σαν αυτόνομη ενέργεια.

Σχετικά με το χρόνο αποπληρωμής, θα ισχύει:

Πίνακας 4.10: Πίνακας χρόνου αποπληρωμής ανάλογα το ύψος επιδότησης

Ποσοστό Επιχορήγησης (%)	0	30	40	50
Αρχικό απαιτούμενο Κεφάλαιο για Θωράκιση (€)	1.955.907	1.369.135	1.173.544	977.954
Χρόνος αποπληρωμής για Θωράκιση (γ)	23,5	16	14	12
Αρχικό απαιτούμενο Κεφάλαιο για Θωράκιση και ΗΘΑ(€) Αρχικό απαιτούμενο Κεφάλαιο για Θωράκιση και ΗΘΑ(€)	2.237.106	1.565.974	1.342.263	1.118.553
Χρόνος αποπληρωμής για Θωράκιση και ΗΘΑ (γ)	25	18	15	13

Ήταν αναμενόμενο με αυτή τη θεώρηση, ο χρόνος αποπληρωμής να ακολουθήσει μια γραμμική μείωση.

5 Συμπεράσματα

Στη παρούσα διπλωματική πραγματοποιήθηκε μελέτη της ενεργειακής κατάστασης της Α΄ Φάσης των κτιριακών εγκαταστάσεων της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. και της ενεργειακής αναβάθμισης αυτής. Ο σχεδιασμός της Σχολής, που δομήθηκε στη δεκαετία του '80, είναι στα πρότυπα της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Αυτή στην πραγματικότητα πρόκειται για μια πολύ αποτελεσματική μέθοδο αξιοποίησης των περιβαλλοντικών συνθηκών, όταν σχεδιάζεται και υλοποιείται σωστά. Ωστόσο, λόγω των μεγάλων επιφανειών χαμηλής θερμικής αντίστασης, που έρχονται σε επαφή με το περιβάλλον (μονοί υαλοπίνακες και μη αεροστεγανές θύρες) καθώς και της έλλειψης μονωτικού υλικού στην τοιχοποιία το κτίριο καθίσταται ενεργοβόρο.

Αρχικά μελετήθηκε η ενεργειακή θωράκιση του κτιρίου, με προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης, αντικατάσταση κουφωμάτων, υαλοπινάκων και θυρών, με την εφαρμογή της οποίας επιτεύχθηκε μείωση των θερμικών φορτίων σε ποσοστό 28%. Δεδομένου ότι η διάταξη της Σχολής δεν είναι ίδια σε όλα της τα επίπεδα, παρατηρήθηκε ότι η μείωση κυμαίνεται από 25% έως 35% μεταξύ των επιπέδων. Για τα ψυκτικά φορτία, αντιστοίχως, παρατηρήθηκε μείωση της τάξης του 16% στο σύνολο του κτιρίου, και μεταξύ των ορόφων αυτό το ποσοστό κυμαίνεται από το 11% έως το 22%. Η διαφορά μεταξύ των ποσοστών μείωσης των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ήταν αναμενόμενη, καθώς στον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων υπάρχουν αρκετές παράμετροι που αυξάνουν το συνολικό ποσό φορτίου και δεν επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες. Τέτοιες παράμετροι είναι τα ψυκτικά φορτία που εκπέμπουν ο εξοπλισμός που διαθέτει η Σχολή, ο φωτισμός των χώρων και οι άνθρωποι που βρίσκονται σε αυτούς. Αυτά τα ψυκτικά φορτία δε μειώνονται από τις παρεμβάσεις που μελετήθηκαν.

Στη συνέχεια, μελετήθηκε η προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα σε συγκεκριμένους χώρους της Σχολής, όπως είναι οι πτέρυγες των εργαστηρίων και οι μεγάλοι κάθετοι διάδρομοι (Βορράς ↔ Νότος). Μελετώντας μεμονωμένα τους χώρους αυτούς, παρατηρείται μείωση της απαιτούμενης ενέργειας από το βασικό σύστημα θέρμανσης σε ποσοστό κοντά στο 60%. Εκτός από μειωμένες απαιτήσεις ενέργειας, η τεχνολογία αυτή προσφέρει ευνοϊκότερες συνθήκες παραμονής σε αυτούς τους χώρους και μείωση των επιπέδων της υγρασίας τους. Όπως είναι αναμενόμενο, στο σύνολο της μελέτης του κτιρίου, το ποσοστό μειώνεται δραματικά, καθώς αυξάνεται ο συνολικός χώρος μελέτης. Το ποσό ενέργειας που προσδίδει αυτή η τεχνολογία μπορεί να μειώνει τις απαιτήσεις του κτιρίου σε ενέργεια θέρμανσης κατά περίπου 5%, αλλά προσφέρει σε ζωντικούς χώρους της Σχολής περισσότερη αυτονομία και καλύτερες συνθήκες για τους ανθρώπους. Ακόμα, το ετήσιο κόστος

λειτουργίας και συντήρησης είναι αρκετά χαμηλό, καθώς το σύστημα δε διαθέτει κάποιο μηχανολογικό εξοπλισμό εκτός από τους ανεμιστήρες.

Δεδομένης της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου θεωρήθηκε ότι απαιτείται σχεδιασμός και εγκατάσταση συστήματος διανομής του αέρα μέσα στους χώρους της Σχολής. Αυτό αυξάνει κατά πολύ την αρχική επένδυση. Το υπολογιζόμενο αρχικό κόστος ανέρχεται γι' αυτή τη τεχνολογία περίπου στις 280 χιλ. €. Η ετήσια εξοικονόμηση ανέρχεται στις 5,5 χιλ. € και, συνεπώς, ο χρόνος αποπληρωμής (51 έτη) ξεπερνάει το χρόνο ζωής του εγχειρήματος (30 έτη).

Γι' αυτό τον λόγο, μελετήθηκε η συνολική ενεργειακή αναβάθμιση της Σχολής με τη θωράκιση και τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα το κόστος της τεχνολογίας ηλιακής θέρμανσης να ενσωματωθεί στο συνολικό αρχικό κόστος, χωρίς να αυξήσει σημαντικά τον χρόνο αποπληρωμής. Τα ποσοστά μείωσης φορτίων που υπολογίστηκαν στο σύνολο του κτιρίου ήταν 32% για τα θερμικά και 16% για τα ψυκτικά. Σχετικά με την οικονομική πτυχή των μελετών, το αρχικό κόστος μόνο με τη θωράκιση του κτιρίου ήταν περίπου 1,96 εκατ. € με χρόνο αποπληρωμής περίπου τα 23,5 έτη, ενώ με τη θωράκιση και τη προσθήκη ηλιακής θέρμανσης αέρα, το αρχικό κόστος ανήλθε περίπου στα 2,25 εκατ. € και ο χρόνος αποπληρωμής στα 25 έτη περίπου. Τα ποσά αυτά αναφέρονται σε πραγματοποίηση του εγχειρήματος χωρίς κάποια επιχορήγηση επί του αρχικού κεφαλαίου και χωρίς θεώρηση επιπέδων πληθωρισμού και μεταβολή τιμών καυσίμων. Μία επιχορήγηση της τάξεως από 30% έως 50%, που είναι πιθανή μέσα από κάποιο επενδυτικό νόμο, μπορεί να μειώσει τους χρόνους αποπληρωμής από 7 έως 11 χρόνια και στις δύο περιπτώσεις.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται στο πλαίσιο συνεργασίας συνολικά τριών διπλωματικών εργασιών. Οι άλλες δύο διπλωματικές μελετούν και αυτές τη θωράκιση του κτιρίου και λαμβάνουν ως δεδομένη αυτή και τη προσθήκη της τεχνολογίας της ηλιακής θέρμανσης αέρα σχετικά με τα ενεργειακά τους δεδομένα.

Όπως είναι λογικό, αυτή η διπλωματική εργασία, όπως και οι άλλες δύο, αποτελούν μία πρώτη προσέγγιση στην ενεργειακή μελέτη και αναβάθμιση της Σχολής. Τα αποτελέσματά τους, όμως, καταδεικνύουν τη σημαντικότητα παρόμοιων επεμβάσεων σε μια πορεία για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αυτόνομου κτιρίου για τη Σχολή.

6 Προτάσεις για μελλοντική εργασία

Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου θα μπορούσα μελλοντικά να εξετασθούν κι άλλες επεμβάσεις με εφαρμογή παθητικών συστημάτων, όπως η κάλυψη του άνω μέρος των αιθρίων με ανοιγόμενους υαλοπίνακες (τύπου θερμοκηπίου). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα θα είναι κλειστοί εγκλωβίζοντας την ηλιακή ενέργεια, ενώ κατά το θέρος θα είναι ανοιχτοί ή σκιαζόμενοι σε κάποιο ποσοστό. Άλλη μια εφαρμογή παθητικού συστήματος, αντίστοιχα με την ηλιακή θέρμανση αέρα, είναι η ηλιακή θέρμανση νερού.

Μια ακόμα πτυχή που αξίζει να μελετηθεί σχετικά με τη μελέτη και αξιολόγηση των αναγκών του κτιρίου, είτε χωρίς παρεμβάσεις είτε με παρεμβάσεις, είναι η εγκατάσταση Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου, ή όπως είναι γνωστό BMS (Building Management System). Το BMS είναι ένα σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται σε κτίρια με σκοπό τη βελτιστοποίηση του ελέγχου και της απόδοσης του κτιρίου, σχετικά με καταναλώσεις ενέργειας, συστήματα φωτισμού, συστήματα αυτοματισμού, συστήματα θέρμανσης και ψύξης, ανελκυστήρων κ.α..

Το εγχείρημα που μελετάται σε αυτή την εργασία περιλαμβάνει κυρίως ενέργειες που αφορούν τη μείωση σε απαιτήσεις καυσίμου και ενέργειας από τα ήδη υπάρχοντα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Το επόμενο βήμα στην ενεργειακή αναβάθμιση της Σχολής είναι είτε η πλήρης είτε η μερική αντικατάσταση αυτών των συστημάτων με νέα συστήματα, πιο κοντά στις αρχές λειτουργίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι άλλες δύο διπλωματικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν σε κοινό πλαίσιο με αυτή, μελετάνε ξεχωριστά αυτή την αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μελέτη εφαρμογής γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στη μία εργασία και μονάδας τριπαραγωγής στην άλλη εργασία. Αμφότερες και οι δύο εργασίες παρουσιάζουν θετικά αποτελέσματα.

Είναι εφικτό να μελετηθούν κι άλλες εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μπορεί να μελετηθεί η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας με χρήση ανεμογεννητριών ή η επέκταση των φωτοβολταϊκών.

7 Βιβλιογραφία

- [1] «Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.chemeng.ntua.gr>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [2] Σ. Χ. Μ. Ε.Μ.Π., «Οριζόντιο Εργαστήριο» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://orizontio.chemeng.ntua.gr>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [3] V. Bradshaw, *The Building Environment: Active and Passive Control Systems*, 3rd Edition, Hoboken: Wiley, 2006.
- [4] J. Bao και P. L. Lee, *Process Control*, Springer-Verlag London, 2007.
- [5] T. Konstaninou και U. Knaack, «Refurbishment of Residential Buildings: A Design Approach to Energy-Efficiency Upgrades,» *Procedia Engineering*, τόμ. 21, pp. 666-675, 2011.
- [6] S. B. Sadineni, T. M. France και R. F. Boehm, «Economic feasibility of energy efficiency measures in residential buildings,» *Renewable Energy*, τόμ. 36, αρ. 11, pp. 2925-2931, 2011.
- [7] E. Grytli και L. Kvaerness, «The Impact of Energy Improvement Measures on Heritage Buildings,» *Journal of Architectural Conservation*, τόμ. 18, αρ. 3, pp. 89-106, 2012.
- [8] D. Katsapranakis και G. Ziniadakis, «Working on Buildings' Energy Performance Upgrade in Mediterranean Climate,» *Energies*, τόμ. 13, αρ. 9, p. 2159, 2020.
- [9] ASHRAE, «Website,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ashrae.gr/perch/resources/presentationb2.pdf>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [10] ASHRAE, «Website,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ashrae.gr/perch/resources/presentationb2.pdf>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [11] Styropan. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.styropan.gr/blog/eksoteriki-i-esoteriki-thermomonomosi>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [12] EPS, «EPS Hellas,» Πανελλήνιος Σύνδεσμος Διογκωμένης Πολυστερίνης, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://epshellas.com>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [13] T. E. G. Building, «Ο Απόλυτος Οδηγός Αγοράς για τα Διπλά Τζάμια.» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://greenbuilding.gr/koufomata/διπλά-τζάμια/>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [14] E. F. T. BEST, «How does the double glazing work?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.everest.co.uk/double-glazing-windows/how-does-double-glazing-work/>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [15] S. Somasundaram, Chong Alex, W. Zhang και S. R. Thangavelu, «Energy saving potential of low-e coating based retrofit double glazing for tropical climate,» *Energy and Buildings*, τόμ. 206, 2020.
- [16] S. Somasundaram, S. R. Thanavelu και A. Chong, «Improving building efficiency using low-e coating based retrofit double glazing with solar films,» *Applied Therman Engineering*, τόμ. 171, 2020.
- [17] T.-T. Chow και W. Liu, «Warm climate performance of water-filled double-glazing with submerged heat exchanger,» *Sustainable Cities and Society*, τόμ. 58, 2020.
- [18] K. A. Π. & Ε. Ενέργειας, «Ηλιοπροστασία,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].

- [19] E. Saver, «Lighting Choices to Save You Money,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/lighting-choices-save-you-money>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [20] D. Phillips, *Lighting Modern Buildings*, Architectural Press, 2000.
- [21] M. Schwarz και P. Wonka, «Procedural Design of Exterior Lighting for Buildings with Complex Constraints,» *ACM Transactions on Graphics*, τόμ. 33, αρ. 5, 2014.
- [22] W. R. Ryckaert και C. Lootens, «Criteria for energy efficient lighting in buildings,» *Energy and Buildings*, τόμ. 42, αρ. 3, pp. 341-347, 2010.
- [23] H.-Y. Chan, S. B. Riffat και J. Zhu, «Review of passive solar heating and cooling technologies,» *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, τόμ. 14, αρ. 2, pp. 781-789, 2010.
- [24] Z. Liu και D. Wu, «Evaluating potentials of passive solar heating renovation for the energy poverty alleviation of plateau areas in developing countries: A case study in rural Qinghai-Tibet Plateau, China,» *Solar Energy*, τόμ. 187, pp. 95-107, 2019.
- [25] E. Engineering, S. G. Cameron και L. A. Schipper, «Evaluation of passive solar heating and alternative flow regimes on nitrate removal in denitrification beds,» *Ecological Engineering*, τόμ. 37, αρ. 8, pp. 1195-1204, 2011.
- [26] T. Konstantinou και U. Knaack, «An approach to integrate energy efficiency upgrade into refurbishment design process, applied in two case-study buildings in Northern European climate,» *Energy and Buildings*, τόμ. 59, pp. 301-309, 2013.
- [27] RETScreen, *Passive Solar Heating Project Analysis*, Canada: Minister of Natural Resources Canada, 2001.
- [28] S. Homes, «How passive ventilation works,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.smarterhomes.org.nz/smart-guides/air-quality-moisture-and-ventilation/passive-ventilation/>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [29] «ΦΕΚ 2597/Β/28-6-2019,» Υπουργία Οικονομίας Και Ανάπτυξης Οικονομικών και Περιβάλλοντος Και Ενέργειας Υποδομών Και Μεταφορών, 2019.
- [30] Eurostat, «Renewable energy statistics,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [31] G. Kariniotakis, *Renewable Energy Forecasting 1st Edition*, Sawston: Woodhead Publishing, 2017.
- [32] B. Sorensen, P. Breeze, G. Suppes και N. E. Bassam, *Renewable Energy Focus e-Mega Handbook 1st Edition*, Cambridge: Academic Press, 2008.
- [33] RETScreen, *Solar Air Heating Project Analysis*, Canada: Minister of Natural Resources Canada, 2001.
- [34] O. V. Ekechukwu και B. Norton, «Review of solar-energy drying systems III: low temperature air-heating solar collectors for crop drying applications,» *Energy Conversion and Management*, τόμ. 40, αρ. 6, pp. 657-667, 1999.
- [35] S. A. Kalogirou, *Solar thermal collectors and applications*, Cyprus: Science Direct, 2004.
- [36] Conserval Engineering Inc., *Unglazed Solar Wall Air Heaters*, Great Britain: Elsevier Science Ltd., 1994.
- [37] «SolarAirHeating.org - Learn the fundamentals of solar heating technologies,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://solarairheating.org>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].

- [38] «Solar Air Heaters,» EnergizeCorp, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://energizecorp.ca/index.php/solar-air-heaters/>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].
- [39] S. Enibe, «Performance of a natural circulation solar air heating system with phase change material energy storage,» *Renewable Energy*, τόμ. 27, αρ. 1, pp. 69-86, 2002.
- [40] S. Klein, W. Beckman και J. Duffie, «A design procedure for solar air heating systems,» *Solar Energy*, τόμ. 19, αρ. 5, pp. 509-512, 1997.
- [41] «Review on solar air heating system with and without thermal energy storage system,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, τόμ. 16, αρ. 4, pp. 2289-2303, 2012.
- [42] H. Oztop, F. Bayrak και A. Hepbasli, «Energetic and exergetic aspects of solar air heating (solar collector) systems,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, τόμ. 21, pp. 59-83, 2013.
- [43] D. Zhao, Y. Dai και R. Wang, «Optimal study of a solar air heating system with pebble bed energy storage,» *Energy Conversion and Management*, τόμ. 52, αρ. 6, pp. 2392-2400, 2011.
- [44] E. a. Buildings, X. Zhai και Y. Dai, «Experimental investigation on air heating and natural ventilation of a solar air collector,» *Energy and Buildings*, τόμ. 37, αρ. 4, pp. 373-381, 2005.
- [45] S. Esakkimuthu και A. H. Hassabou, «Experimental investigation on phase change material based thermal storage system for solar air heating applications,» *Solar Energy*, τόμ. 88, pp. 144-153, 2013.
- [46] C. Chen, Y. Diao και Y. Zhao, «Thermal performance of a closed collector–storage solar air heating system with latent thermal storage: An experimental study,» *Energy*, τόμ. 202, 2020.
- [47] M. Martin και I. E. Grossman, «Optimal integration of a self sustained algae based facility with solar and/or wind energy,» *Journal of Cleaner Production*, τόμ. 145, pp. 336-347, 2017.
- [48] Σ. Δημήτρης, Τεχνική Οδηγία 20701-1/2017: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης., Αθήνα: ΤΕΕ, 2017.
- [49] Παπανίκας, Δημήτριος Γ.; Καφετζόπουλος, Γ.; Λόγγος, Γ., Τεχνική Οδηγία 2425/86: Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων, Αθήνα: ΤΕΕ, 2002.
- [50] Κατσαπρακάκης, Δημήτρης Αλ.; Μονιάκης, Μύρων, Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός, Κρήτη: Εκδόσεις Κάλλιπος, 2015.
- [51] «Mapei Hellas,» Αθήνα, 2020.
- [52] SolarWall, «SolarWall by Conserval,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.solarwall.com>. [Πρόσβαση 25 Σεπτέμβριος 2020].

8 Παραρτήματα

8.1 Παράρτημα 1 - Κλιματικά Δεδομένα

Στο συγκεκριμένο παράρτημα βρίσκονται όλα τα καιρικά δεδομένα που υπολογίστηκαν και αξιοποιήθηκαν στη διπλωματική εργασία.

Πίνακας 8.1: Πίνακας μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας

Μηνάς	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C)
Ιανουάριος	10,3
Φεβρουάριος	11,8
Μάρτιος	13,9
Απρίλιος	17,5
Μάιος	21,5
Ιούνιος	26,2
Ιούλιος	28,9
Αύγουστος	28,9
Σεπτέμβριος	24,8
Οκτώβριος	19,7
Νοέμβριος	15,9
Δεκέμβριος	11,4

Πίνακας 8.2: Πίνακας μέσης μηνιαίας ταχύτητας αέρα

Μηνάς	Μέση Μηνιαία Ταχύτητα Αέρα (m/s)
Ιανουάριος	1,2
Φεβρουάριος	1,2
Μάρτιος	1,3
Απρίλιος	1,1
Μάιος	1,1
Ιούνιος	1,1
Ιούλιος	1,2
Αύγουστος	1,3
Σεπτέμβριος	1,1
Οκτώβριος	0,9
Νοέμβριος	0,9
Δεκέμβριος	1,0

Πίνακας 8.3: Πίνακας μέσης μηνιαίας ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια

Μηνάς	Μέση μηνιαία ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια (kWh/m ² /d)
Ιανουάριος	2,07
Φεβρουάριος	2,60
Μάρτιος	3,87
Απρίλιος	5,07
Μάιος	6,42
Ιούνιος	7,03
Ιούλιος	7,31
Αύγουστος	6,66
Σεπτέμβριος	5,01
Οκτώβριος	3,58
Νοέμβριος	2,32
Δεκέμβριος	1,83

Πίνακας 8.4: Πίνακας βαθμο-ημερών

Μηνάς	Βαθμο-ημέρες Θέρμανσης (°C*d) ¹	Βαθμο-ημέρες Ψύξης (°C*d) ²
Ιανουάριος	238,90	22,70
Φεβρουάριος	172,27	51,73
Μάρτιος	126,17	121,83
Απρίλιος	27,58	225,80
Μάιος	0,00	342,52
Ιούνιος	0,00	487,48
Ιούλιος	0,00	584,43
Αύγουστος	0,00	586,02
Σεπτέμβριος	0,00	443,20
Οκτώβριος	7,97	299,92
Νοέμβριος	63,90	176,18
Δεκέμβριος	203,95	50,87
Σύνολο	840,73	3392,68

Πίνακας 8.5: Πίνακας θερμοκρασιών σχεδιασμού

Θερμοκρασία Σχεδιασμού Θέρμανσης (°C)	Θερμοκρασία Σχεδιασμού Ψύξης (°C)
4,8	35,9

¹ Η θερμοκρασία αναφοράς στις βαθμο-ημέρες θέρμανσης είναι 18°C.

² Η θερμοκρασία αναφοράς στις βαθμο-ημέρες ψύξης είναι 10°C.

8.2 Παράρτημα 2- Αποτελέσματα Χώρων

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα θερμικά και ψυκτικά φορτία πριν και μετά τη θωράκιση του κτιριακού κελύφους. Ο συντελεστής προσαύξησης που θεωρήθηκε σε αυτή τη μελέτη είναι 20%

Πίνακας 8.6: Πίνακας θερμικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
0	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.166	28.999	122
0	(B/Διάδρομος)	148	15.092	18.111	122
0	(B/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	25.342	30.410	128
0	(A/Γραμματεία)	204	29.281	35.137	172
0	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	7.755	9.306	237
0	(A/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	60	12.866	15.439	257
0	(A/Διάδρομος)	157	20.304	24.365	155
1	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	18.791	22.550	95
1	(B/Διάδρομος)	148	11.938	14.326	97
1	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	18.791	22.550	95
1	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	28.128	33.754	142
1	(Δ/Διάδρομος)	148	16.437	19.725	133
1	(Δ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	25.342	30.410	128
1	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	87	14.248	17.098	198
1	(A/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω από Αμφιθέατρο 1)	25	3.864	4.637	185
1	(A/Αίθουσες/11-12)	173	27.978	33.574	194
1	(A/Αμφιθέατρο/1)	156	45.407	54.488	349
1	(A/Αναγνωστήριο)	122	17.248	20.697	169
1	(A/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	40	6.511	7.813	193
1	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	10.285	12.342	201
1	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	7.755	9.306	237
1	(A/Θυρωρείο)	18	3.785	4.542	254
2	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	18.791	22.550	95
2	(B/Διάδρομος)	148	9.371	11.245	76

Πίνακας θερμικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου (Συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
2	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	18.791	22.550	95
2	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	18.791	22.550	95
2	(Δ/Διάδρομος)	148	9.371	11.245	76
2	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	18.791	22.550	95
2	(Z/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	28.128	33.754	142
2	(Z/Διάδρομος)	148	13.870	16.644	112
2	(Z/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	25.342	30.410	128
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	9.655	11.586	189
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	4.242	5.090	83
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	6.108	7.330	119
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	20.029	24.035	145
2	(Γ/Διάδρομος)	78	10.955	13.146	168
2	(Θ/Εργαστήριο)	192	32.573	39.087	204
2	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	118	10.667	12.800	108
2	(Ε/Διάδρομος)	56	9.546	11.456	204
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	12.676	15.212	197
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	12.676	15.212	197
2	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	114	10.791	12.950	114
2	(Η/Διάδρομος)	103	14.660	17.592	170
2	(Α/Αίθουσες/21-25)	324	55.589	66.707	206
2	(Α/Αίθουσες/26-28)	324	61.361	73.634	227
2	(Α/Αίθουσες/29)	122	18.003	21.603	177
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Πάνω από Αναγνώστηριο)	122	18.204	21.845	179
2	(Α/Αμφιθέατρο/2)	156	45.407	54.488	349
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	72	6.782	8.138	113
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Βοράς)	37	7.374	8.849	236
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Νότος)	32	3.912	4.694	147
2	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	8.110	9.732	247
2	(Θ/Διάδρομος)	824	87.138	104.565	127
2	(Α/Διάδρομος)	1.019	118.131	141.757	139

Πίνακας θερμικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου (Συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
3	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	29.779	35.735	151
3	(B/Διάδρομος)	148	18.461	22.154	150
3	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	29.779	35.735	151
3	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	18.791	22.550	95
3	(Δ/Διάδρομος)	148	9.371	11.245	76
3	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	18.791	22.550	95
3	(Z/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	18.791	22.550	95
3	(Z/Διάδρομος)	148	9.371	11.245	76
3	(Z/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	18.791	22.550	95
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	7.088	8.506	139
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	4.242	5.090	83
3	(Θ/Εργαστήριο)	232	29.207	35.048	151
3	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	88	10.789	12.947	148
3	(Γ/Διάδρομος)	28	5.221	6.265	220
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Κέντρο)	198	15.479	18.574	94
3	(Ε/Διάδρομος/Κέντρο)	78	10.620	12.744	164
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δύση)	122	18.454	22.145	181
3	(Α/Αίθουσες/31-34)	324	55.589	66.707	206
3	(Η/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Κουμούτσου)	122	33.749	40.499	331
3	(Α/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Ζιώμα)	50	12.581	15.097	301
3	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	126	8.869	10.643	85
3	(Η/Διάδρομος)	116	8.289	9.947	86
3	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	176	20.002	24.003	136
3	(Η1/Διάδρομος)	96	15.023	18.028	188
3	(Θ/Διάδρομος)	767	61.669	74.003	96
3	(Α/Διάδρομος)	413	32.379	38.854	94

Πίνακας θερμικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου (Συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
4	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	29.779	35.735	151
4	(Δ/Διάδρομος)	148	18.967	22.761	154
4	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	29.779	35.735	151
4	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	18.791	22.550	95
4	(Ζ/Διάδρομος)	148	15.745	18.894	128
4	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	18.791	22.550	95
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	7.088	8.506	139
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	7.088	8.506	139
4	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	20.484	24.581	148
4	(Ε/Διάδρομος)	85	11.507	13.808	162
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	20.661	24.794	149
4	(Η/Διάδρομος)	85	11.777	14.132	166
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	48	7.073	8.488	176
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	122	18.417	22.100	181
4	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	174	10.607	12.728	73
4	(Η1/Αίθουσες Η/Υ/PC Lab)	195	27.066	32.479	167
4	(Η1/Διάδρομος)	125	11.992	14.390	115
4	(Θ/Διάδρομος)	379	40.923	49.108	130
5	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	29.779	35.735	151
5	(Ζ/Διάδρομος)	148	18.967	22.761	154
5	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	29.779	35.735	151
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Αριστερά)	174	18.804	22.565	130
5	(Η1/Διάδρομος)	136	18.847	22.617	166
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	125	14.853	17.824	143

Πίνακας 8.7: Πίνακας θερμικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
0	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	19.594	23.513	99
0	(B/Διάδρομος)	148	10.159	12.191	82
0	(B/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	19.127	22.952	97
0	(Α/Γραμματεία)	204	22.240	26.688	131
0	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	3.976	4.772	121
0	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	60	9.099	10.919	182
0	(Α/Διάδρομος)	157	16.322	19.587	125
1	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	12.567	15.080	64
1	(B/Διάδρομος)	148	6.229	7.474	51
1	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	12.567	15.080	64
1	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	23.557	28.268	119
1	(Δ/Διάδρομος)	148	10.728	12.873	87
1	(Δ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	19.127	22.952	97
1	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	87	8.421	10.105	117
1	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω από Αμφιθέατρο 1)	25	1.861	2.233	89
1	(Α/Αίθουσες/Κατελιημμένες)	173	17.356	20.827	120
1	(Α/Αμφιθέατρο/1)	156	38.708	46.449	298
1	(Α/Αναγνωστήριο)	122	10.465	12.557	103
1	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	40	3.124	3.748	93
1	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	5.024	6.029	98
1	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	3.976	4.772	121
1	(Α/Θυρωρείο)	18	1.916	2.300	128
2	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	12.567	15.080	64
2	(B/Διάδρομος)	148	5.146	6.175	42
2	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	12.567	15.080	64
2	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	12.567	15.080	64
2	(Δ/Διάδρομος)	148	5.146	6.175	42
2	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	12.567	15.080	64
2	(Z/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	23.557	28.268	119
2	(Z/Διάδρομος)	148	9.645	11.574	78

Πίνακας θερμικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
2	(Ζ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	19.127	22.952	97
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	7.572	9.087	148
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	2.159	2.591	42
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	4.026	4.831	79
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	14.684	17.621	106
2	(Γ/Διάδρομος)	78	6.893	8.271	105
2	(Θ/Εργαστήριο)	192	26.601	31.921	166
2	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	118	6.774	8.128	69
2	(Ε/Διάδρομος)	56	5.753	6.904	123
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	9.543	11.452	149
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	9.543	11.452	149
2	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	114	8.256	9.908	87
2	(Η/Διάδρομος)	103	9.687	11.624	113
2	(Α/Αίθουσες/21-25)	324	45.011	54.014	167
2	(Α/Αίθουσες/26-28)	324	50.784	60.941	188
2	(Α/Αίθουσες/29)	122	12.647	15.176	124
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Πάνω από Αναγνώστηριο)	122	11.907	14.289	117
2	(Α/Αμφιθέατρο/2)	156	38.708	46.449	298
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	72	3.475	4.170	58
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Βοράς)	37	5.114	6.137	164
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Νότος)	32	2.233	2.680	84
2	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	4.049	4.859	123
2	(Θ/Διάδρομος)	824	68.303	81.964	99
2	(Α/Διάδρομος)	1.019	94.746	113.696	112
3	(Β/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	23.554	28.265	119
3	(Β/Διάδρομος)	148	13.020	15.624	106
3	(Β/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	23.554	28.265	119
3	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	12.567	15.080	64
3	(Δ/Διάδρομος)	148	5.146	6.175	42

Πίνακας θερμικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
3	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	12.567	15.080	64
3	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	12.567	15.080	64
3	(Ζ/Διάδρομος)	148	5.146	6.175	42
3	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	12.567	15.080	64
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	5.006	6.007	98
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	2.159	2.591	42
3	(Θ/Εργαστήριο)	232	22.837	27.404	118
3	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	88	7.599	9.119	104
3	(Γ/Διάδρομος)	28	2.784	3.340	117
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Κέντρο)	198	9.264	11.116	56
3	(Ε/Διάδρομος/Κέντρο)	78	6.524	7.828	101
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δύση)	122	11.957	14.348	117
3	(Α/Αίθουσες/31-34)	324	45.011	54.014	167
3	(Η/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Κουμούτσου)	122	28.463	34.155	279
3	(Α/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Ζιώμα)	50	9.685	11.622	232
3	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	126	4.976	5.972	48
3	(Η/Διάδρομος)	116	3.386	4.063	35
3	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	176	14.382	17.258	98
3	(Η1/Διάδρομος)	96	9.876	11.851	124
3	(Θ/Διάδρομος)	767	41.825	50.189	65
3	(Α/Διάδρομος)	413	25.687	30.824	75
4	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	23.554	28.265	119
4	(Δ/Διάδρομος)	148	13.297	15.957	108
4	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	23.554	28.265	119
4	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	12.567	15.080	64
4	(Ζ/Διάδρομος)	148	10.308	12.370	84
4	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	12.567	15.080	64
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	5.006	6.007	98
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	5.006	6.007	98
4	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	14.528	17.433	105

Πίνακας θερμικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Θερμικά Φορτία (W)	Θερμικά φορτία προσαυξημένα (W)	Θερμικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
4	(Ε/Διάδρομος)	85	7.169	8.603	101
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	14.564	17.477	105
4	(Η/Διάδρομος)	85	7.254	8.705	102
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	48	4.178	5.013	104
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	122	11.949	14.339	117
4	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	174	5.915	7.098	41
4	(Η1/Αίθουσες Η/Υ/PC Lab)	195	21.734	26.081	134
4	(Η1/Διάδρομος)	125	6.553	7.864	63
4	(Θ/Διάδρομος)	379	29.812	35.774	94
5	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	23.554	28.265	119
5	(Ζ/Διάδρομος)	148	13.297	15.957	108
5	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	23.554	28.265	119
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Αριστερά)	174	13.995	16.794	97
5	(Η1/Διάδρομος)	136	12.712	15.254	112
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	125	10.259	12.310	98

Πίνακας 8.8: Πίνακας ψυκτικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Ψυκτικά Φορτία (W)	Ψυκτικά φορτία προσαυξημένα (W)	Ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
0	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	31.749	38.099	161
0	(B/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	32.099	38.519	163
0	(A/Γραμματεία)	204	49.142	58.971	289
0	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	7.495	8.994	229
0	(A/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	60	19.101	22.921	382
1	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	30.826	36.991	156
1	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	33.130	39.756	168
1	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	34.629	41.554	175
1	(Δ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	32.435	38.922	164
1	(E/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	87	15.215	18.258	211
1	(A/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω από Αμφιθέατρο 1)	25	3.519	4.222	169
1	(A/Αίθουσες/Κατειλημμένες)	173	50.728	60.874	351
1	(A/Αμφιθέατρο/1)	156	74.816	89.779	576
1	(A/Αναγνωστήριο)	122	19.134	22.961	188
1	(A/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	40	6.653	7.984	198
1	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	10.632	12.758	208
1	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	7.496	8.995	229
1	(A/Θυρωρείο)	18	3.579	4.294	240
2	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	30.826	36.992	156
2	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	33.131	39.757	168
2	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	30.826	36.992	156
2	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	33.131	39.757	168
2	(Z/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	38.467	46.161	195
2	(Z/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	31.661	37.993	160
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	16.951	20.341	331
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	7.892	9.470	154
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	9.169	11.002	179
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	31.660	37.992	228
2	(Θ/Εργαστήριο)	192	56.544	67.853	353

Πίνακας ψυκτικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Ψυκτικά Φορτία (W)	Ψυκτικά φορτία προσαυξημένα (W)	Ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
2	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	118	15.598	18.718	158
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	24.452	29.343	381
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	24.467	29.360	381
2	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	114	14.530	17.436	153
2	(Α/Αίθουσες/21-25)	324	112.050	134.460	415
2	(Α/Αίθουσες/26-28)	324	115.999	139.199	429
2	(Α/Αίθουσες/29)	122	24.149	28.979	237
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Πάνω από Αναγνωστήριο)	122	32.675	39.211	321
2	(Α/Αμφιθέατρο/2)	156	74.816	89.779	576
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	72	10.396	12.475	173
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Βοράς)	37	11.745	14.094	377
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Νότος)	32	4.988	5.986	188
2	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	7.738	9.286	236
3	(Β/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	59.017	70.820	299
3	(Β/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	61.321	73.585	310
3	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	30.826	36.991	156
3	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	33.130	39.756	168
3	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	30.826	36.991	156
3	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	33.130	39.756	168
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	15.283	18.340	299
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	7.962	9.555	156
3	(Θ/Εργαστήριο)	232	59.964	71.957	310
3	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	88	20.926	25.111	286
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Κέντρο)	198	26.481	31.778	160
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δύση)	122	32.229	38.675	316
3	(Α/Αίθουσες/31-34)	324	112.049	134.459	415
3	(Η/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Κουμούτσου)	122	55.236	66.284	542
3	(Α/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Ζιώμα)	50	18.998	22.797	455
3	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	126	14.750	17.700	141
3	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	176	22.545	27.054	154

Πίνακας ψυκτικών φορτίων πριν τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Ψυκτικά Φορτία (W)	Ψυκτικά φορτία προσαυξημένα (W)	Ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
4	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	59.017	70.820	299
4	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	61.321	73.585	310
4	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	30.826	36.991	156
4	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	33.130	39.756	168
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	15.195	18.234	297
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	15.111	18.133	295
4	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	39.359	47.231	284
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	39.850	47.819	288
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	48	12.878	15.453	320
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	122	32.701	39.241	321
4	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	174	15.807	18.968	109
4	(Η1/Αίθουσες Η/Υ/PC Lab)	195	31.668	38.002	195
5	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	59.016	70.819	299
5	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	61.320	73.584	310
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Αριστερά)	173.63	37.236	44.683	257
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	125	34.232	41.078	329

Πίνακας 8.9: Πίνακας ψυκτικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Ψυκτικά Φορτία (W)	Ψυκτικά φορτία προσαυξημένα (W)	Ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
0	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	27.166	32.599	138
0	(B/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	25.736	30.883	130
0	(Α/Γραμματεία)	204	41.320	49.584	243
0	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	4.771	5.725	145
0	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	60	15.841	19.009	317
1	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.708	29.650	125
1	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	26.736	32.083	135
1	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	29.952	35.943	152
1	(Δ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	25.885	31.062	131
1	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	87	10.846	13.016	150
1	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω από Αμφιθέατρο 1)	25	2.125	2.551	102
1	(Α/Αίθουσες/Κατελιημμένες)	173	41.206	49.448	285
1	(Α/Αμφιθέατρο/1)	156	70.232	84.279	540
1	(Α/Αναγνώστηριο)	122	14.245	17.094	140
1	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	40	4.207	5.048	125
1	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	6.801	8.161	133
1	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	4.771	5.725	145
1	(Α/Θυρωρείο)	18	2.239	2.687	150
2	(B/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.709	29.650	125
2	(B/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	26.736	32.084	135
2	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.709	29.650	125
2	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	26.736	32.084	135
2	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	32.350	38.819	164
2	(Ζ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	237	25.266	30.320	128
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	14.207	17.049	278
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	5.148	6.177	101
2	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	6.425	7.710	126
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	25.673	30.808	185
2	(Θ/Εργαστήριο)	192	50.736	60.883	317

Πίνακας ψυκτικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Ψυκτικά Φορτία (W)	Ψυκτικά φορτία προσαυξημένα (W)	Ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
2	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	118	11.064	13.277	112
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	20.140	24.168	313
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	77	20.143	24.171	314
2	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	114	11.304	13.565	119
2	(Α/Αίθουσες/21-25)	324	100.765	120.918	373
2	(Α/Αίθουσες/26-28)	324	104.715	125.658	387
2	(Α/Αίθουσες/29)	122	19.699	23.639	193
2	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Πάνω από Αναγνώστηριο)	122	27.207	32.648	267
2	(Α/Αμφιθέατρο/2)	156	70.233	84.279	540
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Εξω εν μέρει)	72	7.023	8.428	117
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Βοράς)	37	9.355	11.226	300
2	(Α/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Νότος)	32	3.308	3.970	124
2	(Εκτός Σχολής/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	39	4.821	5.785	147
3	(Β/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	52.932	63.518	268
3	(Β/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	54.960	65.951	278
3	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.741	29.689	125
3	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	26.768	32.122	136
3	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.741	29.689	125
3	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	26.768	32.122	136
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	12.478	14.974	244
3	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	5.171	6.205	101
3	(Θ/Εργαστήριο)	232	53.797	64.556	278
3	(Γ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	88	17.440	20.928	239
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Κέντρο)	198	19.838	23.806	120
3	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δύση)	122	27.118	32.542	266
3	(Α/Αίθουσες/31-34)	324	100.809	120.971	373
3	(Η/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Κουμούτσου)	122	50.960	61.152	500
3	(Α/Αίθουσα Συνδιαλέξεων/Ζιώμα)	50	16.490	19.788	395
3	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	126	10.097	12.117	97
3	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	176	17.533	21.040	120

Πίνακας ψυκτικών φορτίων μετά τη θωράκιση του κτιρίου (συνέχεια)

Επίπεδο	(Πτέρυγα/ Είδος Χώρου / Βοηθητικό Σχόλιο)	Επιφάνεια (m ²)	Ψυκτικά Φορτία (W)	Ψυκτικά φορτία προσαυξημένα (W)	Ψυκτικά φορτία ανά επιφάνεια (W/m ²)
4	(Δ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	52.835	63.402	268
4	(Δ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	54.862	65.835	278
4	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	24.643	29.572	125
4	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	26.671	32.005	135
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	12.435	14.921	243
4	(Θ/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	61	12.397	14.877	242
4	(Ε/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	33.117	39.741	239
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	166	33.218	39.862	240
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	48	10.350	12.420	257
4	(Η/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	122	27.403	32.884	269
4	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια)	174	11.130	13.356	77
4	(Η1/Αίθουσες Η/Υ/PC Lab)	195	26.482	31.778	163
5	(Ζ/Εργαστήριο/Αριστερά)	237	52.901	63.481	268
5	(Ζ/Εργαστήριο/Δεξιά)	237	54.929	65.915	278
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Αριστερά)	174	32.528	39.033	225
5	(Η1/Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια/Δεξιά)	125	29.604	35.525	284

8.3 Παράρτημα 3 - MATLAB Scripts

Στο συγκεκριμένο παράρτημα βρίσκονται όλα τα Scripts σε περιβάλλον MATLAB που χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό των φορτίων.

- MATLAB Script για τα θερμικά φορτία πριν τη θωράκιση κτιρίου

```
%% Basic Commands
clear;
clc;
format long g
% -----
%%
%Meleti Olwn twn databases Database0 ews Database5 (arithos database = metritis1-1)
for metritis1=0:6
tic
%% Euresi tou plithous twn xwrwn se kathe Database
akati=metritis1-1;
a_string=string(akati);
studyfile = 'Database'+a_string+'.xlsx';
studysheet = 1;
studyrange = 'A:A';
[num,txt,row] = xlsread(studyfile,studysheet,studyrange,'basic');
telos=length(num);
%%
for metritis2=1:telos %% Ksekinaei i epanalipsi gia to kathe xwro sto Database Meletis

%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = studyfile;
% -----
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'C'+string(metritis2+1)+'F'+string(metritis2+1);
[num,txt,row] = xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Database = cell2table(raw,'VariableNames',{'Sheet' 'Range1' 'Range2' 'RoomType'});
newsheet=string(Database.Sheet);
range1=string(Database.Range1);
range2=string(Database.Range2);
roomtype=string(Database.RoomType);
%-----

%% ----Lipsi Dedomenwn gia megalo pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range1,'basic') ;
megalospinakas=cell2table(raw,'VariableNames',{'N' 'S' 'E' 'W'});
megalospinakas=[megalospinakas.N megalospinakas.S megalospinakas.E megalospinakas.W];
%-----

%% ----Lipsi Dedomenwn gia mikro pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range2,'basic') ;
mikrospinakas=cell2table(raw,'VariableNames',{'A'});
mikrospinakas=mikrospinakas.A;
%-----
```



```

%% ----- Metafora stoxeiwn se Data arxeio megalou pinaka ----
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\HeatLoads";
path=fullfile(my_directory, "Data.xlsx");
writematrix(megalospinakas,path,"Sheet",2,"Range","D2:G23")
% -----
%% ----- Metafora stoxeiwn se Data arxeio mikrou pinaka ----
path=fullfile(my_directory, "Data.xlsx");
writematrix(mikrospinakas,path,"Sheet",2,"Range","J2:J8")
% -----
%% ----- Metafora RoomType-----
writematrix(roomtype,path,"Sheet",2,"Range","L7")
% -----
%%
%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = 'Data.xlsx';
% -----
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'A2:E37';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----
%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Data = cell2table(raw,'VariableNames',{'Description' 'Variable' 'Value' 'Unit' 'Check'});
descr=string(Data.Description);
var1=string(Data.Variable);
val1=Data.Value;
unit=string(Data.Unit);
check1=string(Data.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia ton xwro---
sheet=2;
xlRange = 'A2:G23';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
BuildingLosses1 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Type' 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
type1=string(BuildingLosses1.Type);
var2=string(BuildingLosses1.Variable);
valN=BuildingLosses1.N;
valS=BuildingLosses1.S;
valE=BuildingLosses1.E;
valW=BuildingLosses1.W;
val2=[valN valS valE valW];
check2=string(BuildingLosses1.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia aera---
xlRange = 'I2:J8';
[num,txt,row]= xlsread('Data.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
BuildingLosses2 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Type' 'Value'});
type2=string(BuildingLosses2.Type);
val3=BuildingLosses2.Value;
%-----

```

```

%% -----Ipologismos Epifaneias-----
for j=1:4
    c1=0;c2=0;
    for i=1:(length(type1)/2);
        %% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
        xlRange = 'L7';
        [num,txt,row] = xlsread('Data.xlsx',sheet,xlRange,'basic');
        % -----

        %% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
        Data3 = cell2table(row,'VariableNames',{'Room_Type'});
        roomtype=string(Data3.Room_Type);
        % -----
        if roomtype~="amphitheater"
            height=val1(find(check1==var2(i)));
        else
            if var2(i)=="wall"
                height=val1(find(check1=="h."+roomtype));
            else
                height=val1(find(check1==var2(i)));
            end
        end
        area(i,j)=val2(i,j)*height;
        totalarea(i,j)=area(i,j)*val2((i+(length(type1)/2)),j);
        %-----Ipologismos sinolou anoigmatwn ana periptosi-----
        -----%
        if roomtype~="corridor"
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        elseif (roomtype=="corridor" & (j==3 | j==4));
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="door.air" ) & isnan(val2(i,j))==0
                & val2(i,j)~=0 ;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm" | check2(i)=="glass.bricks") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        elseif (roomtype=="corridor" & (j==1 | j==2));
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        end
        %-----
    end
    %
end
if sum(isnan(val2(:,j)))~= 0;
    %-----Afairesi anoigmatwn apo to toixo ana periptosi-----
    -----%
    for k=1:(length(type1)/2);
        if check2(k)=="wall.air" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;

```

```

        totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c1;
    elseif check2(k)=="wall.nontherm" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
        totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c2;
    end
end
%-----

%
end
%-----
%% -----Dimiourgia Cell type pinakwn gia epifaneia, ginomeno U*epifaneia kai q-----
A=cell(length(type1)/2,6);
UA=cell(length(type1)/2,6);
q=cell(length(type1)/2,6);
%-----

%% -----Orismos prwtan dio stilwn gia ta cell type me tis perigrafes-----
for i=1:(length(type1)/2)
    A{i,1}=var2(i);UA{i,1}=var2(i);q{i,1}=var2(i);
    A{i,2}=check2(i);UA{i,2}=check2(i);q{i,2}=check2(i);
end
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tis epifaneias-----
for j=3:6
for i=1:(length(type1)/2)
    A{i,j}=totalarea(i,j-2);
end
end
%-----
%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou ginomenou U*epifaneia-----
for i=1:(length(type1)/2);
    % ---- Euresi swstou U -----
    U=val1(find(check1==string(A{i,2})));
    % -----
    % ---- Euresi swstou U -----
    if roomtype=="corridor" & check1(i)=="glass.bricks";
        U=U/2;
    end
    % -----

    for j=3:6
        UA{i,j}= U *A{i,j};
    end
end
%-----
%% ----- Euresi swstou dt -----
dt=val1(find(check1=="dt"));
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou q-----
for i=1:(length(type1)/2)
    for j=3:6;
        q{i,j}=UA{i,j}*dt;
    end
end
end

```

```

% -----

%% ---- Orismos midenikou pinaka gia ipologismo athroismatwn tou q ana kateyfini---
qD=zeros(1,4);
%-----
%% ---- Ipologismos athroismatwn tou q ana kateyfini-----
for i=1:(length(type1)/2)
    for j=1:4
        if isnan(q{i,j+2})==0;
            qD(j)= qD(j)+q{i,j+2};
        end
    end
end
%-----
%% --- Dimiourgia pinaka (qfinal) opoy oi kenes seires feugoun kai menoun oi mi midenikes ---
a=1;
for i=1:(length(type1)/2)
    if ( ~(isnan(UA{i,3})==1 | UA{i,3}==0) &...
        (isnan(UA{i,4})==1 | UA{i,4}==0) &...
        (isnan(UA{i,5})==1 | UA{i,5}==0) &...
        (isnan(UA{i,6})==1 | UA{i,6}==0) );
        for j=1:6;
            qfinal{a,j}=q{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
%-----

%% --- Tropoposi pinaka qfinal etsi wste ta NaN na ginoun "-" -----
for i=1:a-1
    for j=3:6
        if isnan(qfinal{i,j})==1;
            qfinal{i,j}="-";
        end
    end
end
% -----
%% --- Pros8esi ston pinaka qfinal to athroisma ana kateyfini opws oristike sto qD-----
qfinal{a,1}="Sum";
qfinal{a,2}="Direction";
for i=3:6;
    qfinal{a,i}= qD(i-2);
end
% -----
%% -----Allagi kai katharismos metavlitwn gia na einai idia kai stous epomenous ipologismous---
% --- Allagi qfinal se qfinal1 kai dimiourgia metavlitis qD1 ws to athroisma tou qD
qfinal1=qfinal;
clear qfinal
qD1=sum(qD);
clear qD
% -----

%% -----Metatropi pinaka qfinal1 se table format me titlous ---

```

```

%A = cell2table(A,'VariableNames',{'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
%UA = cell2table(UA,'VariableNames',{'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
qfinal1 = cell2table(qfinal1,'VariableNames',{'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
% -----

%% -----Dimiourgia Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor-----
UA2=cell(length(type2),2);
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor ...
...kai dimiourgia q2 cell type pinaka tis protis stilis-----
for i=1:(length(type2));
    U=val1(find(check1==type2(i)));
    UA2{i,1}=type2(i);
    q2{i,1}=type2(i);
    UA2{i,2}=U*val3(i);
end
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia q2 gia ceil kai floor -----
for i=1:length(type2)
    q2{i,2}=UA2{i,2}*dt;
end
% -----

%% -----Ipologismos sinolikou Q (qD2) gia ceil kai floor -----

% ---Arxikos Midenismos qD2---
qD2=0;
% -----

% ---Ipologismos qD2---
for i=1:length(type2)
    if isnan(q2{i,2})==0;
        qD2= qD2+q2{i,2};
    end
end
% -----

%% -----Dimourgia cell type pinaka qfinal2 apo q2 xwris kena stoixeia-----
a=1;
for i=1:length(type2)
    if ~((isnan(UA2{i,2})==1 | UA2{i,2}==0));
        for j=1:2;
            qfinal2{a,j}=q2{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
% -----

%% ---Pros8esi ston pinaka qfinal2 to athroisma---
qfinal2{a,1}="Sum";
qfinal2{a,2}=qD2;
% -----

```

```
%% ---Metatropi pinaka qfinal2 se table format me titlous-----
```

```
qfinal2 = cell2table(qfinal2,'VariableNames',{ 'Variable' 'Value'});
```

```
%-----
```

```
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia apwleia logw anoigmatwn---
```

```
sheet = 2;
```

```
xlRange = 'L2:P3';
```

```
[num,txt,row] = xlsread('Data.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
```

```
%-----
```

```
%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
```

```
Data2 = cell2table(raw,'VariableNames',{ 'Variable' 'Value' 'Unit1' 'Coefficient' 'Unit2'});
```

```
var4=string(Data2.Variable);
```

```
val4=Data2.Value;
```

```
unit4=string(Data2.Unit1);
```

```
unit5=string(Data2.Unit2);
```

```
%-----
```

```
%% ---Ipologismos sinolou epifaneias parathirwn-----
```

```
c=0;
```

```
for i=1:(length(type1)/2)
```

```
    if (A{i,1}=="window.small" |...
```

```
        A{i,1}=="window.big");
```

```
        for j=3:6;
```

```
            if isnan(A{i,j})==0;
```

```
                c=c+A{i,j};
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
areawindow=c;
```

```
%-----
```

```
%% --- Orismos sinolou epifaneias anoigmatwn ws to coefficient gia ta parathira ----
```

```
Data2.Coefficient(1)=c;
```

```
%-----
```

```
%% --- Ek neou midenismos gia ton ipologismo tou neou coefficient gia tis portes-----
```

```
c=0;
```

```
%-----
```

```
%% ---Ipologismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro-----
```

```
for i=(length(type1)/2+1):length(type1)
```

```
    if (check2(i)=="door.air" )
```

```
        for j=1:4;
```

```
            if isnan(val2(i,j))~= 1;
```

```
                c=c+ val2(i,j);
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
%-----
```

```
%% --
```

```
- Orismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro ws to coefficient gia tis portes -----
```

```
Data2.Coefficient(2)=c;
```

```

% -----
%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
val5=Data2.Coefficient;
% -----

%% ---- Ipologismos ginomenou gia m3/h gia parathira kai portes-----
v=val4.*val5;
v=sum(v);
% -----

%% -----Euresi piknotitas kai Cp apo dedomena ----
d=val1(find(check1=="d"));
cp=val1(find(check1=="cp"));
% -----
%% ---- Ipologismos qD3-----
qD3=v*d*cp*dt*1000/3600;
%-----

%% ---- Euresi swstou sintelesti analoga me ton tipo xwrou ----
coef=val1(find(check1==roomtype));
% -----

%% ---- Ipologismos sinolikis epifaneias floor -----
o1=find(type2=="floor.ground" | type2=="floor.nontherm" | type2=="floor.therm" | type2=="floor.air");
o2=val3(o1);
o3=find(~isnan(o2));
floorarea=sum(o2(o3));
% -----

%% ----Ipologismos qD4-----
qD4=coef*floorarea*d*cp*dt*1000/3600;
% -----
%% ---- Dimiourgia pinaka me ola ta Q ----
qDtotal=[qD1 qD2 qD3 qD4]';
% ----- Pros8iki ston pinaka to teliko athroisma kai to athroisma me to sintelesti asfaleias
qDtotal=[qDtotal;sum(qDtotal);sum(qDtotal)*1.2];
% -----

%% -----Dimiourgia telikou pinaka olwn tw n Q-----
qDesc={"Qsides"; "Qup&down"; "Qair.in"; "Qair.dist";"Qtot";"Qtot.aug"};
qDtable=table(qDesc,qDtotal);
% Ektiposi pinaka
qDtable;
% -----

%% ----Metafora apotelesmatwn se Excel
% Orismos directory Katagrafis Apotelsmatwn
% my_directory=
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\HeatLoads";
path=fullfile(my_directory, studyfile);
writematrix(qDtable.qDtotal',path,"Sheet",studysheet,"Range",('H'+string(metritis2+1)+':M'+string(metritis2
+1)));
writematrix(floorarea,path,"Sheet",studysheet,"Range",('G'+string(metritis2+1)));
% -----

```

```

%%----- Ektipwsi metavlitwn metavlitwn-----

%-----
%%----- Katharismos metavlitwn-----
clearvars -except studyfile studysheet studyrange telos
%-----
end
toc
end

```

- MATLAB Script για τα θερμικά φορτία μετά τη θωράκιση κτιρίου

```

%% Basic Commands
clear;
clc;
format long g
% -----
%%
%Meleti Olwn twm databases Database0 ews Database5 (arithos database = metritis1-1)
for metritis1=0:6
tic
%% Euresi tou plithous twm xwrwn se kathe Database
akati=metritis1-1;
a_string=string(akati);
studyfile = 'Database'+a_string+'New'+'.xlsx';
studysheet = 1;
studyrange = 'A:A';
[num,txt,row] = xlsread(studyfile,studysheet,studyrange,'basic');
telos=length(num);
%%
for metritis2=1:telos %% Ksekinaei i epanalipsi gia to kathe xwro sto Database Meletis

%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = studyfile;
% -----
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'C'+string(metritis2+1)+':F'+string(metritis2+1);
[num,txt,row] = xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Database = cell2table(raw,'VariableNames',{'Sheet' 'Range1' 'Range2' 'RoomType'});
newsheet=string(Database.Sheet);
range1=string(Database.Range1);
range2=string(Database.Range2);
roomtype=string(Database.RoomType);
%-----
%% ----Lipsi Dedomenwn gia megalo pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range1,'basic') ;
megalospinakas=cell2table(raw,'VariableNames',{'N' 'S' 'E' 'W'});
megalospinakas=[megalospinakas.N megalospinakas.S megalospinakas.E megalospinakas.W];
%-----

```



```

%% ----Lipsi Dedomenwn gia mikro pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range2,'basic') ;
mikrospinakas=cell2table(row,'VariableNames',{'A'});
mikrospinakas=mikrospinakas.A;
%-----
%% ----- Metafora stoixeiwn se Data arxeio megalou pinaka ----
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\HeatLoads";
path=fullfile(my_directory, "DataNew.xlsx");
writematrix(megalospinakas,path,"Sheet",2,"Range","D2:G23")
% -----
%% ----- Metafora stoixeiwn se Data arxeio mikrou pinaka ----
path=fullfile(my_directory, "DataNew.xlsx");
writematrix(mikrospinakas,path,"Sheet",2,"Range","J2:J8")
% -----
%% ----- Metafora RoomType-----
writematrix(roomtype,path,"Sheet",2,"Range","L7")
% -----
%%
%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = 'DataNew.xlsx';
% -----
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'A2:E37';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----
%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Data = cell2table(row,'VariableNames',{'Description' 'Variable' 'Value' 'Unit' 'Check'});
descr=string(Data.Description);
var1=string(Data.Variable);
val1=Data.Value;
unit=string(Data.Unit);
check1=string(Data.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia ton xwro---
sheet=2;
xlRange = 'A2:G23';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
BuildingLosses1 = cell2table(row,'VariableNames',{'Type' 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
type1=string(BuildingLosses1.Type);
var2=string(BuildingLosses1.Variable);
valN=BuildingLosses1.N;
valS=BuildingLosses1.S;
valE=BuildingLosses1.E;
valW=BuildingLosses1.W;
val2=[valN valS valE valW];
check2=string(BuildingLosses1.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia aera---
xlRange = 'I2:J8';
[num,txt,row]= xlsread('DataNew.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;

```

```

BuildingLosses2 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Type' 'Value'});
type2=string(BuildingLosses2.Type);
val3=BuildingLosses2.Value;
%-----

%% -----Ipologismos Epifaneias-----
for j=1:4
    c1=0;c2=0;
    for i=1:(length(type1)/2);
        %% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
        xlRange = 'L7';
        [num,txt,row] = xlsread('DataNew.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
        % -----

        %% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
        Data3 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Room_Type'});
        roomtype=string(Data3.Room_Type);
        % -----
        if roomtype~="amphitheater"
            height=val1(find(check1==var2(i)));
        else
            if var2(i)=="wall"
                height=val1(find(check1=="h."+roomtype));
            else
                height=val1(find(check1==var2(i)));
            end
        end
        area(i,j)=val2(i,j)*height;
        totalarea(i,j)=area(i,j)*val2((i+(length(type1)/2)),j);
        %-----Ipologismos sinolou anoigmatwn ana periptosi-----
%-----%
        if roomtype~="corridor"
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        elseif (roomtype=="corridor" & (j==3 | j==4));
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="door.air" ) & isnan(val2(i,j))==0
                & val2(i,j)~=0;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm" | check2(i)=="glass.bricks") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        elseif (roomtype=="corridor" & (j==1 | j==2));
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        end
    end
    %-----
%
end
end

```

```

if sum(isnan(val2(:,j)))~= 0;
%-----Afaresi anoigmatwn apo to toixo ana periptosi-----
%
for k=1:(length(type1)/2);
if check2(k)=="wall.air" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c1;
elseif check2(k)=="wall.nontherm" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c2;
end
end
%-----
%
end
end
%-----

%% -----Dimiourgia Cell type pinakwn gia epifaneia, ginomeno U*epifaneia kai q-----
A=cell(length(type1)/2,6);
UA=cell(length(type1)/2,6);
q=cell(length(type1)/2,6);
%-----

%% -----Orismos prwtan dio stilwn gia ta cell type me tis perigrafes-----
for i=1:(length(type1)/2)
A{i,1}=var2(i);UA{i,1}=var2(i);q{i,1}=var2(i);
A{i,2}=check2(i);UA{i,2}=check2(i);q{i,2}=check2(i);
end
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tis epifaneias-----
for j=3:6
for i=1:(length(type1)/2)
A{i,j}=totalarea(i,j-2);
end
end
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou ginomenou U*epifaneia-----
for i=1:(length(type1)/2);

for j=3:6
% ---- Euresi swstou U -----
U=val1(find(check1==string(A{i,2})));
% -----
% ---- Euresi swstou U -----
% ---- Allagi ialotouvlwn sta 3 ergastiria se diplo tzami
if (roomtype=="lab" & check2(i)=="glass.bricks");
U=2.5;
end
%
if roomtype=="corridor" & check1(i)=="glass.bricks";
U=U/2;
end
% -----
if roomtype=="corridor" & (metritis2== telos | metritis2==telos-1)

```

```

        if metritis2==telos-1 & j==5
            U=0.8;
        elseif metritis2==telos & j==6
            U=0.8;
        end
    end
    UA{i,j}= U *A{i,j};
end
end
end
%-----
%% ---- Euresi swstou dt -----
dt=val1(find(check1=="dt"));
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou q-----
for i=1:(length(type1)/2)
    for j=3:6;
        q{i,j}=UA{i,j}*dt;
    end
end
end
% -----

%% ---- Orismos midenikou pinaka gia ipologismo athroismatwn tou q ana kateyfini---
qD=zeros(1,4);
%-----
%% ---- Ipologismos athroismatwn tou q ana kateyfini-----
for i=1:(length(type1)/2)
    for j=1:4
        if isnan(q{i,j+2})==0;
            qD(j)= qD(j)+q{i,j+2};
        end
    end
end
end
%-----

%% --- Dimiourgia pinaka (qfinal) opoy oi kenes seires feugoun kai menoun oi mi midenikes ---
a=1;
for i=1:(length(type1)/2)
    if ( ~((isnan(UA{i,3})==1 | UA{i,3}==0) &...
        (isnan(UA{i,4})==1 | UA{i,4}==0) &...
        (isnan(UA{i,5})==1 | UA{i,5}==0) &...
        (isnan(UA{i,6})==1 | UA{i,6}==0) ) );
        for j=1:6;
            qfinal{a,j}=q{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
end
%-----

%% --- Tropopoiisi pinaka qfinal etsi wste ta NaN na ginoun "-" -----
for i=1:a-1
    for j=3:6
        if isnan(qfinal{i,j})==1;

```

```

        qfinal{i,j}="-";
    end
end
end
% -----
%% --- Pros8esi ston pinaka qfinal to athroisma ana kateyfini opws oristike sto qD-----
qfinal{a,1}="Sum";
qfinal{a,2}="Direction";
for i=3:6;
    qfinal{a,i}= qD(i-2);
end
% -----
%% -----Allagi kai katharismos metavlitwn gia na einai idia kai stous epomenous ipologismous---
% --- Allagi qfinal se qfinal1 kai dimiourgia metavlitis qD1 ws to athroisma tou qD
qfinal1=qfinal;
clear qfinal
qD1=sum(qD);
clear qD
% -----

%% -----Metatropi pinaka qfinal1 se table format me titlous ---

qfinal1 = cell2table(qfinal1,'VariableNames',{ 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
% -----

%% -----Dimiourgia Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor-----
UA2=cell(length(type2),2);
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor ...
...kai dimiourgia q2 cell type pinaka tis protis stilis-----
for i=1:(length(type2));
    U=val1(find(check1==type2(i)));
    UA2{i,1}=type2(i);
    q2{i,1}=type2(i);
    UA2{i,2}=U*val3(i);
end
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia q2 gia ceil kai floor -----
for i=1:length(type2)
    q2{i,2}=UA2{i,2}*dt;
end
% -----

%% -----Ipologismos sinolikou Q (qD2) gia ceil kai floor -----

% ---Arxikos Midenismos qD2---
qD2=0;
% -----

% ---Ipologismos qD2---
for i=1:length(type2)
    if isnan(q2{i,2})==0;
        qD2= qD2+q2{i,2};
    end
end

```

```

end
% -----

%% -----Dimourgia cell type pinaka qfinal2 apo q2 xwris kena stoixeia-----
a=1;
for i=1:length(type2)
    if ~((isnan(UA2{i,2})==1 | UA2{i,2}==0));
        for j=1:2;
            qfinal2{a,j}=q2{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
% -----

%% ---Pros8esi ston pinaka qfinal2 to athroisma---
qfinal2{a,1}="Sum";
qfinal2{a,2}=qD2;
% -----

%% ---Metatropi pinaka qfinal2 se table format me titlous-----
qfinal2 = cell2table(qfinal2,'VariableNames',{ 'Variable' 'Value'});
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia apwleia logw anoigmatwn---
sheet = 2;
xlRange = 'L2:P3';
[num,txt,row] = xlsread('DataNew.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
% -----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----

Data2 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Variable' 'Value' 'Unit1' 'Coefficient' 'Unit2'});
var4=string(Data2.Variable);
val4=Data2.Value;
unit4=string(Data2.Unit1);
unit5=string(Data2.Unit2);
% -----

%% ---Ipologismos sinolou epifaneias parathirwn-----
c=0;
for i=1:(length(type1)/2)
    if (A{i,1}=="window.small" | ...
        A{i,1}=="window.big");
        for j=3:6;
            if isnan(A{i,j})==0;
                c=c+A{i,j};
            end
        end
    end
end
% -----

%% --- Orismos sinolou epifaneias anoigmatwn ws to coefficient gia ta parathira -----

```

```

Data2.Coefficient(1)=c;
% -----
%% --- Ek neou midenismos gia ton ipologismo tou neou coefficient gia tis portes-----
c=0;
% -----
%% ---Ipologismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro-----
for i=(length(type1)/2+1):length(type1)
    if (check2(i)=="door.air" )
% |... check2(i)=="door.nontherm" );
        for j=1:4;
            if isnan(val2(i,j))~= 1;
                c=c+ val2(i,j);
            end
        end
    end
end
end
% -----

```

- Orismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro ws to coefficient gia tis portes -----

```

Data2.Coefficient(2)=c;
% -----

```

```

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----

```

```

val5=Data2.Coefficient;

```

```

% -----

```

```

%% ----- Ipologismos ginomenou gia m3/h gia parathira kai portes-----

```

```

v=val4.*val5;

```

```

v=sum(v);

```

```

% -----

```

```

%% -----Euresi piknotitas kai Cp apo dedomena -----

```

```

d=val1(find(check1=="d"));

```

```

cp=val1(find(check1=="cp"));

```

```

% -----

```

```

%% ----- Ipologismos qD3-----

```

```

qD3=v*d*cp*dt*1000/3600;

```

```

%-----

```

```

%% ----- Euresi swstou sintelesti analoga me ton tipo xwrou ----

```

```

coef=val1(find(check1==roomtype));

```

```

% -----

```

```

%% ---- Ipologismos sinolikis epifaneias floor -----

```

```

o1=find(type2=="floor.ground" | type2=="floor.nontherm" | type2=="floor.therm" | type2=="floor.air");

```

```

o2=val3(o1);

```

```

o3=find(~isnan(o2));

```

```

floorarea=sum(o2(o3));

```

```

% -----

```

```

%% -----Ipologismos qD4-----

```

```

qD4=coef*floorarea*d*cp*dt*1000/3600;

```

```

% -----

```

```

%% ----- Dimiourgia pinaka me ola ta Q -----

```

```

qDtotal=[qD1 qD2 qD3 qD4]';
% ----- Pros8iki ston pinaka to teliko athroisma kai to athroisma me to sintelesti asfaleias
qDtotal=[qDtotal;sum(qDtotal);sum(qDtotal)*1.2];
% -----
%-----

%% -----Dimiourgia telikou pinaka olwn tw n Q-----
qDesc={"Qsides"; "Qup&down"; "Qair.in"; "Qair.dist";"Qtotal";"Qtotal.aug"};
qDtable=table(qDesc,qDtotal);
% Ektiposi pinaka
qDtable;
% -----
% -----
%% -----Metafora apotelesmatwn se Excel
% Orismos directory Katagrafis Apotelmatwn
% my_directory=
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\HeatLoads";
path=fullfile(my_directory, studyfile);
writematrix(qDtable.qDtotal',path,"Sheet",studysheet,"Range",('H'+string(metritis2+1))+':M'+string(metritis2
+1)));
writematrix(floorarea,path,"Sheet",studysheet,"Range",('G'+string(metritis2+1)));
% -----
%%----- Katharismos metavlitwn-----
clearvars -except studyfile studysheet studyrange telos
%-----
end
toc
end

```

- MATLAB Script για τα ψυκτικά φορτία πριν τη θωράκιση κτιρίου

```

%% Basic Commands
clear;
clc;
format long g
% -----
%%
%Meleti Olwn tw n databases Database0 ews Database5 (arithos database = metritis1-1)
for metritis1=0:6
tic
%% Euresi tou plithous tw n xwrwn se kathe Database
akati=metritis1-1;
a_string=string(akati);
studyfile = 'Database'+a_string+'.xlsx';
studysheet = 1;
studyrange = 'A:A';
[num,txt,row] = xlsread(studyfile,studysheet,studyrange,'basic');
telos=length(num);
%%
for metritis2=1:telos %% Ksekinaei i epanalipsi gia to kathe xwro sto Database Meletis

%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = studyfile;
% -----

```



```

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'C'+string(metritis2+1)+':G'+string(metritis2+1);
[num,txt,row] = xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Database = cell2table(raw,'VariableNames',{'Sheet' 'Range1' 'Range2' 'RoomType' 'People'});
newsheet=string(Database.Sheet);
range1=string(Database.Range1);
range2=string(Database.Range2);
roomtype=string(Database.RoomType);
people=Database.People;
%-----

%% ---Lipsi Dedomenwn gia megalou pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range1,'basic') ;
megalospinakas=cell2table(raw,'VariableNames',{'N' 'S' 'E' 'W'});
megalospinakas=[megalospinakas.N megalospinakas.S megalospinakas.E megalospinakas.W];
%-----

%% ---Lipsi Dedomenwn gia mikro pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range2,'basic') ;
mikrospinakas=cell2table(raw,'VariableNames',{'A'});
mikrospinakas=mikrospinakas.A;
%-----

%% ----- Metafora stoixeiwn se Data arxeio megalou pinaka ----
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\CoolLoads";
path=fullfile(my_directory, "Data.xlsx");
writematrix(megalospinakas,path,"Sheet",2,"Range","D2:G23")
% -----

%% ----- Metafora stoixeiwn se Data arxeio mikrou pinaka ----
path=fullfile(my_directory, "Data.xlsx");
writematrix(mikrospinakas,path,"Sheet",2,"Range","J2:J8")
% -----

%% ----- Metafora RoomType-----
writematrix(roomtype,path,"Sheet",2,"Range","L7")
% -----

%%
%%
%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = 'Data.xlsx';
% -----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'A2:E37';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Data = cell2table(raw,'VariableNames',{'Description' 'Variable' 'Value' 'Unit' 'Check'});
descr=string(Data.Description);
var1=string(Data.Variable);
val1=Data.Value;
unit=string(Data.Unit);
check1=string(Data.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia ton xwro---

```

```

sheet=2;
xlRange = 'A2:G23';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
BuildingLosses1 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Type' 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
type1=string(BuildingLosses1.Type);
var2=string(BuildingLosses1.Variable);
valN=BuildingLosses1.N;
valS=BuildingLosses1.S;
valE=BuildingLosses1.E;
valW=BuildingLosses1.W;
val2=[valN valS valE valW];
check2=string(BuildingLosses1.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia aera---
xlRange = 'I2:J8';
[num,txt,row]= xlsread('Data.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
BuildingLosses2 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Type' 'Value'});
type2=string(BuildingLosses2.Type);
val3=BuildingLosses2.Value;
%-----

%% -----Ipologismos Epifaneias-----
for j=1:4
c1=0;c2=0;
for i=1:(length(type1)/2);
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
xlRange = 'L7';
[num,txt,row] = xlsread('Data.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
% -----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Data3 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Room_Type'});
roomtype=string(Data3.Room_Type);
% -----
if roomtype~="amphitheater"
height=val1(find(check1==var2(i)));
else
if var2(i)=="wall"
height=val1(find(check1=="h."+roomtype));
else
height=val1(find(check1==var2(i)));
end
end
area(i,j)=val2(i,j)*height;
totalarea(i,j)=area(i,j)*val2((i+(length(type1)/2)),j);
%-----Ipologismos sinolou anoigmatwn ana periptosi-----
%-----%
if roomtype~="corridor"
if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
c1 = c1 + totalarea(i,j);
elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;

```

```

        c2 = c2 + totalarea(i,j);
    end
    elseif (roomtype=="corridor" & (j==3 | j==4));
        if (check2(i=="glass.single" | check2(i=="glass.double" | check2(i=="door.air" ) & isnan(val2(i,j))==0
& val2(i,j)~=0;
        c1 = c1 + totalarea(i,j);
        elseif (check2(i=="door.nontherm" | check2(i=="glass.bricks") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
        c2 = c2 + totalarea(i,j);
        end
        elseif (roomtype=="corridor" & (j==1 | j==2));
            if (check2(i=="glass.single" | check2(i=="glass.double" | check2(i=="glass.bricks" | check2(i=="do
or.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
            c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
            c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        end
    end
    %-----
%
    end
    if sum(isnan(val2(:,j)))~= 0;
    %-----Afaresi anoigmatwn apo to toixo ana periptosi-----
    %-----%
    for k=1:(length(type1)/2);
        if check2(k=="wall.air" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
            totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c1;
        elseif check2(k=="wall.nontherm" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
            totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c2;
        end
    end
    end
    %-----
%
    end
    end
    %-----
%% -----Dimiourgia Cell type pinakwn gia epifaneia, ginomeno U*epifaneia kai q-----
A=cell(length(type1)/2,6);
UA=cell(length(type1)/2,6);
q=cell(length(type1)/2,6);
%-----
%% -----Orismos prwtan dio stilwn gia ta cell type me tis perigrafes-----
for i=1:(length(type1)/2)
    A{i,1}=var2(i);UA{i,1}=var2(i);q{i,1}=var2(i);
    A{i,2}=check2(i);UA{i,2}=check2(i);q{i,2}=check2(i);
end
%-----
%% -----Orismos stilwn gia to cell type tis epifaneias-----
for j=3:6
    for i=1:(length(type1)/2)
        A{i,j}=totalarea(i,j-2);
    end
end
%-----

```

```

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou ginomenou U*epifaneia-----
for i=1:(length(type1)/2);
    % ---- Euresi swstou U -----
    U=val1(find(check1==string(A{i,2})));
    % -----
    % ---- Euresi swstou U -----
    if roomtype=="corridor" & check1(i)=="glass.bricks";
        U=U/2;
    end
    % -----

    for j=3:6
        UA{i,j}= U *A{i,j};
    end
end
%-----
%% ---- Euresi swstou dt/CLTD (Metafora dedomenwn) -----
if var2(i)=="wall"
    if check2(i)=="wall.air"
%       GIA TOIXO E
%       if j==1
%           dt=8.17166666666667;
%       elseif j==2
%           dt=14.81166666666667;
%       elseif j==3
%           dt=13.98166666666667;
%       elseif j==4
%           dt=15.64166666666667;
%       end
%       end
%       GIA TOIXO C
%       if j==1
%           dt=4.85166666666667;
%       elseif j==2
%           dt=9.00166666666667;
%       elseif j==3
%           dt=13.15166666666667;
%       elseif j==4
%           dt=8.17166666666667;
%       end
%       end
        if check2(i)=="wall.nontherm" || check2(i)=="wall.therm"
            dt=val1(find(check1=="dt"));
        end
    elseif var2(i)=="door"
        if check2(i)=="door.air"
%       GIA TOIXO E
%       if j==1
%           dt=8.17166666666667;
%       elseif j==2
%           dt=14.81166666666667;
%       elseif j==3
%           dt=13.98166666666667;
%       elseif j==4

```

```

%         dt=15.6416666666667;
%     end
% end
% GIA TOIXO C
%     if j==1
%         dt=4.85166666666667;
%     elseif j==2
%         dt=9.00166666666667;
%     elseif j==3
%         dt=13.1516666666667;
%     elseif j==4
%         dt=8.17166666666667;
%     end
% end
% if check2(i)=="door.nontherm" || check2(i)=="door.therm"
%     dt=val1(find(check1=="dt"));
% end
elseif (var2(i)=="window.small" || var2(i)=="window.small" || var2(i)=="window.brick")
% if check2(i)=="glass.single"
%     dt=7;
% elseif check2(i)=="glass.double"
%     dt=7;
% elseif check2(i)=="glass.brick"
%     dt=7;
% end
end
%-----
%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou q-----
for i=1:(length(type1)/2)
%     for j=3:6;
%         q{i,j}=UA{i,j}*dt;
%     end
end
% -----

%% ---- Orismos midenikou pinaka gia ipologismo athroismatwn tou q ana kateyfinsi---
qD=zeros(1,4);
%-----
%% ---- Ipologismos athroismatwn tou q ana kateyfinsi-----
for i=1:(length(type1)/2)
%     for j=1:4
%         if isnan(q{i,j+2})==0;
%             qD(j)= qD(j)+q{i,j+2};
%         end
%     end
end
%-----

%% --- Dimiourgia pinaka (qfinal) opoy oi kenes seires feugoun kai menoun oi mi midenikes ---
a=1;
for i=1:(length(type1)/2)
%     if ( ~(isnan(UA{i,3})==1 | UA{i,3}==0) &...
%         (isnan(UA{i,4})==1 | UA{i,4}==0) &...
%         (isnan(UA{i,5})==1 | UA{i,5}==0) &...
%         (isnan(UA{i,6})==1 | UA{i,6}==0) );
%         for j=1:6;

```

```

        qfinal{a,j}=q{i,j};
    end
    a=a+1;
end
end
%-----

%% --- Tropoposi pinaka qfinal etsi wste ta NaN na ginoun "-" -----
for i=1:a-1
    for j=3:6
        if isnan(qfinal{i,j})==1;
            qfinal{i,j}="-";
        end
    end
end
end
% -----

%% --- Pros8esi ston pinaka qfinal to athroisma ana kateyfinsi opws oristike sto qD-----
qfinal{a,1}="Sum";
qfinal{a,2}="Direction";
for i=3:6;
    qfinal{a,i}= qD(i-2);
end
% -----

%% -----Allagi kai katharismos metavlitwn gia na einai idia kai stous epomenous ipologismous---
% --- Allagi qfinal se qfinal1 kai dimiourgia metavlitis qD1 ws to athroisma tou qD
qfinal1=qfinal;
clear qfinal
qD1=sum(qD);
clear qD
% -----

%% -----Metatropi pinaka qfinal1 se table format me titlous ---
qfinal1 = cell2table(qfinal1,'VariableNames',{ 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
% -----

%% -----Dimiourgia Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor-----
UA2=cell(length(type2),2);
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor ...
...kai dimiourgia q2 cell type pinaka tis protis stilis-----
for i=1:(length(type2));
    U=val1(find(check1==type2(i)));
    UA2{i,1}=type2(i);
    q2{i,1}=type2(i);
    UA2{i,2}=U*val3(i);
end
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia q2 gia ceil kai floor -----
for i=1:length(type2)
    % ---- Orismos CLTD an iparxei ceil.air
    if type2(i)=="ceil.air"
        dt=39;
    else
        dt=val1(find(check1=="dt"));
    end
end

```

```

    end
    q2{i,2}=UA2{i,2}*dt;
end
% -----

%% -----Ipologismos sinolikou Q (qD2) gia ceil kai floor -----

% ---Arxikos Midenismos qD2---
qD2=0;
% -----

% ---Ipologismos qD2---
for i=1:length(type2)
    if isnan(q2{i,2})==0;
        qD2= qD2+q2{i,2};
    end
end
% -----

%% -----Dimourgia cell type pinaka qfinal2 apo q2 xwris kena stoixeia-----
a=1;
for i=1:length(type2)
    if ~(isnan(UA2{i,2})==1 | UA2{i,2}==0);
        for j=1:2;
            qfinal2{a,j}=q2{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
% -----

%% ---Pros8esi ston pinaka qfinal2 to athroisma---
qfinal2{a,1}="Sum";
qfinal2{a,2}=qD2;
% -----

%% ---Metatropi pinaka qfinal2 se table format me titlous-----
qfinal2 = cell2table(qfinal2,'VariableNames',{ 'Variable' 'Value'});
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia apwleia logw anoigmatwn---
sheet = 2;
xlRange = 'L2:P3';
[num,txt,raw] = xlsread('Data.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
% -----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----

Data2 = cell2table(raw,'VariableNames',{'Variable' 'Value' 'Unit1' 'Coefficient' 'Unit2'});
var4=string(Data2.Variable);
val4=Data2.Value;
unit4=string(Data2.Unit1);
unit5=string(Data2.Unit2);
% -----

```

```
%% ---Ipologismos sinolou epifaneias parathirwn-----
```

```
c=0;
```

```
for i=1:(length(type1)/2)
```

```
    if (A{i,1}=="window.small" |...
```

```
        A{i,1}=="window.big");
```

```
        for j=3:6;
```

```
            if isnan(A{i,j})==0;
```

```
                c=c+A{i,j};
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
% -----
```

```
%% --- Orismos sinolou epifaneias anoigmatwn ws to coefficient gia ta parathira ----
```

```
Data2.Coefficient(1)=c;
```

```
% -----
```

```
%% --- Ek neou midenismos gia ton ipologismo tou neou coefficient gia tis portes-----
```

```
c=0;
```

```
% -----
```

```
%% ---Ipologismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro-----
```

```
for i=(length(type1)/2+1):length(type1)
```

```
    if (check2(i)=="door.air" )
```

```
% |... check2(i)=="door.nontherm" );
```

```
        for j=1:4;
```

```
            if isnan(val2(i,j))~= 1;
```

```
                c=c+ val2(i,j);
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
% -----
```

```
%% --
```

```
- Orismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro ws to coefficient gia tis portes ----
```

```
Data2.Coefficient(2)=c;
```

```
% -----
```

```
%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
```

```
val5=Data2.Coefficient;
```

```
% -----
```

```
%% ----- Ipologismos ginomenou gia m3/h gia parathira kai portes-----
```

```
v=val4.*val5;
```

```
v=sum(v);
```

```
% -----
```

```
%% -----Euresi piknotitas kai Cp apo dedomena -----
```

```
d=val1(find(check1=="d"));
```

```
cp=val1(find(check1=="cp"));
```

```
% -----
```

```
%% ----- Ipologismos qD3-----
```

```
dt=val1(find(check1=="dt"));
```

```
qD3=v*d*cp*dt*1000/3600;
```



```

%-----

%% ---- Euresi swstou sintelesti analoga me ton tipo xwrou ----
coef=val1(find(check1==roomtype));
% -----

%% ---- Ipologismos sinolikis epifaneias floor -----
o1=find(type2=="floor.ground" | type2=="floor.nontherm" | type2=="floor.therm" | type2=="floor.air");
o2=val3(o1);
o3=find(~isnan(o2));
floorarea=sum(o2(o3));
% -----

%% -----Ipologismos qD4-----
qD4=coef*floorarea*d*cp*dt*1000/3600;
% -----

%% -----Ipologismos qD4 LATENT-----
%---Orismos idikis enthalpias idratmwn toy aera
hfg=2500;
%---Orismos idiki igrasias
%dw=0.013;
dw=0.00264;
%---
qD4latent=coef*floorarea*d*hfg*dw*1000/3600;
% -----

%% -----Ipologismos qDSolar-----
% ---Ipologismos sinolou epifaneias parathirwn-----
areawd=[0 0 0 0];
for i=1:(length(type1)/2)
    if (A{i,1}=="window.small" | ...
        A{i,1}=="window.big");
        for j=3:6;
            if isnan(A{i,j})==0;
                areawd(j-2)=areawd(j-2)+A{i,j};
            end
        end
    end
end
end
%QDSolarN=areawd(1)*0.76*120*1;
QDSolarN=areawd(1)*0.75*120*1;
%QDSolarS=areawd(2)*0.53*344*1;
QDSolarS=areawd(2)*0.41*344*1;
%QDSolarE=areawd(3)*0.29*681*1;
QDSolarE=areawd(3)*0.23*681*1;
%QDSolarW=areawd(4)*0.4*681*1;
QDSolarW=areawd(4)*0.56*681*1;
%-----
qDSolar=QDSolarN+QDSolarS+QDSolarE+QDSolarW;
%-----

```

```

%% -----Ilogismos qPeople-----
qPeople=ceil(people)*75;
%-----

%% ---- Dimiourgia pinaka me ola ta Q ----
qDtotal=[qD1 qD2 qD3 qD4 qD4latent qDSolar qPeople];
%-----

%% -----Dimiourgia telikou pinaka olwn tw n Q-----
qDesc={"Qsides"; "Qup&down"; "Qair.in"; "Qair.dist";"Qair.dist.latent";"Qsolar";"Qpeople"};
qDtable=table(qDesc,qDtotal);
% Ektiposi pinaka
qDtable;
% -----
% -----
%% -----Metafora apotelesmatwn se Excel
% Orismos directory Katagrafis Apotelesmatwn
% my_directory=
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\CoolLoads";
path=fullfile(my_directory, studyfile);
writematrix(qDtable.qDtotal, path, "Sheet", studysheet, "Range", ('I'+string(metritis2+1)+':O'+string(metritis2+
1)));
writematrix(floorarea, path, "Sheet", studysheet, "Range", ('H'+string(metritis2+1)));
% -----

%%----- Katharismos metavlitwn-----
clearvars -except studyfile studysheet studyrange telos
%-----

end
toc
end

```

- MATLAB Script για τα ψυκτικά φορτία μετά τη θωράκιση κτιρίου

```

%% Basic Commands
clear;
clc;
format long g
% -----
%%
%Meleti Olwn tw n databases Database0 ews Database5 (arithos database = metritis1-1)
% for metritis1=4:5
for metritis1=0:6
tic
%% Euresi tou plithous tw n xwrwn se kathe Database
akati=metritis1-1;
a_string=string(akati);
studyfile = 'Database'+a_string+'New'+'.xlsx';
studysheet = 1;
studyrange = 'A:A';
[num,txt,row] = xlsread(studyfile,studysheet,studyrange, 'basic');
telos=length(num);
%%

```

for metritis2=1:telos %% Ksekinaei i epanalipsi gia to kathe xwro sto Database Meletis

```
%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = studyfile;
% -----
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'C'+string(metritis2+1)+':G'+string(metritis2+1);
[num,txt,row] = xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Database = cell2table(raw,'VariableNames',{'Sheet' 'Range1' 'Range2' 'RoomType' 'People'});
newsheet=string(Database.Sheet);
range1=string(Database.Range1);
range2=string(Database.Range2);
roomtype=string(Database.RoomType);
people=Database.People;
%-----

%% ----Lipsi Dedomenwn gia megalo pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range1,'basic') ;
megalospinakas=cell2table(raw,'VariableNames',{'N' 'S' 'E' 'W'});
megalospinakas=[megalospinakas.N megalospinakas.S megalospinakas.E megalospinakas.W];
%-----

%% ----Lipsi Dedomenwn gia mikro pinaka-----
[num,txt,row] = xlsread(filename,newsheet,range2,'basic') ;
mikrospinas=cell2table(raw,'VariableNames',{'A'});
mikrospinas=mikrospinas.A;
%-----

%% ----- Metafora stoixeiwn se Data arxeio megalou pinaka ----
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\CoolLoads";
path=fullfile(my_directory, "DataNew.xlsx");
writematrix(megalospinakas,path,"Sheet",2,"Range","D2:G23")
% -----

%% ----- Metafora stoixeiwn se Data arxeio mikrou pinaka ----
path=fullfile(my_directory, "DataNew.xlsx");
writematrix(mikrospinas,path,"Sheet",2,"Range","J2:J8")
% -----

%% ----- Metafora RoomType-----
writematrix(roomtype,path,"Sheet",2,"Range","L7")
% -----
%%
%% --- Orismos Arxeiou Lipsis Dedomenwn ---
filename = 'DataNew.xlsx';
% -----
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
sheet = 1;
xlRange = 'A2:E37';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Data = cell2table(raw,'VariableNames',{'Description' 'Variable' 'Value' 'Unit' 'Check'});
descr=string(Data.Description);
var1=string(Data.Variable);
val1=Data.Value;
```

```

unit=string(Data.Unit);
check1=string(Data.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia ton xwro---
sheet=2;
xlRange = 'A2:G23';
[num,txt,row]= xlsread(filename,sheet,xlRange,'basic') ;
%-----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
BuildingLosses1 = cell2table(row,'VariableNames',{'Type' 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
type1=string(BuildingLosses1.Type);
var2=string(BuildingLosses1.Variable);
valN=BuildingLosses1.N;
valS=BuildingLosses1.S;
valE=BuildingLosses1.E;
valW=BuildingLosses1.W;
val2=[valN valS valE valW];
check2=string(BuildingLosses1.Check);
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia aera---
xlRange = 'I2:J8';
[num,txt,row]= xlsread('DataNew.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
BuildingLosses2 = cell2table(row,'VariableNames',{'Type' 'Value'});
type2=string(BuildingLosses2.Type);
val3=BuildingLosses2.Value;
%-----

%% -----Ipologismos Epifaneias-----
for j=1:4
c1=0;c2=0;
for i=1:(length(type1)/2);
%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn---
xlRange = 'L7';
[num,txt,row] = xlsread('DataNew.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
% -----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
Data3 = cell2table(row,'VariableNames',{'Room_Type'});
roomtype=string(Data3.Room_Type);
% -----
if roomtype~="amphitheater"
height=val1(find(check1==var2(i)));
else
if var2(i)=="wall"
height=val1(find(check1=="h."+roomtype));
else
height=val1(find(check1==var2(i)));
end
end
area(i,j)=val2(i,j)*height;
totalarea(i,j)=area(i,j)*val2((i+(length(type1)/2)),j);
%-----Ipologismos sinolou anoigmatwn ana periptosi-----
%-----%

```

```

    if roomtype~="corridor"
        if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
            c1 = c1 + totalarea(i,j);
            elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                c2 = c2 + totalarea(i,j);
            end
        elseif (roomtype=="corridor" & (j==3 | j==4));
            if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="door.air") & isnan(val2(i,j))==0
                & val2(i,j)~=0;
                c1 = c1 + totalarea(i,j);
                elseif (check2(i)=="door.nontherm" | check2(i)=="glass.bricks") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                    c2 = c2 + totalarea(i,j);
                end
            elseif (roomtype=="corridor" & (j==1 | j==2));
                if (check2(i)=="glass.single" | check2(i)=="glass.double" | check2(i)=="glass.bricks" | check2(i)=="do
                    or.air") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                    c1 = c1 + totalarea(i,j);
                    elseif (check2(i)=="door.nontherm") & isnan(val2(i,j))==0 & val2(i,j)~=0;
                        c2 = c2 + totalarea(i,j);
                    end
                end
            end
        %-----
%
    end
    if sum(isnan(val2(:,j)))~= 0;
        %-----Afairesi anoigmatwn apo to toixo ana periptosi-----
        %-----
        for k=1:(length(type1)/2);
            if check2(k)=="wall.air" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
                totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c1;
            elseif check2(k)=="wall.nontherm" & isnan(val2(k,j))==0 & val2(k,j)~=0;
                totalarea(k,j)= totalarea(k,j) - c2;
            end
        end
        end
        %-----
%
    end
end
%-----

%% -----Dimiourgia Cell type pinakwn gia epifaneaia, ginomeno U*epifaneaia kai q-----
A=cell(length(type1)/2,6);
UA=cell(length(type1)/2,6);
q=cell(length(type1)/2,6);
%-----

%% -----Orismos prwtan dio stilwn gia ta cell type me tis perigrafes-----
for i=1:(length(type1)/2)
    A{i,1}=var2(i);UA{i,1}=var2(i);q{i,1}=var2(i);
    A{i,2}=check2(i);UA{i,2}=check2(i);q{i,2}=check2(i);
end
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tis epifaneias-----
for j=3:6

```

```

for i=1:(length(type1)/2)
    A{1,j}=totalarea(i,j-2);
end
end
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou ginomenou U*epifaneia-----
for i=1:(length(type1)/2);

    for j=3:6
        % ----- Euresi swstou U -----
        U=val1(find(check1==string(A{i,2})));
        % -----
        % ----- Euresi swstou U -----
        % --- Allagi ialotouvlwn sta 3 ergastiria se diplo tzami
        if roomtype=="lab" & check2(i=="glass.bricks";
            U=2.5;
        end
        if roomtype=="corridor" & check1(i=="glass.bricks";
            U=U/2;
        end
        % -----
        if roomtype=="corridor" & (metritis2==telos | metritis2==telos-1)
            if metritis2==telos-1 & j==5
                U=0.8;
            elseif metritis2==telos & j==6
                U=0.8;
            end
        end
        UA{i,j}= U *A{i,j};
    end
end

%% ----- Euresi swstou dt/CLTD (Metafora dedomenwn) -----
if var2(i=="wall"
    if check2(i=="wall.air"
        % GIA TOIXO C
        % if j==1
        % dt=4.851666666666667;
        % elseif j==2
        % dt=9.001666666666667;
        % elseif j==3
        % dt=13.151666666666667;
        % elseif j==4
        % dt=8.171666666666667;
        % end
        % end
        % GIA TOIXO B
        if j==1
            dt=4.021666666666667;
        elseif j==2
            dt=6.511666666666667;
        elseif j==3
            dt=10.661666666666667;
        elseif j==4
            dt=6.511666666666667;
        end
    end
end

```

```

end

if check2(i)=="wall.nontherm" || check2(i)=="wall.therm"
    dt=val1(find(check1=="dt"));
end
elseif var2(i)=="door"
    if check2(i)=="door.air"
%       GIA TOIXO C
%       if j==1
%           dt=4.85166666666667;
%       elseif j==2
%           dt=9.00166666666667;
%       elseif j==3
%           dt=13.15166666666667;
%       elseif j==4
%           dt=8.17166666666667;
%       end
%     end
%   end
%   GIA TOIXO B
%   if j==1
%       dt=4.02166666666667;
%   elseif j==2
%       dt=6.51166666666667;
%   elseif j==3
%       dt=10.66166666666667;
%   elseif j==4
%       dt=6.51166666666667;
%   end
% end
if check2(i)=="door.nontherm" || check2(i)=="door.therm"
    dt=val1(find(check1=="dt"));
end
elseif (var2(i)=="window.small" || var2(i)=="window.small" || var2(i)=="window.brick")
    if check2(i)=="glass.single"
        dt=7;
    elseif check2(i)=="glass.double"
        dt=7;
    elseif check2(i)=="glass.brick"
        dt=7;
    end
end
end

%-----
%-----
%% ----- Euresi swstou dt -----
dt=val1(find(check1=="dt"));
%-----

%% -----Orismos stilwn gia to cell type tou q-----
for i=1:(length(type1)/2)
    for j=3:6;
        q{i,j}=UA{i,j}*dt;
    end
end
end
% -----

```

```

%% ---- Orismos midenikou pinaka gia ipologismo athroismatwn tou q ana kateyfinsi---
qD=zeros(1,4);
%-----
%% ---- Ipologismos athroismatwn tou q ana kateyfinsi-----
for i=1:(length(type1)/2)
    for j=1:4
        if isnan(q{i,j+2})==0;
            qD(j)= qD(j)+q{i,j+2};
        end
    end
end
%-----

%% --- Dimiourgia pinaka (qfinal) opoy oi kenes seires feugoun kai menoun oi mi midenikes ---
a=1;
for i=1:(length(type1)/2)
    if ( ~(isnan(UA{i,3})==1 | UA{i,3}==0) &...
        (isnan(UA{i,4})==1 | UA{i,4}==0) &...
        (isnan(UA{i,5})==1 | UA{i,5}==0) &...
        (isnan(UA{i,6})==1 | UA{i,6}==0) );
        for j=1:6;
            qfinal{a,j}=q{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
%-----

%% --- Tropoposi pinaka qfinal etsi wste ta NaN na ginoun "-" -----
for i=1:a-1
    for j=3:6
        if isnan(qfinal{i,j})==1;
            qfinal{i,j}="-";
        end
    end
end
% -----

%% --- Pros8esi ston pinaka qfinal to athroisma ana kateyfinsi opws oristike sto qD-----
qfinal{a,1}="Sum";
qfinal{a,2}="Direction";
for i=3:6;
    qfinal{a,i}= qD(i-2);
end
% -----

%% -----Allagi kai katharismos metavlitwn gia na einai idia kai stous epomenous ipologismous---
% --- Allagi qfinal se qfinal1 kai dimiourgia metavlitis qD1 ws to athroisma tou qD
qfinal1=qfinal;
clear qfinal
qD1=sum(qD);
clear qD
% -----

%% -----Metatropi pinaka qfinal1 se table format me titlous ---
qfinal1 = cell2table(qfinal1,'VariableNames',{ 'Variable' 'Check' 'N' 'S' 'E' 'W'});
% -----

```



```

%% -----Dimiourgia Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor-----
UA2=cell(length(type2),2);
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia ginomeno U*epifaneia gia ceil kai floor ...
...kai dimiourgia q2 cell type pinaka tis protis stilis-----
for i=1:(length(type2));
    U=val1(find(check1==type2(i)));
    UA2{i,1}=type2(i);
    q2{i,1}=type2(i);
    UA2{i,2}=U*val3(i);
end
% -----

%% -----Ipologismos Cell type pinaka gia q2 gia ceil kai floor -----
for i=1:length(type2)
    if type2(i)=="ceil.air"
        dt=39;
    else
        dt=val1(find(check1=="dt"));
    end
    q2{i,2}=UA2{i,2}*dt;
end
% -----

%% -----Ipologismos sinolikou Q (qD2) gia ceil kai floor -----

% ---Arxikos Midenismos qD2---
qD2=0;
% -----

% ---Ipologismos qD2---
for i=1:length(type2)
    if isnan(q2{i,2})==0;
        qD2= qD2+q2{i,2};
    end
end
% -----

%% -----Dimourgia cell type pinaka qfinal2 apo q2 xwris kena stoixeia-----
a=1;
for i=1:length(type2)
    if ~((isnan(UA2{i,2})==1 | UA2{i,2}==0));
        for j=1:2;
            qfinal2{a,j}=q2{i,j};
        end
        a=a+1;
    end
end
% -----

%% ---Pros8esi ston pinaka qfinal2 to athroisma---
qfinal2{a,1}="Sum";
qfinal2{a,2}=qD2;
% -----

```

```

%% ---Metatropi pinaka qfinal2 se table format me titlous-----
qfinal2 = cell2table(qfinal2,'VariableNames',{ 'Variable' 'Value'});
%-----

%% ---Orismos Perioxis Lipsis Dedomenwn gia apwleia logw anoigmatwn---
sheet = 2;
xlRange = 'L2:P3';
[num,txt,row] = xlsread('DataNew.xlsx',sheet,xlRange,'basic') ;
% -----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----

Data2 = cell2table(raw,'VariableNames',{ 'Variable' 'Value' 'Unit1' 'Coefficient' 'Unit2'});
var4=string(Data2.Variable);
val4=Data2.Value;
unit4=string(Data2.Unit1);
unit5=string(Data2.Unit2);
% -----

%% ---Ipologismos sinolou epifaneias parathirwn-----
c=0;
for i=1:(length(type1)/2)
    if (A{i,1}=="window.small" | ...
        A{i,1}=="window.big");
        for j=3:6;
            if isnan(A{i,j})==0;
                c=c+A{i,j};
            end
        end
    end
end
% -----

%% --- Orismos sinolou epifaneias anoigmatwn ws to coefficient gia ta parathira ----
Data2.Coefficient(1)=c;
% -----

%% --- Ek neou midenismos gia ton ipologismo tou neou coefficient gia tis portes-----
c=0;
% -----

%% ---Ipologismos sinolou arithmo portwn ekτος an odigoun se thermenwmeno xwro-----
for i=(length(type1)/2+1):length(type1)
    if (check2(i)=="door.air" )
% |... check2(i)=="door.nontherm" );
        for j=1:4;
            if isnan(val2(i,j))~= 1;
                c=c+ val2(i,j);
            end
        end
    end
end
% -----

```

```

%% --
- Orismos sinolou arithmo portwn ekto an odigoun se thermenwmeno xwro ws to coefficient gia tis portes -----
Data2.Coefficient(2)=c;
% -----

%% -----Metatropi dedomenwn se swsti morfi-----
val5=Data2.Coefficient;
% -----

%% ----- Ipologismos ginomenou gia m3/h gia parathira kai portes-----
v=val4.*val5;
v=sum(v);
% -----

%% -----Euresi piknotitas kai Cp apo dedomena -----
d=val1(find(check1=="d"));
cp=val1(find(check1=="cp"));
% -----
%% ----- Ipologismos qD3-----
dt=val1(find(check1=="dt"));
qD3=v*d*cp*dt*1000/3600;
%-----
%% ----- Euresi swstou sintelesti analoga me ton tipo xwrou ----
coef=val1(find(check1==roomtype));
% -----

%% ---- Ipologismos sinolikis epifaneias floor -----
o1=find(type2=="floor.ground" | type2=="floor.nontherm" | type2=="floor.therm" | type2=="floor.air");
o2=val3(o1);
o3=find(~isnan(o2));
floorarea=sum(o2(o3));
% -----

%% -----Ipologismos qD4-----
qD4=coef*floorarea*d*cp*dt*1000/3600;
% -----

%% -----Ipologismos qD4 LATENT-----
%---Orismos idikis enthalpias idratmwn toy aera
hfg=2500;
%---Orismos idiki igriasias
%dw=0.013;
dw=0.00264;
%---
qD4latent=coef*floorarea*d*hfg*dw*1000/3600;
% -----

%% -----Ipologismos qDSolar-----
% ---Ipologismos sinolou epifaneias parathirwn-----
areawd=[0 0 0 0];
for i=1:(length(type1)/2)
    if (A{i,1}=="window.small" | ...
        A{i,1}=="window.big");
        for j=3:6;
            if isnan(A{i,j})==0;

```

```

        areawd(j-2)=areawd(j-2)+A{i,j};
    end
end
end
end
%QDSolarN=areawd(1)*0.76*120*0.88;
QDSolarN=areawd(1)*0.75*120*0.88;
%QDSolarS=areawd(2)*0.53*344*0.88;
QDSolarS=areawd(2)*0.41*344*0.88;
%QDSolarE=areawd(3)*0.29*681*0.88;
QDSolarE=areawd(3)*0.23*681*0.88;
%QDSolarW=areawd(4)*0.4*681*0.88;
QDSolarW=areawd(4)*0.56*681*0.88;
%-----
qDSolar=QDSolarN+QDSolarS+QDSolarE+QDSolarW;
%-----

%% -----Ipologismos qPeople-----
qPeople=ceil(people)*75;
%-----

%% ---- Dimiourgia pinaka me ola ta Q ----
qDtotal=[qD1 qD2 qD3 qD4 qD4latent qDSolar qPeople]';
% ----- Pros8iki ston pinaka to teliko athroisma kai to athroisma me to sintelesti asfaleias
%qDtotal=[qDtotal;sum(qDtotal);sum(qDtotal)*1.2];
% -----
%-----

%% -----Dimiourgia telikou pinaka olwn twN Q-----
qDesc={"Qsides"; "Qup&down"; "Qair.in"; "Qair.dist";"Qair.dist.latent";"Qsolar";"Qpeople"};
qDtable=table(qDesc,qDtotal);
% Ektiposi pinaka
qDtable;
% -----
% -----
%% -----Metafora apotelesmatwn se Excel
% Orismos directory Katagrafis Apotelmatwn
% my_directory=
my_directory="C:\Users\Minas\Desktop\CoolLoads";
path=fullfile(my_directory, studyfile);
writematrix(qDtable.qDtotal',path,"Sheet",studysheet,"Range",('I'+string(metritis2+1)+':O'+string(metritis2+
1)));
writematrix(floorarea,path,"Sheet",studysheet,"Range",('H'+string(metritis2+1)));
% -----
%%----- Katharismos metavlitwn-----
clearvars -except studyfile studysheet studyrange telos
%-----
end
toc
end

```

8.4 Παράρτημα 4 - Ηλεκτρική Κατανάλωση Σχολής

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής κατανάλωσης της Σχολής με συντελεστή προσαύξησης 20%.

Πίνακας 8.10: Καταγραφή λαμπτήρων στους διαδρόμους ανά επίπεδο

Επίπεδο	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
Ισχύς Λαμπτήρων (W)	Πλήθος Λαμπτήρων								
13	0	30	96	66	60	54	24	18	
18	0	308	212	196	204	68	0	0	
36	0	46	64	192	82	47	9	18	
58	0	35	70	117	121	135	20	0	
Ισχύς Λαμπτήρων (W)	Συνολική Ισχύς στους διαδρόμους (W)								
13	0	390	1.248	858	780	702	312	234	
18	0	5.544	3.816	3.528	3.672	1.224	0	0	
36	0	1.656	2.304	6.912	2.952	1.692	324	648	
58	0	2.030	4.060	6.786	7.018	7.830	1.160	0	Σύνολο (W)
Σύνολο (W)	0	9.620	11.428	18.084	14.422	11.448	1.796	882	67.680

Πίνακας 8.11: Καταγραφή ηλεκτρικής ισχύος για Γραφεία / Μικρο-εργαστήρια

Επίπεδο	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
Γραφεία/Μικρο-εργαστήρια									
Πλήθος Γραφείων	0	8	28	37	66	55	27	4	
Αριθμός Λαμπ./Γραφείο	6	6	6	6	6	6	6	6	
Ισχύς Λαμπτήρων (W)	0	18	18	18	18	18	18	18	Σύνολο (W)
Σύνολο για Φωτισμό (W)	0	864	3.024	3.996	7.128	5.940	.2916	432	24.300
Άτομα/Γραφείο	1	1	1	1	1	1	1	1	
PC/γραφείο	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ισχύς PC (W)	160	160	160	160	160	160	160	160	Σύνολο (W)
Σύνολο για PC (W)	0	2.112	7392	9.768	17.424	14.520	7.128	1.056	59400
Air-Condition/Γραφείο	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ισχύς AC (W)	5275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	Σύνολο (W)
Σύνολο για AC (W)	0	42.200	147.700	195.175	348.150	290.125	142.425	21.100	1.186.875
Σύνολο (W)	0	44344	155.204	205.091	365.838	304.865	149.661	22.172	1.247.175

Πίνακας 8.12: Καταγραφή ηλεκτρικής ισχύος για Εργαστήρια

Επίπεδο	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
Εργαστήρια									
Πλήθος Εργαστηρίων	0	0	2	4	5	6	4	2	
Αριθμός Λαμπ./Εργ.	6	0	25	25	25	25	25	25	
Ισχύς Λαμπτήρων (W)	0	0	58	58	58	58	58	58	Σύνολο (W)
Σύνολο για Φωτισμό (W)	0	0	2.900	5.800	7.250	8.700	5.800	2.900	33.350
Άτομα/Εργαστ	5	5	5	5	5	5	5	5	
PC/Εργασ.	5	5	5	5	5	5	5	5	
Ισχύς PC (W)	0	2.112	7.392	9.768	17.424	14.520	7.128	1.056	Σύνολο (W)
Σύνολο για PC (W)	0	0	73.920	195.360	435.600	435.600	142.560	10.560	1.293.600
Air-Condition/Γραφείο	4	4	4	4	4	4	4	4	
Ισχύς AC (W)	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	Σύνολο (W)
Σύνολο για AC (W)	0	0	42.200	84.400	105.500	126.600	84.400	42.200	485.300
Σύνολο (W)	0	0	76.820	201.160	442.850	444.300	148.360	13.460	1.326.950

Πίνακας 8.13: Καταγραφή ηλεκτρικής ισχύος για PC Labs

PC Labs (1 & 2)	
Αριθμός Λαμπτ	40
Ισχύς Λαμπτήρων (W)	58
Σύνολο για Φωτισμό (W)	.2320
Πλήθος Η/Υ	85
Κατανάλ/PC	0
Σύνολο για PC (W)	0
Πλήθος AC	3
Ισχύς AC (W)	210
Σύνολο για AC (W)	48.432
Σύνολο (W)	50.752

Πίνακας 8.14: Καταγραφή ηλεκτρικής ισχύος για Αίθουσες

Αίθουσες	
Πλήθος Λαμπτ.	800
Ισχύς Λαμπτήρων (W)	36
Σύνολο (W)	28.800

Πίνακας 8.15: Ποσοστά αξιοποίησης χώρων (παραδοχή)

Ποσοστό αξιοποίησης χώρων					
Καθημερινές					
	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab
7 έως 9	35%	15%	25%	5%	0
9 έως 17	100%	100%	100%	100%	100%
17 έως 19	35%	15%	25%	15%	0
Σάββατο / Κυριακή					
	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab
10 έως 20	60%	0 %	25%	0%	0%

Πίνακας 8.16: Συντελεστές λειτουργίας ανά εποχή (παραδοχή)

Εποχή	Συντελεστές Λειτουργίας
Χειμώνας	100%
Άνοιξη	90%
Καλοκαίρι	70%
Φθινόπωρο	90%

Πίνακας 8.17: Ημερησία κατανάλωση Ενέργειας (χωρίς AC) - Χειμώνας

Κατανάλωση Ενέργειας εκτός από AC (kWh) Χειμώνας						
Καθημερινές						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
2	47	25	26	3	0	
8	541	670	414	230	127	
2	47	25	26	9	0	
Σάββατο / Κυριακή						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
10	406	0	129	0	0	
Εύρεση ημερήσιας Κατανάλωσης (kWh)						
	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	Σύνολο
	1042	720	595	242	127	389

Πίνακας 8.18: Ημερησία κατανάλωση Ενέργειας (χωρίς AC) - Άνοιξη

Ισχύς Ενέργειας εκτός από AC (kWh) Άνοιξη						
Καθημερινές						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
2	43	24	24	3	0	
8	487	650	387	207	126	
2	43	24	24	8	0	
Σάββατο / Κυριακή						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
10	365	0	121	0	0	
Εύρεση ημερήσιας Κατανάλωσης (kWh)						
	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	Σύνολο
	938	699	557	218	126	362

Πίνακας 8.19: Ημερησία κατανάλωση Ενέργειας (χωρίς AC) - Καλοκαίρι

Κατανάλωση Ενέργειας εκτός από AC (kWh) Καλοκαίρι						
Καθημερινές						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
2	33	23	21	2	0	
8	379	611	334	161	122	
2	33	23	21	6	0	
Σάββατο / Κυριακή						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
10	284	0	104	0	0	
Εύρεση ημερησίας Κατανάλωσης (kWh)						
	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	Σύνολο
	730	657	480	169	122	308

Πίνακας 8.20: Ημερησία κατανάλωση Ενέργειας (χωρίς AC) - Φθινόπωρο

Κατανάλωση Ενέργειας εκτός από AC (kWh) Φθινόπωρο						
Καθημερινές						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
2	43	24	24	3	0	
8	487	650	387	207	126	
2	43	24	24	8	0	
Σάββατο / Κυριακή						
h	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	
10	365	0	121	0	0	
Εύρεση ημερησίας Κατανάλωσης (kWh)						
	Κοινόχρηστοι	Γραφεία	Εργαστήρια	Αίθουσες	PC Lab	Σύνολο
	938	699	557	218	126	362

Πίνακας 8.21: Ποσοστό αξιοποίησης AC ανά χώρο (παραδοχή)

Καθημερινές			
	Γραφεία	PC Lab	Εργαστήρια
7 έως 9	5%	0%	15%
9 έως 17	100%	100%	100%
17 έως 19	5%	0%	15%
Σάββατο Κυριακή			
	Γραφεία	PC Lab	Εργαστήρια
10 έως 20	0.00%	0.00%	0.00%

Πίνακας 8.22: Συντελεστές λειτουργίας AC ανά εποχή (παραδοχή)

	Συντελεστές Λειτουργίας
Χειμώνας	100%
Άνοιξη	30%
Καλοκαίρι	100%
Φθινόπωρο	30%

Πίνακας 8.23: Καταναλώσεις AC ανά εποχή

Χειμώνας				Άνοιξη			
Γραφεία	PC Lab	Εργαστήρια	Σύνολο	Γραφεία	PC Lab	Εργαστήρια	Σύνολο
119	0	146	264	36	0	44	79
9495	387	3.882	13.765	2.849	116	1.165	4.129
119	0	146	264	36	0	44	79
		Σύνολο	2.859			Σύνολο	858
Καλοκαίρι				Φθινόπωρο			
Γραφεία	PC Lab	Εργαστήρια	Σύνολο	Γραφεία	PC Lab	Εργαστήρια	Σύνολο
119	0	146	264	36	0	44	79
9495	387	3.882	13.765	2.849	116	1.165	4.129
119	0	146	264	36	0	44	79
		Σύνολο	2859			Σύνολο	858

Πίνακας 8.24: Καταγραφή εργαστηρίων Α' Φάσης (παραδοχή)

Α' Φάση				
Όροφος	Διάδρομος	Ονομασία Εργαστηρίου	Τύπος Κατανάλωσης	Ισχύς (kW)
-1	B	Κινητήρων ΕΤΚΛ	Υψηλή	15
0	B	Υλικών	Χαμηλή	5
	B	Γραφεία - Μικροεργαστήρια	-	2
		Web server 1,2 και Συστοιχίες	Δόθηκε	8
1	B	Υλικών	Υψηλή	15
	B	Υλικών	Χαμηλή	5
	Δ	Γενικής Χημείας	Μέση	10
	Δ	Γραφεία - Μικροεργαστήρια	-	2
2	B	Σπουδαστικό Ανόργανης	Χαμηλή	5
	B	Σπουδαστικό Αναλυτικής	Χαμηλή	5
	Δ	Γενικής Χημείας	Μέση	10
	Δ	Τρόφιμων	Υψηλή	15
	Z	Υγρών Κουσίμων	Υψηλή	15
	Z	Γραφεία - Μικροεργαστήρια	-	2
3	B	Ανόργανης	Μέση	10
	B	Αναλυτικής	Μέση	10
	Δ	Σπουδαστικό Οργανικής	Μέση	10
	Δ	Βιοτεχνολογίας	Υψηλή	15
	Z	Πολυμερή	Υψηλή	15
	Z	ΜΦΔ (ΣΑΔ)	Υψηλή	15
4	Δ	Όργανικής	Υψηλή	15
	Δ	Ανόργανων Υλικών	Μέση	10
	Z	Οργανική Χημ. Τεχν.	Υψηλή	15
	Z	Θερμοδυναμικής και Φαινομένων Μεταφοράς	Μέση	10
		Server Room και PCLab (server1,2)	Δόθηκε	18
5	Z	Οργανική Χημική Τεχν.	Υψηλή	15
	Z	ΜΧΔ	Υψηλή	15
Ημιβιομηχανικό			Υψηλή	25
				25
				25
			Σύνολο	336

Πίνακας 8.25: Καταγραφή εργαστηρίων Β' Φάσης (παραδοχή)

Β' Φάση			
Όροφος	Ονομασία Εργαστηρίου	Τύπος Κατανάλωσης	Ισχύς (kW)
-1	NDT	Μέση	10
	R-Nano Lab	Υψηλή	15
	Αντίστροφης Όσμωσης	Υψηλή	15
		Υψηλή	15
0	Υπολογιστικής Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών	Υψηλή	15
	ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑΣ	Υψηλή	15
1	Ερευνητικό Εργαστήριο Ανόργανης Χημείας	Χαμηλή	5
			5
Σύνολο			95

Πίνακας 8.26: Καταγραφή επιπλέον εργαστηρίων (παραδοχή)

Επιπλέον Εργαστήρια				
Όροφος	Νούμερο	Ονομασία Εργαστηρίου	Τύπος Κατανάλωσης	Ισχύς (kW)
0	A005	Εργ. Μονάδα Βιοϋλικών και Φασματοσκοπίας	Χαμηλή	5
	B013	R-Nano Lab Διάταξη CVD παραγωγής νανο-δομών άνθρακα	Μέση	10
	B011	Εργαστήριο Ατομικής Απορρόφησης & Ηλεκτροχημείας	Χαμηλή	5
	B009	Ερευνητικό εργαστήριο MS	Χαμηλή	5
1	Δ,107	Τεχνολογίας Ανόργανων Υλικών (Φούρνοι υψηλών θερμοκρασιών)	Υψηλή	15
	Δ,108	Βιοτεχνολογίας	Υψηλή	15
	135-136	Φασματοσκοπίας NMR	Μέση	10
	167-168	Κεντρικό Εργαστήριο και ICP	Μέση	10
2	210-211	XRF-XRD	Υψηλή	15
	216	R-Nano Lab Διάταξη γωνίας επαφής	Μέση	10
	217	Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών	Υψηλή	15
	218	Εργαστηριακά όργανα & γραφεία	Μέση	10
	220	Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών	Υψηλή	15
	256-257	Οριζόντια Εργαστήρια (Α διαδ.)	Υψηλή	15
3	368	Οριζόντια Εργαστήρια (Α διαδ.)	Υψηλή	15
			Σύνολο	170

Πίνακας 8.27: Συνολικά αποτελέσματα ισχύς εργαστηρίων

Σύνολο Εργαστηρίων	
Ισχύς Εργαστηρίων (kW)	601

Πίνακας 8.28: Υπολογισμών ημερών και ωρών χρήσης ανά μήνα

Μήνας	Ημέρες (d)	Ημέρες (χωρίς Σ/Κ) (d)	Ώρες ανά μήνα (h)	Μέση Τιμή ωρών/μέρα (h/d)
Ιανουάριος	24	18	276	11,5
Φεβρουάριος	28	20	320	11,4
Μάρτιος	31	23	356	11,5
Απρίλιος	23	17	264	11,5
Μάιος	31	23	356	11,5
Ιούνιος	30	22	344	11,5
Ιούλιος	25	19	288	11,5
Αύγουστος	10	8	116	11,6
Σεπτέμβριος	30	22	344	11,5
Οκτώβριος	31	23	356	11,5
Νοέμβριος	30	22	344	11,5
Δεκέμβριος	31	23	356	11,5

Πίνακας 8.29: Συντελεστές λειτουργίας μηχανημάτων (παραδοχή)

Συντελεστές Λειτουργίας Μηχανημάτων	
Καθημερινές	Σαββατοκύριακα
85%	30%

Η σχέση που χρησιμοποιείται λοιπόν για τα μηχανήματα των εργαστήριων είναι

$$C_{el,j} = P_j * (12 * (\text{Μέρες χωρίς Σ.Κ.}) * \text{Συντελεστή Λειτουργίας καθημερινών} + 10 * (\text{Μέρες Σ.Κ.}) * \text{Συντελεστή Λειτουργίας Σαββατοκύριακων})$$

Με την συνολική παρένθεση να αναφέρεται στο t_{working} που αναφέρθηκε κατά τη διάρκεια παρουσίας αποτελεσμάτων.

Για φωτισμό, PC και AC γίνεται απλός πολλαπλασιασμός της ημερήσιας κατανάλωση ανά εποχή με τις μέρες του μήνα εντάσσονται στην κάθε μια.

Πίνακας 8.30: Τελικά αποτελέσματα κατανάλωσης και ισχύς

Τελικά Αποτελέσματα Κατανάλωσης (kWh)							Προκύπτουσα Ισχύς (kW)	
Μήνες	Φωτισμός/PC	AC	Μηχανήματα	Μονάδες Θέρμανσης/Ψύξης	Server	Σύνολο	Αρχική	Με προσαύξηση
Ιανουάριος	9.348	68.608	118.187	7.345	19.731	223.219	809	971
Φεβρουάριος	10.906	80.043	133.250	8.161	17.821	250.182	782	938
Μάρτιος	11.235	88.619	151.495	9.385	19.731	280.465	788	945
Απρίλιος	8.336	65.750	112.100	6.937	19.094	212.216	804	965
Μάιος	11.235	88.619	151.495	9.385	19.731	280.465	788	945
Ιούνιος	11.685	85.760	145.410	8.977	19.094	270.927	788	945
Ιούλιος	9.737	71.467	124.277	7.753	19.731	232.966	809	971
Αύγουστος	1.558	28.587	20.636	3.264	19.731	73.776	636	763
Σεπτέμβριος	10.873	85.760	145.410	8.977	19.094	270.115	785	942
Οκτώβριος	11.235	88.619	151.495	9.385	19.731	280.465	788	945
Νοέμβριος	10.873	85.760	145.410	8.977	19.094	270.115	785	942
Δεκέμβριος	12.074	88.619	151.495	9.385	19.731	281.305	790	948

Πίνακας 8.31: Τελικά αποτελέσματα κατανάλωσης και ισχύς χωρίς AC

Μήνας	Συνολική Κατανάλωση χωρίς AC (kWh)	Συνολική Ισχύς χωρίς AC (kW)	Συνολική Ισχύς χωρίς AC με προσαύξηση (kW)
Ιανουάριος	154.611	560	672
Φεβρουάριος	170.139	532	638
Μάρτιος	191.846	539	647
Απρίλιος	146.467	555	666
Μάιος	191.846	539	647
Ιούνιος	185.167	538	646
Ιούλιος	161.499	561	673
Αύγουστος	45.189	390	467
Σεπτέμβριος	184.354	536	643
Οκτώβριος	191.846	539	647
Νοέμβριος	184.354	536	643
Δεκέμβριος	192.685	541	650

8.5 Παράρτημα 5 - Υπολογισμοί Ηλιακής Θέρμανσης Αέρα

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της ηλιακής θέρμανσης αέρα με συντελεστή προσαύξησης 15%.

Πίνακας 8.32: Μελέτη αερισμού για τους χώρους εφαρμογής της ηλιακής θέρμανσης αέρα.

Χώρος Μελέτης	Είδος Χώρου	Μονάδες Χώρου	Επιφάνεια Θέρμανσης (m ²)	Συντελεστής αερισμού (m ³ /h/m ²)	Απαιτούμενος Αερισμός (m ³ /h)	Συνολικός Απαιτούμενος Αερισμός (m ³ /h)	Προσαυξημένος Απαιτούμενος Αερισμός (m ³ /h)
Πτέρυγα Εργαστηρίων 1	Διάδρομος	3	148	2.66	1.181	10.938	12.578
	Εργαστήριο	6	237	6.88	9.783		
Πτέρυγα Εργαστηρίων 2	Διάδρομος	3	148	2.66	1.181	10.938	12.578
	Εργαστήριο	6	237	6.88	9.783		
Πτέρυγα Εργαστηρίων 3	Διάδρομος	3	148	2.66	1.181	10.938	12.578
	Εργαστήριο	6	237	6.88	9.783		
Δυτικοί Διάδρομοι	Διάδρομος	1	413.2	2.66	1.099	3.810	4.381
	Διάδρομος	1	1.018.9	2.66	2.710		
Ανατολικοί Διάδρομοι	Διάδρομος	1	379.1	2.66	1.008	5.242	6.028
	Διάδρομος	1	767.2	2.66	2.041		
	Διάδρομος	1	824.2	2.66	2.192		

Πίνακας 8.33: Μελέτη επιφανειών συλλεκτών

Χώρος Μελέτης	Προτεινόμενη Επιφάνεια για Συλλέκτες (m ²)	Επιφάνεια Τοποθέτησης Συλλεκτών	Διαθέσιμη Επιφάνεια για Συλλέκτες (m ²)	Τελική Επιφάνεια για Συλλέκτες (m ²)
Πτέρυγα Εργαστηρίων 1	87	Πάνω νότιο μέρος εργαστηρίων	71	70
Πτέρυγα Εργαστηρίων 2	87	Πάνω νότιο μέρος εργαστηρίων	71	70
Πτέρυγα Εργαστηρίων 3	87	Πάνω νότιο μέρος εργαστηρίων	71	70
Δυτικοί Διάδρομοι	30	Blocks N1 & N2	35	32
Ανατολικοί Διάδρομοι	42	Blocks N9 & N10	63	45
Σύνολο	334		313	287