



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ
ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΕΣΤΙΑΣ ΠΚ ΣΥΜΦΩΝΑ
ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ, ΜΕ
ΣΤΟΧΟ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΤΙΔΗ ΙΩΑΝΝΗ

ΧΑΝΙΑ, 9-2016

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καθηγητής ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ
(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Επ. Καθηγήτρια ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ

Επ. Καθηγητής ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΡΑΣ



Απαγορεύεται η αντιγραφή, η αποθήκευση και η διανομή της παρούσας εργασίας εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

Περίληψη

Η παρούσα ΔΕ έχει σαν στόχο τη μελέτη για την αναβάθμιση του κτιρίου της φοιτητικής εστίας του Πολυτεχνείου Κρήτης με σκοπό όχι μόνο την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ενοίκων.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της παρούσας ενεργειακής κατάστασης της εστίας με τη συλλογή των καταγεγραμμένων πληροφοριών από τις πραγματικές καταναλώσεις. Επίσης ταυτόχρονα διεξάχθηκε μια έρευνα μέσω ερωτηματολογίου ώστε να συνυπολογιστεί η άποψη και η εμπειρία των ενοίκων για την παρούσα κατάσταση της εστίας αλλά και για να συλλέγουν πληροφορίες που αφορούν τις συνήθειες και τις απόψεις των ενοίκων πάνω στον τομέα αυτόν.

Από τη διαδικασία του ερωτηματολογίου έγινε η στατιστική ανάλυση και ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων. Σκοπός ήταν την απεικόνιση της γενικής Εικόνας της παρούσας κατάστασης ώστε να γίνουν οι κατάλληλες παρεμβάσεις στοχευμένα, στα κρίσιμότερα τμήματα που πάσχει το κτίριο. Επίσης επιχειρήθηκαν κάποιες συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών για να διαπιστωθεί τυχόν αλληλεξάρτηση ώστε να εκμεταλλευτεί μελλοντικά σε τυχόν παρεμβάσεις.

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξεταστούν πιθανά σενάρια που μπορούν να εφαρμοστούν στο παρόν κτίριο ώστε να επιτευχθεί μείωση των ενεργειακών αναγκών αλλά ταυτόχρονα και βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των φοιτητών. Ο στόχος για την ενεργειακή εξοικονόμηση στο κτίριο ήταν να προσεγγίσει ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής ενέργειας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου ήταν αναγκαία επίσης η αυτοπαραγωγή ενέργειας επί του κτιρίου μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Βέλτιστο σύστημα παραγωγής ενέργειας για τη συγκεκριμένη περίπτωση κρίθηκαν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Έτσι, αρχικά εξετάστηκαν τέσσερα διαφορετικά σενάρια εξοικονόμησης και ένα συνδυαστικό όλων των σεναρίων μαζί και στη συνέχεια, αφού επιλέχθηκε το βέλτιστο, σχεδιάστηκαν τρία διαφορετικά σενάρια αυτοπαραγωγής ενέργειας. Το βέλτιστο και προτεινόμενο σενάριο ήταν το συνδυαστικό το οποίο επιτυγχάνει 36% μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων όπου η επένδυση για τις μετατροπές και αλλαγές που θα πρέπει να γίνουν έχει μακροπρόθεσμο χρόνο αποπληρωμής που αγγίζει τα 20 έτη. Τέλος το σενάριο αυτοπαραγωγής που προτείνεται ως βέλτιστο είναι για την κάλυψη του 62% των αναγκών του κτιρίου όπου επιτυγχάνει τη μέγιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου χώρου με βέλτιστη ενσωμάτωση.

Abstract

This thesis aims to study the upgrading of the student dormitory building of the University of Crete in order to save energy and improve the tenants living conditions. First, the present energy situation of the dormitory using data from actual consumptions was investigated.

At the same time a survey through a questionnaire was conducted in order to take into account the experiences and views of the tenants concerning the current energy situation of the dormitory and also their general habits and attitudes towards energy consumption issues.

The questionnaire was statistically analyzed and the results were grouped. The aim was to depict the bigger picture of the current situation in order to facilitate targeted interventions on critical segments that the building suffers the most.

Furthermore, correlations between several variables were performed in order to infer interdependencies that could be exploited in future interventions. Following this initial assessment, possible scenarios were examined, which could be implemented on the dormitory building in order to reduce energy consumption while at the same time improve the living conditions of the students.

The ultimate goal, regarding energy savings, was to upgrade the dormitory so as it approximates the function of a nearly zero energy consumption building. To achieve this goal, it was concluded that energy needs to be “self-produced” inside the building via renewable energy sources. Solar panels were the optimal energy system for this specific case.

Four different scenarios for energy saving were initially examined as well as a combination of all these scenarios. The overall optimal solution was the one based on the combination of all energy saving scenarios. This solution achieves 36% reduction in energy requirements. The overall investment associated with implementing this solution has a long-term payback period of 20 years.

Finally, after selecting this optimal scenario, three different energy self-production solutions were designed. The optimal energy self-production solution covers 62% of the energy needs of the building, achieving under optimal integration the maximum utilization of the available space.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	3
Κατάλογος Γραφημάτων	5
Κατάλογος Πινάκων.....	8
Κατάλογος εικόνων	9
Συντομογραφίες.....	11
1 Εισαγωγή	12
2 Διεθνής επιστημονική εμπειρία στο αντικείμενο	14
3 Μεθοδολογία	22
3.1 Διάγραμμα Μεθοδολογίας της Εργασίας	22
3.2.1 Συλλογή δεδομένων	22
3.2.2 Μεθοδολογία συλλογής στατιστικών δεδομένων	23
3.3.1 Σχεδιασμός και προσομοίωση.....	25
3.3.2 Προβλήματα κατά τον σχεδιασμό	27
3.4 Επεξεργασία δεδομένων πραγματικών καταναλώσεων	28
3.5 Σενάρια μείωσης αναγκών	29
3.6 Σενάρια αυτοπαραγωγής ενέργειας.....	31
4 Αποτελέσματα	36
4.1 Αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικών καταναλώσεων	36
4.2.1 Αποτελέσματα στατιστικών δεδομένων ερωτηματολογίου	38
4.2.2 Αποτελέσματα συσχετίσεων μεταβλητών	58
4.2.3 Φωτογραφικό υλικό κατά τη διαδικασία της αυτοψίας του χώρου.....	65
4.3. Αποτελέσματα ηλεκτρικών αναγκών μέσω της προσομοίωσης.....	68
4.3.1 Προοπτικά σχέδια και φωτογραφικό υλικό.....	68
4.3.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης υπάρχουσας κατάστασης	72
4.4 Αποτελέσματα σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο.....	74
4.5 Αποτελέσματα σεναρίων αυτοπαραγωγής ενέργειας στο κτίριο	84
4.5.1 Σενάρια κάλυψης ηλεκτρικών αναγκών.....	86
5 Συζήτηση	93
5.1 Επεξεργασία πραγματικών δεδομένων	93

5.2 Στατιστικό μέρος	93
5.3 Μοντελοποίηση και σενάρια εξοικονόμησης.....	97
5.4 Σύστημα φωτοβολταϊκών για την αυτοπαραγωγή ενέργειας.....	101
6. Συμπεράσματα.....	103
7. Βιβλιογραφία.....	105
Παράρτημα.....	108
I. Πίνακες και δεδομένα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων των πραγματικών καταναλώσεων της εστίας.....	108
II. Πίνακες και γραφήματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων του ερωτηματολογίου	114
III. Συμπληρωματικά δεδομένα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση για τις συσχετίσεις χ^2	125
IV. Πίνακες, σχέδια και δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση των σεναρίων.	129
V. Αναλυτικά η δομή του ερωτηματολογίου που απαντήθηκε από τους φοιτητές.....	136

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1 Ηλεκτρικές πραγματικές καταναλώσεις της εστίας ανά μήνα του έτους 2015	36
Γράφημα 2 Χαρακτηριστικός μήνας για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας	37
Γράφημα 3 Ερωτηθέντες ανά όροφο.....	38
Γράφημα 4 Ερωτηθέντες σε σχέση με το φύλο.....	39
Γράφημα 5 Ηλικία ενοίκων.....	39
Γράφημα 6 Ερωτηθέντες ανα κτιριακό τομέα της εστίας	40
Γράφημα 7 Διαμονή σε ακαδημαϊκά έτη.....	40
Γράφημα 8 Ιανουάριος,	
Γράφημα 9 Φεβρουάριος.....	42
Γράφημα 10 Μάρτιος, Γράφημα 11 Απρίλιος.....	42
Γράφημα 12 Μάιος, Γράφημα 13 Ιούνιος	42
Γράφημα 14 Ιούλιος, Γράφημα 15 Αύγουστος	43
Γράφημα 16 Σεπτέμβριος ,	
Γράφημα 17 Οκτώβριος	43
Γράφημα 18 Νοέμβριος,	
Γράφημα 19 Δεκέμβριος	43
Γράφημα 20 Εβδομαδιαία διαμονή	44
Γράφημα 21 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για το καλοκαίρι.....	44

Γράφημα 22 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για το φθινόπωρο	45
Γράφημα 23 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για την άνοιξη	45
Γράφημα 24 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για τον χειμώνα	46
Γράφημα 25 Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά	46
Γράφημα 26 Αξιολόγηση θερμοκρασίας τη δεδομένη στιγμή	47
Γράφημα 27 Μέτρηση θερμοκρασίας οργάνου.....	47
Γράφημα 28 Επίπεδο υγρασία γενικά στο δωμάτιο	48
Γράφημα 29 Αξιολόγηση υγρασίας τη δεδομένη στιγμή.....	48
Γράφημα 30 Μέτρηση οργάνου υγρασίας.....	49
Γράφημα 31 Δυνατότητα ελέγχου θερμοκρασίας.....	49
Γράφημα 32 Δυνατότητα ελέγχου αερισμού.....	50
Γράφημα 33 Συστημα ζεστού νερού τη χειμερινή περίοδο.....	50
Γράφημα 34 Συστημα ζεστού νερού τη θερινή περίοδο	51
Γράφημα 35 Δεκέμβριος Γράφημα 36 Ιανουάριος	52
Γράφημα 37 Φεβρουάριος Γράφημα 38 Μάρτιος.....	52
Γράφημα 39 Απρίλιος Γράφημα 40 Μάιος	52
Γράφημα 41 Μάιος Γράφημα 42 Ιούνιος.....	54
Γράφημα 43 Ιούλιος Γράφημα 44 Αύγουστος	54
Γράφημα 45 Σεπτέμβριος Γράφημα 46 Οκτώβριος	54
Γράφημα 47 Πρόθεση συμμετοχής σε ομαδική κίνηση εξοικονόμησης.....	55
Γράφημα 48 Πρόθεση συμμετοχής σε κίνηση εξοικονόμησης με οικονομικά κίνητρα	55
Γράφημα 49 Προσωπική εκτίμηση ενοίκου για τη βέλτιστη ενεργειακή χρήση του δωματίου	56
Γράφημα 50 Ραβδόγραμμα τομέας-υγρασία	59
Γράφημα 51 Ραβδόγραμμα φύλο-υγρασία	60
Γράφημα 52 Ραβδόγραμμα όροφος-υγρασία	61
Γράφημα 53 Ραβδόγραμμα φύλο- Γεν.αξιολόγηση θερμοκρασίας.....	62
Γράφημα 54 Ραβδόγραμμα Όροφος- Γεν.αξιολόγηση θερμοκρασίας	63
Γράφημα 55 Ραβδόγραμμα Τομέα- Γεν. αξιολόγηση θερμοκρασίας	64
Γράφημα 56 Κατανομή φορτίου	72
Γράφημα 57 Ραβδόγραμμα φορτίου θέρμανσης	73
Γράφημα 58 Ραβδόγραμμα φορτίου ψύξης.....	73
Γράφημα 59 Γράφημα απεικόνισης φορτίων	75
Γράφημα 60 Γράφημα απεικόνισης φορτίων	78
Γράφημα 61 Γράφημα απεικόνισης φορτίων	79
Γράφημα 62 Γράφημα απεικόνισης φορτίων	81
Γράφημα 63 Γράφημα απεικόνισης φορτίων	82

Γράφημα 64 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών για κάλυψη 50%	88
Γράφημα 65 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών για κάλυψη 100%	90
Γράφημα 66 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορροών για κάλυψη 62%	92
Γράφημα 67 Νοέμβριος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας	108
Γράφημα 68 Δεκέμβριος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας	108
Γράφημα 69 Ιανουάριος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας.....	109
Γράφημα 70 Φεβρουάριος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας	109
Γράφημα 71 Μάρτιος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας.....	110
Γράφημα 72 Απρίλιος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας	110
Γράφημα 73 Μάιος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας	111
Γράφημα 74 Ιούνιος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας.....	111
Γράφημα 75 Ιούλιος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας.....	112
Γράφημα 76 Αυγустος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας.....	112
Γράφημα 77 Οκτώβριος , λειτουργία της αντλίας θερμότητας	113
Γράφημα 78 Σεπτέμβριος, λειτουργία της αντλίας θερμότητας.....	113
Γράφημα 79 Χρηση συστήματος θέρμανσης (Δεκ)	114
Γράφημα 80 Χρηση συστήματος θέρμανσης (Ιαν)	115
Γράφημα 81 Χρηση συστήματος θέρμανσης (Φεβ).....	115
Γράφημα 82 Χρηση συστήματος θέρμανσης (Μαρτ)	116
Γράφημα 83 Χρηση συστήματος θέρμανσης (Απρ)	116
Γράφημα 84 Χρηση συστήματος θέρμανσης (Μάιος)	117
Γράφημα 85 Χρηση συστήματος ψύξης (Ιουν).....	117
Γράφημα 86 Χρηση συστήματος ψύξης (Μάιος).....	118
Γράφημα 87 Χρηση συστήματος ψύξης (Ιουλ).....	118
Γράφημα 88 Χρηση συστήματος ψύξης (Αυγ)	119
Γράφημα 89 Χρηση συστήματος ψύξης (Σεπτ)	119
Γράφημα 90 Χρηση συστήματος ψύξης (Οκτ)	120
Γράφημα 91 Οπτική άνεση	120
Γράφημα 92 Αξιολόγηση ρευμάτων στο δωμάτιο	121
Γράφημα 93 Αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα.....	121
Γράφημα 94 Δυνατότητα ελέγχου φωτισμού	122
Γράφημα 95 Αερισμός τις πρωινές ώρες (χειμώνας)	123
Γράφημα 96 Αερισμός τις μεσημεριανές ώρες (χειμώνας).....	123
Γράφημα 97 Αερισμός τις απογευματινές ώρες (χειμώνας)	123
Γράφημα 98 Αερισμός τις βραδινές ώρες (χειμώνας).....	123
Γράφημα 99 Αερισμός τις πρωινές ώρες (θέρος)	124
Γράφημα 100 Αερισμός τις μεσημεριανές ώρες (θέρος)	124

Γράφημα 101 Αερισμός τις απογευματινές ώρες (θέρος)	Γράφημα 102 Αερισμός τις βραδινές ώρες (θέρος)	124
---	--	-----

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ήδη εγκατεστημένων πλαισίων-σκιάστρων.....	35
Πίνακας 2 Ηλεκτρικές πραγματικές καταναλώσεις της εστίας ανά μήνα του έτους 2015	36
Πίνακας 3 Γενικά στοιχεία ηλεκτρικών καταναλώσεων της φοιτητικής εστίας	37
Πίνακας 4 Φορτίο ανά μήνα λειτουργίας της αντλίας θερμότητας.....	37
Πίνακας 5 Χαρακτηρισμός διαμονής.....	41
Πίνακας 6 Ωράριο χρήσης δωματίου	41
Πίνακας 7 Χρήση φωτισμού χειμερινής περιόδου	41
Πίνακας 8 Χρήση φωτισμού θερινής περιόδου.....	41
Πίνακας 9 Συσκευές υποβοήθησης για τη θέρμανση.....	51
Πίνακας 10 Συσκευές κλιματισμού.....	53
Πίνακας 11 Στρατηγικές δροσισμού τους καλοκαιρινούς μήνες	53
Πίνακας 12 Συσχέτιση X^2 Τομέας-Υγρασία γενικά	59
Πίνακας 13 Συσχέτιση X^2 Φύλο-Υγρασία	60
Πίνακας 14 Συσχέτιση X^2 Όροφος-Υγρασία.....	61
Πίνακας 15 Συσχέτιση X^2 Φύλο- Αξιολόγηση θερμοκρασίας	62
Πίνακας 16 Συσχέτιση X^2 Όροφος- Γεν. αξιολόγηση θερμοκρασίας.....	63
Πίνακας 17 Συσχέτιση X^2 Τομέας- Γεν.αξιολόγηση θερμοκρασίας.....	64
Πίνακας 18 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	74
Πίνακας 19 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP.....	74
Πίνακας 20 Υλικά θερμοπρόσωσης.....	75
Πίνακας 21 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 1	76
Πίνακας 22 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 1	76
Πίνακας 23 Κοστολόγηση πράσινου υποστρώματος.....	76
Πίνακας 24 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 2	78
Πίνακας 25 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 2	79
Πίνακας 26 Κοστολόγηση αντικατάστασης λαμπτήρων με led.....	79
Πίνακας 27 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 3	80
Πίνακας 28 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 3	80
Πίνακας 29 Κοστολόγηση κουφωμάτων και υαλοπινάκων	81
Πίνακας 30 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 4.....	82
Πίνακας 31 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 4	82

Πίνακας 32 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο συνδυαστικό	82
Πίνακας 33 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το συνδυαστικό σενάριο.....	83
Πίνακας 34 Συγκριση σεναρίων ως προς το ποσοστό εξοικονόμησης	83
Πίνακας 35 Συγκεντρωτικός όλων των σεναρίων.....	83
Πίνακας 36 Συντελεστές υπολογισμού απωλειών σύμφωνα με την κλίση και τον προσανατολισμό.....	86
Πίνακας 37 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων για 50% κάλυψη.....	87
Πίνακας 38 Ισοδύναμες εκπομπές CO ₂ για το 50% κάλυψη.....	87
Πίνακας 39 Οικονομική Ανάλυση για την κάλυψη του 50%.....	88
Πίνακας 40 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων για 100 % κάλυψη.....	89
Πίνακας 41 Ισοδύναμες εκπομπές CO ₂ για το 100% κάλυψη.....	89
Πίνακας 42 Οικονομική ανάλυση για την κάλυψη του 100%	90
Πίνακας 43 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων για 62% κάλυψη.....	91
Πίνακας 44 Ισοδύναμες εκπομπές CO ₂ για το 62% κάλυψη.....	91
Πίνακας 45 Οικονομική ανάλυση για την κάλυψη του 62%	92
Πίνακας 46 Επιλογή τομέα για προσομοίωση.....	97
Πίνακας 47 Αριθμός ατόμων που διαμενουν στο δωμάτιο	114
Πίνακας 48 Περίληψη υποθέσης τομέα-υγρασία.....	125
Πίνακας 49 Συχνότητες υπόθεσης τομέα-υγρασία.....	125
Πίνακας 50 Περίληψη υπόθεσης φύλο-υγρασία γενικά.....	126
Πίνακας 51 Περίληψη υποθέσης όροφος-υγρασία.....	126
Πίνακας 52 Συχνότητες υγρασίας – ορόφου	127
Πίνακας 53 Περίληψη υποθέσης φύλο-Αξιολόγηση θερμοκρασίας.....	127
Πίνακας 54 Περίληψη υποθέσης όροφος-αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά.....	127
Πίνακας 55 Συχνότητες ορόφος-αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά.....	128
Πίνακας 56 Περίληψη υπόθεσης τομέα-Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά	128
Πίνακας 57 Συχνότητες Τομέας-Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά	128
Πίνακας 58 Αλλαγές αέρα σε κτίριο σε συνάρτηση της στεγανότητας	129

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 Αύλειος χώρος εστίας	15
Εικόνα 2 Μελέτη για τη συχνότητα ανέμων	15
Εικόνα 3 Συνολική Εικόνα εστίας με όλα τα συστήματα	18
Εικόνα 4 Διάγραμμα λογισμικού του Stephen Samouhos	19
Εικόνα 5 Επικλινείς φωταγωγοί εστίας αμερικανικής γεωργικής σχολής	20

Εικόνα 6 Φυτεμένο δώμα αμερικανικής γεωργικής σχολής	20
Εικόνα 7 Τελική όψη εστίας της αμερικανικής γεωργικής σχολής.....	21
Εικόνα 8 Χάρτης της Ελλάδος για την πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας.....	32
Εικόνα 9 Χάρτης Χανίων για την πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας.....	33
Εικόνα 10 Νότια όψη πλαισίων.....	34
Εικόνα 11 Νοτιοανατολική όψη πλαισίων	34
Εικόνα 12 Νοτιοδυτική όψη πλαισίων Α	34
Εικόνα 13 Νοτιοδυτική όψη πλαισίων Β	35
Εικόνα 14 (A21 WC).....	65
Εικόνα 15 (A21 WC).....	65
Εικόνα 16 (A26 υπνοδωμάτιο).....	65
Εικόνα 17 (A27 υπνοδωμάτιο).....	66
Εικόνα 18 (A27 Διάδρομος).....	66
Εικόνα 19 (A31 υπνοδωμάτιο).....	66
Εικόνα 20 (Γ18 υπνοδωμάτιο)	67
Εικόνα 21(A12 υπνοδωμάτιο).....	67
Εικόνα 22 (A14 Wc)	67
Εικόνα 23 (Δυτική όψη)	68
Εικόνα 24 (Νότια όψη).....	68
Εικόνα 25(Βορειοανατολική όψη)	69
Εικόνα 26 Όψη σε σχέση με τις συνθήκες περιβάλλοντος.....	69
Εικόνα 27 Όψη σε σχέση με το υλικό κατασκευής.....	69
Εικόνα 28 Όψη σε σχέση τον όροφο.....	70
Εικόνα 29 Όψη σε σχέση με την θερμική ζώνη	70
Εικόνα 30 Όψη σε σχέση με τον τύπο χρήσης.....	70
Εικόνα 31 Δυτική όψη.....	71
Εικόνα 32 Νοτιοδυτική όψη.....	71
Εικόνα 33 Νότια όψη	72
Εικόνα 34 Διαστρωμάτωση οικοστέγης.....	77
Εικόνα 35 Παράδειγμα εφαρμογής πράσινης στέγης.....	77
Εικόνα 36 Πράσινη στέγη σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά	78
Εικόνα 37 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	84
Εικόνα 38 inverter COTEK.....	85
Εικόνα 39 Μελέτη θερμομόνωσης (δάπεδο δωματίων)	130
Εικόνα 40 Μελέτη θερμομόνωσης (δάπεδο καθιστικού).....	131
Εικόνα 41 Μελέτη θερμομόνωσης (εξωτερικός τοίχος)	132
Εικόνα 42 Μελέτη θερμομόνωσης (οροφή).....	133

Εικόνα 43 Πίνακας με τα COP.....	134
Εικόνα 44 Κάτοψη ισογείου.....	135
Εικόνα 45 Κάτοψη 1ου ορόφου	135
Εικόνα 46 Κάτοψη 2ου ορόφου	136

Συντομογραφίες

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

ΔΕ: Διπλωματική εργασία

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΠΚ: Πολυτεχνείο Κρήτης

σΜΕΚ: Κτίριο σχεδόν μηδενικής ενέργειας

ΤΥ: Τεχνική υπηρεσία

TOTEE: Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας

Φ/Π: Φωτοβολταϊκά πλαίσια

KENAK: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

KWh: kilowatt hour

kBtu: kilo btu

nZEB: near zero energy building

PLC: Programmable logic controller

UV: Ultraviolet radiation

LED: *Light Emitting Diode*

U: Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U- value)

A/C: Air conditioning

COP: *coefficient of performance*

1 Εισαγωγή

Η ανάγκη της αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης έχει οδηγήσει την Ευρωπαϊκή Ένωση να θέσει συγκεκριμένους στόχους για τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, συγκεκριμένα μέχρι το 2020 ο στόχος είναι μείωση κατά 20% ¹. Λόγω της συνεχώς αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης τα τελευταία έτη αλλά και λόγω της κατασπατάλησης της ενέργειας, έχει δημιουργηθεί η ανάγκη για αναμόρφωση και βελτιστοποίηση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος. Το μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας που έχει ο οικιστικός τομέας αγγίζει το 29% του επί συνόλου, ποσοστό εξαιρετικά σημαντικό [Σταμπολής,2013]². Λόγω του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων που υπάρχουν στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή κατασκευάστηκαν προτού εφαρμοστεί ο ΚΕΝΑΚ, (Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιριακού τομέα) υπάρχει μεγάλο κτιριακό απόθεμα το οποίο χρήζει ενεργειακής αναβάθμισης. Με την ενεργειακή αναβάθμιση στα κτίρια στόχος είναι η ο περιορισμός κυρίως των θερμικών απωλειών που οφείλονται για το μεγαλύτερο μερίδιο των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Στη συνέχεια στόχος είναι η βελτιστοποίηση ή εκσυγχρονισμός των συστημάτων που είναι σε λειτουργία εντός του κτιρίου. Εκτός από την εξοικονόμηση, μεγάλος στόχος που έχει προστεθεί επίσης από την ΕΕ είναι η παραγωγή του 20% των ενεργειακών απαιτήσεων μέχρι το 2020 από ΑΠΕ. Η απαίτηση αυτή για να καλυφτεί θα πρέπει να γίνει η υιοθέτηση των συστημάτων παραγωγής ενέργειας μέσω ΑΠΕ καθολικά. Έτσι, πολύ σημαντικό κομμάτι είναι η ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων στο αστικό δομημένο περιβάλλον (υπάρχοντα κτίρια) ώστε να μη δεσμεύονται εκτάσεις που θα μπορούσαν να έχουν άλλη χρήση, αλλά και για να μειωθεί η απόσταση της μεταφοράς της ενέργειας από την παραγωγή στην κατανάλωση³.

Στην παρούσα ΔΕ εξετάστηκε το κτίριο της εστίας του Πολυτεχνείου Κρήτης (ΠΚ) που βρίσκεται στον νομό Χανίων, στην περιοχή του Ακρωτηρίου. Επιχειρήθηκε να εφαρμοστούν αυτές οι βασικές τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό κέλυφος και ταυτόχρονα να προστεθεί ένα σύστημα αυτοπαραγωγής ενέργειας με την χρήση ΑΠΕ. Συγκεκριμένα ο στόχος που τέθηκε να επιτευχθεί μέσω της παρούσας μελέτης ήταν η μετατροπή του κτιρίου σε σχεδόν μηδενικής ενέργειας κτίριο. Παράλληλος και εξίσου σημαντικός στόχος που τέθηκε ήταν να αναβαθμιστεί το κτίριο έτσι ώστε να είναι πιο λειτουργικό και άνετο για τους ενοίκους για να είναι καλύτερες οι συνθήκες διαβίωσης.

¹ http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/el/displayFtu.html?ftuid=FTU_5.7.3.html [8,2016]

² Για μια εθνική ενεργειακή πολιτική των Σταμπολή, Χατζηβασιλειάδη, Μάζη, Θεοφύλακτου, Σοφιανού και Ροινώτη, Αθήνα, Αύγουστος 2013

³ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/article7_el_greece.pdf

[8,2016]

Για την επίτευξη του στόχου θεωρήθηκε αναγκαίο να πραγματοποιηθεί μια έρευνα μέσω ερωτηματολογίου στους ενοίκους της εστίας λόγω του ότι το κτίριο υφίσταται και κατοικείται ήδη, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι οι ένοικοι έχουν αποκτήσει μια εμπειρία για τη λειτουργία και τα προβλήματα του κτιρίου. Έτσι, με τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων και σε συνάρτηση με πραγματικά δεδομένα των καταναλώσεων της εστίας που λήφθηκαν από την ΤΥ διαμορφώθηκαν τέσσερα σενάρια εξοικονόμησης και τέλος ένα συνδυαστικό σενάριο και των τεσσάρων μαζί. Στη συνέχεια, βασιζόμενοι στο αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται από το συνδυαστικό και βέλτιστο σενάριο, έγινε η μελέτη για την ενσωμάτωση συστήματος παραγωγής ενέργειας μέσω ΑΠΕ. Το σύστημα που επιλέχθηκε και για τα τρία σενάρια ήταν αυτό των φωτοβολταϊκών πλαισίων λόγω της τοποθεσίας όπου βρίσκεται το κτίριο αλλά και λόγω της πολύ καλής ενσωμάτωσης που επιτυγχάνεται. Από τα τρία σενάρια επιλέχθηκε αυτό με τη μέγιστη αξιοποίηση του χώρου και παραγωγικότητα.

2 Διεθνής επιστημονική εμπειρία στο αντικείμενο

Η διεθνής επιστημονική εμπειρία επί του θέματος της μετατροπής ενός συμβατικού κτιρίου σε σΜΕΚ-nZEB είναι ευρεία. Όμως για τον συγκεκριμένο τύπο κτιρίου, όπως είναι η φοιτητική εστία όπου επιλέχθηκε στην παρούσα ΔΕ να μελετηθεί, το υλικό που υπάρχει είναι περιορισμένο. Έτσι, από την αναζήτηση σε διάφορες πηγές συγκεντρώθηκε το παρακάτω υλικό.

Το 2011 το Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης σε συνεργασία με το Bridgewater State University ξεκίνησε πιλοτικό project με αντικείμενο μελέτης τη νέα φοιτητική εστία του BSU [Zimmermann et al, 2013]. Ο στόχος της ερευνάς ήταν να μελετηθούν νέες σχεδιαστικές τεχνικές και στρατηγικές ώστε να μπορέσουν να ενσωματώσουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός κτιρίου σχεδόν μηδενικής ενέργειας σε μια φοιτητική εστία. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι όταν η ομάδα των μηχανικών άρχισε αυτό το project το 2011 δεν υπήρχε καμία δημοσίευση για κτίρια φοιτητικών εστιών σχεδόν μηδενικής ενέργειας.

Από την ομάδα δόθηκε βάση στη βελτιστοποίηση του κτιριακού κελύφους, αλλά και στον σχεδιασμό έξυπνων και αποδοτικών συστημάτων εξοικονόμησης. Επίσης εξετάστηκαν σενάρια για την αυτοπαραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές πάνω στο κτίριο ή κοντά σε αυτό ώστε να μπορεί να θεωρηθεί σΜΕΚ- nZEB. Όλοι οι υπολογισμοί για τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου, αλλά και για την αποπληρωμή των επενδύσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας έγιναν σε ετήσια βάση.

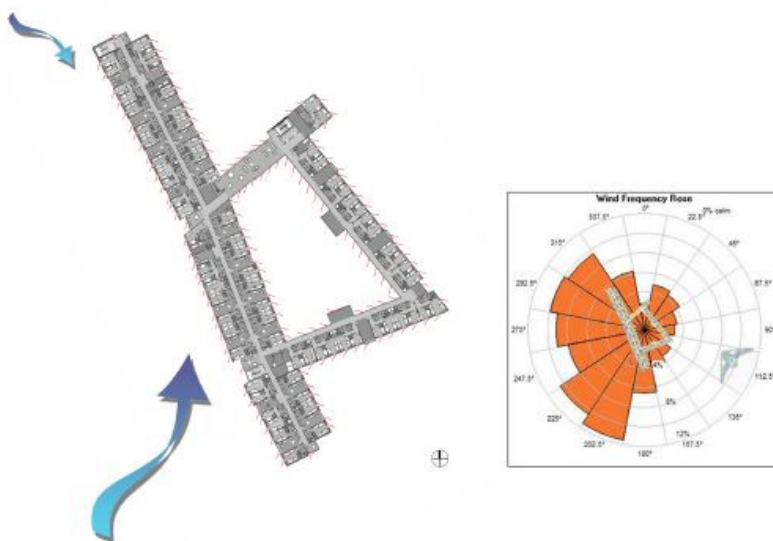
Οι στρατηγικές εξοικονόμησης που εξεταστήκαν επιλέχθηκαν βάσει των παρακάτω προτεραιοτήτων που έθεσε η ομάδα των μηχανικών. Προτεραιότητα αρχικά δόθηκε σε στρατηγικές που δεν είχαν κάποιο επιπλέον κόστος (κυρίως στρατηγικές παθητικού σχεδιασμού). Δεύτερον, δόθηκε βάρος στην ενεργειακή αποδοτικότητα των συστημάτων που θα επιλέγονταν και τέλος λήφθηκε υπόψη η επίδραση της συμπεριφοράς των χρηστών.

Αρχικά έγινε μελέτη για τον βέλτιστο προσανατολισμό του κτιρίου ώστε να εκμεταλλεύεται στο μέγιστο τον φυσικό ηλιακό φωτισμό αλλά και τα ηλιακά θερμικά κέρδη τους κρύους μήνες του χρόνου (από τα μέσα του φθινοπώρου έως και το τέλος της άνοιξης). Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, σχεδιάστηκε ένας εσωτερικός αύλειος χώρος στο κέντρο της εστίας και περιμετρικά αυτού σχεδιάστηκαν τα δωμάτια. Έτσι τα δωμάτια εξασφάλισαν διαμπερή φυσικό φωτισμό. Για τους καλοκαιρινούς μήνες όταν τα θερμικά κέρδη λόγω ακτινοβολίας δεν είναι επιθυμητά, τοποθετήθηκαν συσκευές σκίασης εσωτερικά ή εξωτερικά σε όλα τα μεγάλα ανοίγματα. Ο αύλειος αυτός χώρος σχεδιάστηκε με στόχο να αποτελέσει μια όαση για τους φοιτητές για τις περισσότερες ώρες μιας καλοκαιρινής ημέρας.



Εικόνα 1 Αύλειος χώρος εστίας [Zimmermann et al, 2013].

Στη συνέχεια έγινε μελέτη για τη διεύθυνση και την ένταση των ανέμων που πνέουν στην περιοχή εποχιακά, ώστε να προσανατολιστούν τα ανοίγματα των παραθύρων κατάλληλα για να επιτυγχάνεται φυσικός αερισμός. (Βρέθηκε ότι οι άνεμοι με τη μεγαλύτερη συχνότητα ήταν οι νοτιοδυτικοί.)



Εικόνα 2 Μελέτη για τη συχνότητα ανέμων [Zimmermann et al, 2013].

Για την επιλογή των παραθύρων υπήρχε η επιλογή του συρόμενου προς τα πάνω κουφώματος (hung window) και του απλού ανοιγόμενου (casement window). Για την επιλογή του τύπου κουφώματος συνεκτιμήθηκαν τα εξής: πρώτον η ασφάλεια για τους φοιτητές και δεύτερον η καλή σφράγιση του παραθύρου για την αποφυγή θερμικών απωλειών και τέλος η δυνατότητα να μπορούν να τοποθετήσουν οι φοιτητές έναν φορητό ανεμιστήρα ώστε να αυξάνεται το ρεύμα όταν αυτό είναι επιθυμητό. Τελικός επιλέχθηκε το ανοιγόμενο παράθυρο (casement) ώστε να υπάρχει

η μέγιστη ροή αέρα όταν το παράθυρο είναι ανοιχτό, εννοείται χωρίς να παραμελείται η ασφάλεια των φοιτητών.

Ένας τρόπος για τη μείωση των ενεργειακών αναγκών της εστίας θεωρήθηκε η βελτιστοποίηση της κατανομής του χώρου σύμφωνα με τις ανάγκες και το πρόγραμμα των φοιτητών. Αυτή η βελτιστοποίηση κατανομής χώρου έχει ως στόχο να κλιματίζονται όσο το δυνατόν λιγότερα τετραγωνικά κατά τη διάρκεια της μέρας. Έτσι λοιπόν αποφασίστηκε να αφαιρεθεί χώρος από τους προσωπικούς χώρους των φοιτητών (υπνοδωμάτια) με αντάλλαγμα μεγαλύτερους κοινόχρηστους χώρους (κουζίνες, εντευκτήριο, εστιατόριο, δωμάτια διαβάσματος).

Λόγω του ότι στο New England οι κύριες ανάγκες είναι αυτές των θερμικών φορτίων κατά τους χειμερινούς μήνες, δόθηκε βάση στο κέλυφος του κτιρίου ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες. Αρχικά αποφασίστηκε ότι τα τζάμια στο κτίριο δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 40% της επιφάνειας διότι είναι από τους κύριους παράγοντες θερμικών απωλειών. Για την καλύτερη δυνατή μόνωση του κελύφους και τη μείωση των θερμικών απωλειών έγιναν τα παρακάτω.

- Σφραγίστηκαν όλες οι τρύπες-ρωγμές
- Επιλέχθηκαν αεροστεγή κουφώματα και πόρτες
- Μονώθηκαν τα θεμέλια και η πλάκα
- Μόνωση τοίχων και οροφής με μεγάλη θερμική αντίσταση (R40,R60 αντίστοιχα)
- Λιγότερο από 40% γυάλινες επιφάνειες
- Σκίαστρα οριζόντια τοποθετημένα εξωτερικά
- Διάτρητα εσωτερικά σκίαστρα στις μεγάλες γυάλινες επιφάνειες (σαν μόνιμες κουρτίνες, μειώνουν κατά 15% τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι)

Τα υλικά που επιλέχθηκαν για κάθε περίπτωση ήταν: αφρός πολυουρεθάνης για τις τρύπες και τα ανοίγματα, άκαμπτα πλαίσια από πολυστερίνης για τους τοίχους, άκαμπτα ισοκυανουρικά πλαίσια για την οροφή, βάτες υαλοβάμβακα για ηχομόνωση και τέλος μόνωση της οροφής για την υγρασία και την αποφυγή εισροής υδάτων. Για τα παράθυρα επιλέχθηκαν δίπλα τζάμια χαμηλής εκπομπής (LoW E) με αργό ώστε να αυξάνεται η θερμική αντίσταση του υαλοπίνακα. Επίσης έγινε πράσινο το δώμα της εστίας με φύτευση εκτατικού τύπου.

Ένας σημαντικός παράγοντας επίσης είναι να γίνεται σωστή χρήση των συσκευών και των φωτιστικών μόνο όταν αυτά χρειάζονται και υπάρχει παρουσία του χρήστη. Έτσι, για τον φωτισμό τοποθετήθηκαν αισθητήρες κίνησης ώστε να σβήνουν τα φώτα αυτόματα όταν δεν υπάρχει παρουσία σε έναν χώρο. Για να περιοριστεί το φορτίο λόγω των συσκευών προτάθηκε να εγκατασταθεί ένα σύστημα (PLC), σύστημα ελέγχου μέσω του οποίου θα υπήρχε η δυνατότητα να ελέγχονται μαζικά οι συσκευές. Μετά από μελέτη που έγινε όμως αποδείχτηκε ότι με σωστή εκπαίδευση των χρηστών τα αποτελέσματα είναι τα ίδια, έτσι το Πανεπιστήμιο δεν προχώρησε στην εγκατάσταση των (PLC), αλλά οργάνωσε σεμινάρια για την εκπαίδευση των ενοίκων.

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που επιλέχθηκε για την επίτευξη μεγαλύτερης εξοικονόμησης ήταν:

- Σύστημα αβαθούς γεωθερμίας
- Σύστημα ανάκτησης ζεστού νερού από τα μπάνια
- Σύστημα ανάκτησης θερμότητας για την παροχή φρέσκου αέρα
- Σύστημα επίβλεψης όλων των συστημάτων για τη διασφάλιση της ορθής και αποδοτικής λειτουργίας με το πέρας του χρόνου.

Για την αυτοπαραγωγή ενέργειας στο κτίριο ή κοντά σε αυτό ώστε να επιτευχθεί ο στόχος nZEB μελετήθηκαν τα εξής σενάρια.

Αρχικά τα Φ/Π τα οποία θα εγκαθίσταντο στην οροφή του κτιρίου, στην πρόσοψη και στα σκίαστρα. Το σενάριο αυτό απορρίφθηκε, διότι η κάλυψη που επιτυγχάνεται ήταν μόλις 12,4%, επίσης το αρχικό κόστος της επένδυσης ήταν πολύ μεγαλύτερο του ετήσιου κέρδους. Η οροφή του κτιρίου παρ' όλα αυτά διαμορφώθηκε έτσι ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτησή τους στο μέλλον.

Μελετήθηκε επίσης η εγκατάσταση ηλιοθερμικών συστημάτων η οποία απορρίφθηκε λόγω του ότι η απόδοση του συστήματος ανάκτησης ζεστού νερού από τα μπάνια ήταν οικονομικότερη και με μεγαλύτερο ρυθμό αποπληρωμής.

Τέλος, μελετήθηκε η εγκατάσταση ανεμογεννήτριας πολύ κοντά στο Πανεπιστήμιο. Μελετήθηκαν ανεμογεννήτριες από 1,5-2MW λόγω του ότι αυτό το εύρος ισχύος ήταν το πιο αποδεκτό οικονομικά. Υπολογίστηκε από προσομοίωση ότι μπορεί να παραγάγει 4.902.820 kWh/έτος που ανέρχεται στο 30% των αναγκών ολόκληρου του Πανεπιστημίου. Οι ανάγκες της εστίας ανά έτος είναι 3.170.000 kWh, το οποίο σημαίνει ότι θεωρείται σΜΕΚ με την εφαρμογή αυτής της στρατηγικής. Το ποσό που εξοικονομεί το Πανεπιστήμιο ετήσιος ανέρχεται στα 747.804\$.

Το τελευταίο μέτρο για την εξοικονόμηση είναι η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης κατά τη χρήση του κτιρίου από τους χρήστες. Τέτοιου είδους μέτρα ήταν η ρύθμιση των θερμοστατών σε ένα εύρος άνεσης για τους φοιτητές. Επίσης εγκαταστάθηκαν αυτοματισμοί στα παράθυρα ώστε να διακόπτεται η θέρμανση ή ψύξη του δωματίου αν κάποιο παράθυρο είναι ανοιχτό. Τέλος υιοθετήθηκε μια λίστα ηλεκτρικών συσκευών που μπορούν να έχουν οι φοιτητές στον προσωπικό τους χώρο έτσι ώστε να αποφεύγονται ενεργοβόρες συσκευές και άσκοπες σπατάλες (π.χ. mini-refrigerators).



Εικόνα 3 Συνολική εικόνα εστίας με όλα τα συστήματα [Zimmermann et al, 2013].

Το 2005-2009, το MIT στη Μασαχουσέτη διέθεσε πάνω από 3.000.000\$ για επενδύσεις που αφορούσαν τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, αλλά και την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ.

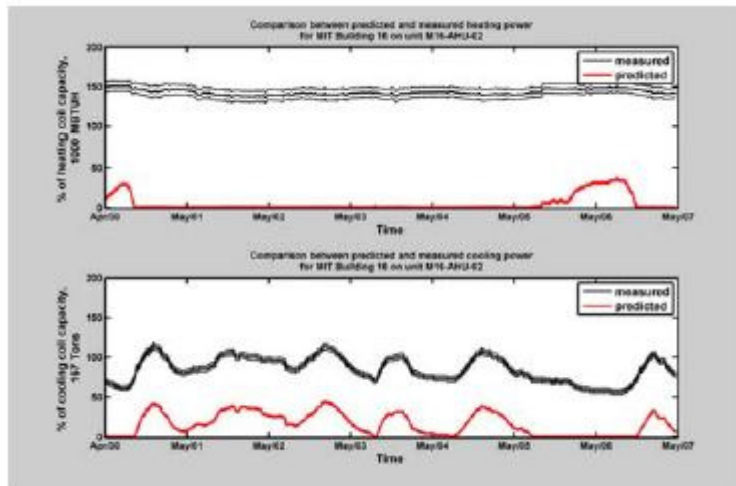
Οι κυριότερες παρεμβάσεις που έγιναν σε όλα τα κτίρια του Πανεπιστημίου συμπεριλαμβανομένης και της εστίας αφορούσαν τα εξής.

- Αντικατάσταση λαμπτήρων φωτιστικών συστημάτων
- Βελτιστοποίηση κλιματιστικού συστήματος
- Εγκατάσταση Φ/Π δυναμικότητας 50.000 kWh/έτος

Από τις αλλαγές αυτές το Πανεπιστήμιο εξοικονόμησε 2.200.000\$ ετήσιος, επίσης μείωσε τις αέριες εκπομπές κατά 22.000 τόνους αέρια του θερμοκηπίου.

Στην εστία ειδικά έγινε μια ξεχωριστή δράση-διαγωνισμός με στόχο την εξοικονόμηση λόγω της σωστής χρήσης των ηλεκτρικών, φωτιστικών, κλιματιστικών συσκευών από τους ενοίκους. Ο κοιτώνας με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας είχε σαν έπαθλο 10.000\$. Η δράση αυτή είχε σαν αποτέλεσμα να εξοικονομηθεί ενέργεια ισοδύναμη με την ετήσια κατανάλωση 14 οικιών.

Τέλος, πολύ σημαντική καινοτομία ήταν το λογισμικό το οποίο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας διδακτορικού του τμήματος Μηχανολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου. Το λογισμικό λαμβάνει απευθείας δεδομένα από τον πίνακα ελέγχου των καταναλώσεων του Πανεπιστημίου και βρίσκει αν κάποιο από τα κλιματιστικά συστήματα δεν λειτουργεί αποδοτικά [Samouhos, 2010].



Εικόνα 4 Διάγραμμα λογισμικού [Samouhos, 2010]

Στην Ν. Κορέα το 2005 άρχισε ένα κρατικό πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης των ήδη υπάρχοντων κτιρίων με μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις [Chung et al, 2014]. Το Πανεπιστήμιο Chung-Ang στη Σεούλ εντάχθηκε στο πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης των ενεργοβόρων κτιρίων του, συμπεριλαμβανομένης και της φοιτητικής εστίας. Οι αλλαγές που προτάθηκαν για την αναβάθμισης του κτιρίου ήταν:

- Φωτιστικά συστήματα, λαμπτήρες
- Αισθητήρες κίνησης για αυτόματη απενεργοποίηση των λαμπτήρων
- Αυτόματος ρυθμιστής του κλιματισμού στα δωμάτια
- Αντικατάσταση κουφωμάτων υαλοπινάκων
- Συστήματα σκίασης (εσωτερικά και εξωτερικά του κτιρίου)
- Μόνωση του κελύφους (οροφή, τοιχοποιία)

Από τις αλλαγές που προτάθηκαν, υπολογίστηκε η μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά 10-16%. Συμπέρασμα όμως ήταν ότι η κατανάλωση μπορεί να χαμηλώσει αρκετά (10-22%) με τη σωστή χρήση-συμπεριφορά των χρηστών.

Στην Ελλάδα, και συγκεκριμένα στη Θεσσαλονίκη, το διάστημα 2008-2010 κατασκευάστηκε για την αμερικανική Γεωργική Σχολή Θεσσαλονίκης σπουδαστική εστία με πολλά χαρακτηριστικά κτιρίου μηδενικής ενέργειας. Συγκεκριμένα στον σχεδιασμό του κτιρίου έγινε εφαρμογή βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής σε συνδυασμό με καινοτόμες τεχνολογίες με στόχο τη βελτίωση και τον σεβασμό του περιβάλλοντος (μείωση εκπομπής ρύπων), αλλά και την εφαρμογή εναλλακτικών μορφών ενέργειας [Μακρίδης, 2014].

Αρχικά όλα τα δωμάτια σχεδιάστηκαν δίκλινα με ξεχωριστούς χώρους για τους φοιτητές. Τα δωμάτια έχουν πρόσβαση σε ατομικούς εξώστες ή βεράντες που διαθέτουν πτυσσόμενη ηλιοπροστασία από τη νότια πλευρά ώστε να μειώνονται τα

θερμικά κέρδη τους καλοκαιρινούς μήνες αλλά τους χειμερινούς μήνες την εκμεταλλεύονται για τη θέρμανση και τον φωτισμό του δωματίου.

Στη στέγη της εστίας κατασκευάστηκαν επικλινείς φωταγωγοί για τη συλλογή της ακτινοβολίας μέσω συλλεκτών συνδεδεμένων με δεξαμενές θερμότητας ώστε να δημιουργείται παράλληλα καμινάδα ηλιασμού-αερισμού. Οι επικλινείς φωταγωγοί κατευθύνουν το φυσικό φως προς τους διαδρόμους και εξασφαλίζουν και τον φυσικό αερισμό. Επίσης στους διαδρόμους αφέθηκε κενό με τους πλευρικούς τοίχους ώστε να υπάρχουν διαμπερείς σχισμές και να γίνεται ρεύμα (καλός φυσικός αερισμός).



Εικόνα 5 Επικλινείς φωταγωγοί εστίας αμερικανικής Γεωργικής Σχολής [Μακρίδης, 2014]

Η κτιριακή μάζα έχει πολλές εσοχές οι οποίες φυτεύτηκαν έτσι ώστε να συμβάλλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος. Το δώμα είναι επίσης φυτεμένο και σκιασμένο με πέργκολες, έτσι ώστε να συμβάλλει στη θερμομόνωση και στη μείωση της θερμοκρασίας του δώματος τους ζεστούς μήνες.



Εικόνα 6 Φυτεμένο δώμα αμερικανικής Γεωργικής Σχολής [Μακρίδης, 2014]

Το κέλυφος μονώθηκε πολύ καλά, και κυρίως το δώμα το οποίο φυτεύτηκε όπως προαναφέρθηκε. Τα υλικά και η τεχνοτροπία επιτρέπουν στο κέλυφος του κτιρίου να προσλαμβάνει και να αξιοποιεί τους θετικούς κλιματικούς παράγοντες με αποτέλεσμα τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης οι υαλοπίνακες που επιλέχθηκαν είχαν πολύ καλή θερμομονωτική συμπεριφορά (LoW-E) και προστασία στις UV.

Τέλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός που επιλέχθηκε με κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας και ήταν:

- Σύστημα κεντρικού ελέγχου διαχείρισης ενέργειας
- Θερμικό ηλιακό ενεργητικό σύστημα
- Φωτιστικά LED
- Ανεμιστήρες οροφής
- Ηλιακά θερμικά
- Σύστημα εξοικονόμησης νερού

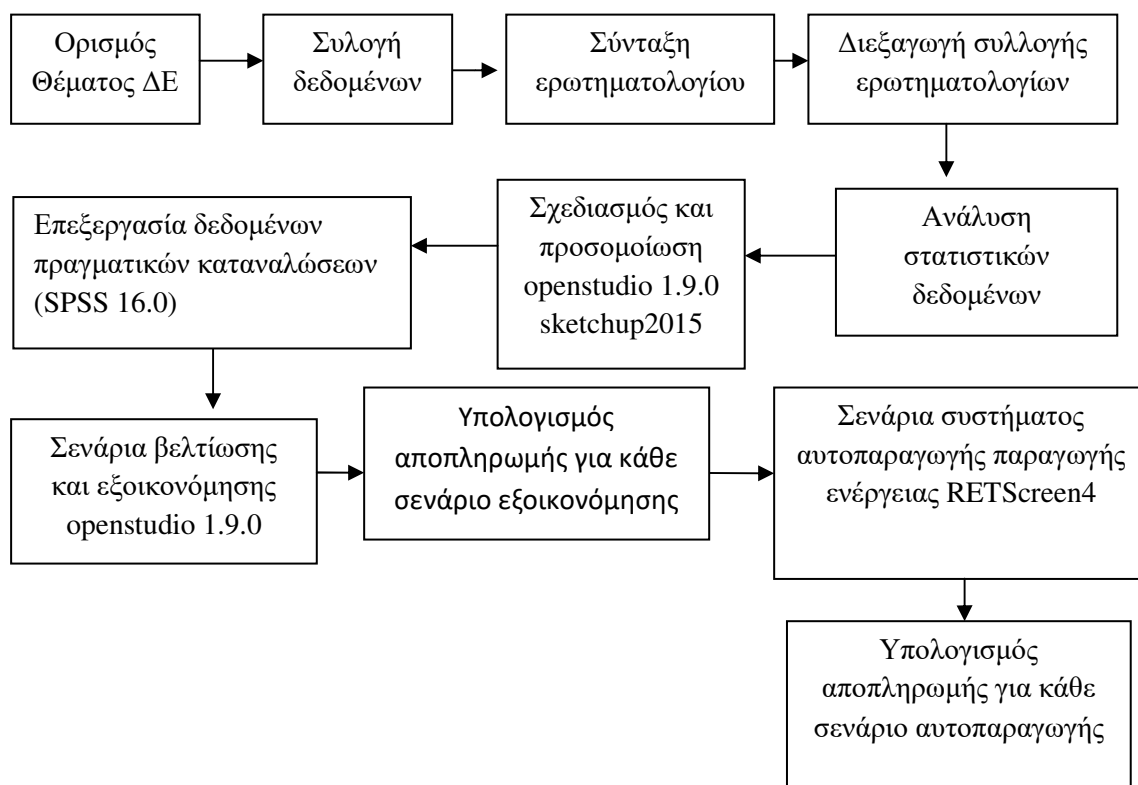


Εικόνα 7 Τελική όψη εστίας της αμερικανικής Γεωργικής Σχολής [Μακρίδης, 2014]

3 Μεθοδολογία

3.1 Διάγραμμα Μεθοδολογίας της Εργασίας

Σχήμα 1. Διάγραμμα μεθοδολογίας



Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει τα βασικά στάδια της διαδικασίας διεξαγωγής της μελέτης βήμα-βήμα, έτσι όπως αυτή εξελίχθηκε.

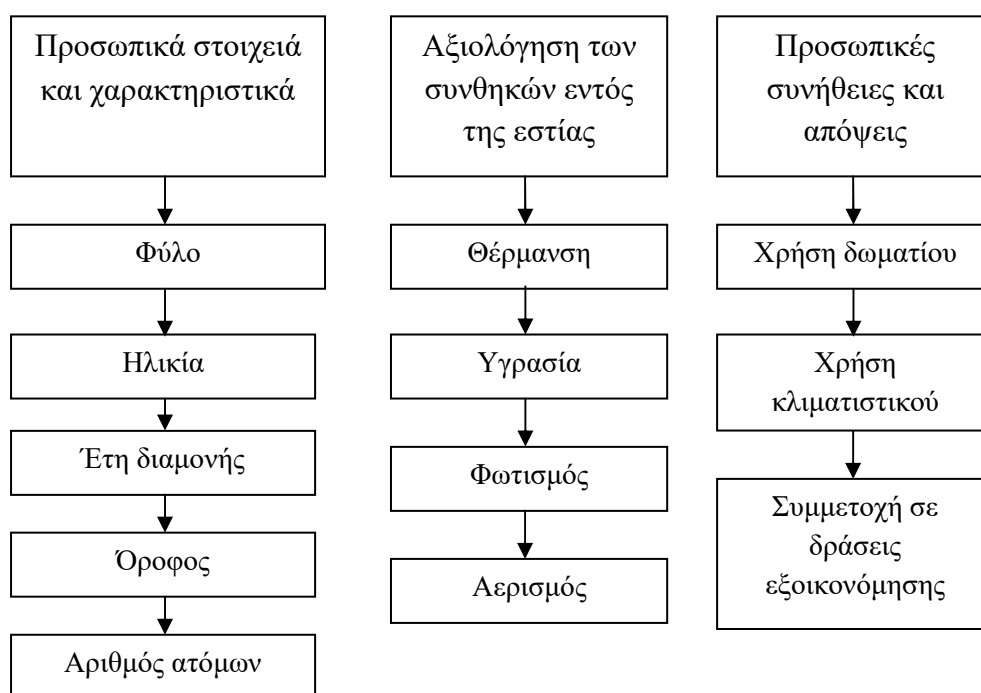
3.2.1 Συλλογή δεδομένων

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εκτός από βιβλιογραφικά στοιχεία, ήταν απαραίτητη ήταν η συλλογή δεδομένων από διάφορους φορείς και υπηρεσίες. Αναλυτικότερα τα δεδομένα και τα αρχεία, τα οποία συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα παρακάτω αναγραφόμενα. Από την τεχνική υπηρεσία ζητήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια της εστίας (από Τεχνική Υπηρεσία ΠΚ) αλλά και οι ηλεκτρικές καταναλώσεις για το έτος 2015 (από κ. Ε. Μπαραδάκη, Τεχνική Υπηρεσία). Από την Πολεοδομία Χανίων ζητήθηκε η μελέτη θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους της εστίας. Όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν επισυνάπτονται στο παράρτημα.

3.2.2 Μεθοδολογία συλλογής στατιστικών δεδομένων

Για τη μελέτη της ενεργειακής κατάστασης της εστίας του Πολυτεχνείου Κρήτης στην παρούσα φάση κρίθηκε σκόπιμο να συνταχτεί ένα ερωτηματολόγιο.

Σχήμα 2. Δομή ερωτηματολογίου (σηματική απεικόνιση)



Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν να συνεισφέρει στην απεικόνιση της κατάστασης της εστίας από την μεριά των ενοίκων-χρηστών. Η συλλογή αυτών των δεδομένων θεωρήθηκε ότι θα συνεισφέρει στην ορθή καταγραφή των προβλημάτων όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από τους ίδιους τους ενοίκους. Η συλλογή των ερωτηματολογίων έγινε την περίοδο του πρώτου δεκαπενθήμερου του Νοεμβρίου 2015. Η χρονική αυτή περίοδος επιλέχθηκε επειδή οι ένοικοι της φοιτητικής εστίας αλλάζουν κάθε χρόνο στα τέλη του Νοέμβρη. Έτσι, αν η διαδικασία συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων ήταν μετά από αυτόν τον χρονικό ορίζοντα, θα υπήρχε ο κίνδυνος να συλλεχθούν ερωτηματολόγια από νέους χρήστες χωρίς την εμπειρία της διαβίωσης για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το ερωτηματολόγιο (παράρτημα σελ.137) συντάχτηκε με γνώμονα οι ερωτήσεις να είναι κατανοητές και απλές προς τους χρήστες και να σχετίζονται με καθημερινές καταστάσεις και συνθήκες που θα ήταν οικείες προς αυτούς.

Πιο συγκεκριμένα οι ερωτήσεις που συντάχθηκαν είχαν τις βασικές κατευθυντήριες γραμμές (όπως φαίνεται και το σχήμα):

- 1) προσωπικά στοιχεία και χαρακτηριστικά
- 2) αξιολόγηση των συνθηκών εντός της εστίας
- 3) προσωπικές συνήθειες

Αναλυτικότερα οι παραπάνω κατηγορίες που παρατέθηκαν περιλαμβάνουν τα εξής:

Η 1η κατηγορία εμπεριέχει πληροφορίες για τα προσωπικά χαρακτηριστικά των χρηστών όπως είναι τα παρακάτω αναγραφόμενα: φύλο, ηλικία, έτη διαμονής στην εστία, όροφος και αριθμός δωματίου, αριθμός ατόμων που διαμένουν στο δωμάτιο.

Η 2η κατηγορία συμπεριλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό της εστίας σύμφωνα με το πώς τις αντιλαμβάνονται οι χρήστες. Συγκεκριμένα οι συνθήκες για τις οποίες οι ένοικοι ρωτήθηκαν ήταν: θερμοκρασία, υγρασία, φωτισμός (φυσικός-τεχνητός), αερισμός. Οι παραπάνω ερωτήσεις δόθηκαν με μορφή κλιμακούμενης απάντησης από το 1 έως το 5, όπου το 1 ισούνταν με την άνεση και το 5 με την απόλυτη δυσφορία. Επιλέχθηκε κλίμακα πέντε βαθμίδων αξιολόγησης, ώστε να υπάρχει ένα εύρος επιλογής για τους ερωτηθέντες. Αυτό το εύρος θα έπρεπε να είναι τέτοιο ώστε να παρέχει μια καλή ακρίβεια για την κατάσταση στον χώρο έτσι όπως την αντιλαμβάνεται ο χρήστης.

Οι πέντε βαθμίδες θεωρήθηκαν ιδανικές, διότι παρέχουν καλή ακρίβεια και ταυτόχρονα δεν προκαλούν σύγχυση στον ερωτώμενο (όπως θα γινόταν αν οι κλάσεις ήταν π.χ. 7). Λόγω της υποκειμενικότητας που εμπεριέχεται σε τέτοιου τύπου ερωτήματα κρίθηκε σημαντικό να γίνει κάποιου είδους διασταύρωση-ταυτοποίηση για το αν η κρίση των χρηστών είναι ορθολογική για τις συνθήκες που επικρατούν στον χώρο. Για τον σκοπό αυτόν έγινε χρήση φορητού μετεωρολογικού σταθμού, με τον οποίο πάρθηκαν μετρήσεις την ίδια στιγμή που γινόταν και η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τους χρήστες. Αυτή η διαδικασία σαν στόχο είχε την διασταύρωση της πραγματικής κατάστασης που επικρατεί στους χώρους της εστίας με την αντίληψη των χρηστών.

Έτσι θα μπορούσε να εξαχθεί συμπέρασμα για το κατά πόσο τα δεδομένα-απαντήσεις για τις συνθήκες εσωτερικής άνεσης από τους χρήστες συμβαδίζουν με την πραγματικότητα. Η διαδικασία αυτή της διασταύρωσης έγινε σε ένα μεγάλο τμήμα του δείγματος των ερωτηθέντων (34/51) περίπου 65%.

Τέλος, η 3η κατηγορία περιλαμβάνει πληροφορίες που σχετίζονται με τις συνήθειες των χρηστών, την άποψη τους και την αντίληψή τους πάνω στα προβλήματα της εστίας. Συγκεκριμένα ρωτήθηκαν για τα εξής: διαμονή στο δωμάτιο σε ημερήσια, εβδομαδιαία και μηνιαία βάση. Επίσης για τις συνήθειες που αφορούν τα μέσα που χρησιμοποιούν για τη θέρμανση και ψύξη του χώρου. Τέλος διατυπώθηκαν και ερωτήσεις ανοικτού τύπου που έδιναν τη δυνατότητα ελεύθερης έκφρασης για τα

προβλήματα που υφίστανται, αλλά και το κατά πόσο είναι διατεθειμένοι οι ένοικοι να δεχτούν πιθανές αλλαγές με σκοπό την εξοικονόμηση.

Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι η συλλογή των ερωτηματολογίων έγινε με την χρήση της εφαρμογής *google forms*⁴ ώστε να αποφευχθεί η σπατάλη χαρτιού, αλλά και για την άμεση ταξινόμηση των απαντήσεων σε υπολογιστικό φύλο Excel. Τα ερωτηματολόγια συλλέχθηκαν ως επί το πλείστον με τη χρήση φορητού υπολογιστή τύπου tablet, «από πόρτα σε πόρτα» όπου παρεχόταν στους φοιτητές ώστε να γίνεται η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου real time. Τα υπόλοιπα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από τους φοιτητές μέσω του online ερωτηματολογίου που αναρτήθηκε στο forum της φοιτητικής εστίας.

Εν συνεχεία τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω της εφαρμογής *google forms* ταξινομήθηκαν σε υπολογιστικό φύλο Excel και έπειτα στο λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων SPSS 16.0⁵. Με τη χρήση του λογισμικού αυτού έγινε όλη η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του SPSS16.0 κατασκευάστηκαν όλα τα απαραίτητα Γραφήματα, ραβδογράμματα συχνοτήτων, πίτες συχνοτήτων, αλλά και συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών ώστε να διαπιστωθεί κάποια πιθανή συσχέτιση ή μη συσχέτιση.

3.3.1 Σχεδιασμός και προσομοίωση

Στα πλαίσια της ΔΕ κρίθηκε απαραίτητο να γίνει η προσομοίωση της εστίας μέσω λογισμικού προσομοίωσης των ενεργειακών αναγκών. Στόχος ήταν να δημιουργηθεί ένα εργαλείο το οποίο αφενός θα εξήγαγε μια Εικόνα για την παρούσα φάση της εστίας και αφετέρου θα παρείχε τη δυνατότητα κατασκευής πιθανών σεναρίων για τη βελτίωσή της.

Λόγω του μεγάλου μεγέθους του κτιρίου και της αρχιτεκτονικής του πολυπλοκότητας και σε συνάρτηση του περιορισμένου χρόνου και υπολογιστικής ισχύος επιλέχθηκε να προσομοιωθεί ένα τμήμα-τομέας της εστίας. Η επιλογή για τον τομέα έγινε σύμφωνα με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη διαδικασία του ερωτηματολογίου. Επιλέχθηκε να προσομοιωθεί ο τομέας αυτός με τις δυσμενέστερες συνθήκες διαβίωσης έτσι όπως αυτές αποτυπώθηκαν μέσα από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αλλά και από την αυτοψία κατά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Έγινε η παραδοχή να χρησιμοποιηθεί σαν μέτρο σύγκρισης για τις συνθήκες εντός των δωματίων η θερμοκρασία όπως την αντιλαμβάνονται οι χρήστες. Δηλαδή θεωρήθηκε ότι ο τομέας όπου οι χρήστες δήλωσαν ότι αισθάνονται λιγότερο άνετα θερμοκρασιακά ότι είναι και ο δυσμενέστερος.

⁴<https://docs.google.com/forms/d/1S5NpZJvCIMZzmd5AYWWqGnRKY06puBzDe28T1TZexc/viewform> [11-2015]

⁵<http://www.spss.co.in/> [1-2016]

Για τη δημιουργία του μοντέλου έγινε χρήση του σχεδιαστικού λογισμικού Sketchup⁶ με το οποίο έγινε ο σχεδιασμός της γεωμετρίας του κτιρίου. Ο σχεδιασμός έγινε με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια που παραχωρήθηκαν από την τεχνική υπηρεσία. Για τον σχεδιασμό του τμήματος της εστίας που επιλέχθηκε έγιναν κάποιες παραδοχές, ώστε να προκύψει ένα κτιριακό μοντέλο απλοποιημένο και εύχρηστο. Πιο συγκεκριμένα, από τα σχέδια έγινε η αποτύπωση των εσωτερικών διαστάσεων του κτιριακού κελύφους. Η αποτύπωση των εσωτερικών διαστάσεων έγινε λόγω του ότι το πάχος των τοιχίων θα εκχωρούνταν στη συνέχεια μέσω άλλου λογισμικού με μεγαλύτερη ακρίβεια ως προς τη διαστρωμάτωση των υλικών του τοιχίου και τις ιδιότητες αυτών. Επίσης έγινε η παραδοχή να αφαιρεθούν οι δοκοί για την απλοποίηση στον σχεδιασμό αλλά και λόγω του ότι από τη μελέτη θερμομόνωσης υπάρχει ένα ενιαίο U ⁷ για τα εξωτερικά τοιχία και τις δοκούς. Στο εσωτερικό της εστίας έγινε επίσης η παραδοχή να μην προστεθούν οι πόρτες αλλά να θεωρηθούν τα εσωτερικά τοιχία ενιαία επιφάνεια. Αυτό έγινε διότι η λεπτομέρεια της προσθήκης των εσωτερικών ξύλινων θυρών που διαχωρίζουν τους χώρους θα επηρέαζε αμελητέα το τελικό αποτέλεσμα αλλά θα επιβάρυνε την υπολογιστική διαδικασία του λογισμικού. Τέλος οι επιφάνειες αυτές που ήταν σε επαφή με το υπόγειο και εκείνες που είναι από την πλευρά που έγινε η θεωρητική τομή του τομέα του κτιρίου, θεωρήθηκαν ως αδιαβατικές.

Σε συνδυασμό με το sketchup χρησιμοποιήθηκε και λογισμικό προσομοίωσης των ενεργειακών αναγκών, το openstudio⁸. Τα δυο αυτά προγράμματα ήταν σε συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η αλληλεπίδραση αυτή επιτεύχθηκε με τη βοήθεια του εργαλείου του plugin openstudio στο σχεδιαστικό λογισμικό sketchup. Με τη χρήση του εργαλείου αυτού έγινε ο σχεδιασμός των διαφορετικών θερμικών ζωνών και των σκιάστρων. Μέσω του λογισμικού openstudio εκχωρήθηκαν όλες οι πληροφορίες για το κτίριο και τη λειτουργία του σε καθημερινή και ετήσια βάση. Εκτενέστερα, μέσω του openstudio έγιναν τα παρακάτω. Αρχικά εισάχθηκε ένα αρχείο καιρού της περιοχής της Σούδας (κ. Κολοκοτσά) το οποίο περιλάμβανε μέσο όρο των καιρικών δεδομένων για 30 χρόνια. Εν συνεχεία έγινε η εισαγωγή των υλικών με την στρωματοποίησή τους έτσι όπως δόθηκε από τη μελέτη θερμομόνωσης (Σωτηρίου, Φωτιάδης, 1992) της εστίας. Να σημειωθεί ότι τα υλικά για τα οποία υπήρχε ελλιπής περιγραφή για της ιδιότητές τους (π.χ. πυκνότητα) συμπληρώθηκαν βάσει του TOTEE 20701-2/20109 (Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων). Στην συνέχεια εκχωρήθηκαν οι ηλεκτρικές συσκευές που υπάρχουν στον χώρο αλλά και οι λαμπτήρες φωτισμού. Για τις

⁶ <http://www.sketchup.com/> [2-2016]

⁷ **Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U- value):** Είναι η ποσότητα θερμότητας (σε Watt) που περνά μέσα από ένα τετραγωνικό ενός δομικού στοιχείου, ορισμένου πάχους d σε ορισμένο χρονικό διάστημα μίας ώρας, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν. Μετρά δηλαδή με πόση ευκολία διαπερνά η θερμότητα ένα υλικό ή σύστημα μέσα στα πλαίσια που αναφέρθηκαν.

⁸ www.openstudio.net [2, 2016]

⁹ <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf> [2, 2016]

ηλεκτρικές συσκευές και τους λαμπτήρες που υπάρχουν σε κάθε χώρο έγινε μια αθροιστική αποτίμηση της συνολικής ισχύος τους και δημιουργήθηκε ένα ενιαίο πρόγραμμα που ουσιαστικά προσδιόριζε τη λειτουργία των συσκευών και του φωτισμού μέσα στη διάρκεια του 24ώρου. Για κάθε χώρο του τομέα δημιουργήθηκε πρόγραμμα χρήσης του χώρου (schedule) από τους χρήστες μέσα στο διάστημα της ημέρας και του έτους. Με αυτόν τον τρόπο το λογισμικό κάνει τους υπολογισμούς για τα ηλεκτρικά φορτία που χρειάζονται για ολόκληρο το κτίριο, πετυχαίνοντας μια αρκετά καλή εκτίμηση. Εκτενέστερα, το ημερήσιο πρόγραμμα χρήσης δημιουργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη το ημερήσιο πρόγραμμα των μαθημάτων και έγινε και η υπόθεση απουσίας από το δωμάτιο αυτές τις ώρες, συν δυο ώρες επιπλέον απουσίας για προσωπικούς λόγους. Για το ετήσιο πρόγραμμα χρήσης αφαιρέθηκαν τα δεκαπενθήμερα Χριστουγέννων και Πάσχα συν είκοσι μέρες των Αύγουστο. Για τη χρήση των κοινόχρηστων χώρων (κουζίνα, διάδρομος) έγινε η υπόθεση ότι χρησιμοποιούνται από κάθε χρήστη κατά μέσο όρο περίπου μία με δύο ώρες την ημέρα, Αυτό το χρονικό διάστημα μοιράστηκε μέσα στο ημερήσιο πρόγραμμα ως εξής: το πρωί 8:15-8:45, το μεσημέρι 14:00-14:30 και το βράδυ 21:00-22:00.

Για τη θέρμανση και την ψύξη του χώρου ρυθμίστηκε ο θερμοστάτης στο θερμοκρασιακό εύρος 21-26°C για τη θέρμανση και την ψύξη αντιστοίχως. Το θερμοκρασιακό αυτό εύρος επιλέχθηκε διότι είναι εντός του εύρους θερμοκρασιακής άνεσης σε κλειστούς χώρους¹⁰, αλλά ταυτόχρονα είναι αρκετά ρεαλιστικό σε σχέση με τις συνήθειες των ενοίκων. Ομοίως αφαιρέθηκαν τα διαστήματα των διακοπών και για το σύστημα θέρμανσης και ψύξης.

Για το σύστημα θέρμανσης και ψύξης έγινε η θεώρηση ότι λειτουργεί ενιαία σε όλους τους κλιματιζόμενους χώρους του κτιρίου για την απλοποίηση στον σχεδιασμό του μοντέλου. Η λειτουργία του κλιματιστικού συστήματος θεωρήθηκε ότι θα τίθεται σε λειτουργία όταν οι θερμοκρασίες που θα επικρατούν στον χώρο θα είναι εκτός του θερμοκρασιακού εύρους άνεσης που ορίστηκε.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι στο το πρόγραμμα το οποίο έκανε τη σύνθεση των διαφορετικών δεδομένων από τα δυο προαναφερθέντα προγράμματα, αλλά και τα δεδομένα του αρχείου καιρού, ήταν το λογισμικό energyplus¹¹.

3.3.2 Προβλήματα κατά τον σχεδιασμό

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της προσομοίωσης του μοντέλου υπήρξαν αρκετές δυσκολίες. Αρχικά για την εκχώρηση των υλικών που συνιστούν το υπάρχον κτιριακό κέλυφος, τα δεδομένα από τη μελέτη θερμομόνωσης δεν ήταν πάντοτε περιγραφικά και συγκεκριμένα, πράγμα το οποίο οδήγησε σε κάποιες θεωρήσεις. Συγκεκριμένα το είδος της μόνωσης που υφίσταται στα εξωτερικά τοιχία αλλά και στην οροφή δεν ορίζεται στο τεύχος της θερμομόνωσης. Επίσης δεν δίνονταν τα

¹⁰ [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/\\$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf) [4, 2016]

¹¹ www.energyplus.net [2, 2016]

χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων και των κουφωμάτων του κτιρίου. Για την κάλυψη αυτών των κενών των δεδομένων έγινε χρήση του TOTEE 20701-2/201012. Δυσκολίες επίσης υπήρξαν κατά τον σχεδιασμό του κτιριακού κελύφους στο sketchup καθώς κατά τη διαγραφή κάποιας επιφάνειας το πρόγραμμα αντιλαμβανόταν ασυνέχεια των επιφανειών, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαίος ο επανασχεδιασμός του κτιρίου. Ένα πρόβλημα κατά τον σχεδιασμό ήταν ο προσδιορισμός της επιφάνειας του δαπέδου της κουζίνας λόγω του ότι δεν είναι σε επαφή με το έδαφος και το λογισμικό το αντιλαμβανόταν σαν σφάλμα. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε προσδιορίζοντας ότι η επιφάνεια αυτή από την εξωτερική πλευρά δεν έρχεται σε επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία (λόγω του σκιασμού που δημιουργείται) αλλά μόνο με τον άνεμο. Για την ακριβέστερη προσομοίωση επιδιώχθηκε να δημιουργηθεί αρχείο καιρού με τα μετεωρολογικά δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του κ. Λαζαρίδη, αλλά δυστυχώς το λογισμικό δεν ολοκλήρωνε τους υπολογισμούς μέχρι τέλους και εμφάνιζε σφάλμα με το νέο αρχείο καιρού. Τέλος σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις πρώτες προσομοιώσεις δεν ήταν καθόλου ρεαλιστικά και χρειάστηκαν αρκετές αλλαγές και μετατροπές στις παραμέτρους. Χαρακτηριστική παρέμβαση ήταν αυτή του χρονοδιαγράμματος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών και συγκεκριμένα της κουζίνας-κοινόχρηστων χώρων. Επίσης έγινε η αλλαγή των συντελεστών μετατροπής της σχεδιαστικής ισχύος, μιας συσκευής σε λανθάνουσα και σε ακτινοβολία. Και οι δυο συντελεστές θεωρήθηκαν μηδενικοί για λόγους απλούστευσης του μοντέλου, αλλά και λόγω του ότι η κάθε συσκευή έχει διαφορετικούς συντελεστές. Έτσι στο μοντέλο δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα θερμικά κέρδη που υπάρχουν από τις συσκευές που λειτουργούν στον χώρο διότι δημιουργούσε πρόβλημα στον υπολογισμό του φορτίου θέρμανσης που απαιτείται.

3.4 Επεξεργασία δεδομένων πραγματικών καταναλώσεων

Τα δεδομένα των ηλεκτρικών καταναλώσεων που δόθηκαν από την ΤΥ ήταν σε μορφή αρχείου Excel. Από τα δεδομένα αυτά το ζητούμενο ήταν να εξαχθεί ένα αποτέλεσμα για τη μεικτή πραγματική ηλεκτρική κατανάλωση ανά κλιματιζόμενο τετραγωνικό μέτρο. Το αρχείο που δόθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία περιλάμβανε τη συνολική ηλεκτρική κατανάλωση της εστίας ανά ώρα για όλες της μέρες του χρόνου από 15/11/2015 έως 15/11/2016 (εκτός από μερικές ημέρες διακοπών, που υπήρχε κενό λόγω βλάβης του συστήματος καταγραφής). Τα δεδομένα αυτά έγιναν αντικείμενο επεξεργασίας (μέσω του λογισμικού Excel) ώστε μαζί με τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης να προκύψουν μερικά συμπεράσματα για τις αλλαγές που θα χρειαστούν να γίνουν στο κτίριο. Τα δεδομένα ηλεκτρικής κατανάλωσης της ετησίας εμπεριείχαν και τα φορτία για την παραγωγή ζεστού νερού

¹² <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf> [2, 2016]

μέσω της αντλίας θερμότητας. Έτσι δεν ήταν δυνατή η σύγκριση των τιμών της προσομοίωσης που δεν εμπεριέχει τον υπολογισμό ζεστού νερού χρήσεως με τα πραγματικά δεδομένα. Για αυτόν τον λόγο έγινε η αφαίρεση του ηλεκτρικού φορτίου που απευθυνόταν στην αντλία θερμότητας. Αυτό επιτεύχθηκε διότι η αντλία κατά τη λειτουργία της δημιουργεί εμφανή αύξηση ισχύος από 80-100% σε σχέση με τις λοιπές καταναλώσεις. Έτσι, με γνώμονα αυτές τις απότομες αυξήσεις στην ισχύ, έγινε η περικοπή των κορυφών ισχύος (peak power). Στη συνέχεια έγινε η άθροιση των καταναλώσεων σε ετήσια βάση και έπειτα έγινε διαίρεση με τα συνολικά κλιματιζόμενα τετραγωνικά της εστίας. Για τη διαίρεση αυτή έγινε προσεγγιστικά ο υπολογισμός των συνολικών κλιματιζόμενων τετραγωνικών σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια.

3.5 Σενάρια μείωσης αναγκών

Για τη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης της φοιτητικής εστίας έγιναν κάποια σενάρια βελτίωσης του μοντέλου που απεικονίζει τη δεδομένη κατάσταση. Τα σενάρια αυτά περιλάμβαναν αλλαγές όπως τη θερμομονωτική ενίσχυση του κτιριακού κελύφους, την αλλαγή των κουφωμάτων αλλά και την αντικατάσταση των λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης¹³. Στόχος ήταν η μείωση των ηλεκτρικών αναγκών κατά το μέγιστο δυνατό ώστε να καθίσταται εφικτή η κάλυψη του 50% από ανανεώσιμες πηγές στην οροφή του κτιρίου και στον περιβάλλοντα χώρο πλησίον αυτού.

Αναλυτικότερα τα σενάρια τα οποία μοντελοποιήθηκαν ήταν τα παρακάτω:

1) Προσθήκη θερμοπρόσοψης στην εξωτερική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους με σκοπό την ενίσχυση της θερμομονωτικής ικανότητάς του, έτσι ώστε να μειωθούν οι ανάγκες για θέρμανση και ψύξη του χώρου. Η θερμοπρόσοψη επιλέχθηκε να γίνει από την εξωτερική πλευρά του κτιρίου, αφενός για να μην περιορίσει τον εσωτερικό χώρο και αφετέρου για να μην υπάρξει πρόβλημα με τυχόν εγκλωβισμό υγρασίας. Το υλικό που επιλέχθηκε να τοποθετηθεί ήταν διογκωμένη πολυστερίνη,¹⁴ πάχους 50 mm. Η επιλογή να τοποθετηθεί θερμοπρόσοψη θεωρήθηκε αναγκαία λόγω του ότι η «αδιευκρίνιστου τύπου» μόνωση από τη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου δεν είναι γνωστό αν έχει τοποθετηθεί σωστά για την αποφυγή θερμογεφυρών και αν έχει τοποθετηθεί το πάχος που αναγράφεται στο τεύχος θερμομόνωσης. Επίσης σημαντικός παράγοντας που λήφθηκε υπόψη ήταν η γήρανση και η αλλοίωση¹⁵ που

¹³ SUE ROAF, 2009, *ECO δομείν*, Εκδόσεις Ψυχάλου

¹⁴ http://www.knauf.gr/www/el/plasters_4/products/products_3/products_4.php?prod_id=5632 [4,2016]

¹⁵ Ρίκα Δελγιαννίδου Νίκος Κ. Μπάρκας ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ Δ.Π.Θ. ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMD100/06>. [5,2016]

έχει υποστεί η μόνωση λόγω απορρόφησης υγρασίας που ενδεχομένως έχει εισχωρήσει.

2) Προσθήκη ειδικής επένδυσης «πράσινης μόνωσης»,¹⁶ στην οροφή του κτιρίου σε συνάρτηση με ένα ειδικό μονωτικό υλικό, το Floratherm,¹⁷ το οποίο είναι κατάλληλο για εφαρμογή σε πράσινες στέγες εκτατικού και ημιεντατικού τύπου. Το θερμομονωτικό-αποστραγγιστικό στοιχείο Floratherm είναι κατασκευασμένο από διογκωμένη πολυστερίνη και διαθέτει τα κατάλληλα τεχνικά χαρακτηριστικά για εγκατάσταση και σε επικλινείς στέγες. Η επιλογή αυτής της προσθήκης και όχι μιας απλής συμβατικής μόνωσης ήταν λόγω των πολλαπλών οφελών που αποδίδει στο κτίριο. Αρχικά τα φυτά σε ένα φυτεμένο δώμα απορροφούν τη ζέστη για τις ανάγκες του μεταβολισμού τους, με αποτέλεσμα να μειώνετε η ανάγκη για ψύξη τους θερινούς μήνες. Επίσης, θερμαίνεται και ψύχεται πολύ πιο αργά σε σχέση με ένα δώμα στο οποίο δεν έχει εφαρμοστεί το σύστημα. Ως συνέπεια, το κτίριο κλιματίζεται πιο αποτελεσματικά. Κίνητρο επίσης αποτέλεσε το ότι περιορίζεται η καταπόνηση του κτιρίου από τις θερμικές συστολές και διαστολές με θετικές συνέπειες για τη ζωή του. Ακόμα ένα φυτεμένο δώμα συμβάλλει καταλυτικά στη βελτίωση της αισθητικής του κτιρίου, καθώς δημιουργεί έναν όμορφο χώρο αναψυχής στη στέγη. Τέλος πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ότι ένα φυτεμένο δώμα κατακρατά και φιλτράρει το 75% της ποσότητας των νερών της βροχής, πράγμα το οποίο βοηθά στην αποφυγή λιμναζόντων υδάτων που προκαλούν τη διείδυση υγρασίας στο κτίριο.

3) Αλλαγή των λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης τύπου LED σε όλους τους χώρους της εστίας.¹⁸ Οι λάμπες LED εξοικονομούν έως και 85% στην κατανάλωση ενέργειας προστατεύοντας το περιβάλλον. Μια λάμπα οικονομίας με ισχύ 10W μπορεί και αντικαθιστά επάξια μια συμβατική λάμπα πυράκτωσης των 60W. Επιπλέον, οι λάμπες LED μπορούν να αντικαταστήσουν οποιοδήποτε τύπο λαμπτήρα πυρακτώσεως, προσφέροντας μια οικολογικά φιλικότερη, εναλλακτική λύση. Οι λάμπες LED είναι άμεσης έναυσης και έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, 30.000 h (30 φορές μεγαλύτερη από τις κοινές λάμπες πυράκτωσης). Ταυτόχρονα σημαντική και αναγκαία θεωρήθηκε η προσθήκη φωτοκύτταρων στους κοινόχρηστους χώρους. Σκοπός της προσθήκης αυτής ήταν να περιοριστεί ο χρόνος που τα φώτα παραμένουν ανοιχτά και να αποφευχθεί το φαινόμενο να παραμένουν άσκοπα σε λειτουργία καθ' όλη την διάρκεια της νύχτας. όπως συμβαίνει με το παρόν σύστημα.

4) Η αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων υαλοπινάκων με καινούργιους υαλοπίνακες . Οι νέοι υαλοπίνακες αυτοί σαφώς έχουν χαμηλότερο U- value ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα του κελύφους¹⁹, τα οποία είναι αρκετά τετραγωνικά μέτρα. Επίσης και τα κουφώματα κρίθηκε απαραίτητο να

¹⁶ <http://www.oikosteges.gr/> [2,2016]

¹⁷ <http://archive-gr-2014.com/open-archive/4272136/2014-07-12/1c8448649b50254a5c2a7f7b56068fb0> [5,2016]

¹⁸ <http://www.energylab.gr/products/energy-saving-lightbulbs/>

¹⁹ Παντελίδης Γιώργος, 2015, *Νέος οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων*, Εκδόσεις Δεδεμάδη

αντικατασταθούν με νέα θερμοδιακοπόμενα για τους εξής λόγους. Πρώτον δεν υπάρχει αρκετά καλή στεγάνωση του χώρου λόγω της παλαιότητας και της φθοράς που έχουν υποστεί. Δεύτερον και εξίσου σημαντικό είναι το ότι δεν υπάρχει διάδρομος για την προσθήκη εντομοαπωθητικής σήτας. Και τέλος Τα θερμοδιακοπόμενα κουφώματα αλουμινίου, μειώνουν την απώλεια θερμότητας σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από ό,τι τα απλά κουφώματα αλουμινίου.²⁰

3.6 Σενάρια αυτοπαραγωγής ενέργειας

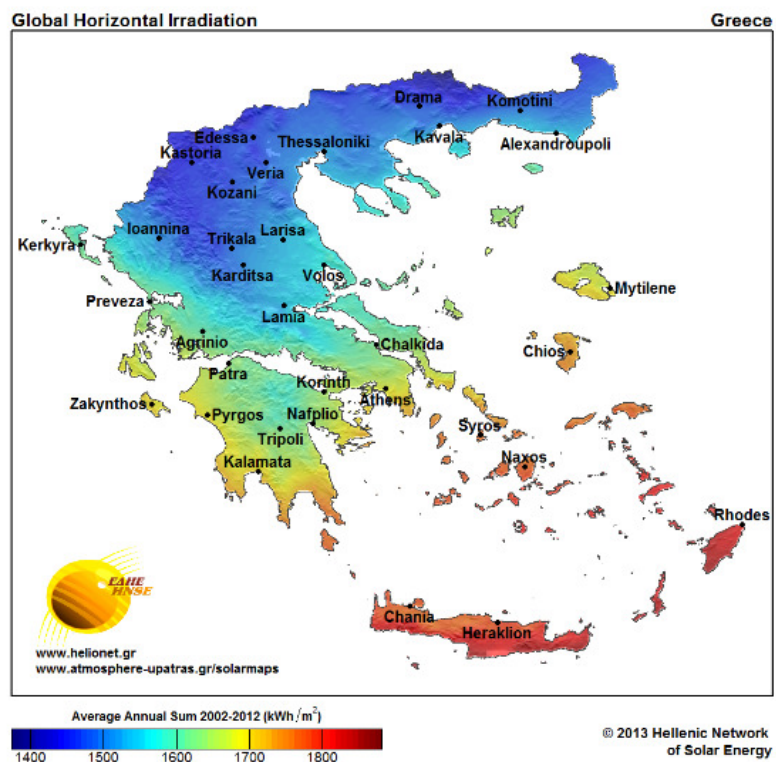
Για να επιτευχθεί ο στόχος Νζεβ-σΜΕΚ που τέθηκε για την εστία του ΠΚ και πιο συγκεκριμένα για τον τομέα μελέτης της εστίας απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κάλυψη ενός σημαντικού ποσοστού ενεργειακών αναγκών του κτιρίου με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η παραγωγή της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές θα πρέπει να γίνεται επιτόπου στο κτίριο ή πλησίον αυτού.

Η επιλογή που έγινε για το μέσον παραγωγής της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας ήταν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Τα φωτοβολταϊκά συνιστούν την πλέον ευρέως διαδεδομένη λύση για την ενσωμάτωση ΑΠΕ²¹ στο δομημένο περιβάλλον. Επίσης σημαντικός παράγοντας για την επιλογή αυτή ήταν η τοποθεσία του κτιρίου και η γεωγραφική θέση, η οποία ευνοεί στο μέγιστο μια εγκατάσταση για φωτοβολταϊκή μονάδα παραγωγής ενέργειας λόγω της αυξημένης ηλιοφάνειας όπως φαίνεται και στις Εικόνες 8 και 9.²²

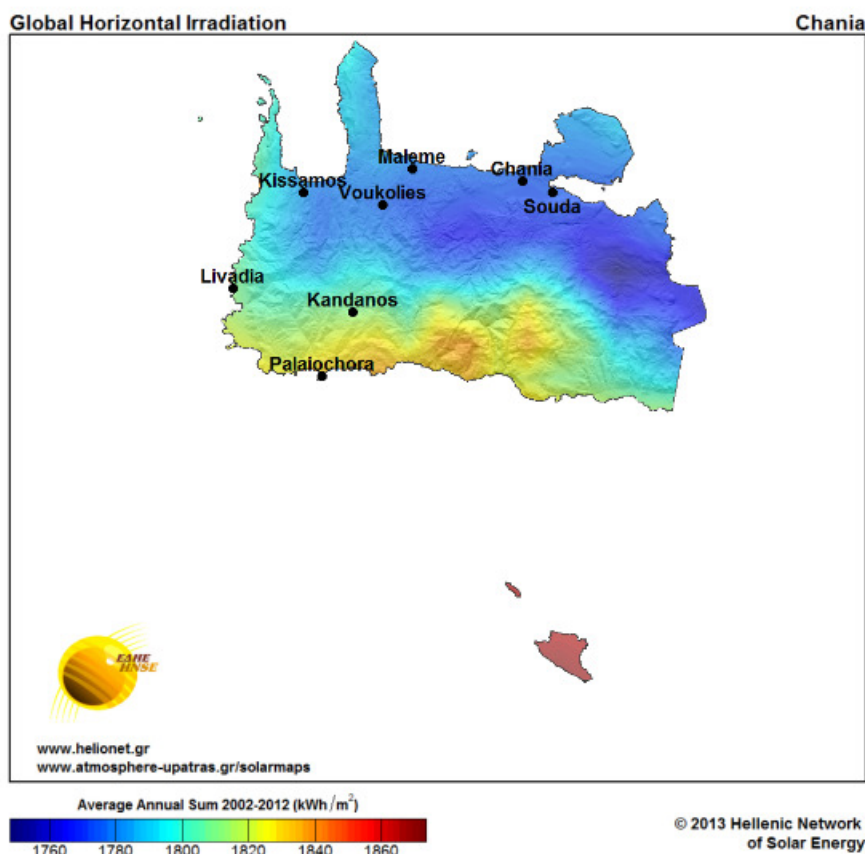
²⁰ http://www.portal.com.gr/assets/documents/products/attachments/ti_einai_thermodiakopi.pdf

²¹ Θεοχάρης Δ. Τσουτσος, Ιωάννης Ν. Κανάκης, 2013, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

²² <http://www.helionet.gr/> [5, 2016]



Εικόνα 8 Χάρτης της Ελλάδος για την πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας (Hellenic Network of Solar Energy, 5/2016)



Εικόνα 9 Χάρτης Χανίων για την πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας (Hellenic Network of Solar Energy, 5/2016)

Η διαστασιολόγηση για την απαιτούμενη εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών έγινε εφόσον βέβαια προηγήθηκε η μεγίστη δυνατή μείωση των ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών από τις προαναφερθείσες παρεμβάσεις στο κτίριο.

Λόγω της περιορισμένης επιφάνειας που ήταν κατάλληλη και πρόσφορη για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών έγινε η επιλογή του πλαισίου με κύριο γνώμονα τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας στα διαθέσιμα τετραγωνικά μέτρα. Η επιφάνεια που κρίθηκε ως αξιοποιήσιμη για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών φαίνεται στις Εικόνες 10,11,12 και 13. Η συγκεκριμένη επιφάνεια δεν είχε κάποια χρήση εκτός από σκίαστρο και δεν είναι πρόσφορη για οποιαδήποτε άλλη χρήση στο μέλλον. Όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες η επιφάνεια είναι θεμελιωμένη σε μια βαριά μεταλλική κατασκευή, με κλίση 40 μοίρες και είναι στραμμένη σε νοτιοδυτική διεύθυνση. Η κατασκευή αυτή θεωρήθηκε ως μια πολύ καλή βάση για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών τα οποία θα έχουν μια άριστη ενσωμάτωση στο κτίριο χωρίς να δημιουργούν κανένα αισθητικό πρόβλημα λόγω του ότι δεν θα αλλάξει η ήδη υπάρχουσα μορφολογία και γεωμετρία του κτιρίου.



Εικόνα 10 Νότια όψη πλαισίων



Εικόνα 11 Νοτιοανατολική όψη πλαισίων



Εικόνα 12 Νοτιοδυτική όψη πλαισίων Α



Εικόνα 13 Νοτιοδυτική όψη πλαισίων Β

Έγινε η προσομοίωση τριών σεναρίων για την κάλυψη των πραγματικών αναγκών του τομέα, και εκτενέστερα της εστίας, όπως αυτές δόθηκαν από την ΤΥ. Το πρώτο σενάριο ήταν η κάλυψη του 50% των αναγκών, το δεύτερο σενάριο η κάλυψη του 100% και το τρίτο σενάριο η κάλυψη όλων των διαθέσιμων πλαισίων αλουμινίου με φωτοβολταϊκά πλαίσια. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της προσομοίωσης που προηγήθηκε προέκυψε ένα ποσοστό μείωσης των ηλεκτρικών αναγκών. Λόγω του ότι οι πραγματικές ηλεκτρικές ανάγκες διέφεραν από αυτές που προέκυψαν μέσω της μοντελοποίησης έγινε η παραδοχή ότι το ποσοστό μείωσης από την προσομοίωση ανταποκρίνεται και στην πραγματική κατανάλωση.

Η επιλογή των σεναρίων αυτών έγινε με το σκεπτικό να υπολογιστεί κατά πόσον είναι δυνατόν να καλυφτούν οι ανάγκες με τη διαθέσιμη επιφάνεια στο σύνολό τους και στο ήμισυ αυτού.

Αφότου μετρήθηκαν οι διαστάσεις και η κλίση (Πίνακας 1) των μεταλλικών πλαισίων-σκιάστρων, έγινε η επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου και ο υπολογισμός της ενέργειας που θα παράγει το σύστημα αυτό σε ετήσια βάση αλλά και το πότε θα γίνει η αποπληρωμή της επένδυσης αυτής. Για τους υπολογισμούς που έγιναν έγινε χρήση του υπολογιστικού λογισμικού RETScreen. Επίσης λήφθηκαν υπόψη οι απώλειες της παραγόμενης ισχύος των φωτοβολταϊκών λόγω ενσωμάτωσης (τοποθέτησης των πλαισίων σε σχέση με την ιδανική κλίση 35° και διεύθυνση Νότος).

Αρ. πλαισίων	Διαστάσεις	Εμβαδόν (m ²)	Κλίση	Διεύθυνση
8	2,20x3,40	7,48	40°	ΝΔ

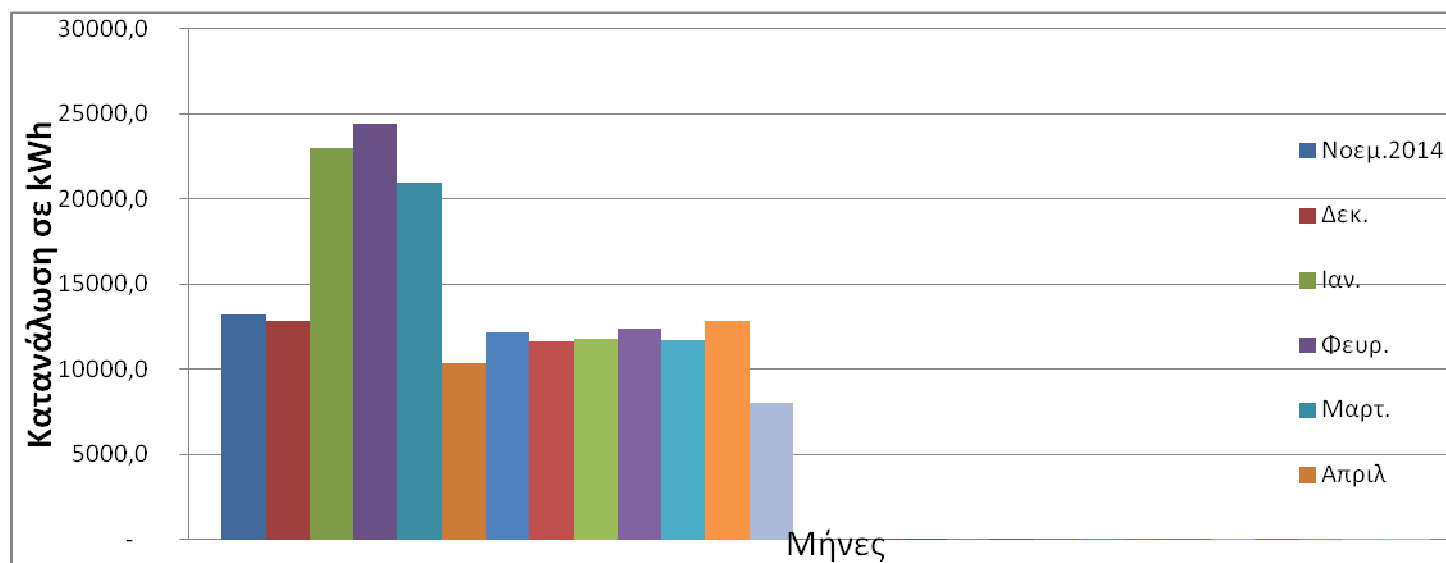
Πίνακας 1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ήδη εγκατεστημένων πλαισίων-σκιάστρων

4 Αποτελέσματα

4.1 Αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων ηλεκτρικών καταναλώσεων

Μήνας	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιος	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοεμ (1-15)
Κατανάλωση (kWh)	12.810	22.966	24.417	20.943	10.351	12.182	11.617	11.749	12.342	11.666	12.803	7.979

Πίνακας 2 Ηλεκτρικές πραγματικές καταναλώσεις της εστίας ανά μήνα του έτους 2015



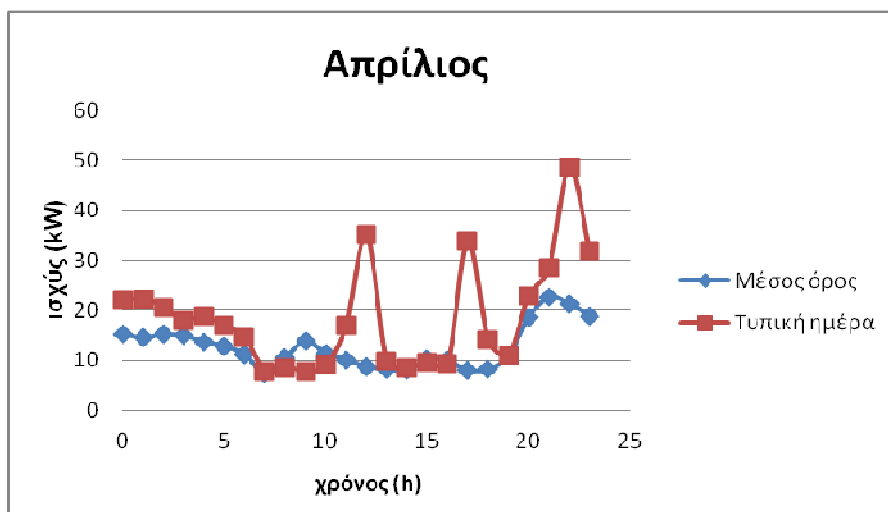
Γράφημα 1 Ηλεκτρικές πραγματικές καταναλώσεις της εστίας ανά μήνα του έτους 2015

Συνολική κατανάλωση (kWh/Ετος)	184.991
Κατανάλωση (kWh/m ²)	107
Εμβαδόν (m ²)	1.722

Πίνακας 3 Γενικά στοιχεία ηλεκτρικών καταναλώσεων της φοιτητικής εστίας

Αφαίρεση φορτίου λόγω λειτουργίας της αντλίας θερμότητας.

Χαρακτηριστικά φαίνεται στο Γράφημα 2 η χρονική διάρκεια της αντλίας θερμότητας σε συνάρτηση με τις ενεργειακές ανάγκες. Ο μήνας Απρίλιος λόγω του ότι δεν έχει ιδιαίτερα μεγάλες ανάγκες για ψύξη και θέρμανση υποδηλώνει ξεκάθαρα τη λειτουργία της αντλίας. Οι υπόλοιποι μήνες αναλυτικά φαίνονται στο παράρτημα σελ.109.



Γράφημα 2 Χαρακτηριστικός μήνας για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας

Μήνας	kWh
Νοέμβριος	900
Δεκέμβριος	1.500
Ιανουάριος	2.400
Φεβρουάριος	2.700
Μάρτιος	1.800
Απρίλιος	1.950
Μάιος	1.800
Ιούνιος	1.800
Ιούλιος	1.200
Αύγουστος	900
Σεπτέμβριος	2.100
Οκτώβριος	1.500
Σύνολο	20.550

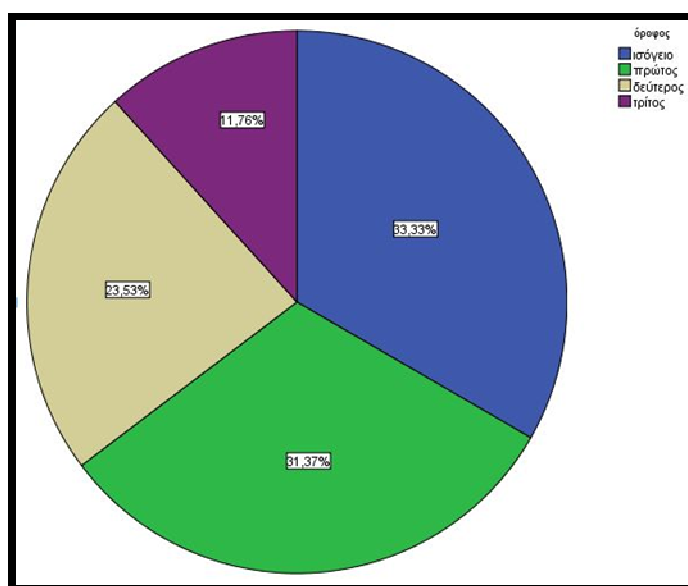
Πίνακας 4 Φορτίο ανά μήνα λειτουργίας της αντλίας θερμότητας.

Ετήσια κατανάλωση kWh/m ² χωρίς την αντλία θερμότητας	97,2
--	-------------

4.2.1 Αποτελέσματα στατιστικών δεδομένων ερωτηματολογίου

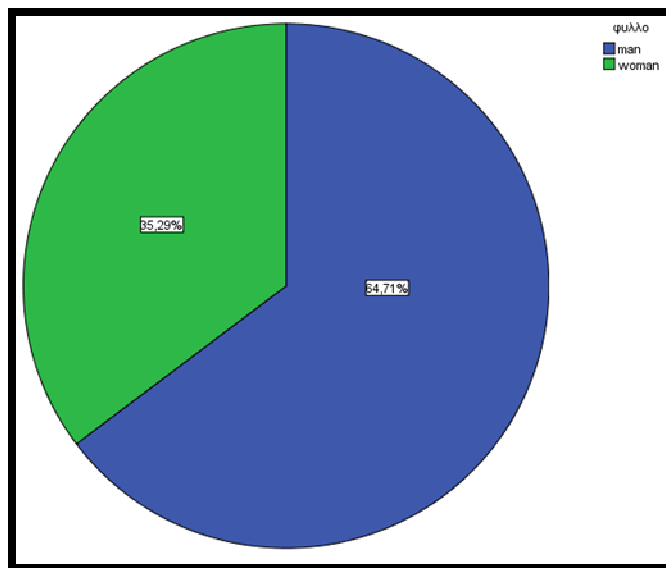
Από το σύνολο των 72 δωματίων της εστίας συγκεντρώθηκαν 51 ερωτηματολόγια δηλαδή ποσοστό 70,8%. Οι απαντήσεις που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων παρατίθενται στη συνέχεια με μορφή διαγραμμάτων και πινάκων.

Όροφος



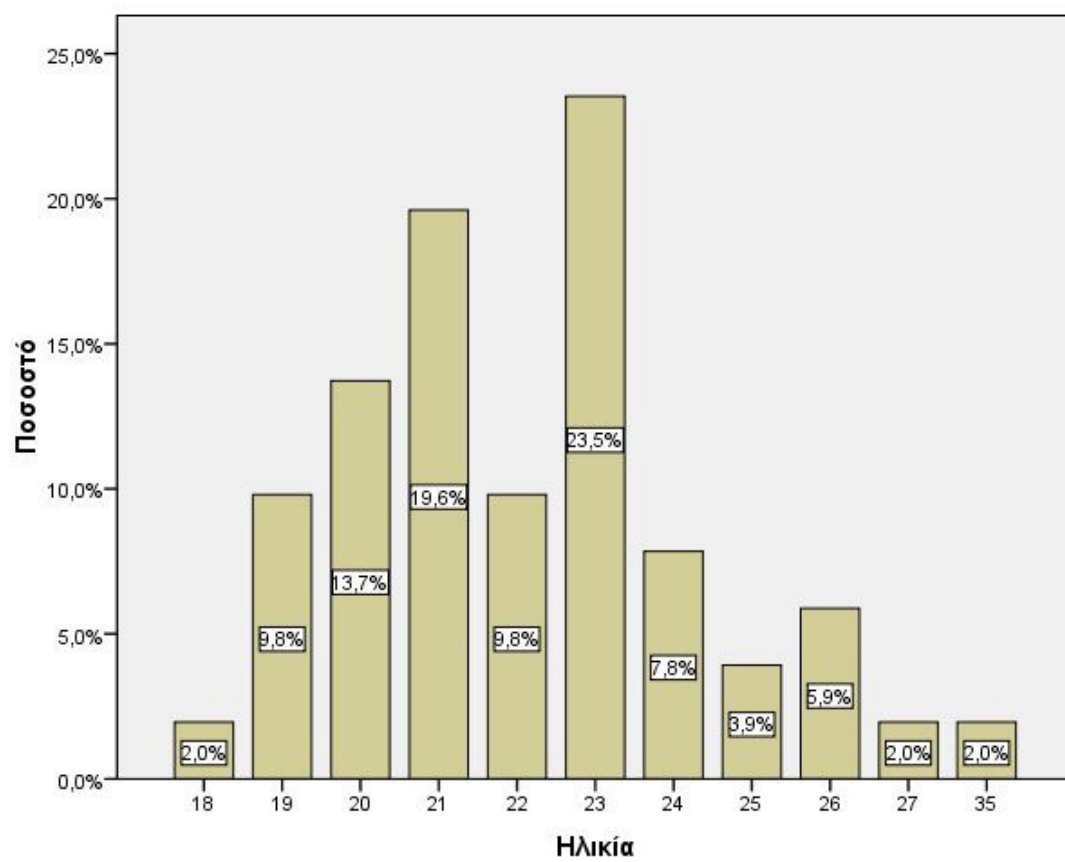
Γράφημα 3 Ερωτηθέντες ανά όροφο

Φύλο



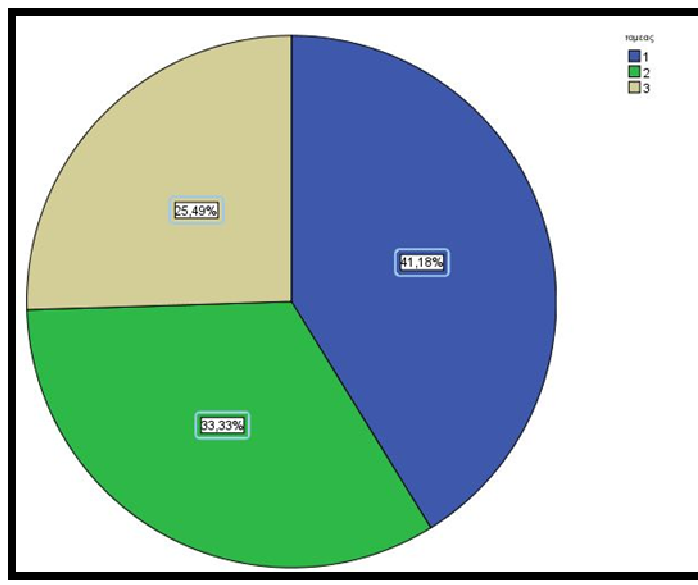
Γράφημα 4 Ερωτηθέντες σε σχέση με το φύλο

Ηλικία



Γράφημα 5 Ηλικία ενοίκων

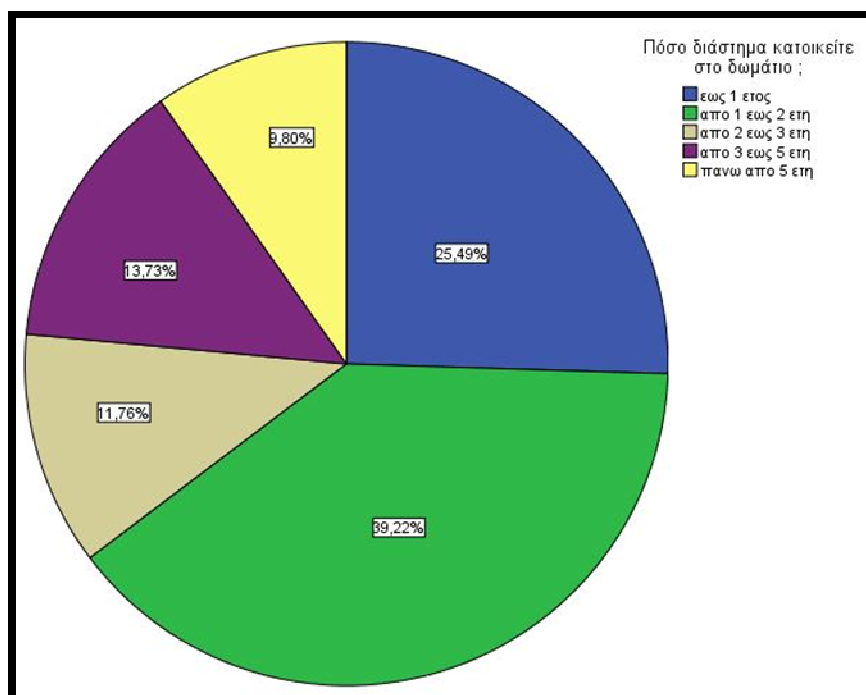
Τομέας



Γράφημα 6 Ερωτιθέντες ανα κτιριακό τομέα της εστίας

Πόσο διάστημα κατοικείτε στο δωμάτιο;

(η απάντηση αναφέρεται σε ακαδημαϊκά έτη)



Γράφημα 7 Διαμονή σε ακαδημαϊκά έτη

Χαρακτηρισμός της διαμονής ως μόνιμης ή περιστασιακής	
Μόνιμη	Περιστασιακή
5,88%	94,12%

Πίνακας 5 Χαρακτηρισμός διαμονής

Ποιο/α διάστημα/τα της μέρας βρίσκεστε συνήθως στο δωμάτιο ;				
8:00-12:00	12:00-16:00	16:00-20:00	20:00-24:00	24:00-8:00
35,29%	29,41%	62,75%	60,78%	88,24%

Πίνακας 6 Ωράριο χρήσης δωματίου

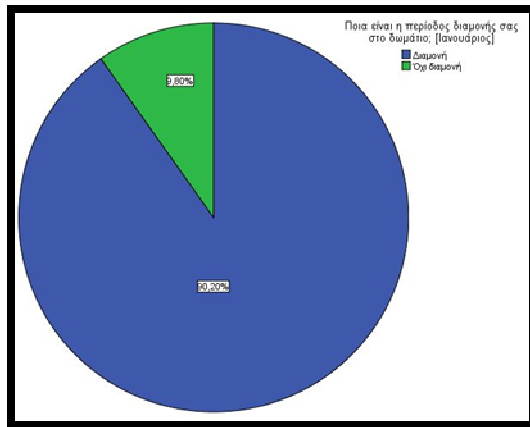
Ποιο διάστημα της μέρας χρησιμοποιείτε τεχνητό φωτισμό τη χειμερινή περίοδο ;			
Πρωί	Μεσημέρι	Απόγεμα	Βράδυ
9,80%	19,61%	82,35%	94,12%

Πίνακας 7 Χρήση φωτισμού χειμερινής περιόδου

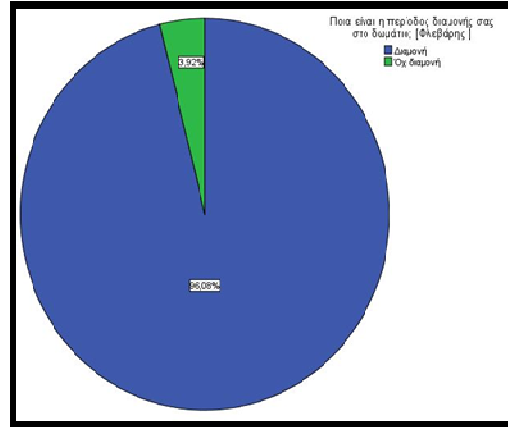
Ποιο διάστημα της μέρας χρησιμοποιείτε τεχνητό φωτισμό τη θερινή περίοδο;			
Πρωί	Μεσημέρι	Απόγεμα	Βράδυ
3,92%	5,88%	23,53%	96,08%

Πίνακας 8 Χρήση φωτισμού θερινής περιόδου

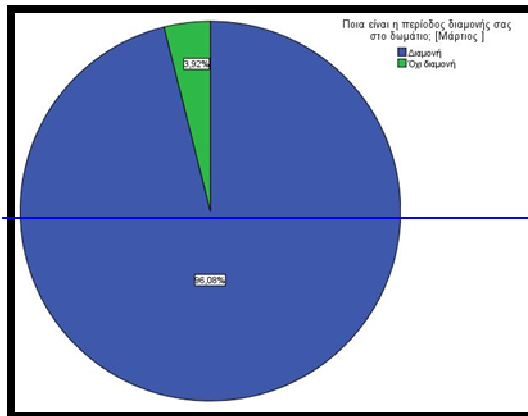
Ποια είναι η περίοδος διαμονής σας στο δωμάτιο σε μηνιαία βάση;



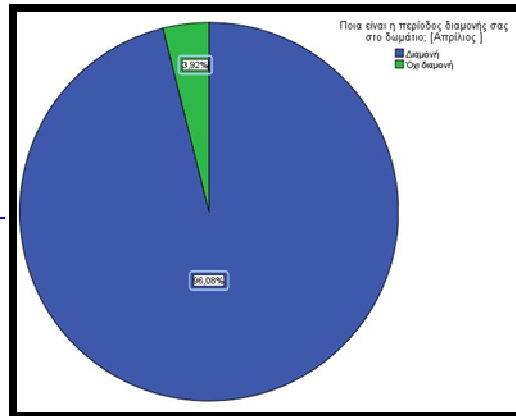
Γράφημα 8 Ιανουάριος



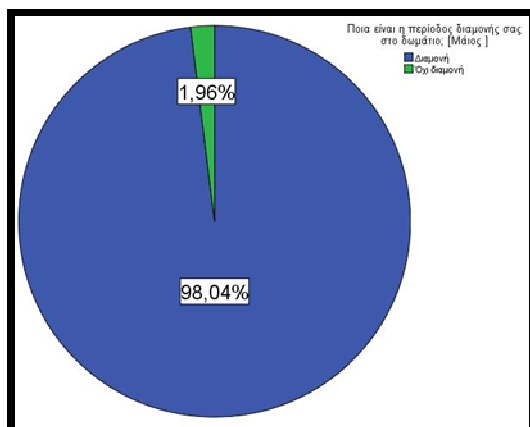
Γράφημα 9 Φεβρουάριος



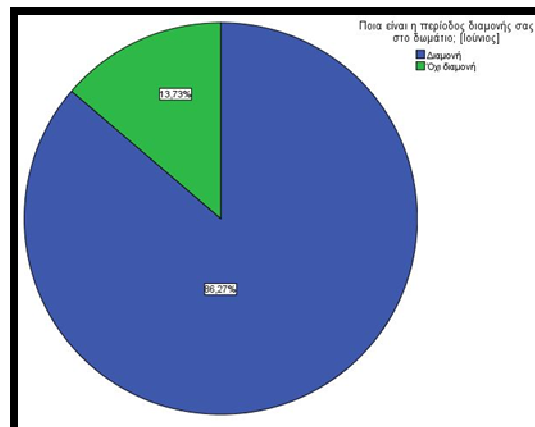
Γράφημα 10 Μάρτιος



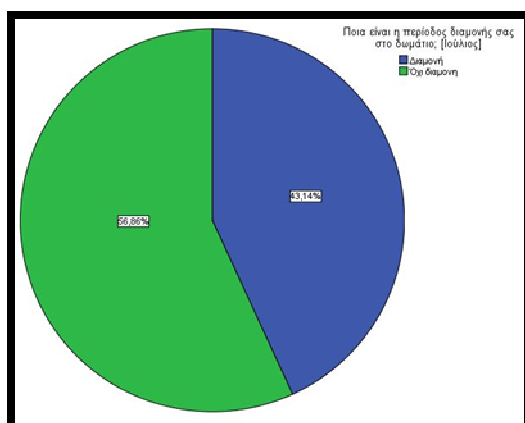
Γράφημα 11 Απρίλιος



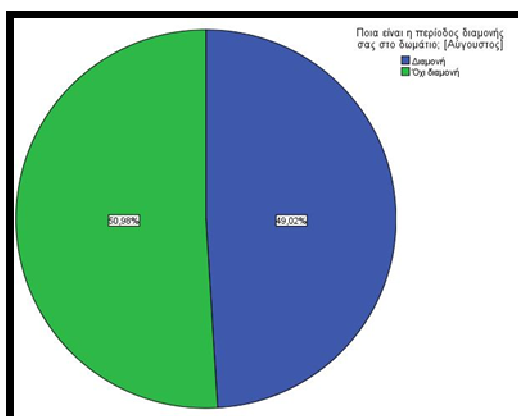
Γράφημα 12 Μάιος



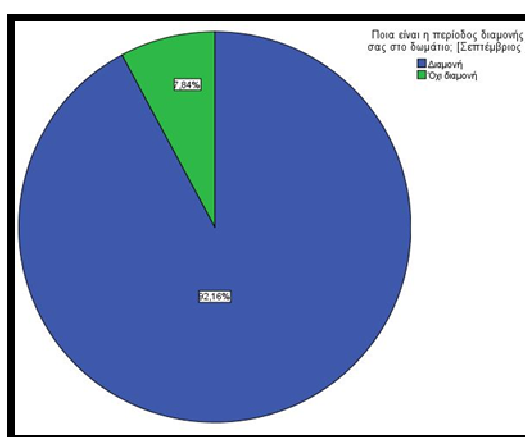
Γράφημα 13 Ιούνιος



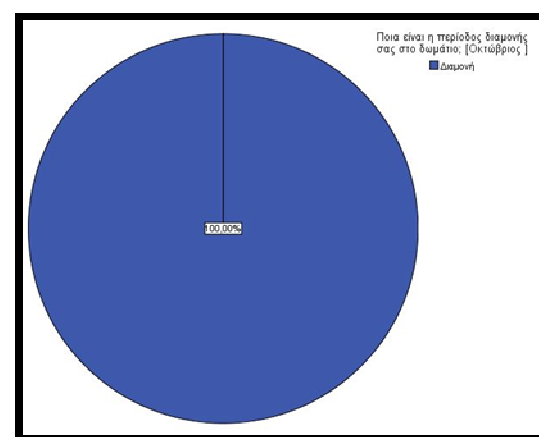
Γράφημα 14 Ιούλιος



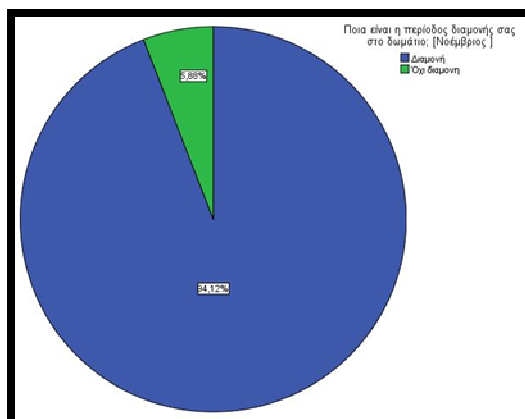
Γράφημα 15 Αύγουστος



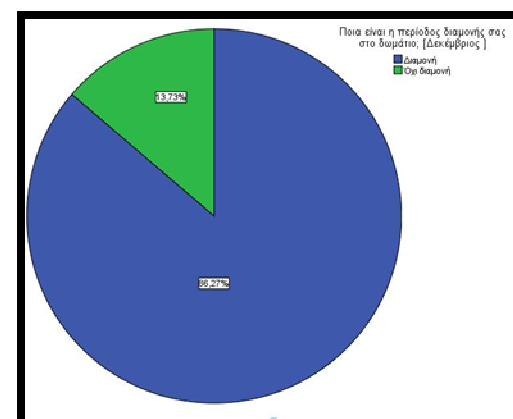
Γράφημα 16 Σεπτέμβριος



Γράφημα 17 Οκτώβριος



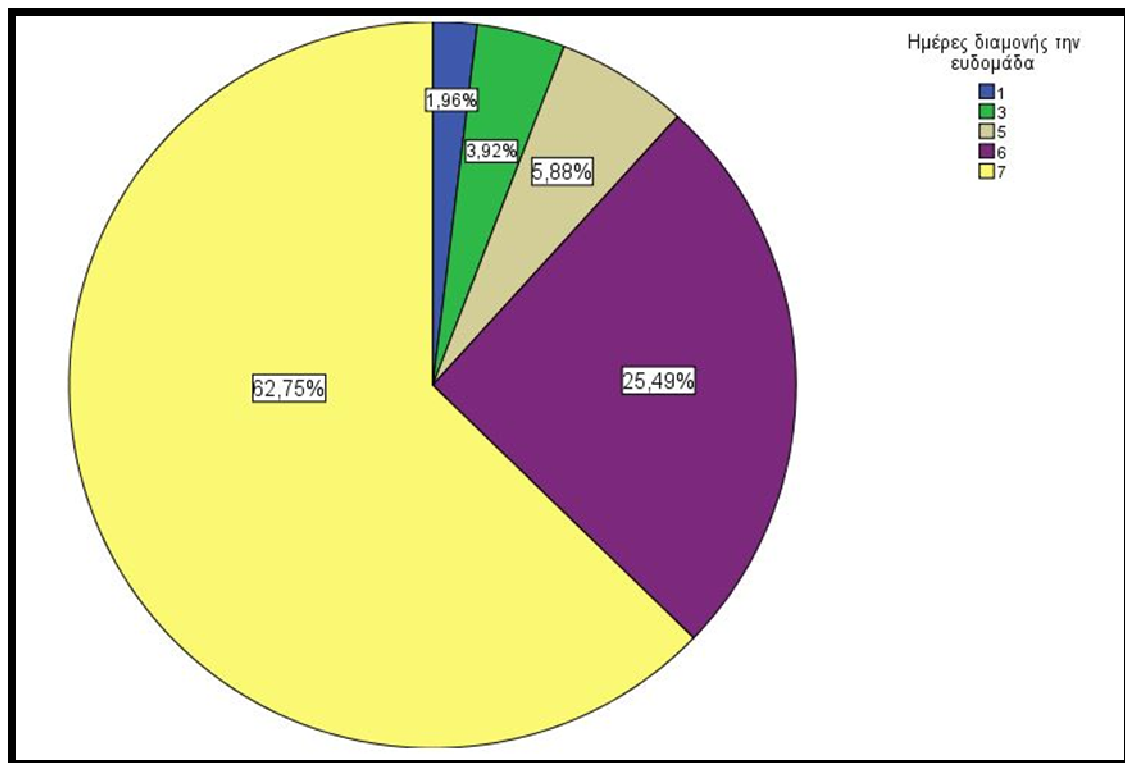
Γράφημα 18 Νοέμβριος



Γράφημα 19 Δεκέμβριος

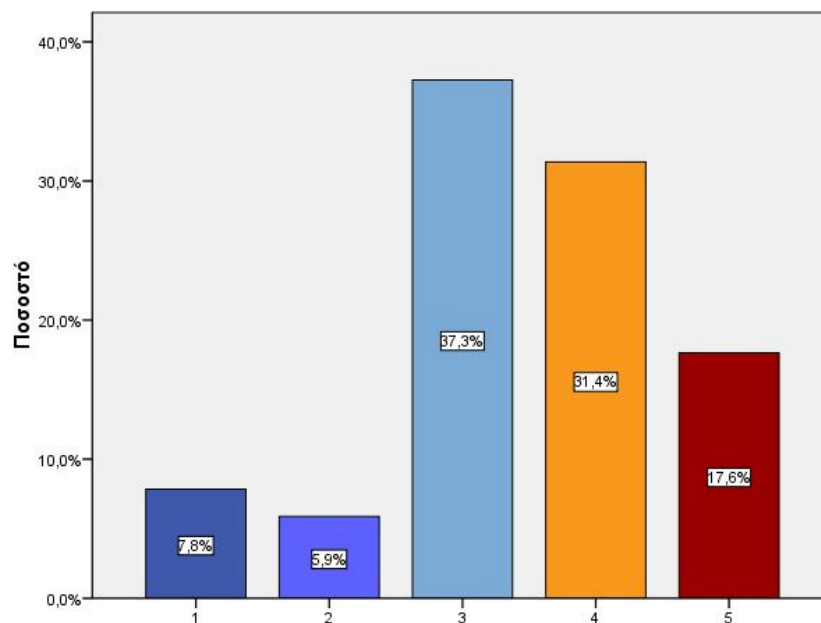
Μέσος όρος διαστήματος διαμονής

(ημέρες την εβδομάδα)



Γράφημα 20 Εβδομαδιαία διαμονή

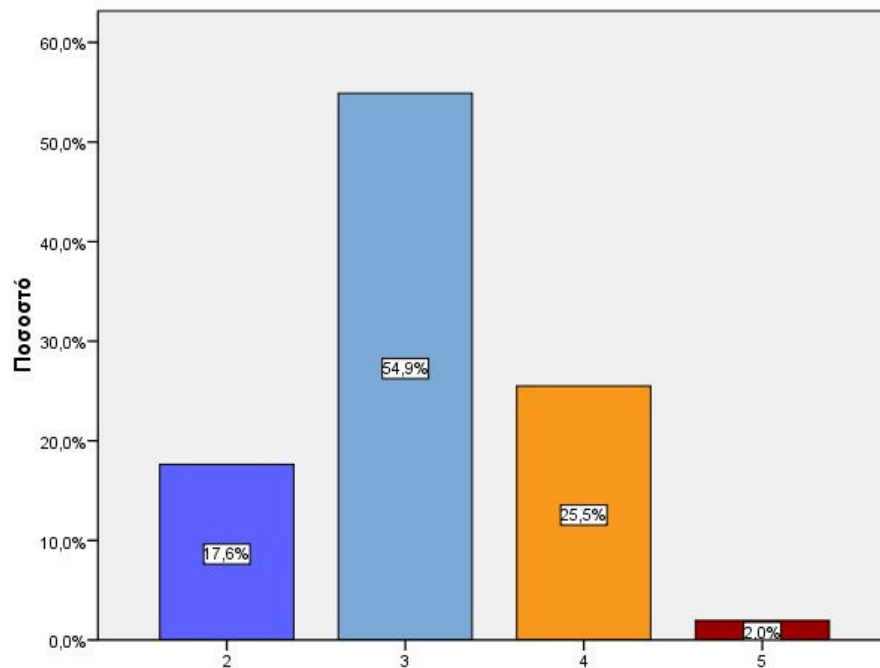
Πώς αξιολογείτε τη θερμική άνεση του δωματίου όπου διαμένετε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού;



Γράφημα 21 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για το καλοκαίρι

*Το 1 αντιπροσωπεύει το απόλυτα κρύο και το 5 το απόλυτα θερμό περιβάλλον

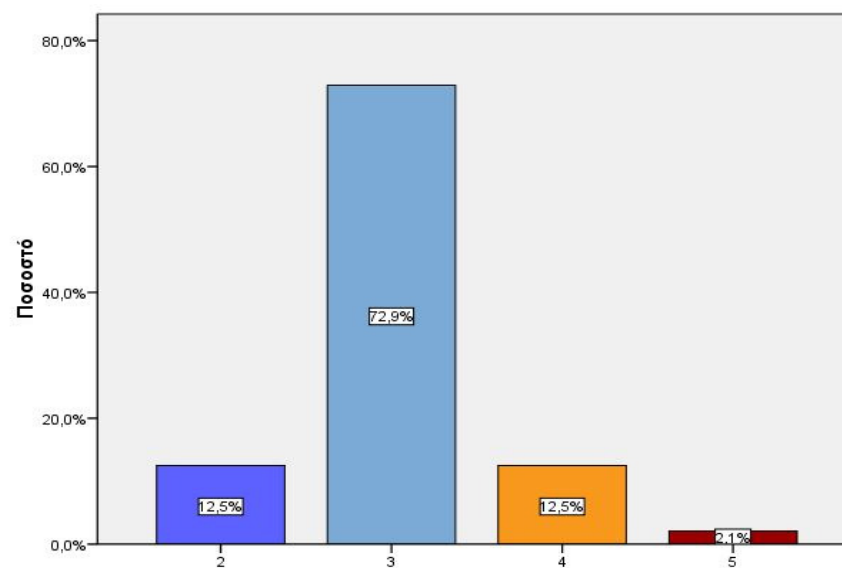
Πώς αξιολογείτε τη θερμική άνεση του δωματίου όπου διαμένετε κατά τη διάρκεια του φθινόπωρου;



Γράφημα 22 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για το φθινόπωρο

*Το 1 αντιπροσωπεύει το απόλυτα κρύο και το 5 το απόλυτα θερμό περιβάλλον

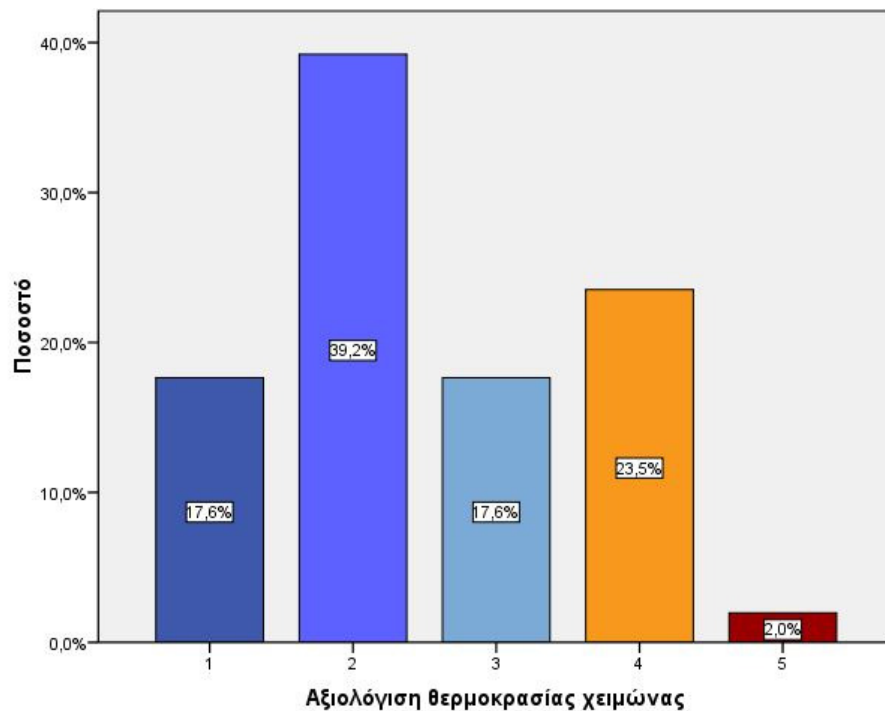
Πώς αξιολογείτε τη θερμική άνεση του δωματίου όπου διαμένετε κατά τη διάρκεια της άνοιξης;



Γράφημα 23 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για την άνοιξη

*Το 1 αντιπροσωπεύει το απόλυτα κρύο και το 5 το απόλυτα θερμό περιβάλλον

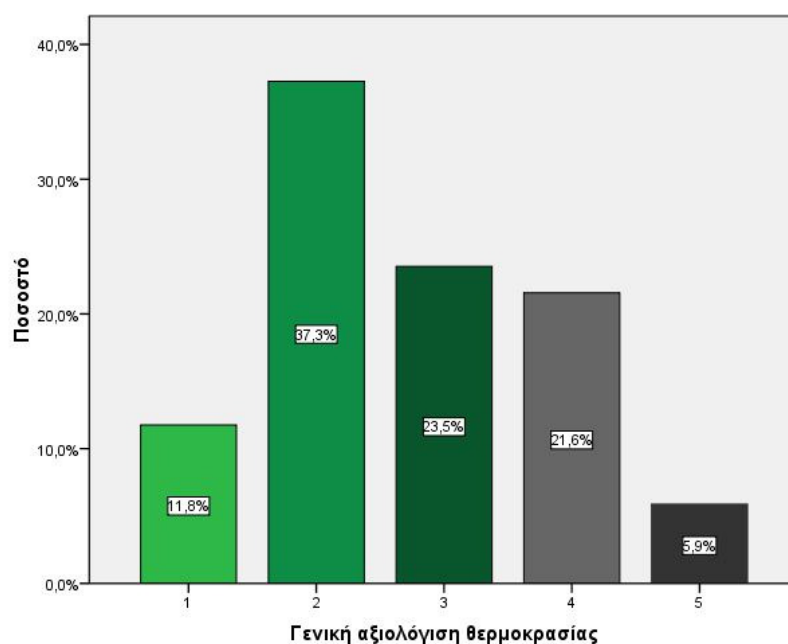
Πώς αξιολογείτε τη θερμική άνεση του δωματίου όπου διαμένετε κατά τη διάρκεια του χειμώνα;



* Το 1 αντιπροσωπεύει το απόλυτο κρύο και το 5 το απόλυτο ζεστό περιβάλλον

Γράφημα 24 Αξιολόγηση θερμοκρασίας για τον χειμώνα

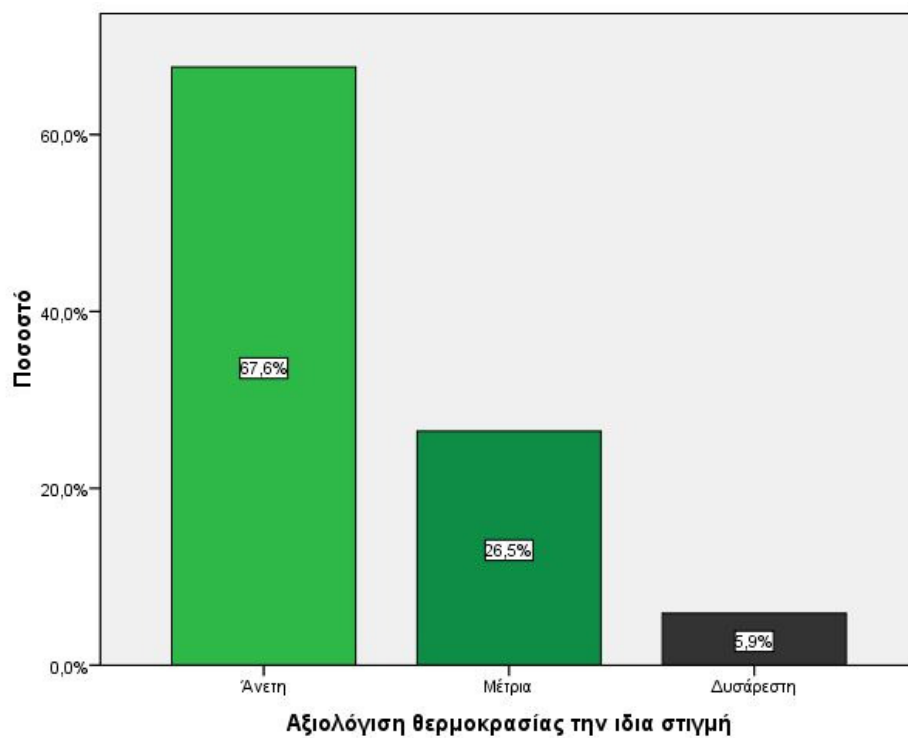
Γενική αξιολόγηση για τις εσωτερικές συνθήκες του δωματίου



* Το 1 ισοδυναμεί με θερμική άνεση , το 5 ισοδυναμεί με δυσάρεστες συνθήκες (δυσφορία)

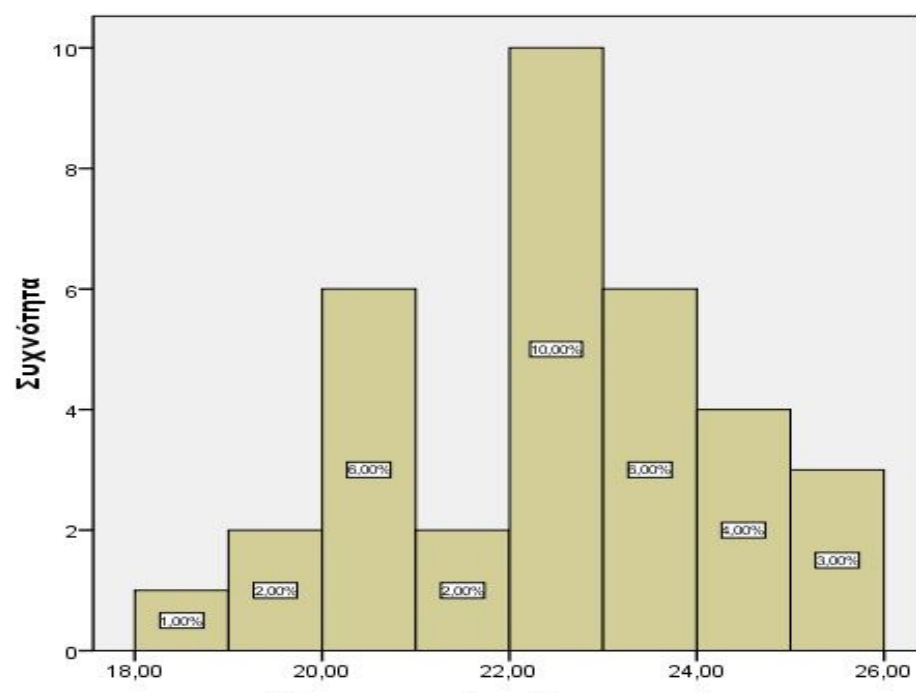
Γράφημα 25 Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

Πώς αξιολογείτε τη θερμοκρασία στο δωμάτιο αυτή τη στιγμή:



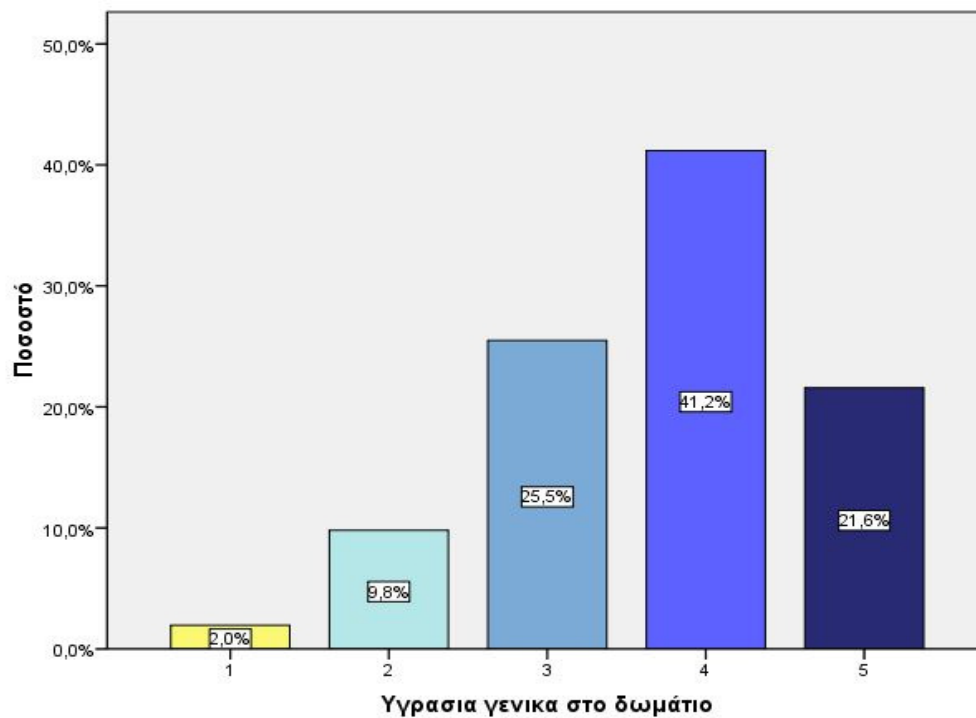
Γράφημα 26 Αξιολόγηση θερμοκρασίας τη δεδομένη στιγμή

Ένδειξη οργάνου (θερμομέτρου)



Γράφημα 27 Μέτρηση θερμοκρασίας οργάνου

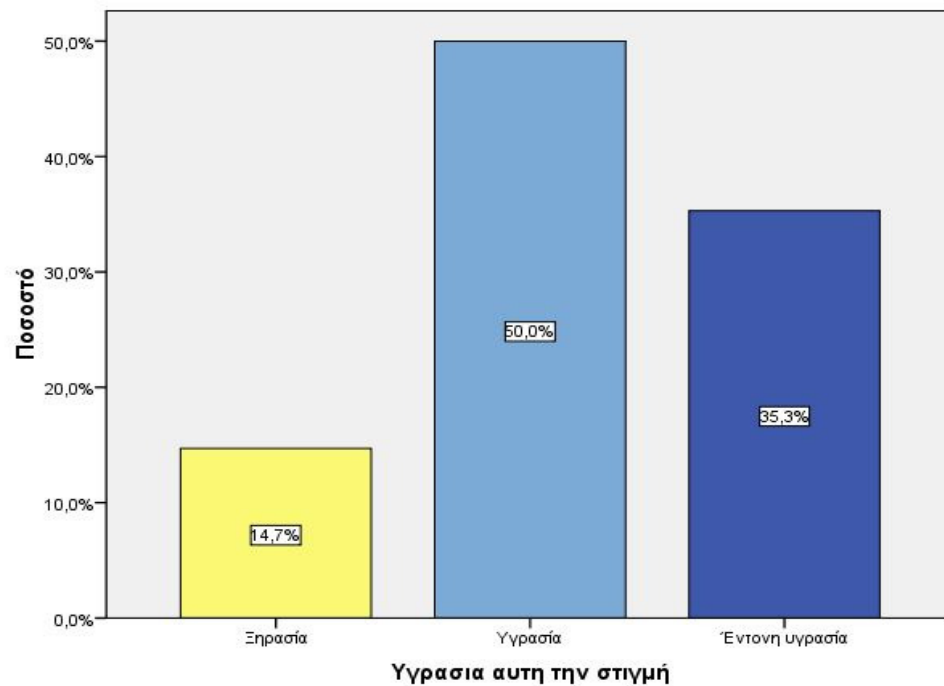
Πώς αξιολογείτε το επίπεδο υγρασίας γενικά στο δωμάτιο;



* Το 1 ισούται με ξηρό περιβάλλον και το 5 με έντονη υγρασία

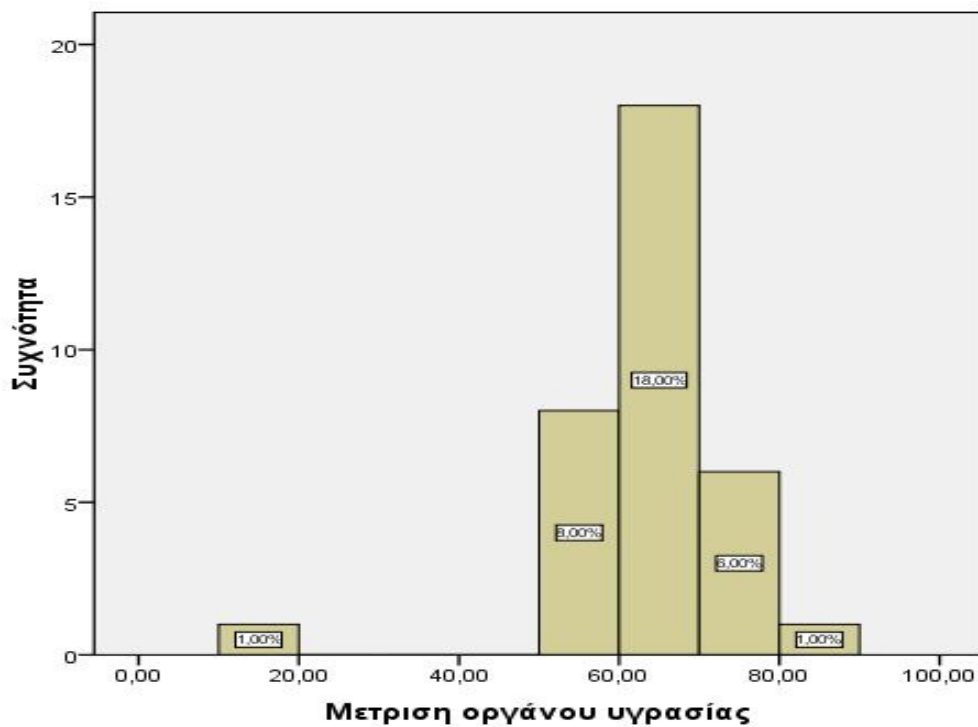
Γράφημα 28 Επίπεδο υγρασία γενικά στο δωμάτιο

Πώς αξιολογείτε την υγρασία στο δωμάτιο αυτή τη στιγμή;



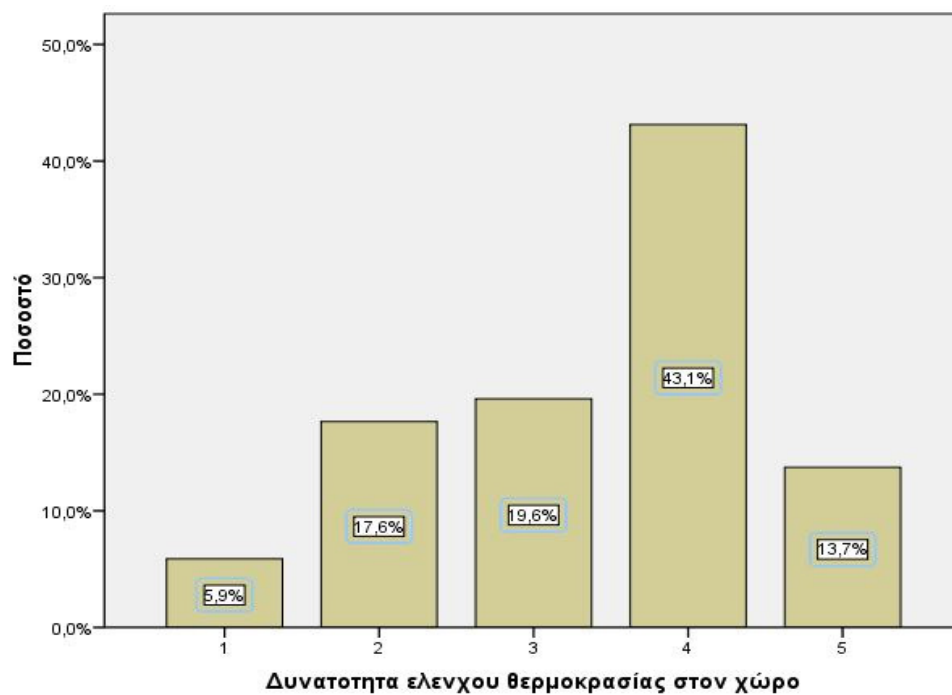
Γράφημα 29 Αξιολόγηση υγρασίας την δεδομένη στιγμή

Ένδειξη οργάνου υγρασίας.



Γράφημα 30 Μέτρηση οργάνου υγρασίας

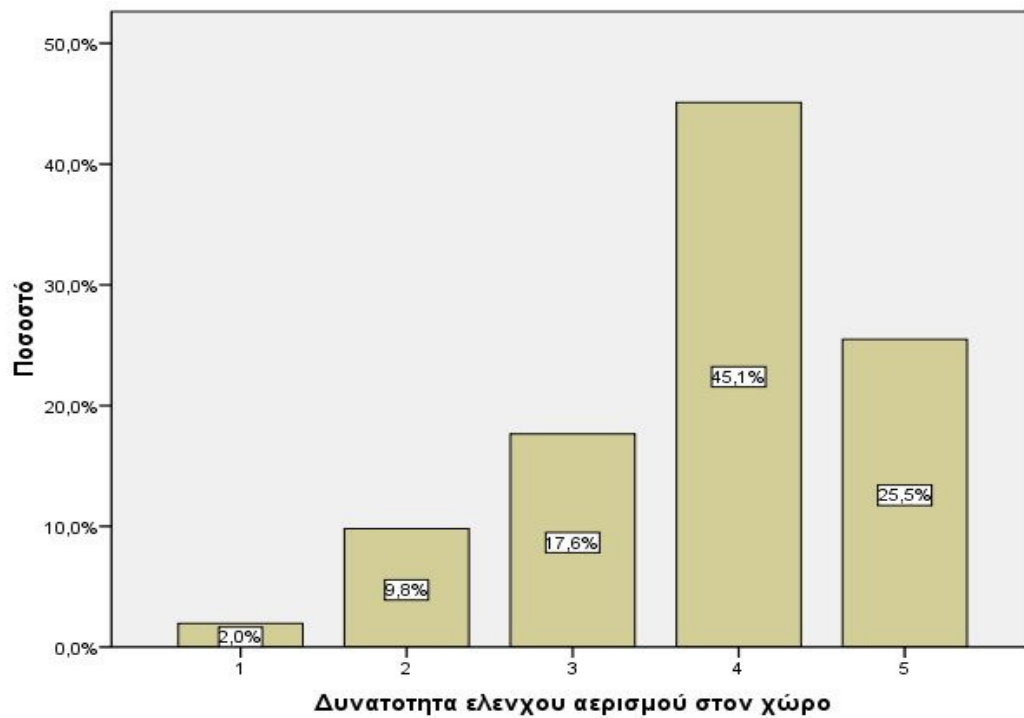
Κατά πόσο μπορείτε να ελέγξετε στο δωμάτιο τη θερμοκρασία;



*Το 1 ίσον με καθόλου και 5 ίσον με πλήρη έλεγχο.

Γράφημα 31 Δυνατότητα ελέγχου θερμοκρασίας

Κατά πόσο μπορείτε να ελέγξετε στο δωμάτιο τον αερισμό;



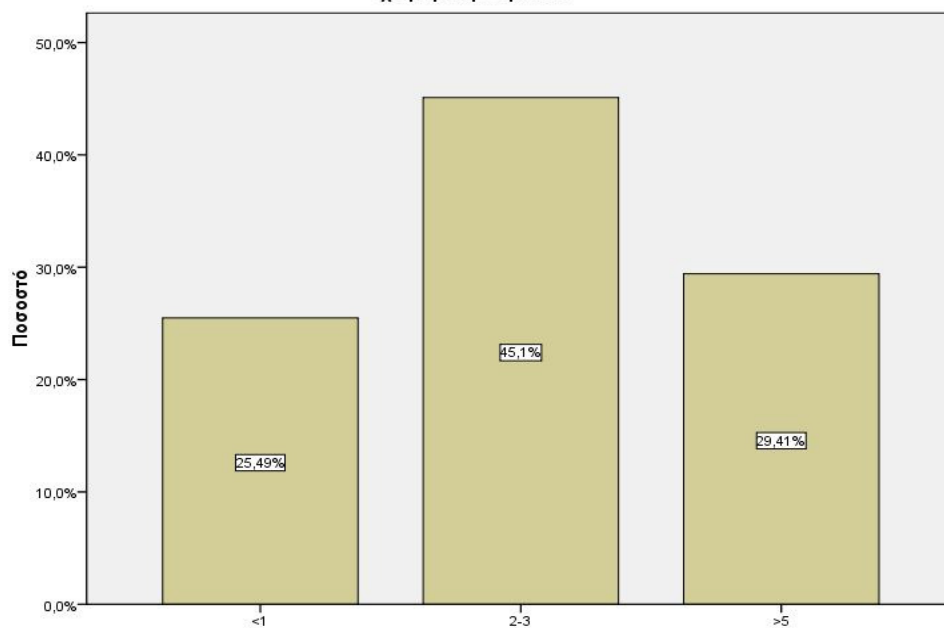
* Το 1 ισον καθόλου ελεγχος αερισμου , το 5 ισον πλήρης έλεγχος.

Γράφημα 32 Δυνατότητα ελέγχου αερισμού

Το σύστημα για την προώθηση του ζεστού νερού χρήσης σε πόσο χρόνο ανταποκρίνεται τη χειμερινή περίοδο :

(η απάντηση αναφέρεται σε λεπτά αναμονής)

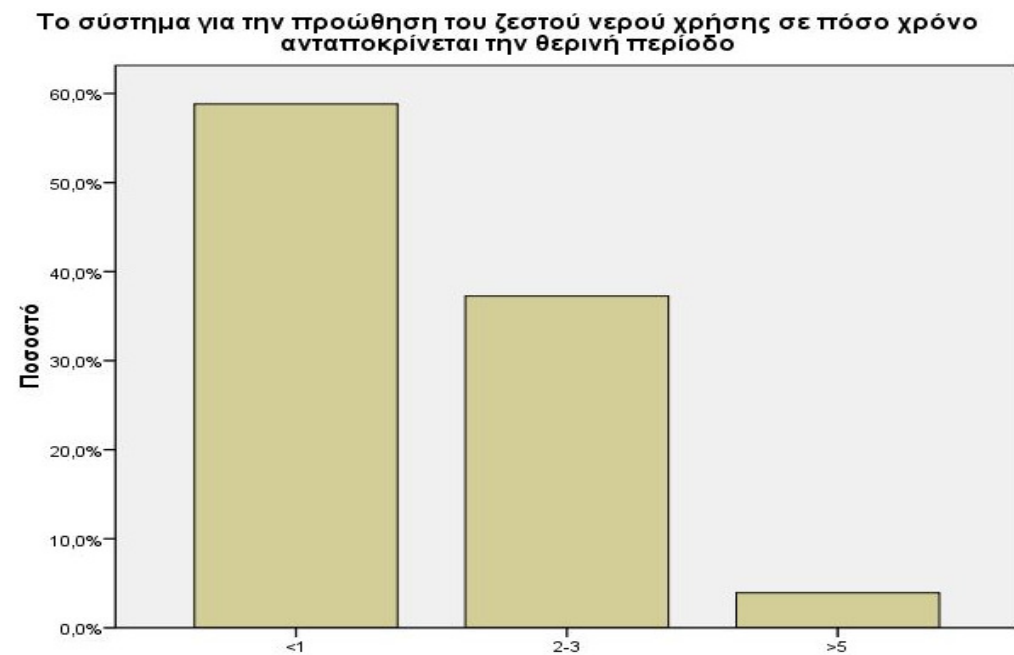
Το σύστημα για την προώθηση του ζεστού νερού χρήσης σε πόσο χρόνο ανταποκρίνεται την χειμερινή περίοδο



Γράφημα 33 Σύστημα ζεστού νερού τη χειμερινή περίοδο

Το σύστημα για την προώθηση του ζεστού νερού χρήσης σε πόσο χρόνο ανταποκρίνεται τη θερινή περίοδο ;

(η απάντηση αναφέρετε σε λεπτά αναμονής)

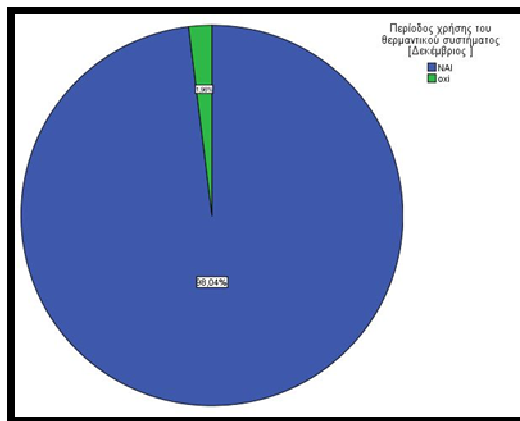


Γράφημα 34 Σύστημα ζεστού νερού την θερινή περίοδο

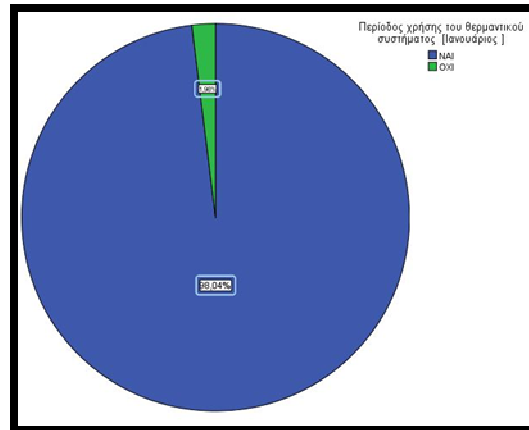
Ποιες συσκευές χρησιμοποιούνται για βοηθητική θέρμανση του δωματίου;		
Καλοριφέρ λαδιού	Αερόθερμο	A/C
9,80%	15,69%	88,24%

Πίνακας 9 Συσκευές υποβοήθησης για τη θέρμανση

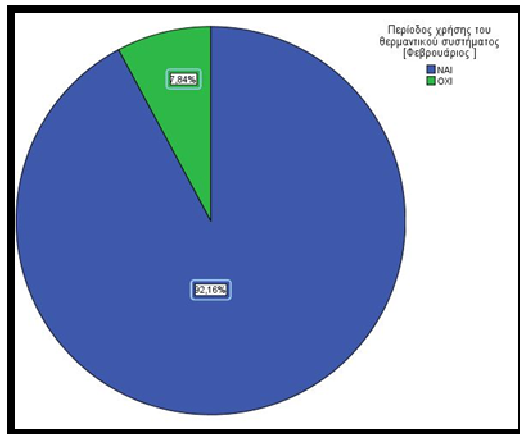
Περίοδος χρήσης του θερμαντικού συστήματος



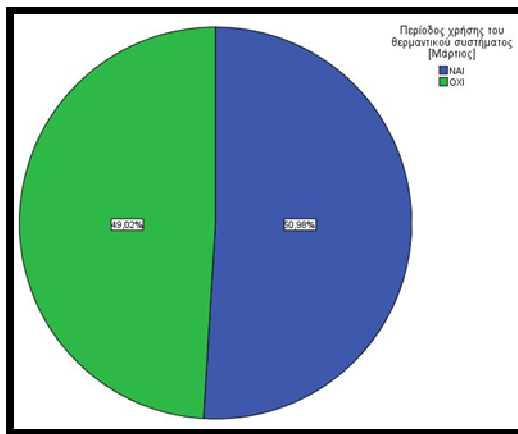
Γράφημα 35 Δεκέμβριος



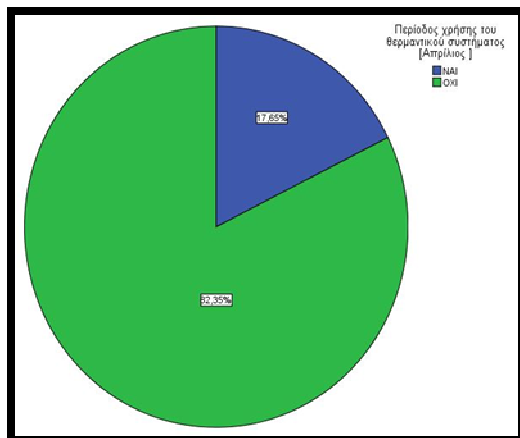
Γράφημα 36 Ιανουάριος



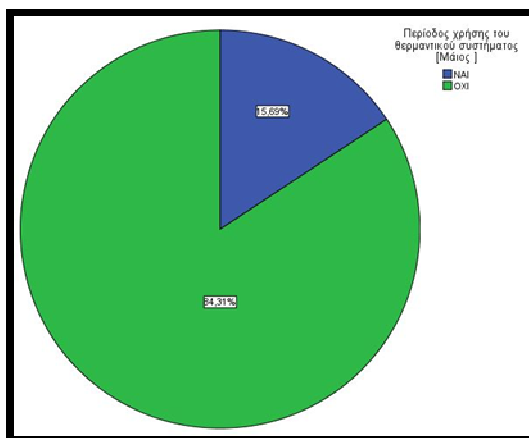
Γράφημα 37 Φεβρουάριος



Γράφημα 38 Μάρτιος



Γράφημα 39 Απρίλιος



Γράφημα 40 Μάιος

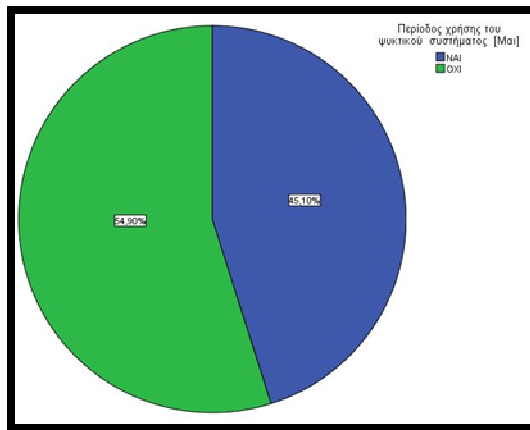
Ποιες συσκευές χρησιμοποιούνται για βοηθητική ψύξη του δωματίου ;	
A/C	Ανεμιστήρας
90,20%	19,61%

Πίνακας 10 Συσκευές κλιματισμού

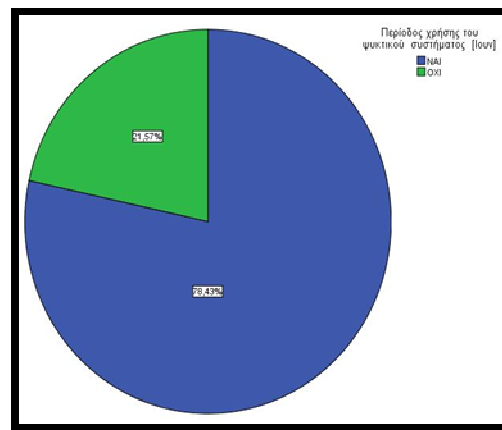
Για να δροσίσετε το δωμάτιο το καλοκαίρι, ποιες στρατηγικές ακολουθείτε.			
Άνοιγμα παραθύρων	Άνοιγμα μικρών ανοιγμάτων	Σκιασμός με κουρτίνες-περσίδες	Χρήση κλιματιστικού και άλλων μηχανικών μέσων
78,43%	1,98%	43,14%	80,39%

Πίνακας 11 Στρατηγικές δροσίσεως τους καλοκαιρινούς μήνες

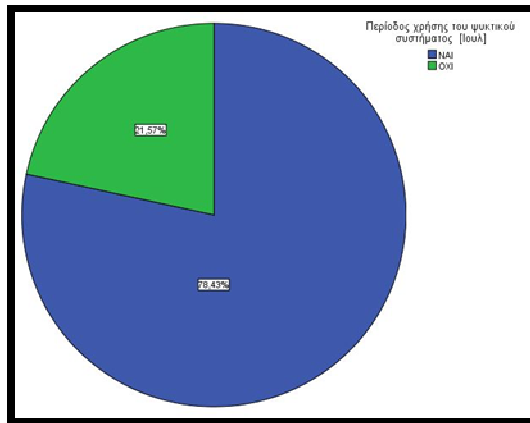
Περίοδος χρήσης του ψυκτικού συστήματος



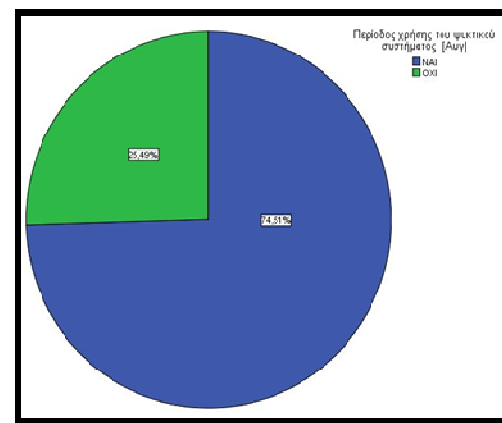
Γράφημα 41 Μάιος



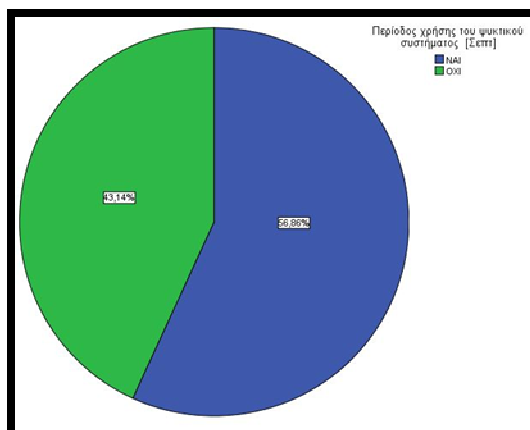
Γράφημα 42 Ιούνιος



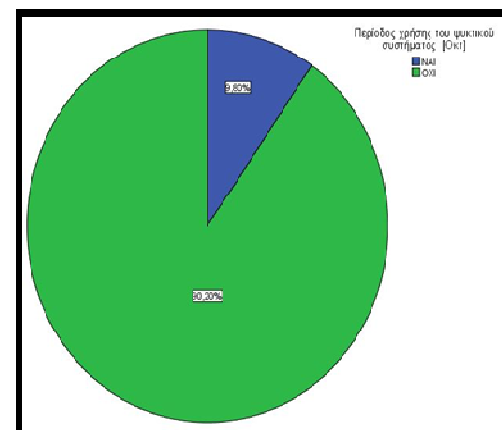
Γράφημα 43 Ιούλιος



Γράφημα 44 Αύγουστος

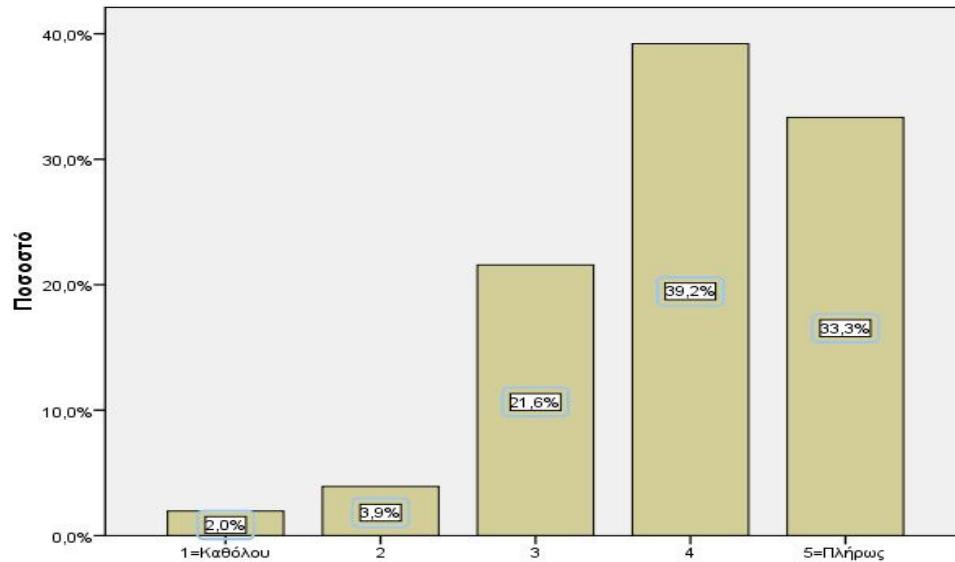


Γράφημα 45 Σεπτέμβριος



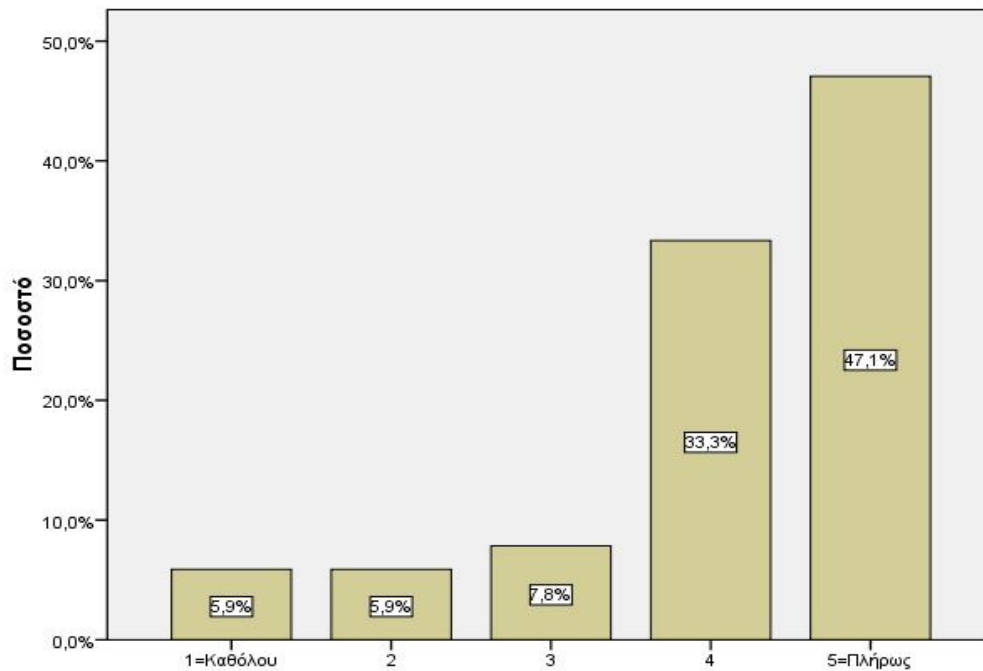
Γράφημα 46 Οκτώβριος

Αν γνωρίζατε ότι με κατάλληλη λειτουργία του κτιρίου όπως π.χ. άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων συγκεκριμένες ώρες, έλεγχο του σκιασμού, πότισμα κτλ, θα μπορούσατε να έχετε καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης στον χώρο, κατά πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος / νη να το ακολουθήσετε;



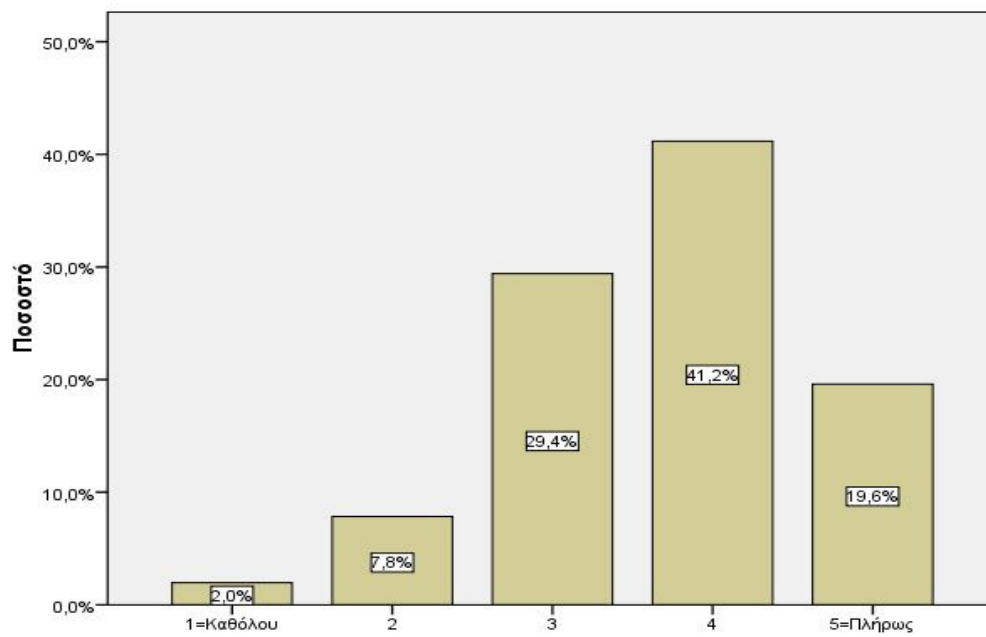
Γράφημα 47 Πρόθεση συμμετοχής σε ομαδική κίνηση εξοικονόμησης

Αν το κίνητρο της θερμικής άνεσης στον χώρο εμπλουτιζόταν με οικονομικά οφέλη λόγω εξοικονόμησης ενέργειας κατά πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος / νη να το ακολουθήσετε;



Γράφημα 48 Πρόθεση συμμετοχής σε κίνηση εξοικονόμησης με οικονομικά κίνητρα

Κατά πόσο πιστεύετε ότι χρησιμοποιείτε το δωμάτιό σας με τρόπο ώστε να αποδίδει το μέγιστο των δυνατοτήτων του ως προς τις κλιματικές συνθήκες;



Γράφημα 49 Προσωπική εκτίμηση ενοίκου για τη βέλτιστη ενεργειακή χρήση του δωματίου

Γενικά σχόλια ερωτηθέντων:

- Η οπτική άνεση μειώνεται από την έλλειψη συσκώτισης/παντζουριών. Το πρωί από τον ήλιο και τη νύχτα από τα γύρω φώτα.
- Η κυκλοφορία του ζεστού νερού που καθυστερεί δημιουργεί προβλήματα και στην άνετη διαβίωση αλλά και σε κατανάλωση νερού/ενέργειας.
- Ο προσανατολισμός είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των δωματίων της εστίας, ως προς τη θέση του ηλίου ανά τις ώρες της ημέρας, αλλά και των ρευμάτων αέρα.
- Η υγρασία της ατμόσφαιρας δε δημιουργεί προβλήματα εφόσον το δωμάτιο αερίζεται σε λογικά πλαίσια. Ωστόσο, η κατάσταση δυσχεραίνεται από κακοτεχνίες του κτιρίου που προκαλούν συσσώρευση υγρασίας. (Πλακάκια σε μπαλκόνια/μπάνια, κακές υδραυλικές εγκαταστάσεις, μονώσεις και αποστράγγιση στα δώματα).
- Παρατηρείται μεγάλο ποσοστό υγρασίας που δυσκολεύει τη διαμονή και τον αερισμό του χώρου.
- Ελλιπής θερμομόνωση λόγω ελαττωματικών κουφωμάτων.
- Μούχλα στα ντουλάπια.
- Το κλιματιστικό δεν μπορούσαμε να το ελέγξουμε.
- Έντονη υγρασία.
- Το χορτάρι να κοπεί.
- Δεν υπάρχει κατάλληλη μόνωση όπως επίσης παντζούρια στα παράθυρα.
- Πολλή υγρασία, κακή μόνωση, δεν έχει παντζούρια!
- Μπαίνει το φως μόνο μέχρι τις 11 και το τεχνικό φως δεν επαρκεί.
- Δεν είναι ενεργειακά αποδοτικό. Δεν έχει επαρκής σκίαση (ρολά κλπ).
- Δεν υπάρχουν παντζούρια, τέντες και σήτες.
- Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι ύστερα από την τοποθέτηση κλιματισμού στα δωμάτια υπάρχει πλήρης προσωπικός χειρισμός και έλεγχος θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα. Επόμενο πρόβλημα όπως υγρασία, υπερβολική ζέστη και η παγωνιά μειώθηκαν αισθητά, σχεδόν επιλύθηκαν πλήρως.

4.2.2 Αποτελέσματα συσχετίσεων μεταβλητών

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των συσχετίσεων που επιδιώχθηκε να υπολογιστούν μέσω του λογισμικού SPSS_{16.0}.

Οι συσχετίσεις που επιλέχθηκαν να γίνουν έγιναν με βάση αφενός την εμπειρία και αφετέρου σύμφωνα με την αλληλεπίδραση που θεωρήθηκε ότι υφίσταται μεταξύ των συσχετιζόμενων μεταβλητών.

Αναλυτικότερα, οι συσχετίσεις που έγιναν ήταν μεταξύ των προσωπικών δεδομένων των ενοίκων όπως: φύλο, τομέας διαμονής και όροφος σε συνάρτηση με το πώς αντιλαμβάνονται την υγρασία και τη θερμοκρασία, με σκοπό να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχει αλληλεπίδραση και συσχέτιση.

Επίσης να επισημανθεί ότι για να είναι δυνατόν να προκύψει κάποια συσχέτιση από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν αναγκαίο να γίνουν κάποιες συγχωνεύσεις μεταξύ των κλάσεων. Αυτό έγινε διότι το πλήθος των ερωτηματολογίων δεν ήταν επαρκές ώστε να καλύπτει την ελάχιστη απαίτηση συχνότητας κάθε περίπτωσης που είναι το 5.

Έτσι έγινε η εξής επανακωδικοποίηση των κλάσεων, θεωρώντας τις κλάσεις 1, 2, 3 μια ενιαία κλάση και τις κλάσεις 4, 5 μια ξεχωριστή κλάση. Επίσης αφαιρέθηκαν από το δείγμα τα ερωτηματολόγια του 3ου ορόφου λόγω του ότι ήταν μόνο 6 στο σύνολο και καθιστούσαν αδύνατο να προκύψει κάποια συσχέτιση, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.

Α) Επεξεργασία υπόθεσης για τη συσχέτιση: Τομέα – Υγρασία γενικά

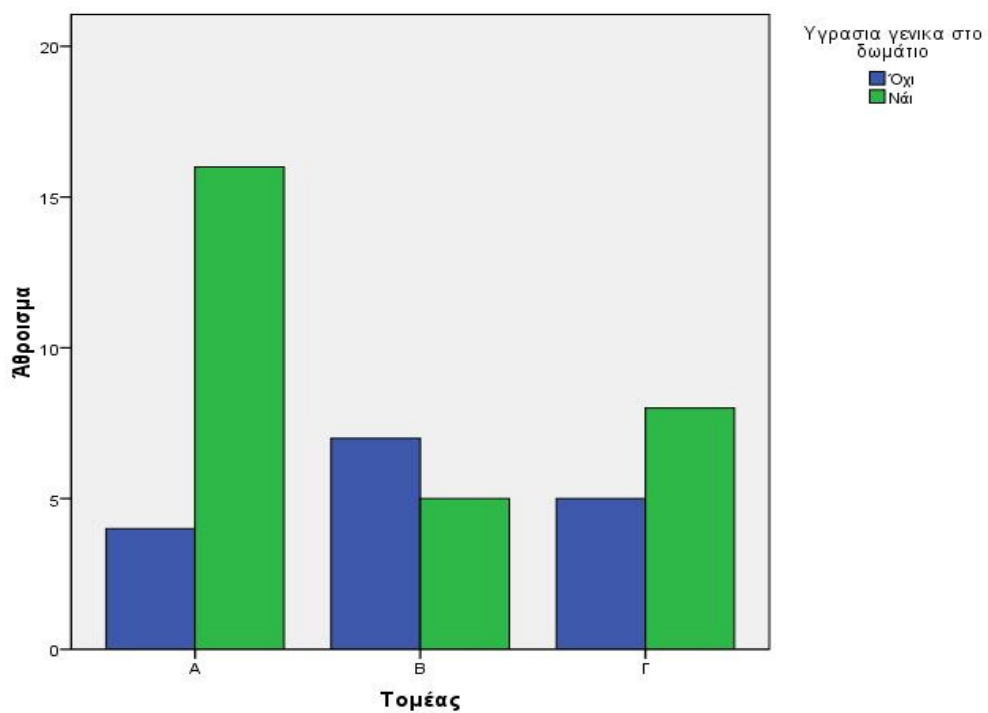
Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2

	Τιμή	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,877 ^a	2	0,087
Likelihood Ratio	4,934	2	0,085
Linear-by-Linear Association	1,628	1	0,202
N of Valid Cases	45		

Πίνακας 12 Συσχέτιση χ^2 Τομέας-Υγρασία γενικά

Προκύπτει συσχέτιση των μεταβλητών μόνο εάν θεωρηθεί επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,1$.²³

Διάγραμμα τομέα – υγρασίας



Γράφημα 50 Ραβδόγραμμα τομέας-υγρασία

²³ Δημήτρης Α.Ιωαννίδης, 2011, Στατιστική μεθοδολογία, Εκδόσεις Ζήτη

B) Επεξεργασία υπόθεσης για τη συσχέτιση: Φύλο – Υγρασία γενικά

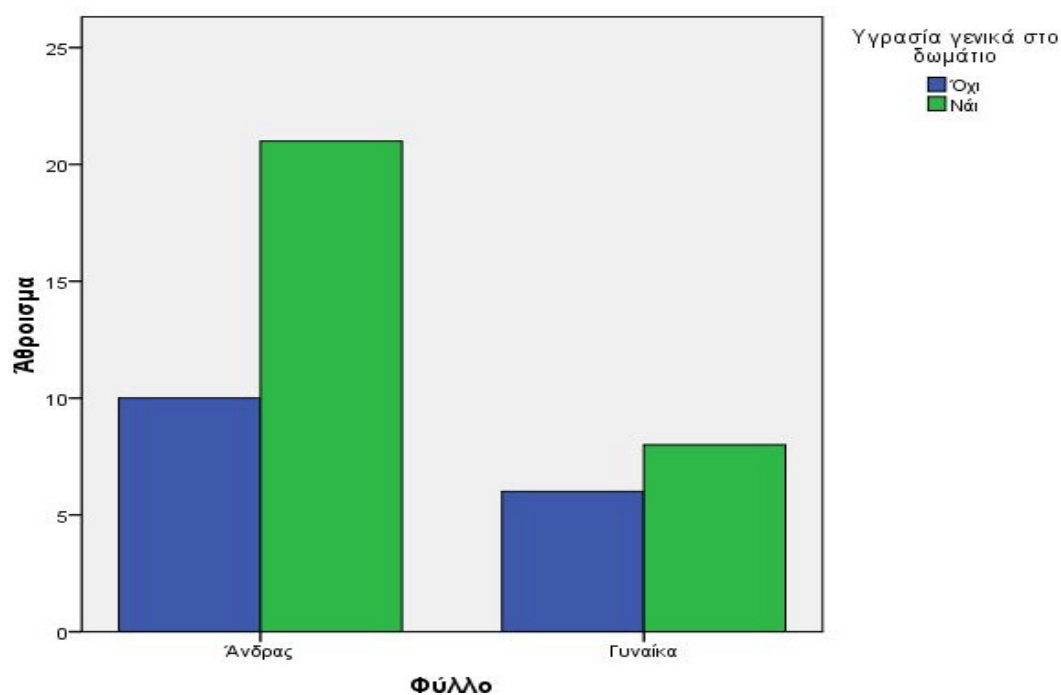
Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	0,473 ^a	1	0,492		
Continuity Correction ^b	0,123	1	0,725		
Likelihood Ratio	0,467	1	0,495		
Fisher's Exact Test				0,519	0,359
N of Valid Cases	45				

Πίνακας 13 Συσχέτιση χ^2 Φύλο-Υγρασία

Δεν προκύπτει συσχέτιση

Διάγραμμα φύλο-υγρασία



Γράφημα 51 Ραβδόγραμμα φύλο-υγρασία

Γ) Επεξεργασία υπόθεσης για τη συσχέτιση: Όροφος – Υγρασίας γενικά

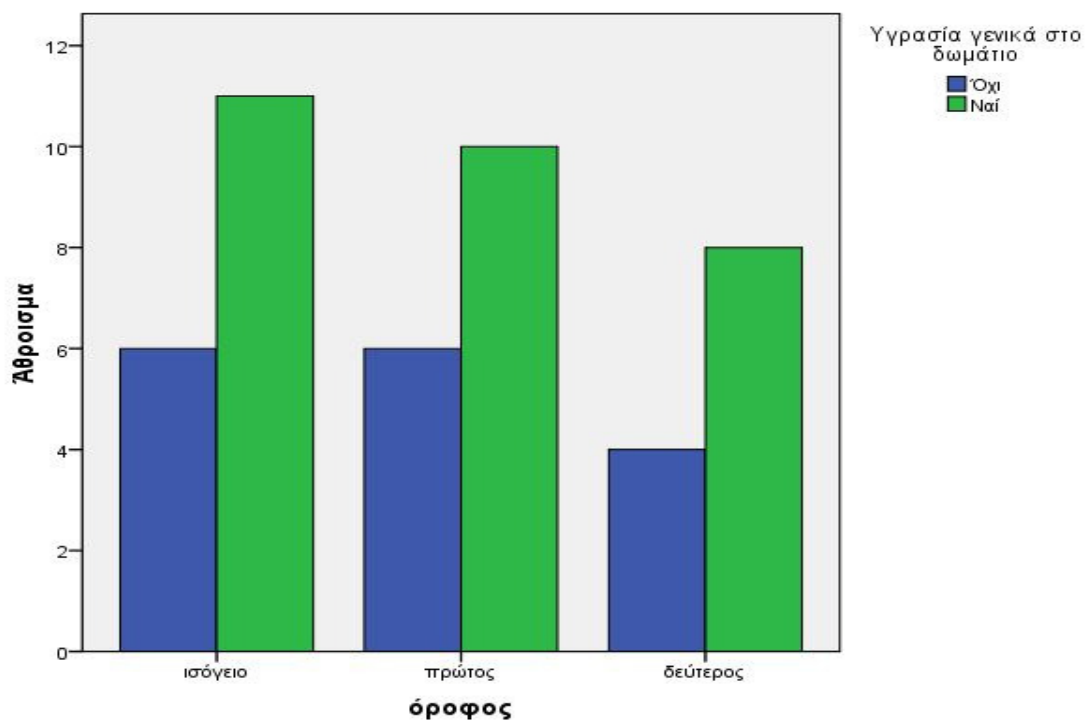
Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,053 ^a	2	0,974
Likelihood Ratio	0,053	2	0,974
Linear-by-Linear Association	0,007	1	0,931
N of Valid Cases	45		

Πίνακας 14 Συσχέτιση χ^2 Όροφος-Υγρασία

Δεν προκύπτει συσχέτιση

Διάγραμμα υγρασίας – όροφος



Γράφημα 52 Ραβδόγραμμα όροφος-υγρασία

Δ) Επεξεργασία υπόθεσης για τη συσχέτιση: Φύλο – Αξιολόγηση θερμοκρασίας.

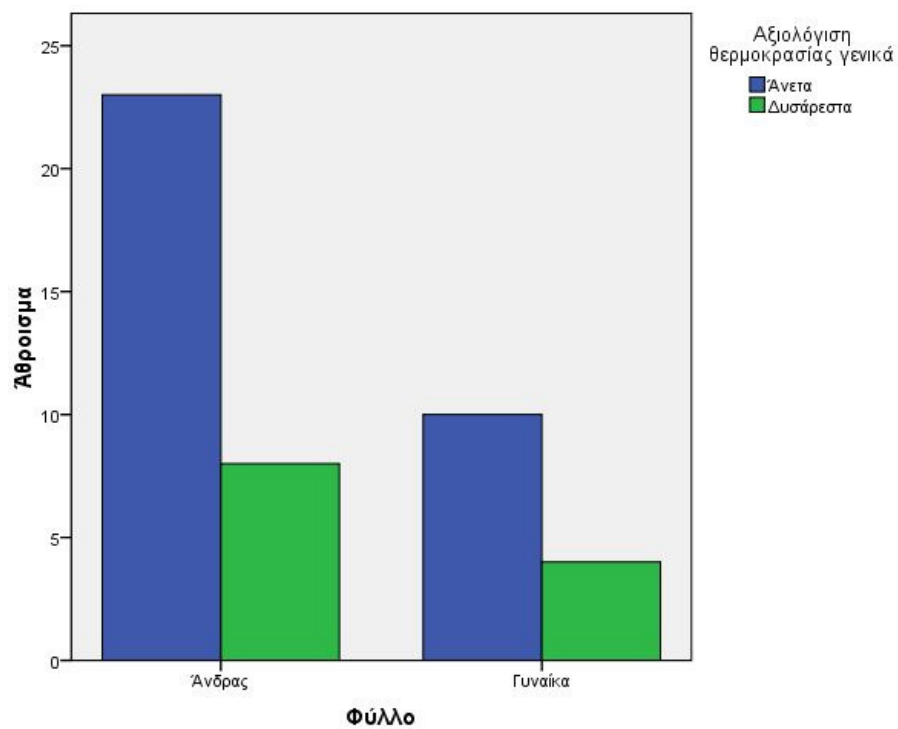
Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,038 ^a	1	0,846
Continuity Correction	0,000	1	1,000
Likelihood Ratio	0,037	1	0,847
Fisher's Exact Test			
N of Valid Cases	45		

Πίνακας 15 Συσχέτιση χ^2 Φύλο- Αξιολόγηση θερμοκρασίας

Δεν προκύπτει συσχέτιση

Διάγραμμα φύλο- γενική αξιολόγηση θερμοκρασίας



Γράφημα 53 Ραβδόγραμμα φύλο- Γεν.αξιολόγηση θερμοκρασίας

Ε) Επεξεργασία υπόθεσης για τη συσχέτιση: Όροφος – Αξιολόγησης θερμοκρασίας.

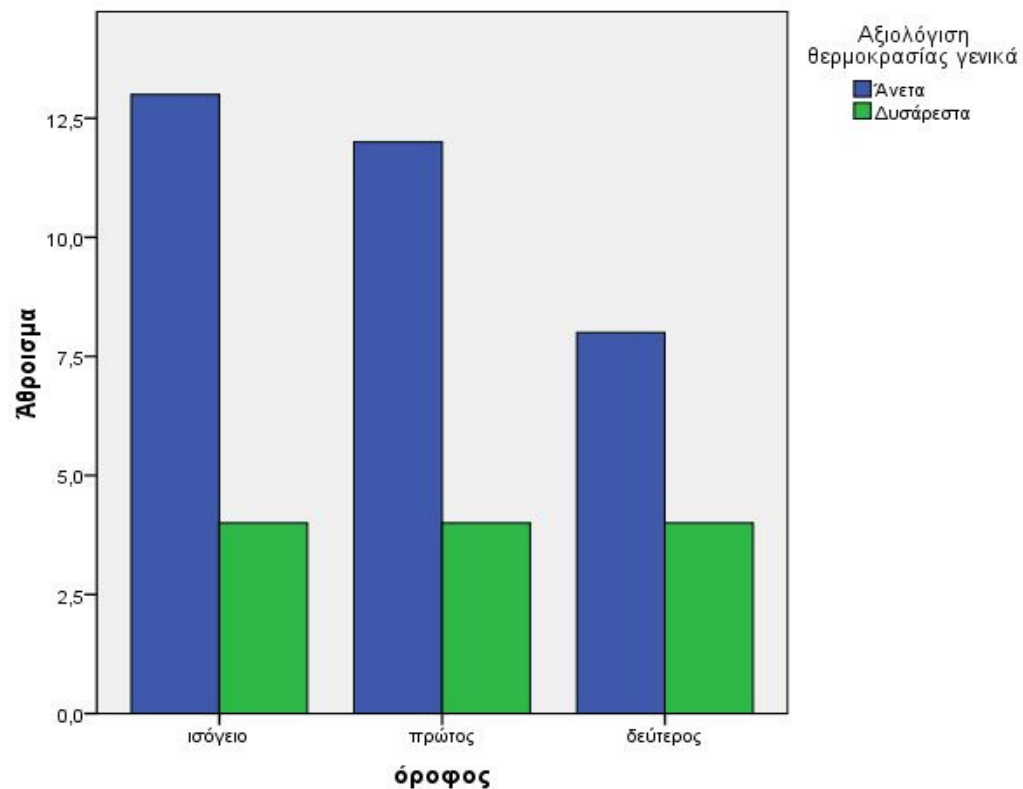
Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,381 ^a	2	0,827
Likelihood Ratio	0,371	2	0,831
Linear-by-Linear Association	0,312	1	0,576
N of Valid Cases	45		

Πίνακας 16 Συσχέτιση χ^2 Όροφος- Γεν. αξιολόγηση θερμοκρασίας

Δεν προκύπτει συσχέτιση

Διάγραμμα όροφος- Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά



Γράφημα 54 Ραβδόγραμμα Όροφος- Γεν.αξιολόγηση θερμοκρασίας

Ζ) Επεξεργασία υπόθεσης για τη συσχέτιση: Τομέας – Αξιολόγησης θερμοκρασίας.

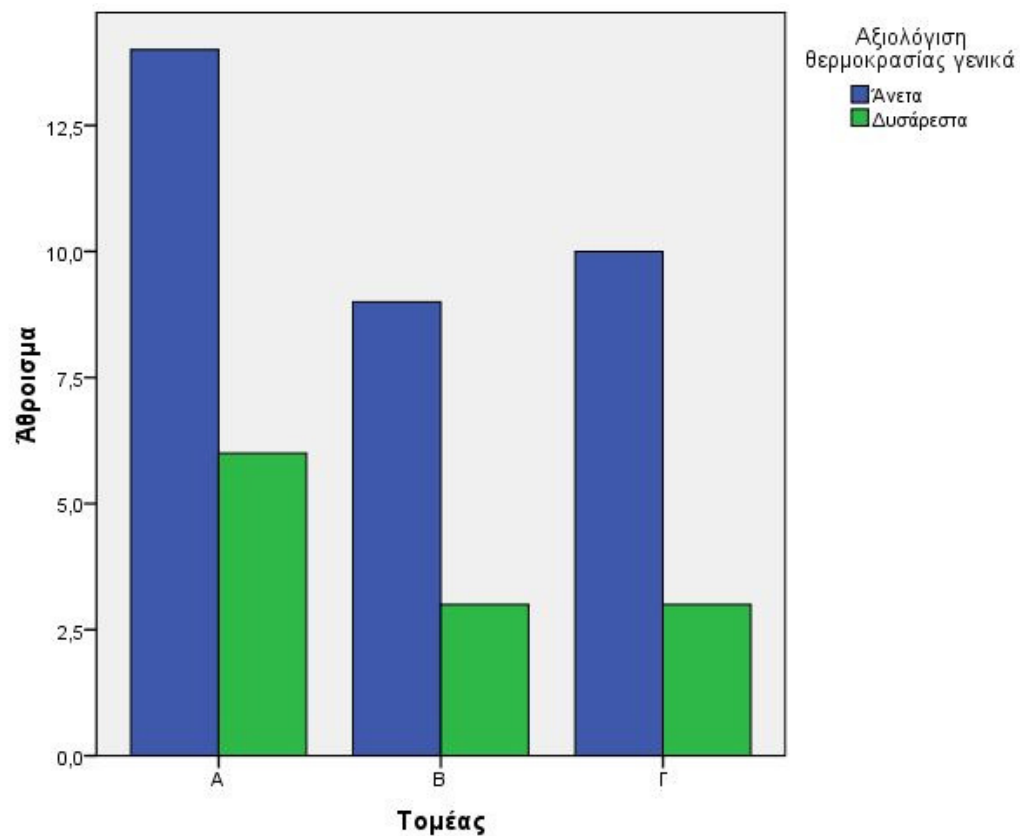
Έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,216 ^a	2	0,897
Likelihood Ratio	0,216	2	0,897
Linear-by-Linear Association	0,201	1	0,654
N of Valid Cases	45		

Πίνακας 17 Συσχέτιση χ^2 Τομέας- Γεν. αξιολόγηση θερμοκρασίας

Δεν προκύπτει συσχέτιση

Διάγραμμα τομέα – αξιολόγησης θερμοκρασίας γενικά



Γράφημα 55 Ραβδόγραμμα Τομέα- Γεν. αξιολόγηση θερμοκρασίας

4.2.3 Φωτογραφικό υλικό κατά τη διαδικασία της αυτοψίας του χώρου

Παρακάτω παρατίθεται το φωτογραφικό υλικό που συλλέχθηκε κατά την συλλογή των ερωτηματολογίων από τα δωμάτια αλλά και τους κοινόχρηστους χώρους. Οι φωτογραφίες που τραβήχτηκαν στόχευαν στην αποτύπωση του έντονου προβλήματος της υγρασίας στο κτίριο σε ορισμένους πυρήνες-τομείς.



Εικόνα 14(A21 WC)



Εικόνα 15 (A21 WC)



Εικόνα 16 (A26 υπνοδωμάτιο)



Εικόνα 17 (Α27 υπνοδωμάτιο)



Εικόνα 18 (Α27 Διάδρομος)



Εικόνα 19 (Α31 υπνοδωμάτιο)



Εικόνα 20 (Γ18 υπνοδωμάτιο)



Εικόνα 21 (Α12 υπνοδωμάτιο)

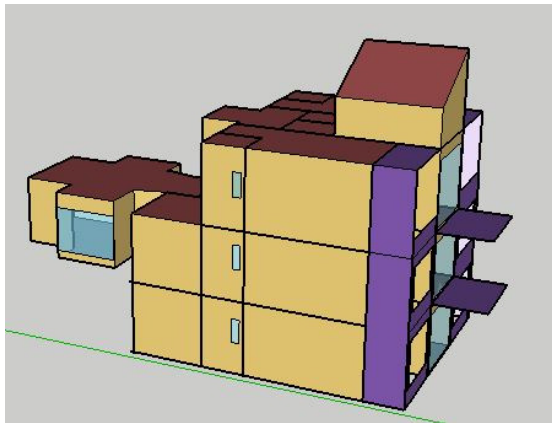


Εικόνα 22 (Α14 Wc)

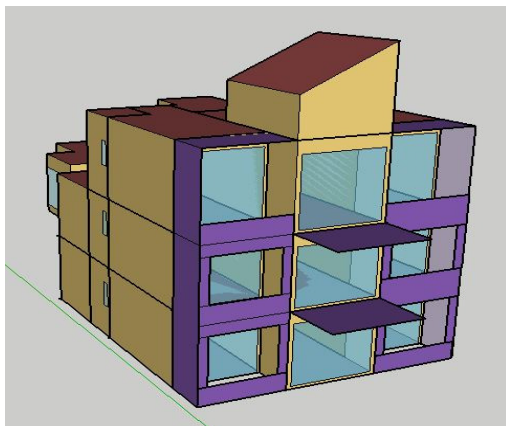
4.3. Αποτελέσματα ηλεκτρικών αναγκών μέσω της προσομοίωσης

4.3.1 Προοπτικά σχέδια και φωτογραφικό υλικό

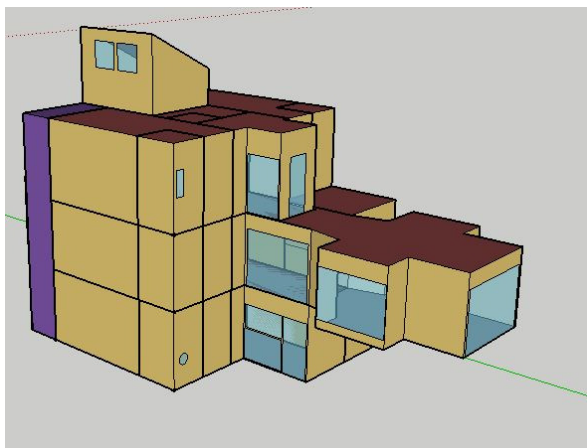
Στη συνέχεια παρατίθενται τα προοπτικά σχέδια (3D) που δημιουργήθηκαν μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος για την προσομοίωση. Επίσης έχει γίνει μια αστικοποιημένη διαφοροποίηση με τη χρήση του plugin του προγράμματος openstudio, σύμφωνα με την ιδιότητα που έπρεπε να τονιστεί κάθε φορά για το κτίριο.



Εικόνα 23 (Δυτική όψη)

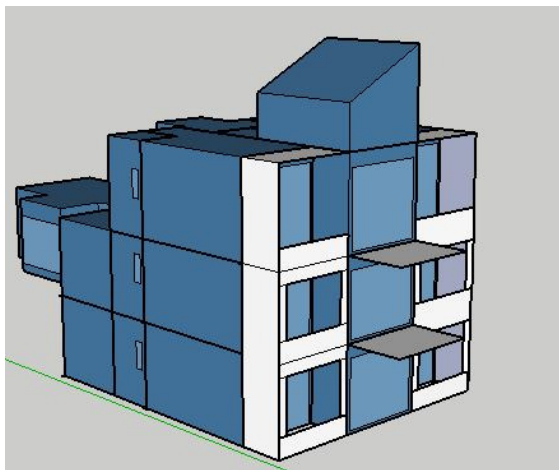


Εικόνα 24 (Νότια όψη)



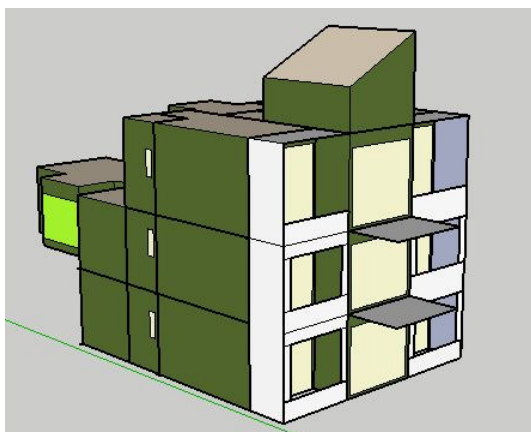
Εικόνα 25 (Βορειοανατολική όψη)

Σύμφωνα με τις συνθήκες περιβάλλοντος



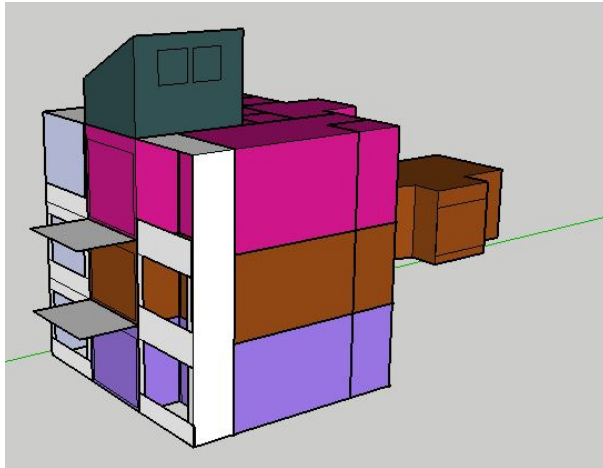
Εικόνα 26 Όψη σε σχέση με τις συνθήκες περιβάλλοντος

Σύμφωνα με το υλικό κατασκευής κάθε επιφάνειας



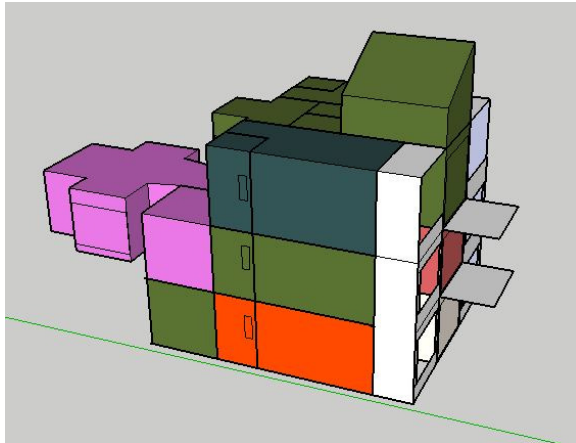
Εικόνα 27 Όψη σε σχέση με το υλικό κατασκευής

Σύμφωνα με τον όροφο



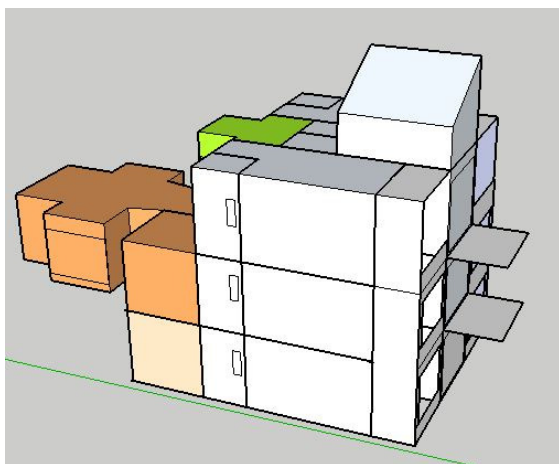
Εικόνα 28 Όψη σε σχέση τον όροφο

Σύμφωνα με τη θερμική ζώνη κάθε χώρου



Εικόνα 29 Όψη σε σχέση με τη θερμική ζώνη

Σύμφωνα με τον τύπο χρήσης κάθε χώρου



Εικόνα 30 Όψη σε σχέση με τον τύπο χρήσης

Φωτογραφικό υλικό από το τμήμα που μοντελοποιήθηκε



Εικόνα 31 Δυτική όψη



Εικόνα 32 Νοτιοδυτική όψη

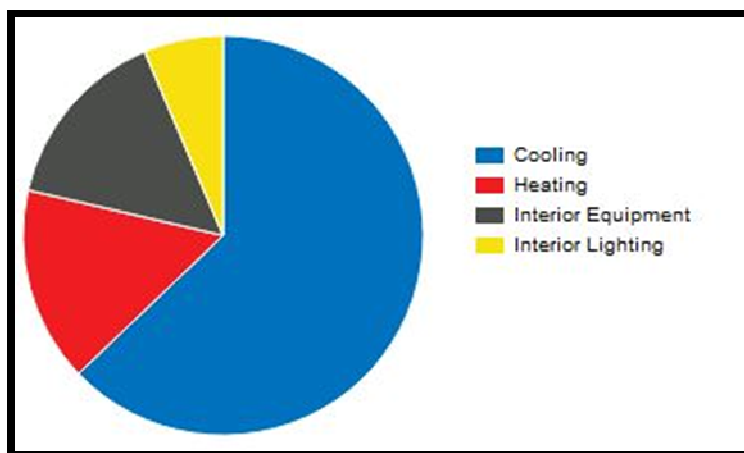


Εικόνα 33 Νότια όψη

4.3.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης υπάρχουσας κατάστασης

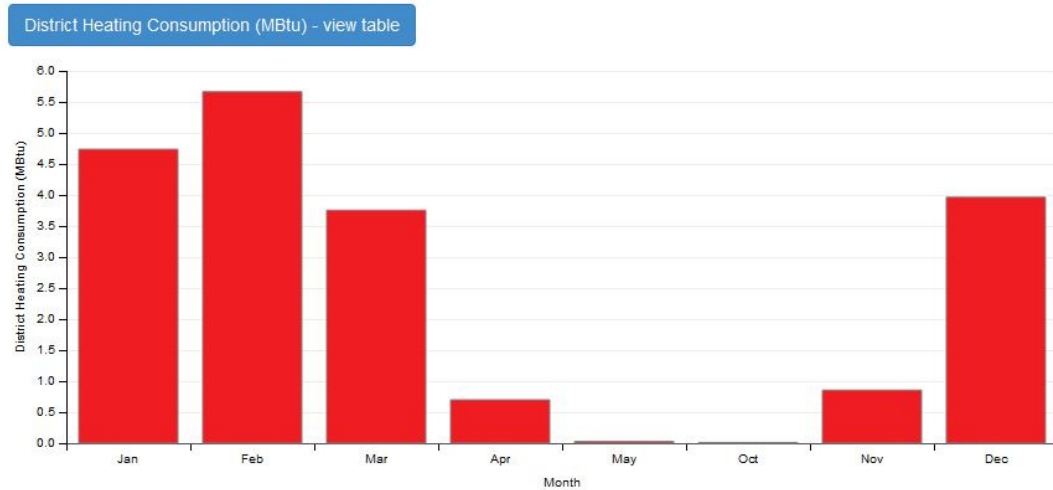
Στη συνέχεια καταγράφονται τα αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από το υπολογιστικό πρόγραμμα openstudio.

Γράφημα κατανομής ηλεκτρικών, θερμικών και ψυκτικών φορτίων



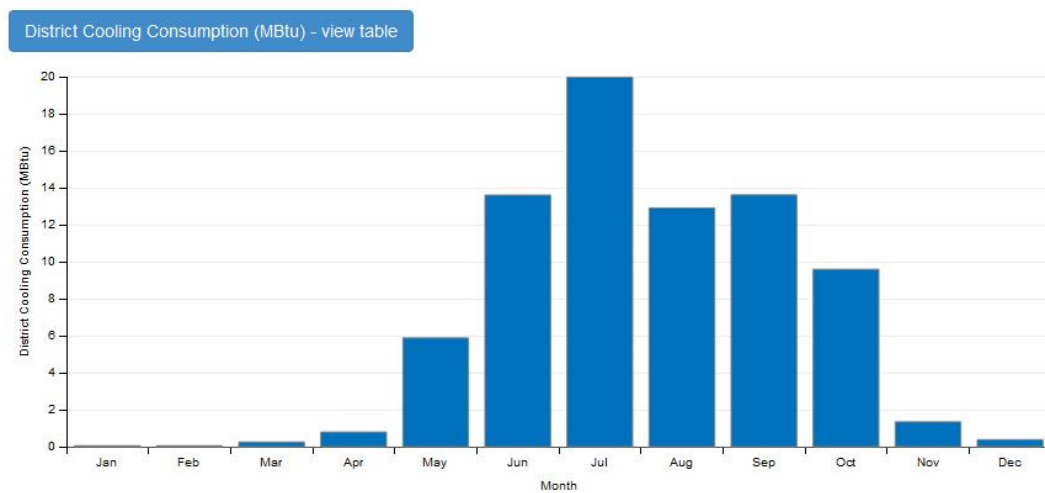
Γράφημα 56 Κατανομή φορτίου

Ραβδόγραμμα μηνιαίου φορτίου θέρμανσης



Γράφημα 57 Ραβδόγραμμα φορτίου θέρμανσης

Ραβδόγραμμα μηνιαίου φορτίου ψύξης



Γράφημα 58 Ραβδόγραμμα φορτίου ψύξης

Επειδή τα παραπάνω Γραφήματα και ραβδογράμματα απευθύνονται σε θερμικά και ψυκτικά φορτία και όχι σε ηλεκτρικά, έγινε η μετατροπή όλων των φορτίων σε ηλεκτρικά ώστε να μπορεί να εξαχθεί ένα συνολικό αποτέλεσμα για την κατανάλωση αν m^2 . Η μετατροπή έγινε σύμφωνα με το COP του κλιματιστικού Haier, το οποίο είναι εγκατεστημένο και ήταν 3,2 και 3 για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα.

COP heat	COP cool	Κλιματιζόμενο εμβαδόν (m^2)
3,2	3	246,6

Πίνακας 18 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Φορτία	Φορτία (kBtu/έτος)	Φορτία (kWh/έτος)	Ηλεκτρικά φορτία με το COP (kWh/έτος)
Θέρμανση	19.715	5.778	1.806
Ψύξη	78.422	22.983	7.661
Φωτισμός	8.009	2.347	2.347
Συσκευές	18.644	5.464	5.464
Σύνολο	124.790	36.572	17.278
Ετήσια κατανάλωση / m^2			70,1

Πίνακας 19 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP

*** Σε όλα τα σενάρια έχει γίνει η αναγωγή του ποσοστού μείωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στις πραγματικές καταναλώσεις σύμφωνα με το ποσοστό που προέκυψε από το μοντέλο.*

4.4 Αποτελέσματα σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο

Σενάρια	
1°	Προσθήκη Θερμοπρόσοψη
2°	Προσθήκη Πράσινο δώμα
3°	Αλλαγή λαμπτήρων και σύστημα απενεργοποίησης
4°	Αντικατάσταση σε κουφώματα και υαλοπίνακες
5°	Συνδυασμός των επί μέρους σεναρίων

Σενάριο 1

Η θερμοπρόσοψη που επιλέχθηκε να τοποθετηθεί στο κτιριακό κέλυφος για την ενίσχυση της μονωτικής ικανότητας του κτιρίου είναι της εταιρείας Knauf λόγω του ότι είναι ένα προϊόν ευρέως δοκιμασμένο με πολύ καλά αποτελέσματα στον τομέα της μόνωσης.

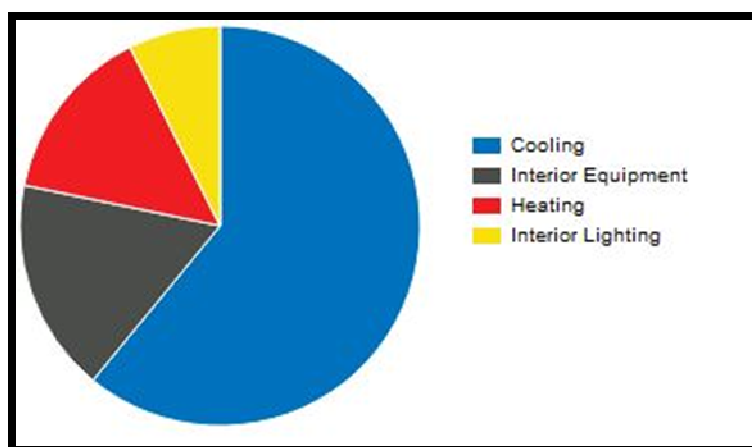
Τα υλικά φέρουν την επίσημη πιστοποίηση European Technical Approval (ETA) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία εκδόθηκε από τον εθνικό οργανισμό τυποποίησης της Γερμανίας.

Η προσθήκη της θερμοπρόσοψης επιλέχθηκε με σκοπό να προσφέρει στο εσωτερικό του κτιριακού κελύφους θερμική άνεση όλο τον χρόνο, διατηρώντας κατά το δυνατόν σταθερή θερμοκρασία. Απώτερος σκοπός προφανώς ήταν η εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και η προστασία του κτιριακού κελύφους από τις καιρικές καταπονήσεις. Ένας ακόμα στόχος ήταν η αποκοπή σχηματισμού θερμικών γεφυρών που σαν αποτέλεσμα έχουν τη δημιουργία μούχλας καθώς και επιφανειακών βλαβών (οι οποίες είναι εμφανείς) στα δομικά στοιχεία.

Εξωτερική θερμοπρόσοψη κελύφους

Είδος	Τιμή (ευρώ)	Ποσότητα (m ²)	Τελικό κόστος	Σύνολο (€)
Διογκωμένη Πολυστερίνη	5,35/m ²	251,6	1.346,0	8.646,8
Υλικό επικόλλησης	2,9/m ²	251,6	729,6	
Αστάρι	10/m ²	251,6	2.515,8	
Πλέγμα ενίσχυσης	1,12/m ²	251,6	281,8	
Εργατικά	15/m ²	251,6	3.773,7	

Πίνακας 20 Υλικά θερμοπρόσοψης



Γράφημα 59 Γράφημα απεικόνισης φορτίων

Φορτία	Φορτία (kBtu/έτος)	Φορτία (kWh/έτος)	Ηλεκτρικά φορτία με το COP (kWh/έτος)
Θέρμανση	15.421	4.519	1.412
Ψύξη	65.674	19.247	6.416
Φωτισμός	8.009	2.347	2.347
Συσκευές	18.644	5.464	5.464
Σύνολο	107.748	31.578	15.639
Ετήσια κατανάλωση/m			63,4

Πίνακας 21 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 1

Καταναλώσεις	Αρχική κατανάλωση (kWh/m)/έτος	Τελική κατανάλωση (kWh/m)/έτος	Εξοικονόμηση (kWh/m)/έτος	Εξοικονόμηση χρημάτων/έτος (€)
Μοντέλου	70,1	63,4	6,7	312,3
Πραγματική	97,2	87,5	9,7	452,1

Πίνακας 22 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 1

Τιμή kWh=0.189 ευρώ

Σενάριο 2

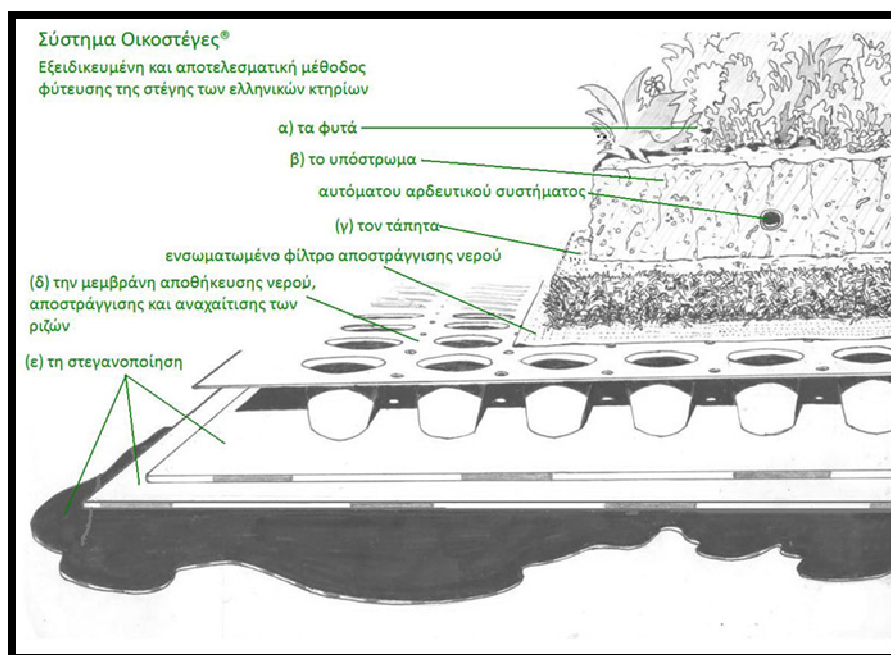
Πράσινη στέγη

Η επένδυση της πράσινης στέγης μπορεί να κάνει απόσβεση σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, καθώς το κόστος κατασκευής κυμαίνεται στα 100/m² (

Πίνακας 23). Το κόστος εξαρτάται από τα υλικά και τα φυτά που θα επιλέξουμε να χρησιμοποιήσουμε. Για την Ελλάδα, ο πλέον κατάλληλος τύπος στέγης είναι ο εκτατικός, που περιλαμβάνει χλόη, άνθη, βότανα, θάμνους, διότι δεν χρειάζεται συχνό πότισμα τους καλοκαιρινούς μήνες αλλά ταυτόχρονα βοηθάει στην αποφυγή πλημμύρας και λιμναζόντων υδάτων με την κατακράτηση που γίνεται λόγω του υποστρώματος. Η διαστρωμάτωση του υποστρώματος φαίνεται στην Εικόνα 34.

Είδος	Τιμή ανά m ² (€)	M ²	Τελικό κόστος (€)
Πράσινο υπόστρωμα δώματος	110	56,34	6197,4

Πίνακας 23 Κοστολόγηση πράσινου υποστρώματος



Εικόνα 34 Διαστρωμάτωση οικοστέγης

Σημαντικό είναι το ότι τα φωτοβολταϊκά συνδυάζονται πολύ καλά με τις φυτεμένες στέγες (Εικόνα 36), ιδιαίτερα όταν μιλάμε για τοποθετήσεις εκτατικού τύπου. Τα φυτά διατηρούν τις θερμοκρασίες χαμηλά, γεγονός που βοηθά τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών, καθώς τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες η αύξηση της θερμοκρασίας στα πλαίσια μειώνει σημαντικά την απόδοσή τους, παρά την αυξημένη ηλιοφάνεια. Έτσι θεωρήθηκε πολύ καλός ο συνδυασμός αυτός των φωτοβολταϊκών (για αυτοπαραγωγή ενέργειας) σε συνάρτηση με το φυτεμένο δώμα για το συγκεκριμένο κτίριο.

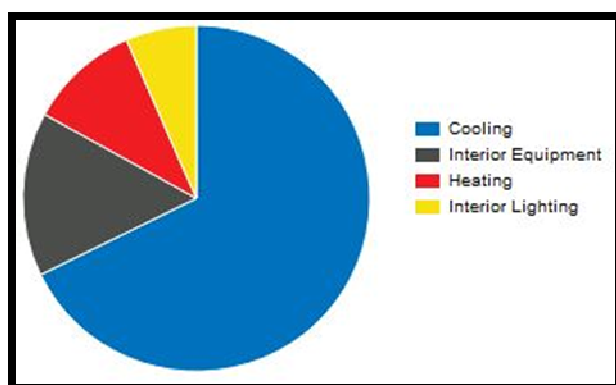
Στην Εικόνα 35 φαίνεται η τελική εικόνα ενός κτιρίου όπου έχει γίνει η προσθήκη της πράσινης στέγης.



Εικόνα 35 Παράδειγμα εφαρμογής πράσινης στέγης [www.oikosteges.gr , 5/2016]



Εικόνα 36 Πράσινη στέγη σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά [www.oikosteges.gr , 5/2016]



Γράφημα 60 Γράφημα απεικόνισης φορτίων

Φορτία	Φορτία (kBtu/έτος)	Φορτία (kWh/έτος)	Ηλεκτρικά φορτία με το COP (kWh/έτος)
Θέρμανση	12.578	3.686	1.152
Ψύξη	82.289	24.117	8.039
Φωτισμός	8.009	2.347	2.347
Συσκευές	18.644	5.464	5.464
Σύνολο	121.520	35.614	17.002
Ετήσια κατανάλωση /m ²			68,9

Πίνακας 24 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 2

Καταναλώσεις	Αρχική κατανάλωση (kWh/m)/έτος	Τελική κατανάλωση (kWh/m)/έτος	Εξοικονόμηση (kWh/m)/έτος	Εξοικονόμηση χρημάτων/έτος (€)
Μοντέλου	70,1	68,9	1,2	55,9
Πραγματική	97,2	95,3	2	93,2

Πίνακας 25 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 2

Τιμή kWh=0.189 €

Σενάριο 3

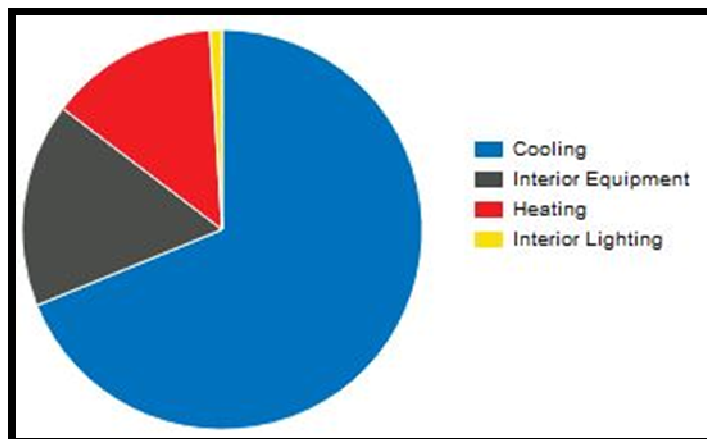
Αλλαγή λαμπτήρων με LED και προσθήκη φωτοκύτταρου στους κοινόχρηστους χώρους

Οι λαμπτήρες LED που επιλέχθηκαν να αντικαταστήσουν τους ήδη υπάρχοντες παρέχουν την ίδια ακριβός ποιότητα και ένταση φωτός (ux) αλλά ταυτόχρονα έχουν πολύ μεγαλύτερο κύκλο ζωής και καταναλώνουν 60-80% λιγότερη ενέργεια.

Οι αισθητήρες κίνησης που επιλέχθηκαν να εγκατασταθούν στους κοινόχρηστους χώρους είναι της εταιρείας Philips. Σαφώς συνεισφέρουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης διότι αποφεύγεται το φαινόμενο του «ξεχασμένου διακόπτη» στους κοινόχρηστους χώρους.

Είδος	Τιμή (€)	Τεμάχια	Τελικό κόστος (€)
Λαμπτήρας LED 6,5 W (40W)	13,7	9	123,3
Λαμπτήρας LED 9,5 W(60W)	16,5	9	148,5
Λαμπτήρας LED 13,5 W(100)	28,5	3	85,5
Ανιχνευτής κίνησης	25,8	3	77,4
			434,7

Πίνακας 26 Κοστολόγηση αντικατάστασης λαμπτήρων με led



Γράφημα 61 Γράφημα απεικόνισης φορτίων

Φορτία	Φορτία (kBtu/έτος)	Φορτία (kWh/έτος)	Ηλεκτρικά φορτία με το COP (kWh/έτος)
Θέρμανση	15.393	4.511	1.410
Ψύξη	77.512	22.717	7.572
Φωτισμός	1.099	322	322
Συσκευές	18.644	5.464	5.464
Σύνολο	112.648	33.014	14.768
Ετήσια κατανάλωση/m ²			59,9

Πίνακας 27 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 3

Καταναλώσεις	Αρχική κατανάλωση (kWh/m ²)/έτος	Τελική κατανάλωση (kWh/m ²)/έτος	Εξοικονόμηση (kWh/m ²)/έτος	Εξοικονόμηση χρημάτων/έτος (€)
Μοντέλου	70,1	59,9	10,2	475,4
Πραγματική	97,2	82,6	14,6	680,5

Πίνακας 28 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 3

*Τιμή kWh=0.189 ευρώ

Σενάριο 4

Αντικατάσταση υαλοπινάκων και κουφωμάτων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά

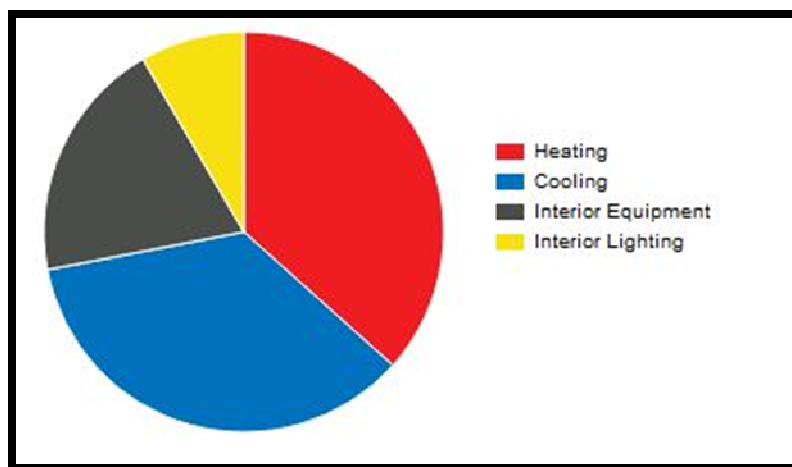
Τα νέα κουφώματα σε συνδυασμό με τους υαλοπίνακες δρουν με τρόπο τέτοιο ώστε να μειώνεται η ανταλλαγή θερμότητας του εσωτερικού του κτιρίου με το περιβάλλον.

Τα κουφώματα που επιλέχθηκαν για να εγκατασταθούν είναι της εταιρείας EUROPA ALUMINUM SYSTEMS και συγκεκριμένα η σειρά Prima 8500. Η επιλογή αυτή έγινε διότι είναι ένα κούφωμα που συνδυάζει απόλυτη στεγάνωση, οικονομία αλλά και θωράκιση του χώρου. Έτσι, σαν αποτέλεσμα, προκύπτει μείωση των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα. Τα κόστη αναγράφονται αναλυτικά στον

Πίνακας 29.

Είδος	Τιμή (€)	Τεμάχια	Τετραγωνικά μέτρα	Κόστος χωρίς ΦΠΑ	ΦΠΑ (2016)	Σύνολο (€)
Μπαλκονόπορτα 2φυλλη 2.40x2.10	1.050,00	11,00	55,44	6.652,80	1.556,76	18.244,94
Ρολό αλουμινίου με ιμάντα (μπαλκονόπορτας)	250,00	9,00	55,44	6.652,80	1.556,76	
Παράθυρο 2φυλλο 1.40x1.15	366,00	1,00	1,61	193,20	45,21	
Παράθυρο 1φυλλο 0.40x0.90	185,00	5,00	4,60	552,00	129,17	
Παράθυρο 1φυλλο 0.80x1.15	235,00	3,00	2,76	331,20	77,50	
Πόρτα 1φυλλη 0.80x2.10	320,00	2,00	3,36	403,20	94,35	

Πίνακας 29 Κοστολόγηση κουφωμάτων και υαλοπινάκων



Γράφημα 62 Γράφημα απεικόνισης φορτίων

Φορτία	Φορτία (kBtu/έτος)	Φορτία (kWh/έτος)	Ηλεκτρικά φορτία με το COP (kWh/έτος)
Θέρμανση	34.813	10.203	3.188
Ψύξη	33.629	9.856	3.285
Φωτισμός	8.009	2.347	2.347
Συσκευές	18.644	5.464	5.464
Σύνολο	95.095	27.870	14.285

Ετήσια κατανάλωση/m ²			57,9
-------------------------------------	--	--	------

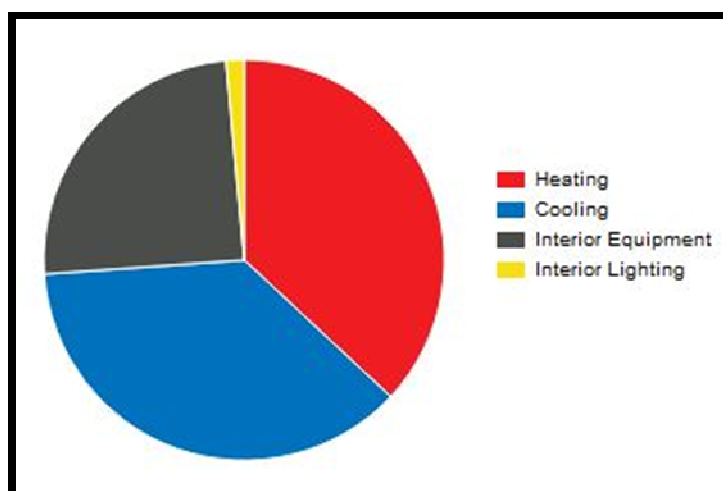
Πίνακας 30 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο 4^ο

Καταναλώσεις	Αρχική κατανάλωση (kWh/m ²)/έτος	Τελική κατανάλωση (kWh/m ²)/έτος	Εξοικονόμηση (kWh/m ²)/έτος	Εξοικονόμηση χρημάτων/έτος (€)
Μοντέλου	70,1	57,9	12,2	569
Πραγματική	97,2	80,7	16,5	769

Πίνακας 31 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το σενάριο 4

Τιμή kWh=0.189 ευρώ

Συνδυασμός όλων των σεναρίων



Γράφημα 63 Γράφημα απεικόνισης φορτίων

Φορτία	Φορτία (kBtu/έτος)	Φορτία (kWh/έτος)	Ηλεκτρικά φορτία με το COP (kWh/έτος)
Θέρμανση	27.923	8.183	2.557
Ψύξη	27.913	8.180	2.727
Φωτισμός	1.099	322	322
Συσκευές	18.644	5.464	5.464
Σύνολο	75.579	22.150	11.070

Ετήσια κατανάλωση/m ²			44,9
-------------------------------------	--	--	------

Πίνακας 32 Ηλεκτρικές καταναλώσεις με COP σενάριο συνδυαστικό

Καταναλώσεις	Αρχική κατανάλωση (kWh/m ²)/έτος	Τελική κατανάλωση (kWh/m ²)/έτος	Εξοικονόμηση (kWh/m ²)/έτος	Εξοικονόμηση χρημάτων/έτος (€)
Μοντέλου	70,1	44,9	25,2	1175
Πραγματική	97,2	62,2	35	1631

Πίνακας 33 Εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το συνδυαστικό σενάριο

Σενάριο	Κόστος βελτίωσης (€)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	8.647	10
2	6.198	2
3	435	15
4	18.244	17
Συγκεντρωτικό	33.524	36

Πίνακας 34 Συγκριση σεναρίων ως προς το ποσοστό εξοικονόμησης

Σενάρια	Ποσοστό μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης (%)	Ετήσια κατανάλωση/m ² μοντέλου	Ετήσια κατανάλωση/m ² πραγματική	Κόστος εφαρμογής (€)	Εξοικονόμηση χρημάτων/έτος (€)	Αποπληρωμή κεφαλαίου σε έτη
Θερμοπρόσοψη	10	63,4	87,5	8.646,80	452,1	19,1
Πράσινο δώμα	2	68,9	95,3	6.197,40	93,2	67
Αλλαγή λαμπτήρων και σύστημα απενεργοποίησης	15	59,9	82,6	434,7	680,5	0,6
Κουφώματα και υαλοπίνακες	17	57,9	80,7	18.244,94	769	23,7
Συγκεντρωτικό	36	44,9	62,2	33.523,84	1631	20,5

Πίνακας 35 Συγκεντρωτικός όλων των σεναρίων

4.5 Αποτελέσματα σεναρίων αυτοπαραγωγής ενέργειας στο κτίριο

Για τα σενάρια αυτοπαραγωγής επιλέχθηκε το ακόλουθο φωτοβολταϊκό πλαίσιο SRM-300P 300W πολυκρυσταλλικού πυριτίου.



Εικόνα 37 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο [www.pals.gr,6/2016]

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Μέγιστη ισχύς (P_{max}): 300W
- Απόδοση: 15,5%
- Τάση μέγιστης ισχύος (V_{mp}): 36,6V
- Ρεύμα μέγιστης ισχύος (I_{mp}): 8,2A
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}): 44,8V
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}): 8,69A
- Διαστάσεις: 1956X992X40mm. Βάρος: 24,0 kg
Κόστος: 339 ευρώ

Ο αντιστροφέας που επιλέχθηκε να εγκατασταθεί σε συνάρτηση με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι ο SK-3000-48 COTEK 48V-230V 3000W.



Εικόνα 38 inverter COTEK [www.pals.gr,6/2016]

Μετατροπέας τάσης DC-AC ημιτονικής εξόδου 3000W.

Στιγμιαίο ρεύμα εκκίνησης φορτίων το διπλάσιο της ονομαστικής ισχύος.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Συνεχόμενη ισχύς: 3.000W
- Στιγμιαία ισχύς: 6.000W
- Ίδια κατανάλωση ρεύματος: 0,70A
- Κατανάλωση σε λειτουργία αναμονής (stand – by): 0,19A
- Τάση εξόδου – διακύμανση: 230V AC +3% ημιτονικής μορφής (THD < 3%)
- Συχνότητα εξόδου: 50 – 60Hz αλλαγή με μικρό διακόπτη.
- Προστασίες: υπερφόρτωση, υπερθέρμανση, βραχυκύκλωμα, χαμηλή ή υψηλή τάση μπαταρίας. Λειτουργία με μικροεπεξεργαστή.
- 3 Ενδεικτικά LED: επίπεδο τάσης εισόδου – επίπεδο φορτίου εξόδου – κατάσταση βλάβης.
- Απόδοση: >94%
- Έλεγχος θερμοκρασίας: με ανεμιστήρα ανάλογα το φορτίο
- Σε περίπτωση υπερθέρμανσης: Σταματά την τροφοδοσία των φορτίων και ενεργοποιείται όταν επανέλθει η θερμοκρασία.
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 0°C - +40°C
- Λειτουργία με μέγιστο ποσοστό υγρασίας: 20% ~ 90% (χωρίς συμπύκνωση)

- Διαστάσεις: 422 x 208 x 166mm
- Βάρος: 9,8 kg
- Μονάδα απομακρυσμένου ελέγχου: Ναι (κωδικός CR6 – CR8)
- Κόστος: 1.593,50 €

<http://www.pals.gr/>

4.5.1 Σενάρια κάλυψης ηλεκτρικών αναγκών

Στα σενάρια που εξετάστηκαν λήφθηκε υπόψη η πραγματική κατανάλωση, έτσι όπως υπολογίστηκε μετά από το συνδυαστικό σενάριο των προτάσεων εξοικονόμησης, 62,2 (kWh/m²)/έτος. Σε αυτό προστέθηκε και η ηλεκτρική απαίτηση της αντλίας θερμότητας 10 (kWh/m²)/έτος που αφαιρέθηκε στην αρχή των υπολογισμών για την αποφυγή σύγχυσης των αποτελεσμάτων.

Άρα η τελική ηλεκτρική ενέργεια που εξετάζεται να καλυφτεί είναι 72,2 (kWh/m²)/έτος ή 17.804 kWh/έτος.

Επίσης λήφθηκαν υπόψη οι απώλειες λόγω ενσωμάτωσης²⁴ στον ήδη υπάρχοντα σκελετό του κελύφους, πράγμα το οποίο επιφέρει μείωση της απόδοσης των πλαισίων. Οι συντελεστές απόκλισης παρατίθενται στον Πίνακα 36.

Κλίση \ Προσανατολισμός	0°	30°	60°	90°
Ανατολικός	0.93	0.90	0.78	0.55
Νοτιοανατολικός	0.93	0.96	0.88	0.66
Νότιος	0.93	1.00	0.91	0.68
Νοτιοδυτικός	0.93	0.96	0.88	0.66
Δυτικός	0.93	0.90	0.78	0.55

Βέλτιστος προσανατολισμός	Πολύ καλός προσανατολισμός
Καλός προσανατολισμός	Προς αποφυγήν

Πίνακας 36 Συντελεστών υπολογισμού απωλειών σύμφωνα με την κλίση και τον προσανατολισμό [pvtrin.gr,7/2016]

²⁴ http://pvtrin.gr/assets/media/PDF/flipbook/training_material/PVTRIN_TRAINEES/1.D3.2_INSTALLER_HANDBOOK/2.D3.2_Installer_Handbook_GR/index.html#/92

Σενάριο 1

Αυτοπαραγωγή για το 50% των αναγκών του τομέα

Τα παρακάτω αποτελέσματα προέκυψαν από το λογισμικό RETSCREEN.

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης			Αύξηση αρχικού κόστους
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2		
Φωτοβολταϊκό			
Ηλεκτρική ισχύς	kW	6,78	\$ 8.475
Κατασκευαστής	pals		
Μοντέλο	SRM-300P		25 μονάδα(-ες)
Συντελεστής ισχύος	%	15,5%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	9,2	
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	\$/MWh	189,00	

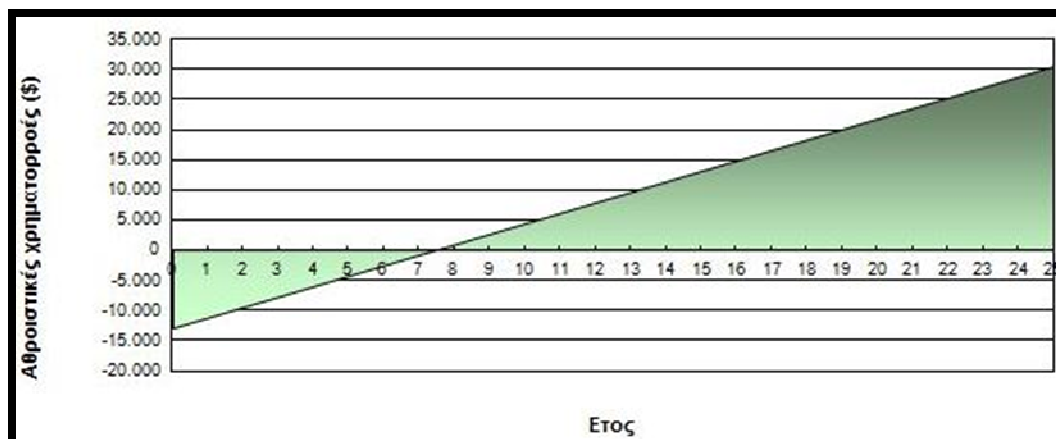
Πίνακας 37 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων για 50% κάλυψης

Ανάλυση Εκπομπών				
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO ₂ /MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO ₂ /MWh
Κράτος - περιφέρεια Greece	Πατρέλαιο (#6)	0,769	5,0%	0,809
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	9	Απώλειες Μ&Δ	2,0%
Εκπομπές ΑΤΘ				
Βασική περίπτωση	tn CO ₂	7,4		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO ₂	0,1		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO ₂	7,3		
Τέλη συνναλαγών πτώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,1%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO ₂	7,3	ισοδυναμεί με	1,3
Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				
Τιμή πώλησης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	\$/tn CO ₂			

Πίνακας 38 Ισοδύναμες εκπομπές CO₂ για το 50% κάλυψης

Οικονομική Ανάλυση			
Οικονομικοί Παράμετροι			
Τιμή πληθωρισμού	%		0,0%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		25
Τοκοχρεολύσιο	%		0%
Αρχικά κόστη			
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	\$		8.475
Άλλο	\$		4.500
Συνολικά αρχικά κόστη	\$		12.975
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	\$		
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	\$		
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη πτερύτωση	\$		0
	\$		
Συνολικά ετήσια κόστη	\$		0
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
Κόστος καυσίμου - βασική πτερύτωση	\$		0
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	\$		1.739
	\$		
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα	\$		1.739
Οικονομική Βιωσιμότητα			
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		12,7%
Απλή αποπληρωμή	έτος		7,5
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		7,5

Πίνακας 39 Οικονομική ανάλυση για την κάλυψη του 50 %



Γράφημα 64 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για κάλυψη 50 %

Σενάριο 2

Αυτοπαραγωγή για το 100% των αναγκών του τομέα

Τα παρακάτω αποτελέσματα προέκυψαν από το λογισμικό RETSCREEN

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης			Αύξηση αρχικού κόστους
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2		
Φωτοβολταϊκό			
Ηλεκτρική ισχύς	kW	13,27	\$ 16.611
Κατασκευαστής		paIs	
Μοντέλο		SPM-300P	49 μονάδα(-ες)
Συντελεστής ισχύος	%	15,5%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	18,0	
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	\$/MWh	189,00	

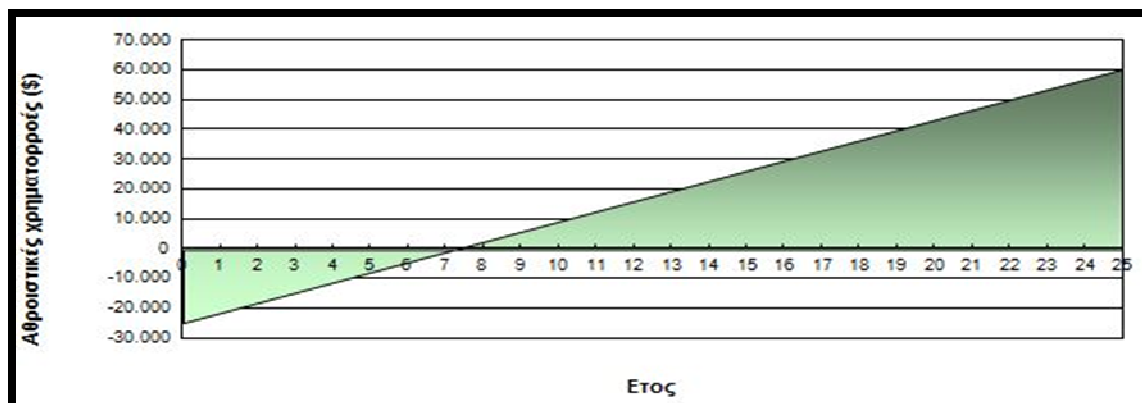
Πίνακας 40 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων για 100 % κάλυψη

Ανάλυση Εκπομπών				
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)		Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ)	Απώλειες Μ&Δ	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ
Κράτος - περιφέρεια	Τύπος Καυσίμου	tn CO ₂ /MWh	%	tn CO ₂ /MWh
Greece	Πετρέλαιο (#6)	0,769	5,0%	0,809
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	18	Απώλειες Μ&Δ	2,0%
Εκπομπές ΑΤΘ				
Βασική περίπτωση	tn CO ₂	14,6		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO ₂	0,3		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO ₂	14,3		
Τέλη συννολικών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,1%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO ₂	14,3	ισοδυναμεί με	2,6
Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	\$/tn CO ₂			

Πίνακας 41 Ισοδύναμες εκπομπές CO₂ για το 100% κάλυψης

Οικονομική Ανάλυση			
Οικονομικοί Παράμετροι			
Τιμή πληθωρισμού	%		0,0%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		25
Τοκοχρεολύσιο	%		0%
Αρχικά κόστη			
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	\$		16.611
Άλλο	\$		8.000
Συνολικά αρχικά κόστη	\$		24.611
Κίνητρα και επιχορηγήσεις			
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Κόστος Λεπουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	\$		
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη πτερύτωση	\$		0
	\$		
Συνολικά ετήσια κόστη	\$		0
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
Κόστος καυσίμου - βασική πτερύτωση	\$		0
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	\$		3.405
	\$		
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα	\$		3.405
Οικονομική Βιωσιμότητα			
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		13,2%
Απλή αποπληρωμή	έτος		7,2
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		7,2

Πίνακας 42 Οικονομική ανάλυση για την κάλυψη του 100 %



Γράφημα 65 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για κάλυψη 100 %

Σενάριο 3

Αυτοπαραγωγή με στόχο την κάλυψη όλου του διαθέσιμου χώρου στην οροφή του κτιρίου

Τα παρακάτω αποτελέσματα προέκυψαν από το λογισμικό RETSCREEN

Σύστημα ηλεκτρισμού προτεινόμενης περίπτωσης			Αύξηση αρχικού κόστους
Τύπος ανάλυσης	<input checked="" type="radio"/> Μέθοδος 1 <input type="radio"/> Μέθοδος 2		
Φωτοβολταϊκό			
Ηλεκτρική ισχύς	KW	8,13	\$ 10,170
Κατασκευαστής	pals		
Μοντέλο	SRM-300P 30 μονάδα(-ες)		
Συντελεστής ισχύος	%	15,5%	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11,0	
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	\$/MWh	189,00	

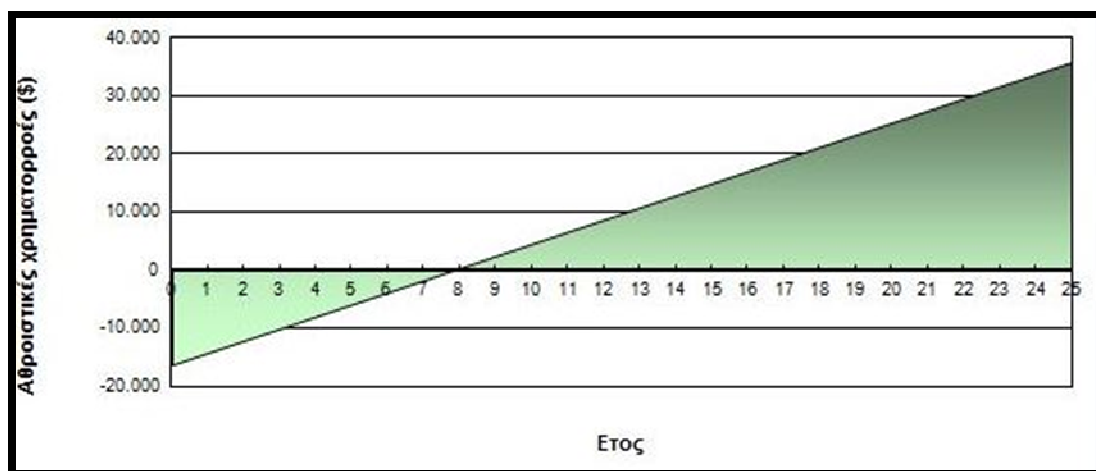
Πίνακας 43 Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων για 62% κάλυψη

Ανάλυση Εκπομπών				
Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ (εξαιρούνται Μ&Δ) tn CO2/MWh	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO2/MWh
Κράτος - περιφέρεια				
Greece	Πετρέλαιο (#6)	0,769	5,0%	0,809
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh	11	Απώλειες Μ&Δ	2,0%
Εκπομπές ΑΤΘ				
Βασική περίπτωση	tn CO2	8,9		
Προτεινόμενη περίπτωση	tn CO2	0,2		
Μικτή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	8,8		
Τέλη συναλλαγών πιστώσεων εκπομπών ΑΤΘ	%	0,1%		
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn CO2	8,7	ισοδυναμεί με	1,6
Εσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				
Τιμή πίστωσης μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	\$/tn CO2		Αυτοκίνητα και ελαφριά φορτηγά δεν χρησιμοποιούνται	

Πίνακας 44 Ισοδύναμες εκπομπές CO₂ για το 62% κάλυψης

Οικονομική Ανάλυση			
Οικονομικοί Παράμετροι			
Τιμή πληθωρισμού	%		0,0%
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		25
Τοκοχρεολύσιο	%		0%
Αρχικά κόστη			
Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	\$		10.170
Άλλο	\$		6.093
Συνολικά αρχικά κόστη	\$		16.263
Κίνητρα και επιχορηγήσεις			
Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Κόστος Λαμπυρίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	\$		
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	\$		0
Συνολικά ετήσια κόστη	\$		0
Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	\$		0
Εσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	\$		2.086
Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και εισόδημα	\$		2.086
Οικονομική Βιωσιμότητα			
(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		12,1%
Απλή αποπληρωμή	έτος		7,8
Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		7,8

Πίνακας 45 Οικονομική ανάλυση για την κάλυψη του 62%



Γράφημα 66 Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών για κάλυψη 62 %

5 Συζήτηση

5.1 Επεξεργασία πραγματικών δεδομένων

Αρχικά, από την επεξεργασία των δεδομένων που έγινε για τις πραγματικές καταναλώσεις της εστίας (Πίνακας 2, Γράφημα 1) φαίνεται ότι υπάρχει μια σταθερή σχετικά ζήτηση ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Εξαίρεση αποτελούν 3 μήνες (Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος) όπου εμφανώς η ζήτηση αυξάνεται λόγω της πληρότητας των δωματίων (στα Γραφήματα 8-19 απεικονίζεται η πληρότητα ανά μήνα), αλλά και της έντονης χρήσης των κλιματιστικών και της αντλίας θερμότητας λόγω και των κλιματικών συνθηκών της περιόδου αυτής. Εν συνεχεία, υπολογίστηκε η ηλεκτρική κατανάλωση ανά m^2 , όπως φαίνεται στον

Πίνακα 3, που δεν θεωρείται ιδιαίτερα υψηλή, δεδομένης της χρήσης του κτιρίου και της παλαιότητάς του.

Από τη συνολική κατανάλωση αφαιρέθηκε το μερίδιο της αντλίας θερμότητας ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση των καταναλώσεων με το αποτέλεσμα της μοντελοποίησης όπου δεν συμπεριλήφθηκε η παράμετρος της αντλίας για λόγους απλοποίησης του μοντέλου. Η αφαίρεση του φορτίου της αντλίας έγινε γραφικά (όπως έχει εξηγηθεί στο κεφάλαιο 3). Στο Γράφημα 2 φαίνεται ο ενδεικτικός μήνας Απρίλιος όπου η λειτουργία της αντλίας φαίνεται ξεκάθαρα. Από την αφαίρεση του φορτίου της αντλίας για κάθε μήνα ξεχωριστά προέκυψε η κατανάλωση ανά m^2 μειωμένη κατά 10kWh (97,2 kWh).

5.2 Στατιστικό μέρος

Αρχικά από τα αποτελέσματα των γενικών χαρακτηριστικών αποτυπώνονται τα εξής. Στην εστία το μεγαλύτερο ποσοστό των ενοίκων είναι άνδρες, πράγμα αναλογικό και αναμενόμενο λόγω του αυξημένου ποσοστού των ανδρών έναντι των γυναικών που φοιτούν στο ίδρυμα (Γράφημα 4). Το ηλικιακό μείγμα ποικίλει από τα 18 έως και τα 35, με το μεγαλύτερο ποσοστό να συγκεντρώνεται στα 23. Επίσης φαίνεται ότι υπάρχει ένα αρκετά αντιπροσωπευτικό δείγμα από όλους ορόφους αλλά και τους τομείς (Γράφημα 6) της εστίας.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων (Γράφημα 7) είναι αρκετά έμπειροι χρήστες του δωματίου και γενικότερα του κτιρίου καθώς κατοικούν τουλάχιστον ένα ολόκληρο ακαδημαϊκό έτος και συγχρόνως δηλώνουν ότι κάνουν μόνιμη χρήση του δωματίου και όχι περιστασιακή (

Πίνακας 5, Γράφημα 20).

Από τους Πίνακες 7,8 φαίνεται ότι εποχιακά, όπως είναι λογικό, η χρήση τεχνητού φωτισμού αλλάζει, όμως φαίνεται ότι ένα σημαντικό ποσοστό ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες κάνει χρήση τεχνητού φωτισμού τις πρωινές και μεσημεριανές

ώρες. Αυτό υποδηλώνει την ελλιπή διείσδυση φυσικού ηλιακού φωτός στο κτίριο σε τουλάχιστον 20% των δωματίων. Για την έλλειψη φωτός σε αυτούς τους χώρους θα μπορούσε να εξεταστεί το ενδεχόμενο ανοίγματος κάποιου φεγγίτη ή αντικατάσταση τμήματος της τοιχοποιίας με υαλοτούβλα.

Από την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης του δωματίου (Γραφήματα 21-24) φαίνεται ότι το φθινόπωρο και την άνοιξη οι θερμοκρασιακή άνεση στο δωμάτιο είναι η επιθυμητή. Σε αντίθεση, το καλοκαίρι και τον χειμώνα υπάρχει ένα ποσοστό 17,6% όπου δηλώνει ότι οι συνθήκες στο δωμάτιο δεν είναι οι επιθυμητές σε υπερθετικό βαθμό. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει έλλειψη μόνωσης του κτιριακού κελύφους και κακή στεγάνωση, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν. Γενικότερα, όμως, από συνολική εικόνα κατά τη διάρκεια του έτους οι χρήστες δηλώνουν γενικά ότι υπάρχει μια σχετικά ικανοποιητική θερμική άνεση (Γράφημα 25) στον χώρο και ότι μπορούν να ελέγξουν επαρκώς τη θερμοκρασία με τη χρήση κλιματιστικών (Γράφημα 31).

Σημαντικός παράγοντας ήταν να εξακριβωθεί κατά πόσο είναι ορθολογικοί οι χρήστες των δωματίων που συμμετείχαν στο ερωτηματολόγιο. Για να γίνει η διαπίστωση αυτή, πάρθηκαν μετρήσεις μέσω φορητού M/Σ και ταυτόχρονα ρωτήθηκαν οι χρήστες πώς αισθάνονται. Από το Γράφημα 26 φαίνεται ότι οι περισσότεροι χρήστες δηλώνουν θερμοκρασιακή άνεση με πολύ μικρό ποσοστό να δηλώνουν δυσανεξία. Αντιπαραθέτοντας τα στοιχεία αυτά με το Γράφημα 27, που απεικονίζει τη μέτρηση του οργάνου, γίνεται σαφές ότι οι χρήστες είναι ορθολογικοί ως προς την αντίληψη της θερμοκρασιακής άνεσης του χώρου.

Από την αξιολόγηση της υγρασίας (Γράφημα 28) στο δωμάτιο, προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό δηλώνει υγρασία, και μάλιστα έντονη, στον χώρο. Έγινε η ίδια διαδικασία για την ορθολογικότητα των χρηστών όπως και προηγουμένως. Έτσι, διασταυρώνοντας το Γράφημα 29 και Γράφημα 30, προκύπτει ότι οι χρήστες είναι αρκετά ορθολογικοί στην εκτίμηση της υγρασίας του χώρου. Όντως, και από τις μετρήσεις του οργάνου φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των μετρήσεων είναι εκτός του εύρους άνεσης για την υγρασία 25-60% για οικιστικό περιβάλλον. Η έντονη υγρασία που διαπιστώθηκε, κυρίως στους τελευταίους ορόφους (εικονα14-22), πιθανώς οφείλεται στην κακή μόνωση του δώματος, με αποτέλεσμα τη διείσδυση υδάτων και στο σύστημα εσωτερικών υδρορροών, το οποίο λόγω συχνού φραξίματος εγκλωβίζει νερό. Ένας ακόμα πιθανός λόγος να είναι ο κακός αερισμός των δωματίων από τους χρήστες. Για αντιμετωπιστεί το φαινόμενο αυτό, θα πρέπει να στεγνώσει σωστά το δώμα και να καταργηθούν οι εσωτερικές υδρορροές. Επίσης θα πρέπει να γίνει εκπαίδευση των χρηστών για τον σωστό αερισμό του χώρου τους, διότι ενώ δηλώνουν ότι έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν τον αερισμό στον χώρο (Γράφημα 32) δεν το πράττουν ορθώς.

Η παροχή του ζεστού νερού χρήσης στα δωμάτια (Γράφημα 33, Γράφημα 34), το οποίο προέρχεται από συμπαραγωγή της αντλία θερμότητας και ηλιακών θερμικών (κενού), εμφανίζει καθυστέρηση στις βρύσες των ενοίκων από 2 έως 5 λεπτά και ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες. Αυτό το φαινόμενο έχει σαν αποτέλεσμα την

κατασπατάληση νερού χωρίς λόγο από τους ενοίκους. Μεγάλο ρόλο σε αυτή την καθυστέρηση παίζει η πεπαλαιωμένη και πιθανότατα ελλιπής μόνωση των σωληνώσεων του δικτύου μεταφοράς ζεστού νερού και, σε συνάρτηση με τη μεγάλη απόσταση που διανύει, σαν αποτέλεσμα οι θερμικές απώλειες είναι μεγάλες. Πρόταση για διερεύνηση είναι η μελέτη αντικατάστασης της μόνωσης των σωληνώσεων, αλλά και η μείωση της απόστασης που διανύει το ζεστό νερό από την παραγωγή του στην κατανάλωση. Συγκεκριμένα, θα μπορούσε να εξεταστεί το σενάριο για αντικατάσταση μιας κεντρικής δεξαμενής ζεστού νερού που υπάρχει τη δεδομένη στιγμή από 3 ή 4 μικρότερες, έτσι ώστε να βρίσκονται πλησιέστερα στο σημείο χρήσης.

Για τη θέρμανση του δωματίου (

Πίνακας 9), οι περισσότεροι ένοικοι χρησιμοποιούν τα εγκατεστημένα A/C και ένα ποσοστό χρησιμοποιεί και ένα δεύτερο σύστημα θέρμανσης παράλληλα ή όχι. Αυτό συμβαίνει διότι εσφαλμένα έχει τοποθετηθεί φωτοκύτταρο εντός του δωματίου το οποίο είναι ρυθμισμένο να διακόπτει τη λειτουργία του κλιματιστικού όταν δεν ανιχνεύεται κίνηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι ένοικοι να μην μπορούν να ελέγξουν τη θερμοκρασία του δωματίου τις νυχτερινές ώρες που κοιμούνται και δεν ανιχνεύεται ο αισθητήρας κίνησης. Έτσι, με την προσθήκη του φωτοκυττάρου χωρίς τη δυνατότητα απενεργοποίησής του τις νυχτερινές ώρες, δημιουργείται κλίμα δυσφορίας για τους χρήστες χειμώνα και καλοκαίρι. Για να γίνει λειτουργικό το σύστημα και φιλικό προς τους χρήστες, θα πρέπει να εγκατασταθεί διακόπτης απενεργοποίησης του αισθητήρα ή θα πρέπει αυτόματα τις ώρες κατάκλισης να απενεργοποιείται το σύστημα των αισθητήρων γενικά. Στα Γραφήματα 39-44 φαίνεται η χρήση των συστημάτων για θέρμανση που εμφανώς είναι εντονότερη τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο πράγμα το οποίο συμφωνεί με το Γράφημα 1 που απεικονίζει τις πραγματικές καταναλώσεις.

Για τον δροσισμό του δωματίου χρησιμοποιείτε κατά κόρον το A/C (

Πίνακας 10) και ένα ποσοστό της τάξεως του 20% περίπου χρησιμοποιεί ανεμιστήρα ταυτόχρονα ή και αυτόνομα. Επίσης, οι χρήστες ακολουθούν και φυσικούς τρόπους δροσισμού του δωματίου όπως το άνοιγμα των παραθύρων και τον σκιασμό του δωματίου με κουρτίνες-περσίδες. Το άνοιγμα των παραθύρων σαν τρόπος δροσισμού ανέρχεται στο 78,43% που είναι πολύ κοντά στο ποσοστό του A/C 80.39% (

Πίνακας 11). Αυτό το ποσοστό είναι εξαιρετικά υψηλό και υποδεικνύει ότι υπάρχει η διάθεση από τους χρήστες να στραφούν σε εναλλακτικές μεθόδους οι οποίες θα τους παρέχουν ένα αίσθημα άνεσης στον χώρο, πιθανότατα καλύτερο από αυτό που τους παρέχει το A/C. Βασικό μειονέκτημα της στρατηγικής αυτής είναι η έλλειψη εντομοαπωθητικής σήτας στα παράθυρα και στις μπαλκονόπορτες όλων των δωματίων και των κοινόχρηστων χώρων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην εξυπηρετεί τους χρήστες ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες το καλοκαίρι, όταν υπάρχει πρόβλημα με τα κουνούπια και άλλα έντομα. Σημαντικό είναι να γίνει προσθήκη

σητών ώστε να μειωθεί ακόμα περισσότερο η χρήση των A/C μόνο για τις πολύ ζεστές μέρες του καλοκαιριού. Από τα Γραφήματα 45-50 που περιγράφουν τη μηνιαία χρήση του κλιματιστικού φαίνεται ότι τον Ιούνιο η χρήση του κλιματιστικού είναι μεγαλύτερη από τον Αύγουστο, αν και οι κλιματικές συνθήκες τον Ιούνιο είναι ευνοϊκές για τον δροσισμό με φυσικό αερισμό, οι χρήστες οδηγούνται στη χρήση A/C.

Τέλος οι ερωτήσεις που έγιναν στους φοιτητές, για να διαπιστωθεί κατά πόσον είναι περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένοι αλλά και για το αν έχουν τη διάθεση να συμβάλουν σε μια μαζική κίνηση για τη μείωση της κατανάλωσης σε συνάρτηση με τη βελτίωση των συνθηκών, αποτυπώνονται στα Γραφήματα 59, 60 και 61. Παρότι οι περισσότεροι δηλώνουν ότι χρησιμοποιούν το δωμάτιό τους με τέτοιο τρόπο ώστε να αποδίδει το μέγιστο των δυνατοτήτων του (Γράφημα 49), ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό δηλώνει ότι θα συμμετείχε σε μια ομαδική κίνηση ώστε να βελτιωθούν οι συνθήκες διαβίωσης (Γράφημα 47). Αυτό είναι πολύ ενθαρρυντικό διότι υποδεικνύει ότι υπάρχει διάθεση από τους ένοικους για συμμετοχή σε τέτοιου είδους κινήσεις. Ειδικά όταν προστέθηκε το οικονομικό κίνητρο, το ποσοστό αυξήθηκε δραματικά. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο ίδρυμα να υιοθετήσει τακτικές εξοικονόμησης βασιζόμενες κυρίως στον χρήστη, βάζοντας κάποια βραβεία επιβράβευσης για τους καλύτερους ή ομαδικά για την εστία, γλιτώνοντας την αγορά ακριβών συστημάτων ελέγχου, αλλά και τη συντήρηση-επίβλεψη αυτών (π.χ. φωτοκύτταρα).

Από το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκε, εξετάστηκε για ορισμένες περιπτώσεις αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών. Από τις συσχετίσεις χ^2 που έγιναν αρχικά δεν προέκυψε καμία συσχέτιση διότι δεν ήταν δυνατόν μαθηματικά να προκύψει λόγω του μεγέθους του δείγματος σε συνάρτηση με την πληθώρα διαφορετικών κλάσεων που επιλέχθηκαν. Αυτό το λάθος που έγινε αρχικά κατά τη συγγραφή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου δεν επέτρεπε να προκύψει καμία συσχέτιση η οποία να είναι ταυτόχρονα και στατιστικά αποδεκτή ($\alpha \geq 5$). Έτσι, για να υπάρξει η δυνατότητα να προκύψει κάποια συσχέτιση στατιστικά αποδεκτή, έγινε επανακωδικοποίηση των ερωτήσεων και συγχωνεύτηκαν κάποιες κλάσεις. Έτσι, σημαντικό είναι να υπάρχει από την αρχή της συγγραφής του ερωτηματολογίου μια εκτίμηση του δείγματος που θα συγκεντρωθεί, ώστε να γίνεται ορθότερα ο επιμερισμός σε κλάσεις.

Έγιναν αρκετές δοκιμές μετά την επανακωδικοποίηση στη διερεύνηση για την ύπαρξη κάποιας συσχέτισης, και η μόνη συσχέτιση που προέκυψε ήταν αυτή μεταξύ «τομέα και υγρασίας» (Πίνακας 12, Γράφημα 50) όπου θεωρείται ότι υπάρχει συσχέτιση μόνο αν ληφθεί υπόψη σημαντικότητα 0,1 αντί για 0,05 ως συνήθως. Επίσης, από τον Πίνακα 12 που προέκυψε μέσω του λογισμικού SPSS, φαίνεται και το κατά πόσο υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών (linear-by-linear association) όπου στην προκειμένη περίπτωση δεν υπάρχει. Επίσης ενδιαφέρον έχει να αναφερθεί η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών «όροφος-υγρασία» όπου, αν και δεν υπάρχει συσχέτιση χ^2 , φαίνεται ότι συνδέονται γραμμικά (Πίνακας 14, Γράφημα

52). Αυτό φαίνεται και στο Γράφημα 52 όπου εμφανίζεται πτωτική τάση της υγρασίας όσο ανεβαίνει ο όροφος.

Αλλα ζεύγη μεταβλητών που είχαν πρακτικό ενδιαφέρον να ερευνηθούν για το αν υπάρχει αλληλεξάρτηση όπως: φύλο-θερμοκρασία, φύλο-υγρασία, όροφος-υγρασία, όροφος-θερμοκρασία, τομέας-θερμοκρασία δεν έδωσαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση, έτσι ώστε να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

5.3 Μοντελοποίηση και σενάρια εξοικονόμησης

Το δεύτερο σκέλος της ΔΕ ήταν η μοντελοποίηση της εστίας και η εύρεση των ενεργειακών αναγκών μέσω αυτής. Για τη μοντελοποίηση έγιναν αρκετές παραδοχές και απλοποιήσεις ώστε να προκύψει ένα εύχρηστο και αντικειμενικό μοντέλο.

Δυστυχώς υπήρξαν αρκετές ασάφειες από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για τη μοντελοποίηση, όπως το υλικό της μόνωσης το οποίο δεν αναφέρεται καθόλου στη μελέτη θερμομόνωσης (παράρτημα). Το μοντέλο που προέκυψε απεικονίζεται στις Εικόνες 23-30 και στις Εικόνες 31-33 φαίνεται το φωτογραφικό υλικό που συλλέχθηκε από το ίδιο τμήμα που έγινε η μοντελοποίηση. Το τμήμα της εστίας που επιλέχθηκε να προσομοιωθεί από τη συνολική κτιριακή μάζα ήταν ο πυρήνας ΑΑ. Η επιλογή αυτή έγινε με γνώμονα κυρίως σύμφωνα με την άποψη των χρηστών για την θερμοκρασιακή άνεση γενικά στη διάρκεια του χρόνου (

Πίνακας 46) σε συνάρτηση όμως και με την αυτοψία του χώρου που έγινε κατά τη συλλογή των ερωτηματολογίων.

	πυρήνας Α (%)	πυρήνας Β (%)	πυρήνας Γ (%)
Άνετα	38	59	54
Μέτρια	33	12	23
Δυσάρεστα	29	29	23

Πίνακας 46 Επιλογή τομέα για προσομοίωση

Στο μοντέλο που προέκυψε δεν υπάρχουν όλες οι λεπτομέρειες του κτιρίου και των γύρω στοιχείων, όμως τα κυριότερα στοιχεία που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση αποδόθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό. Επίσης, στα αποτελέσματα των καταναλώσεων δεν συμπεριλήφθηκαν τα φορτία για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, γι' αυτό και έγινε και η αφαίρεση αυτών των φορτίων από τις πραγματικές καταναλώσεις, ώστε να μπορεί να γίνει μια αντικειμενική σύγκριση.

Από την πρώτη προσομοίωση που έγινε για την υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου, τα αποτελέσματα των ηλεκτρικών καταναλώσεων φαίνονται αναλυτικά στο Γράφημα 56 και στον Πίνακα 19. Μέσω του λογισμικού προκύπτουν τα δεδομένα των ηλεκτρικών καταναλώσεων, σύμφωνα με τα δεδομένα που εισάχθηκαν, και κατατάσσονται σε φωτισμού, ηλεκτρικών συσκευών, ψυκτικών και θερμαντικών. Δυστυχώς δεν υπάρχει ανάλογη αναλυτική καταγραφή των πραγματικών

καταναλώσεων, ώστε να μπορεί να γίνει μια αντιπαράθεση των δεδομένων. Στο Γράφημα 56, φαίνεται ξεκάθαρα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενεργειακής απαίτησης είναι λόγω του κλιματισμού του χώρου. Συγκεκριμένα για την ψύξη η ετήσια απαίτηση είναι 7.661 kWh και για τη θέρμανση 1.806 kWh. Η μεγάλη απαίτηση για την ψύξη του κτιρίου είναι λογική και αναμενόμενη, λόγω του θερμού κλίματος της περιοχής των Χανίων. Αναλυτικότερα, στο Γράφημα 58, αποτυπώνεται αναλυτικά η κατανομή της ενεργειακής απαίτησης ανά μήνα. Χαρακτηριστικά, οι μεγαλύτερες καταναλώσεις εμφανίζονται από τον Ιούνιο έως και τον Σεπτέμβριο με την κορυφαία ζήτηση να εμφανίζεται τον μήνα Ιούλιο. Το αντίστοιχο Γράφημα 57, για την κατανομή των φορτίων θέρμανσης, δείχνει ότι οι μεγαλύτερες καταναλώσεις είναι από τον Δεκέμβριο έως και τον Μάρτιο με τη μεγαλύτερη απαίτηση τον μήνα Φεβρουάριο. Τα φορτία για τον φωτισμό και τις ηλεκτρικές συσκευές παραμένουν σχετικά σταθερά κατά την διάρκεια του έτους και είναι 2.347 kWh και 5.464 kWh αντιστοίχως. Αυτό το οποίο παρατηρήθηκε είναι ότι από τις πραγματικές καταναλώσεις στο Γράφημα 1 οι μήνες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Μάρτιος, σύμφωνα όμως με την προσομοίωση οι μήνες με την συνολικά μεγαλύτερη απαίτηση είναι οι θερινοί Ιούνιος, Ιούλιος Αύγουστος. Αυτή η διαφορά μπορεί να οφείλεται στην αντλία θερμότητας που αφαιρέθηκε από τις πραγματικές καταναλώσεις. Ένας ακόμα πολύ σημαντικός παράγοντας είναι το θερμοκρασιακό εύρος της χρήσης των κλιματιστικών που γίνεται από τους χρήστες, ώστε να αισθάνονται άνεση στον χώρο, το οποίο δεν μπορεί να προσδιοριστεί με απόλυτη ακρίβεια. Επίσης, για τον υπολογισμό των φορτίων θέρμανσης και ψύξης λήφθηκαν υπόψη μόνο τα COP των κλιματιστικών (Πίνακας 18), τα οποία είναι γνωστά από τους κατασκευαστές (παράρτημα), όμως δεν λήφθηκαν υπόψη άλλες συσκευές θέρμανσης που χρησιμοποιούνται υποβοηθητικά από αρκετούς ενοίκους (αερόθερμα, καλοριφέρ). Τέλος, σίγουρα μεγάλο ρόλο παίζει και η πληρότητα που εμφανίζει η εστία κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και του έτους γι' αυτό ίσως οι παραδοχές που έγιναν να μην ήταν οι καλύτερες δυνατές.

Η ετήσια κατανάλωση που προκύπτει για την εστία χωρίς την αντλία θερμότητας είναι 70,1 kWh /m². Η αντίστοιχη πραγματική κατανάλωση μετά την αφαίρεση του φορτίου της αντλίας είναι 97,2 kWh /m². Η διαφορά των 27,1 kWh, δηλαδή της τάξεως του 28%, μεταξύ του μοντέλου και της πραγματικής κατανάλωσης δεν είναι αμελητέα και σίγουρα υποδηλώνει αρκετά σφάλματα και κάνει εμφανείς τις παραδοχές που έγιναν. Για τον σκοπό της παρούσας μελέτης, όμως, θεωρήθηκε αποδεκτό και αποφασίστηκε να γίνει μια ποσοστιαία προσαρμογή του αποτελέσματος των σεναρίων εξοικονόμησης σε σχέση με την πραγματική κατανάλωση, όπως φαίνεται και στη συνέχεια πιο αναλυτικά στα παρακάτω σενάρια εξοικονόμησης που προτάθηκαν.

Το πρώτο σενάριο που προτάθηκε είναι η προσθήκη θερμοπρόσοψης στο κτίριο, για να βελτιωθεί η μονωτική ικανότητα του κελύφους και να μειωθούν οι ανάγκες για κλιματισμό. Παρόλο που υπάρχει ήδη θερμομόνωση, σύμφωνα με το τεύχος θερμομόνωσης του κτιρίου, θεωρείται ότι μετά από 20 χρόνια έχει υποστεί κάποια

διάβρωση το υλικό και δεν έχει την ίδια μονωτική ικανότητα. Επίσης λόγω των εσωτερικών υδρορροών που υπερχειλίζουν με αποτέλεσμα τη διαρροή υγρασίας υπάρχει υποψία διείσδυσης υγρασίας, πράγμα εξαιρετικά διαβρωτικό για τη μόνωση. Από την έρευνα αγοράς που έγινε για το συγκεκριμένο σενάριο-προσθήκη προέκυψε ο

Πίνακας 20 με το αναλυτικό κοστολόγιο. Τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού φαίνονται στο Γράφημα 59 και στον

Πίνακας 21 και

Πίνακας 22. Η μείωση της κατανάλωσης αγγίζει το 10% επί του συνόλου και 17% επί των κλιματιστικών αναγκών. Αυτή η μείωση σε σχέση με την αρχική κατάσταση εμπεριέχει τη θεώρηση ότι η υπάρχουσα μόνωση του κτιριακού κελύφους λειτουργεί κανονικά και έχει τοποθετηθεί σωστά χωρίς φαινόμενα θερμογέφυρων, πράγμα αδύνατον. Έτσι, το ποσοστό μείωσης για τα κλιματιστικά φορτία (17%) στην πραγματικότητα αναμένεται να είναι μεγαλύτερο. Για να υπολογιστεί η εξοικονόμηση για τις πραγματικές καταναλώσεις-συνθήκες σε kWh αλλά και σε €, έγινε η θεώρηση ότι θα εμφανίσει το ίδιο ποσοστό μείωσης με αυτό του μοντέλου (

Πίνακας 22). Έτσι, η εξοικονόμηση ετησίως αντιστοιχεί σε 9,7kWh/m² και 452,1 €, πράγμα που σημαίνει ότι η αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης θα είναι περίπου στα 19 χρόνια. Επιχειρηματικά, δεν είναι αποδεκτός ο χρόνος αποπληρωμής, αλλά στην προκειμένη περίπτωση θεωρείται αποδεκτή διότι η επένδυση αφορά τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των φοιτητών και την ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών σπαταλών του κτιρίου για την υπόλοιπη διάρκεια ζωής του (>50 έτη).

Το δεύτερο σενάριο εξοικονόμησης προτείνει την επένδυση του δώματος με ένα ειδικό «πράσινο υπόστρωμα» (Εικόνα 34) και ουσιαστικά θα προσδώσει ένα επίπεδο φυτοκάλυψης. Το σενάριο αυτό προτάθηκε διότι αφενός η θερμομονωτική ικανότητα του δώματος θα αυξηθεί, αλλά επίσης θα βοηθήσει στα θέματα των υγρασιών που διεισδύουν στο κτίριο λόγω λιμναζόντων υδάτων (εννοείται ότι θα έχει προηγηθεί πολύ καλή στεγάνωση του δώματος με ιδικό στεγανωτικό). Ένα πλεονέκτημα της εφαρμογής αυτής είναι ότι επιτυγχάνεται ένας φυσικός δροσισμός του δώματος λόγω του μικροκλίματος που δημιουργείται από τη βλάστηση, με αποτέλεσμα (ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες) να μειώνεται η απαίτηση σε ψυκτικά φορτία. Το κόστος της επένδυσης φαίνεται αναλυτικά στον

Πίνακας 23 ενώ στις Εικόνες 35, 36 φαίνονται παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου αυτής σε κτίρια. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι, παρόλο που καταλαμβάνεται χώρος στο δώμα από την φυτοκάλυψη, αυτό δεν έρχεται σε σύγκρουση με την εγκατάσταση Φ/Π λόγω του ότι υπάρχει ήδη κεκλιμένο στέγαστρο για την εγκατάστασή τους το οποίο δεν επηρεάζεται. Επίσης ο χώρος που καταλαμβάνεται θα είναι διαθέσιμος προς χρήση από τους φοιτητές. Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση του σεναρίου στο λογισμικό φαίνονται στο Γράφημα 60 και στους

Πίνακας 23 και Πίνακας 31. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν 1,7% επί του συνολικού και 3% επί των κλιματιστικών. Έτσι, εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι η επένδυση δεν αξίζει να γίνει επειδή ο χρόνος αποπληρωμής αγγίζει τα 67 έτη, σε αντίθεση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αναφέρουν χρόνο απόσβεσης 4-5 έτη. Αυτό είναι λογικό, διότι η μόνη παράμετρος που εκχωρήθηκε και επηρέασε το αποτέλεσμα του προγράμματος ήταν η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. όμως, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η εφαρμογή του σεναρίου αυτού είναι πολυπαραγοντική με πολλαπλά οφέλη τα οποία δεν μπορούν να εκχωρηθούν με σαφήνεια στο λογισμικό, ώστε να γίνει μια ορθή εκτίμηση του αποτελέσματος που θα έχει η εφαρμογή του σεναρίου. Από βιβλιογραφικά δεδομένα εκτιμάται ότι με την εφαρμογή του πράσινου δώματος η εξοικονόμηση από θέρμανση και ψύξη μπορεί να φτάσει και το 50%.

Στο τρίτο σενάριο εξετάστηκε η αντικατάσταση όλων των ενεργοβόρων λαμπτήρων με νέας τεχνολογίας χαμηλής κατανάλωσης LED. Επίσης εξετάστηκε η προσθήκη ανιχνευτών κίνησης στους κοινόχρηστους χώρους, ώστε να απενεργοποιούνται τα φώτα αυτόματα όταν δεν υπάρχει παρουσία κάποιου χρήστη. Το σενάριο αυτό έχει το χαμηλότερο κόστος και είναι το πιο εύκολο στην εφαρμογή από όλα τα υπόλοιπα προτεινόμενα σενάρια (Πίνακας 26). Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι εμφανής η μείωση της κατανάλωσης λόγω του φωτισμού (Γράφημα 61,

Πίνακας 27) με ποσοστό που αγγίζει το 86% για τον φωτισμό και 15% σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση. Με το υψηλό αυτό ποσοστό εξοικονόμησης η απόσβεση για την αγορά των νέων λαμπτήρων και του συστήματος των ανιχνευτών κίνησης γίνεται σε λιγότερο από 1 έτος, πράγμα το οποίο είναι πολύ σημαντικό και ενθαρρυντικό για να γίνει η επένδυση. Πολύ σημαντικό επίσης είναι η αποτροπή άσκοπης σπατάλης ενέργειας με τη χρήση των αισθητήρων κίνησης, αποφεύγοντας έτσι το φαινόμενο του ξεχασμένου διακόπτη.

Το τέταρτο και τελευταίο προτεινόμενο σενάριο εξοικονόμησης περιλαμβάνει την αντικατάσταση των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων με καινούργιους ενεργειακούς. Τα υπάρχοντα κουφώματα έχουν προβλήματα κυρίως με την αεροστεγανότητα, πράγμα το οποίο αυξάνει τις απώλειες θερμότητας στον χώρο. Επίσης, βασικό μειονέκτημα είναι η έλλειψη διαδρόμου για την προσθήκη εντομοαπωθητικής σήτας η οποία θα διευκόλυνε τους χρήστες στον αερισμό του δωματίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αλλά και στον φυσικό δροσισμό τους θερινούς μήνες. Η πρόταση για την αντικατάσταση των υαλοπινάκων έγινε με το σκεπτικό να μπου υαλοπίνακες νέας τεχνολογίας που να έχουν καλύτερη θερμική αντίστασή (U), ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες. Το αναλυτικό κοστολόγιο που προέκυψε από την έρευνα αγοράς φαίνεται στον

Πίνακας 29. Εμφανώς το σενάριο αυτό έχει το μεγαλύτερο κόστος, με τη συνολική επένδυση να αγγίζει τα 18.245 €. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση φαίνονται στο Γράφημα 62 και στους Πίνακες 30 και 31. Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνει το σενάριο είναι της τάξεως του 17% επί της

συνολικής κατανάλωσης, ποσοστό αρκετά ικανοποιητικό. Στο αποτέλεσμα αυτό δεν συμπεριλαμβάνετε όμως η μείωση της χρήσης των κλιματιστικών που θα προκύψει λόγω της προσθήκης της σήτας, πράγμα που σημαίνει ότι αναμένεται το πραγματικό ποσοστό να είναι άνω του 17%. Η εξοικονόμηση σε οικονομικούς όρους φτάνει τα 770 € ετησίως, πράγμα που σημαίνει ότι η απόσβεση της επένδυσης είναι σε μεγάλο βάθος χρόνου (περίπου 24 έτη). Καθώς η επένδυση αυτή έχει σαν στόχο, εκτός από την εξοικονόμηση, και την καλυτέρευση των συνθηκών διαβίωσης των φοιτητών, θεωρείται αποδεκτός ο χρόνος αποπληρωμής.

Στη συνέχεια έγινε ο συνδυασμός όλων των παραπάνω σεναρίων μαζί και εκχωρήθηκαν στο λογισμικό. Τα αποτελέσματα του συνδυαστικού σεναρίου απεικονίζονται στο Γράφημα 63 και στους Πίνακες 32, 33 και 34. Η συνολική εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι της τάξεως του 36%, το οποίο ισοδυναμεί με την εξοικονόμηση περίπου 1.630 € ανά έτος. Έτσι, η συνολική επένδυση έχει μέσω όρο αποπληρωμής περίπου 20 έτη. Το συνολικό αποτέλεσμα θεωρείται αρκετά ικανοποιητικό, αν και στην πραγματικότητα η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται αναμένετε μεγαλύτερη, γιατί αρκετές παράμετροι που επηρεάζουν δραστικά την κατανάλωση δεν μπορούσαν να εισαχθούν στο λογισμικό και να συνυπολογιστούν.

Έτσι, με την εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται, η τελική πραγματική κατανάλωση, αν θεωρηθεί ότι η μείωση θα είναι αναλογική με του μοντέλου, αγγίζει τις 62,3 kWh/m² χωρίς την αντλία θερμότητας και με την προσθήκη της αντλίας περίπου 72,3 kWh/m².

5.4 Σύστημα φωτοβολταϊκών για την αυτοπαραγωγή ενέργειας.

Για να προσεγγίσει το υπάρχον κτίριο το μοντέλο του κτιρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, είναι υποχρεωτικό να υπάρχει σύστημα αυτοπαραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές επάνω στο κτίριο ή κοντά σε αυτό. Το ελάχιστο προαπαιτούμενο είναι η παραγωγή του 50% της συνολικής ετήσιας ανάγκης να προέρχεται από το σύστημα αυτό. Για την αυτοπαραγωγή ενέργειας, επιλέχθηκε η στρατηγική των φωτοβολταϊκών, αρχικά λόγω της καλής ενσωμάτωσης στο κτιριακό κέλυφος που μπορεί να επιτευχθεί λόγω του υφιστάμενου σκιάστρου. Έτσι, με την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, το σκίαστρο όπου καταλαμβάνει μια σημαντική επιφάνεια θα έχει διττή σημασία, παράγοντας ταυτόχρονα μέρος της απαιτούμενης ενέργειας. Επίσης μεγάλο ρόλο έχει η τοποθεσία του κτιρίου όπου η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών ευνοείται, λόγω της αυξημένης ηλιοφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Επιλέχθηκαν τρία πιθανά σενάρια κάλυψης των αναγκών. Αρχικά για το ελάχιστο ποσοστό, ώστε να τηρείται η προϋπόθεση του κτιρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης. Το δεύτερο σενάριο ήταν για την πλήρη κάλυψη των αναγκών και το τρίτο σενάριο ήταν για την εγκατάσταση σε όλο τον διαθέσιμο χώρο των σκιάστρων επί του κτιρίου. Τα φωτοβολταϊκά και ο αντιστροφείας που επιλέχθηκαν φαίνονται στις Εικόνες 37 και 38 μαζί με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Επίσης στον Πίνακα 36 φαίνονται οι συντελεστές υπολογισμού των απωλειών, λόγω της ενσωμάτωσης που λήφθηκαν υπόψη.

Τα αποτελέσματα του πρώτου σεναρίου φαίνονται αναλυτικά στους Πίνακες 37, 38, 39 και στο Γράφημα 64. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 37 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών, η συνολική δυναμικότητα του συστήματος και η συνολική παραγωγικότητά του σε ετήσια βάση. Επίσης εκχωρείται η τιμή της MWh τη δεδομένη χρονική στιγμή, για το συγκεκριμένο μέρος της χώρας. Στη συνέχεια, στον Πίνακα 38 φαίνονται αναλυτικά όλες οι εκπομπές CO₂ που δεν εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, λόγω της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών. Ο υπολογισμός αυτός βασίζεται στο ενεργειακό μείγμα που χρησιμοποιεί η εταιρεία παραγωγής ενέργειας στην κάθε περιοχή, και στη συγκεκριμένη περίπτωση των Χανίων είναι εξολοκλήρου από diesel. Χαρακτηριστικά, για το 50%, εξοικονομείται ισοδύναμη ποσότητα με όση θα παραγόταν από 1,3 αυτοκίνητα. Στον Πίνακα 39 φαίνεται η οικονομική ανάλυση για την επένδυση, για την οποία έχει θεωρηθεί δεδομένο ότι δεν θα ληφθεί δάνειο ούτε κάποιου είδους επιδότηση. Έτσι, από τον συνυπολογισμό του κόστους των πλαισίων του αντιστροφέα και των εργατικών για την εγκατάσταση προκύπτουν τα συνολικά αρχικά κόστη 12.975 €. Στη συνέχεια φαίνεται το ποσό των 1.739 € που προκύπτει από τα ετήσια έσοδα-εξοικονόμηση που είναι αποκλειστικά μόνο από τις παραχθείσες kWh που προέκυψαν από τον υπολογισμό του λογισμικού για τη συγκεκριμένη περιοχή. Τέλος αναγράφεται ο συντελεστής IRR που υποδεικνύει τον εσωτερικό ρυθμό απόδοσης του κεφαλαίου και είναι ίσος με 12,7%. Ο συντελεστής IRR που προέκυψε είναι αρκετά υψηλός και ενθαρρύνει την υλοποίηση της κατασκευής του έργου. Η χρονική περίοδος απόσβεσης του έργου είναι ίση με 7,5 έτη και είναι μια οριακά αποδεκτή χρονική περίοδος απόσβεσης για μια επένδυση (Γράφημα 64).

Ομοίως για το δεύτερο σενάριο (100% των αναγκών) διαμορφώθηκαν οι Πίνακες 40, 41, 42 και το Γράφημα 65. Οι διαφορές με το προηγούμενο σενάριο ουσιαστικά είναι η δυναμικότητα της εγκατάστασης που διπλασιάζεται, μαζί και με τα επακόλουθα του διπλασιασμού του κόστους για την επένδυση αλλά και των παραγόμενων συνολικά MWh ανά έτος. Επίσης προκύπτει ένας μεγαλύτερος συντελεστής IRR ίσος με 13,2% και λίγο γρηγορότερη απόσβεση του κεφαλαίου, περίπου 7,2 έτη.

Τέλος για το τρίτο σενάριο προέκυψαν οι Πίνακες 43,44,45 και το Γράφημα 66. Όπως και στα προηγούμενα δυο σενάρια λόγω του ότι χρησιμοποιήθηκαν ίδιου τύπου πλαισίων και αντιστροφέα όλα τα χαρακτηριστικά παραμένουν τα ίδια και το μόνο που αλλάζει είναι η δυναμικότητα του συστήματος. Έτσι, συγκεκριμένα στον Πίνακα 43 φαίνεται ότι η δυναμικότητα της εγκατάστασης για να καλύψει το 62% των αναγκών του κτιρίου αγγίζει τα 8,13 kW Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στην πλήρη κατάληψη του σκιάστρου με φωτοβολταϊκά πλαίσια. Τέλος, αν και στο συγκεκριμένο σενάριο ο συντελεστής IRR ίσος με 12,1% (μικρότερος από τα προηγούμενα σενάρια) και η απόσβεση του κεφαλαίου είναι κοντά στα 7,8 έτη (μεγαλύτερος από τα προηγούμενα σενάρια), η διαφορά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα σενάρια είναι αμελητέα και θεωρείται αποδεκτή για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Έτσι, από τα τρία σενάρια που μελετήθηκαν το καλύτερο από τεχνικοοικονομική άποψη είναι το δεύτερο, για την κάλυψη του 100% των αναγκών. Όμως στο σενάριο αυτό δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την τοποθέτηση των πλαισίων επί του στεγάστρου του κτιρίου, πράγμα που σημαίνει ότι θα έπρεπε να καταληφθεί χώρος πλησίον αυτού ώστε να επιτευχθεί ο στόχος. Επιλέχθηκε, λοιπόν, να προταθεί το τρίτο σενάριο λόγω του ότι γίνεται χρήση μόνο του διαθέσιμου χώρου επί του κτιρίου. Επίσης παράγεται μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με το πρώτο σενάριο, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι έρχεται πολύ πιο κοντά στους στόχους που τίθενται για τα κτίρια σχεδόν μηδενικής ενέργειας.

6. Συμπεράσματα

Από όλη την ανάλυση και τον σχολιασμό των δεδομένων και των αποτελεσμάτων, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα.

Αρχικά, σύμφωνα με τη διαδικασία των ερωτηματολογίων αλλά και της αυτοψίας της εστίας, προκύπτει ότι το κτίριο χρήζει ανακαίνισης στο άμεσο μέλλον σε συγκεκριμένους τομείς. Την παρούσα χρονική στιγμή, εκτός της ενεργειακής σπατάλης που συντελείται λόγω αυτών των προβλημάτων του κτιρίου, υπάρχει άμεσος αντίκτυπος και στις συνθήκες διαβίωσης των φοιτητών.

Οι κύριες παρεμβάσεις που επείγουν είναι για τη θερμομόνωση, τη στεγάνωση και τη μείωση-απομάκρυνση της υγρασίας από το κτίριο. Εν συνεχεία θα πρέπει να αντικατασταθούν όλοι παλαιού τύπου λαμπτήρες αλλά και όλες οι ενεργοβόρες και ανταποδοτικές συσκευές. Επίσης σημαντικό είναι να γίνει η εγκατάσταση συστήματος εξοικονόμησης για τον φωτισμό στους κοινόχρηστους χώρους. Ένας τομέας που χρήζει άμεσης συντήρησης είναι το δίκτυο μεταφοράς του ζεστού νερού χρήσης. Το δίκτυο, ειδικά τους χειμερινούς μήνες, έχει τεράστιες θερμικές απώλειες, με αποτέλεσμα το νερό αφενός να καθυστερεί να φτάσει στους χρήστες και να χάνονται άσκοπα κυβικά νερού, αφετέρου η συνεχής λειτουργία της αντλίας θερμότητας.

Σε αυτόν τον τομέα αποκλειστικά θα μπορούσε να γίνει μελλοντικά μια εκτενέστερη μελέτη για τη βελτιστοποίηση του συστήματος παραγωγής και μεταφοράς του ζεστού νερού. Από τις προσομοιώσεις που έγιναν μέσω του λογισμικού open studio, είναι θετικό ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν ότι υπάρχει η δυνατότητα για σημαντική μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων της εστίας, κάνοντας τις αναγκαίες μετατροπές, όπου απαιτούνται σε κάθε περίπτωση.

Παρόλο που οι υπολογισμοί έγιναν με αρκετές παραδοχές αλλά ακόμα και με ελλιπή στοιχεία, το συνολικό αποτέλεσμα της μείωσης των ενεργειακών αναγκών έφτασε το 36%, το οποίο είναι πολύ ενθαρρυντικό και δείχνει ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο για ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Επίσης, αν και (από τις προσομοιώσεις) τα αποτελέσματα για τον χρόνο απόσβεσης όλων των προτεινόμενων σεναρίων δεν είναι ιδανικά, η τελική πρόταση είναι ο συνδυασμός και η εφαρμογή όλων. Αυτή η πρόταση γίνεται διότι τα σενάρια τα οποία φαίνονται οικονομικά ασύμφορα βασίζονται μόνο στα αποτελέσματα της προσομοίωσης (πράσινη στέγη), στην πραγματικότητα όμως η απόσβεση γίνεται σε πολύ μικρότερο χρονικό πλαίσιο και η συνεισφορά στην εξοικονόμηση είναι πολύ μεγαλύτερη. Όμως, λόγω του πολυπαραγοντικού αποτελέσματος που έχουν αυτού του τύπου οι αλλαγές, δεν μπορούν να προσομοιωθούν με μεγάλη ακρίβεια, γι' αυτό και φαίνονται ασύμφορες.

Επίσης οι αλλαγές-αναβαθμίσεις που προτείνονται δεν γίνονται με γνώμονα μόνο το οικονομικό κέρδος σε άμεσο χρονικό περιθώριο, όπως σε μια επιχείρηση επενδυτή. Οι αλλαγές αυτές κατά κύριο λόγο θα βελτιώσουν τις συνθήκες διαβίωσης των σπουδαστών, θα μειώσουν τις ανάγκες συντήρησης του κτιρίου, θα εξοικονομήσουν ενέργεια σε ετήσια βάση σε συνάρτηση με τη μείωση των αέριων εκπομπών και τέλος θα συντελέσουν στη μετατροπή του κτιρίου σε κτίριο σχεδόν μηδενικής ενέργειας. Εν συνεχεία από τη μελέτη που έγινε για την προσθήκη συστήματος Φ/Π για την αυτοπαραγωγή ενέργειας επί του κτιρίου, ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις ενός κτιρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα.

Από τα σενάρια που εξετάστηκαν, αυτό το οποίο θεωρήθηκε βέλτιστο ήταν το 3ο διότι επιτυγχάνει βέλτιστη ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών και ταυτόχρονα εξαντλεί όλο τον διαθέσιμο χώρο του σκιάστρου (χωρίς να δεσμεύεται χώρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλιώς) ώστε να καλυφτεί μεγαλύτερο ποσοστό των ηλεκτρικών αναγκών. Οι διαφορές με τα δύο άλλα σενάρια ως προς την αποπληρωμή και την απόδοση του κεφαλαίου της επένδυσης είναι αμελητέες, γι' αυτό και δόθηκε κυρίως βάση στους παράγοντες που αναφέρθηκαν.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων και των υπολογισμών γενικότερα στην παρούσα ΔΕ ήταν επαρκής και με αρκετά καλά αποτελέσματα (ρεαλιστικά). Προφανώς εμπεριέχεται αρκετά σημαντικό σφάλμα λόγω των παραδοχών και των απλοποιήσεων που έγιναν αλλά, παρ' όλα αυτά, η μεθοδολογία ήταν επαρκής για την αποτύπωση μιας συνολικής εικόνας της παρούσας αλλά και της μελλοντικής ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών μέσω των ερωτηματολογίων είχε αδυναμίες κατά τον σχεδιασμό και τη συγγραφή των ερωτήσεων, τα οποία δημιούργησαν το εξής πρόβλημα. Παρόλο που συλλέχθηκε μεγάλο ποσοστό επί του συνόλου των κατοίκων της εστίας, δεν ήταν δυνατόν να προκύψουν σχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών, λόγω των πολλών κλάσεων που υπήρχαν στις περισσότερες ερωτήσεις. Έτσι, ως αντιμετώπιση αυτού του

προβλήματος έγινε επανασχεδιασμός και συγχώνευση των κλάσεων, έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις από μαθηματικής τουλάχιστον πλευράς για κάποια πιθανή συσχέτιση.

Τέλος, για το συγκεκριμένο κτίριο της εστίας, προτείνονται σενάρια προς περαιτέρω μελέτη που είναι αρκετά σημαντικά για την αναβάθμιση του κτιρίου αλλά και με πρακτικό ενδιαφέρον για έναν εν δυνάμει μηχανικό.

Αρχικά ο επανασχεδιασμός του συστήματος παραγωγής-διανομής του ζεστού νερού και η αντικατάσταση της μόνωσης των σωληνώσεων.

Σημαντική είναι και η αντικατάσταση των εσωτερικών υδρορροών που ευθύνονται για την εκτεταμένη υγρασία στο κτίριο με εξωτερικές υδρορροές. Επίσης ενδιαφέρον θα είχε η χρήση θερμοχρωμικού χρώματος στην πρόσοψη του κτιρίου για να μελετηθεί στην πράξη κατά πόσο επηρεάζεται η θερμοκρασία εντός του κτιρίου τους θερινούς μήνες.

Τέλος θα μπορούσε να γίνει η μελέτη για προσθήκη νέων σκιάστρων σε μπαλκόνια όπου δεν σκιάζονται, με ενσωματωμένα Φ/Π. Γενικότερα, το κτίριο της εστίας έχει τη δυνατότητα με τις σωστές παρεμβάσεις και αλλαγές να αναβαθμιστεί και να προσεγγίσει ένα κτίριο σΜΕΚ στο μέλλον.

7. Βιβλιογραφία

Βιβλία

SUE ROAF, 2009, ECO δομείν, Εκδόσεις Ψυχάλου

Παντελίδης Γιώργος, 2015, Νέος οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων, Εκδόσεις Δεδεμάδη

Θεοχάρης Δ. Τσουτσος, Ιωάννης Ν. Κανάκης, 2013, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Δημήτρης Α. Ιωαννίδης, 2011, Στατιστική μεθοδολογία, Εκδόσεις Ζήτη

Άρθρα σε περιοδικά

Min Hee Chung, 2014, Potential opportunities for energy conservation in existing buildings on university campus: A field survey in Korea, Energy and Buildings, τεύχος 78, σελ. 7

Steven Lanou, Samouhos, 2010, Transforming MIT for a sustainable future, Campus Energy Update, τεύχος Απριλίου 2010, σελ. 10

Jordan Zimmermann, 2013, LoW energy strategies for Weygand Residence Hall at BridgeWater State University, Perkins+will research journal, τεύχος 05.0.2, σελ. 21

Πρόσθετη βιβλιογραφία

Ελεάνα Μακρίδου,2014, *Ολιστική προσέγγιση στον αειφόρο σχεδιασμό το παράδειγμα της σπουδαστικής εστίας 'Αλίκη Περρωτή' στη Θεσσαλονίκη* , Π.Μακρίδης ,σελ.41

Για μια εθνική ενεργειακή πολιτική των Σταμπολή , Χατζηβασιλειάδη , Μάζη, Θεοφύλακτου, Σοφianου και Ροινώτη , Αθήνα ,Αύγουστος 2013

Ιστοσελίδες

http://WWW.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-b-aerismos.pdf [5,2016]

Εταιρία κλιματιστικών haier :

http://WWW.fysair.com/haier_general_catalogue.pdf [5,2016]

Εταιρία factoycasa :

<http://factorycasa.gr/products> [4,2016]

Εταιρία κουφωμάτων αλουμινίου Europa :

<http://WWW.profil.gr/index.php/gr/> [5,2016]

Εταιρία υαλοπινάκων prisma:

<http://WWW.prismaglass.gr> [6,2016]

Εταιρία alotek :

<http://WWW.alotek.gr/downloads/members/2012-1328252943.pdf> [5,2016]

Εταιρία ηλεκτρικών Philips:

<http://WWW.philips.gr> [4,2016]

Φόρουμ για ενεργειακά θέματα :

http://WWW.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/88664.asp [6,2016]

Εταιρία δομικών υλικών (μονωτικών)

<http://docplayer.gr/223960-14-exoteriki-thermomonosi-knauf-thermoprosopsis.html> [4,2016]

Εταιρία φωτοβολταϊκών συστημάτων pals:

<http://WWW.pals.gr> [6,2016]

Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ)

<http://WWW.cres.gr/energyhubforall/2.1.html> [7,2016]

[http://WWW.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/\\$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf](http://WWW.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf) [4,2016]

Εταιρία μονώσεων Μονωδομική

<https://WWW.monodomiki.gr> [4,2016]

http://monosimacon.blogspot.gr/2008/11/blog-post_10.html [5,2016]

Οδηγία από ΕΕ:

http://WWW.europarl.europa.eu/atyourservice/el/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html
[5,2016]

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ:

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/article7_el_greece.pdf [5,2016]

<https://docs.google.com/forms/d/1S5NpZJvClMZmd5AYWWqGnRKYO6puBzDe28T1TZeXc/viewform>
[11-2015]

Ιστοσελίδα λογισμικού spss

<http://WWW.spss.co.in/> [1-2016]

Ιστοσελίδα λογισμικού sketchup

<http://WWW.sketchup.com/> [2-2016]

Ιστοσελίδα λογισμικού openstudio

WWW.openstudio.net[2,2016]

TEE:

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>[2,2016]

[http://WWW.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/\\$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf](http://WWW.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/AA15464D2FE5770FC2257E0A003C76A3/$file/THERMIKH_KATAPONHSH.pdf)[4,2016]

ιστοσελίδα λογισμικού energyplus

WWW.energyplus.net [2,2016]

TEE:

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf> [2,2016]

Εταιρία μονώσεων oikosteges:

<http://WWW.oikosteges.gr/> [2,2016]

Εταιρία ενεργειακών συμβούλων:

<http://WWW.energylab.gr/products/energy-saving-lightbulbs/> [3,2016]

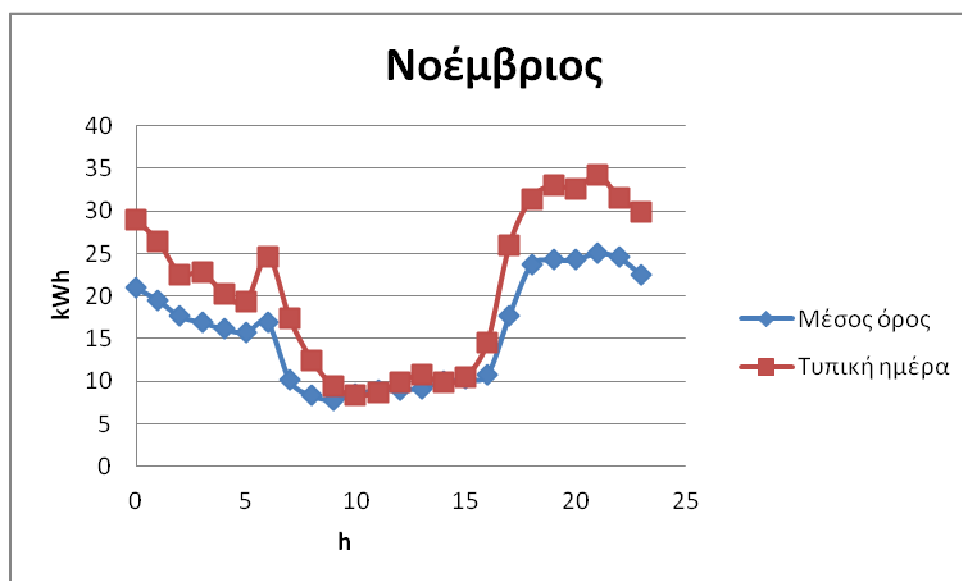
Ελληνικό δίκτυο ηλιακής ενέργειας :

<http://WWW.helionet.gr/> [5,2016]

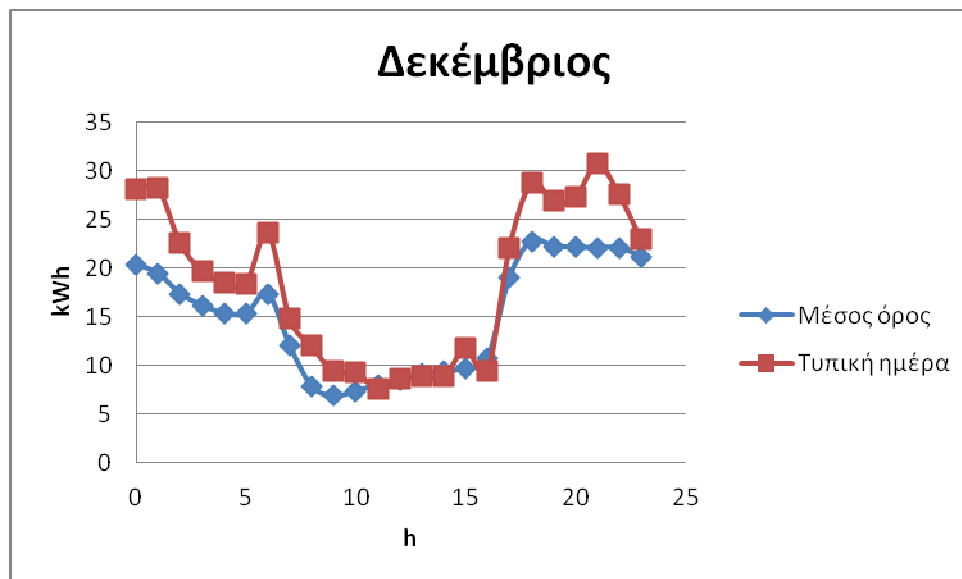
Παράρτημα

Ι. Πίνακες και δεδομένα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων των πραγματικών καταναλώσεων της εστίας

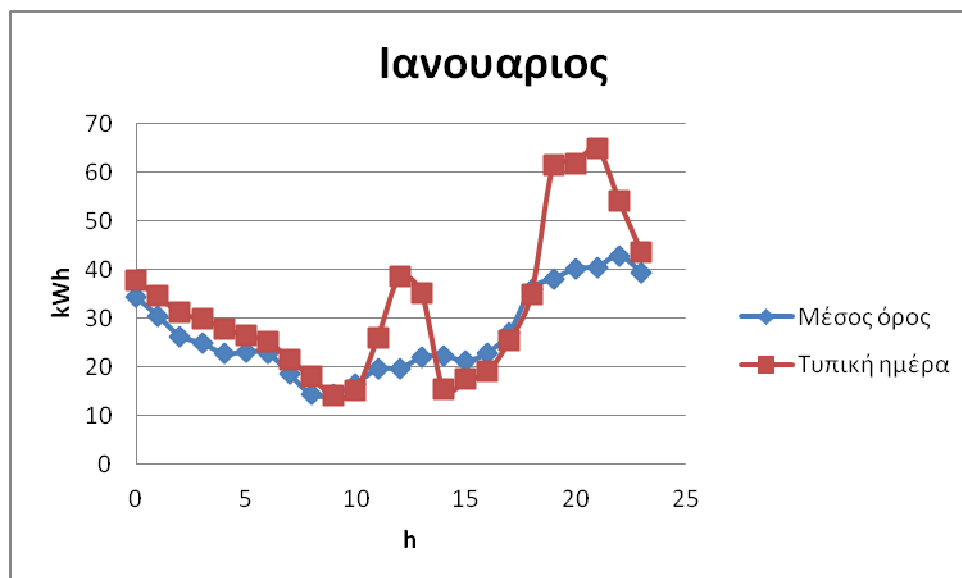
Καταναλώσεις αντλίας θερμότητας ανά μήνα



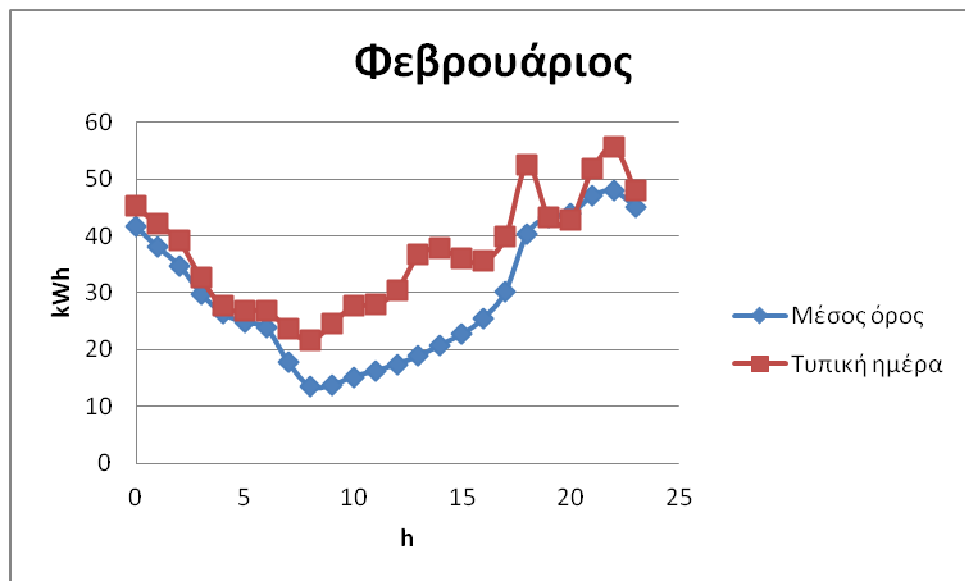
Γράφημα 67 Νοέμβριος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



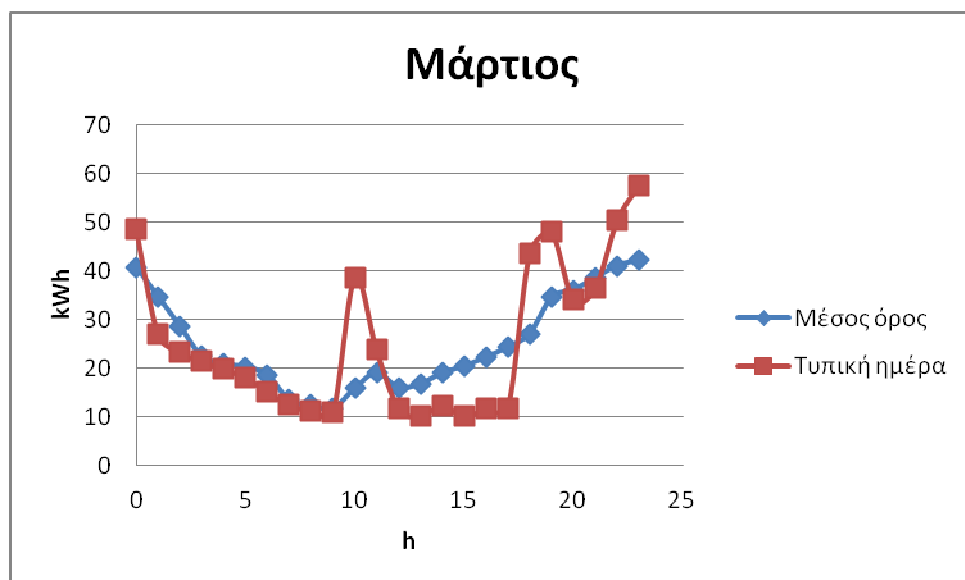
Γράφημα 68 Δεκέμβριος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



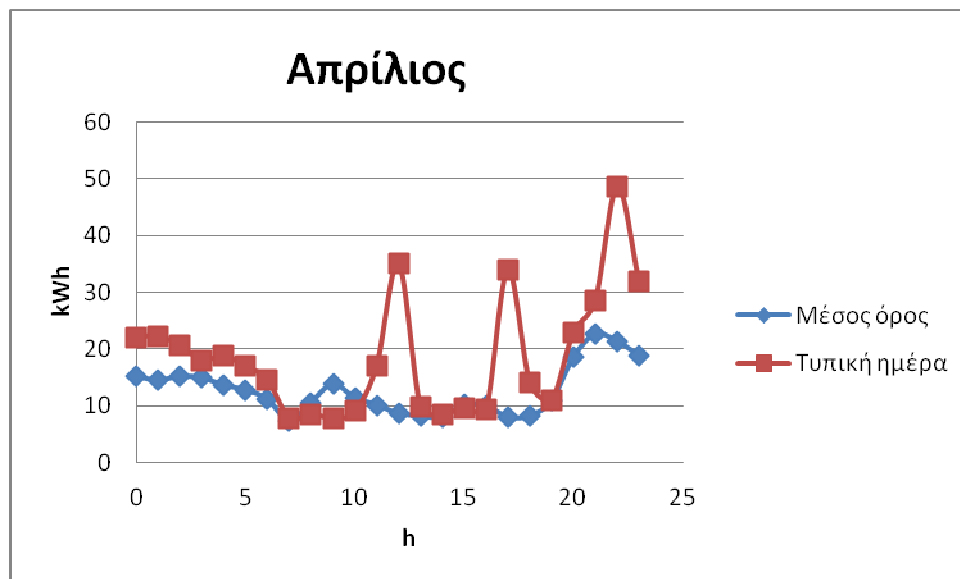
Γράφημα 69 Ιανουάριος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



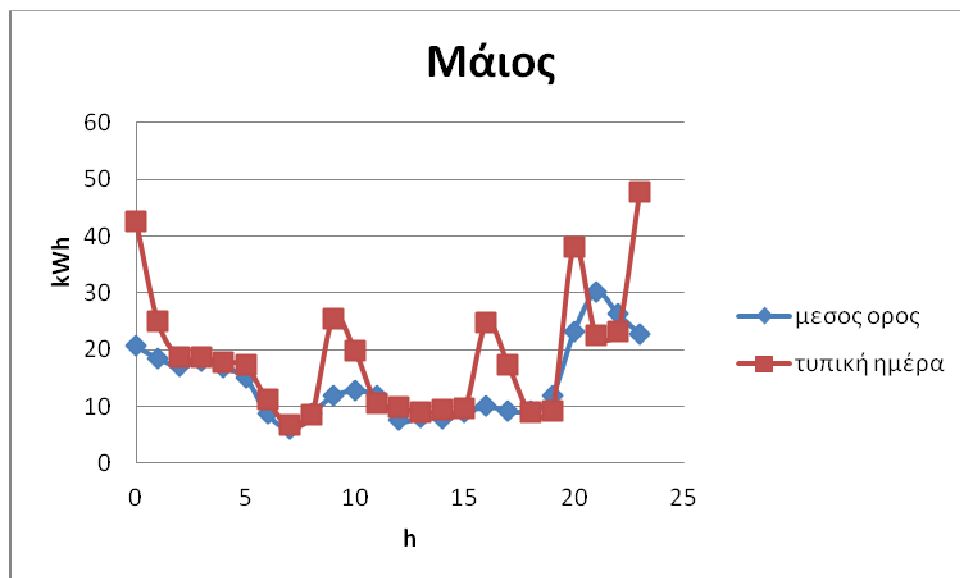
Γράφημα 70 Φεβρουάριος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



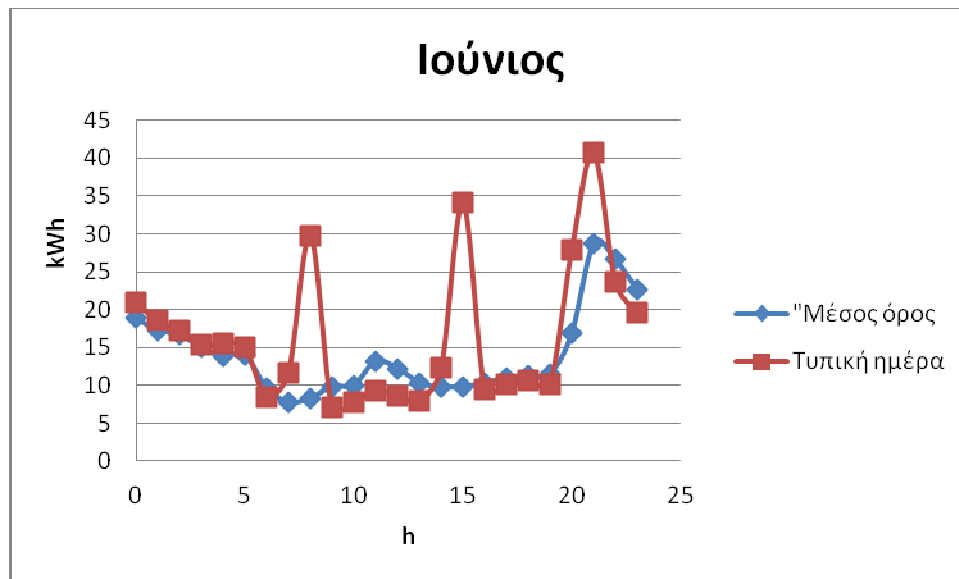
Γράφημα 71 Μάρτιος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



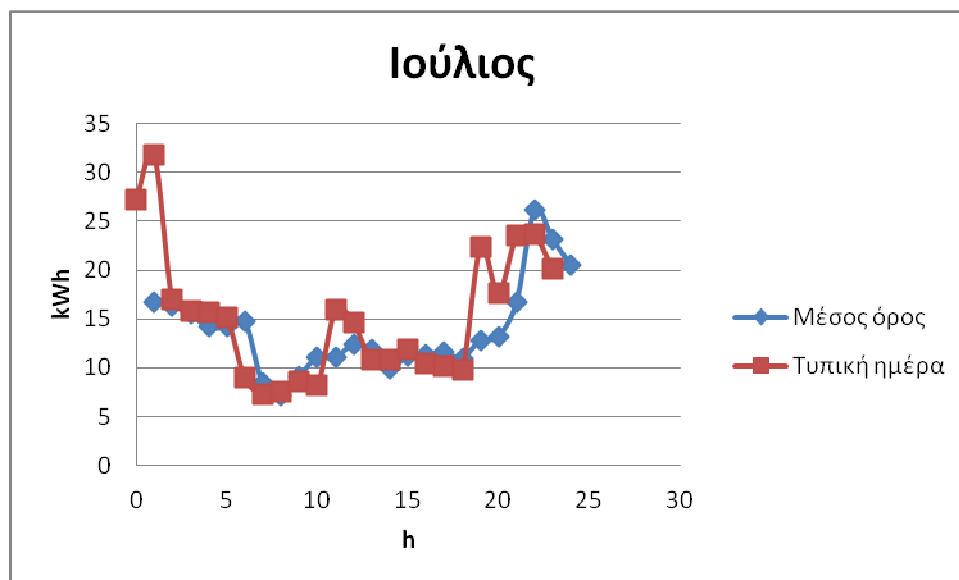
Γράφημα 72 Απρίλιος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



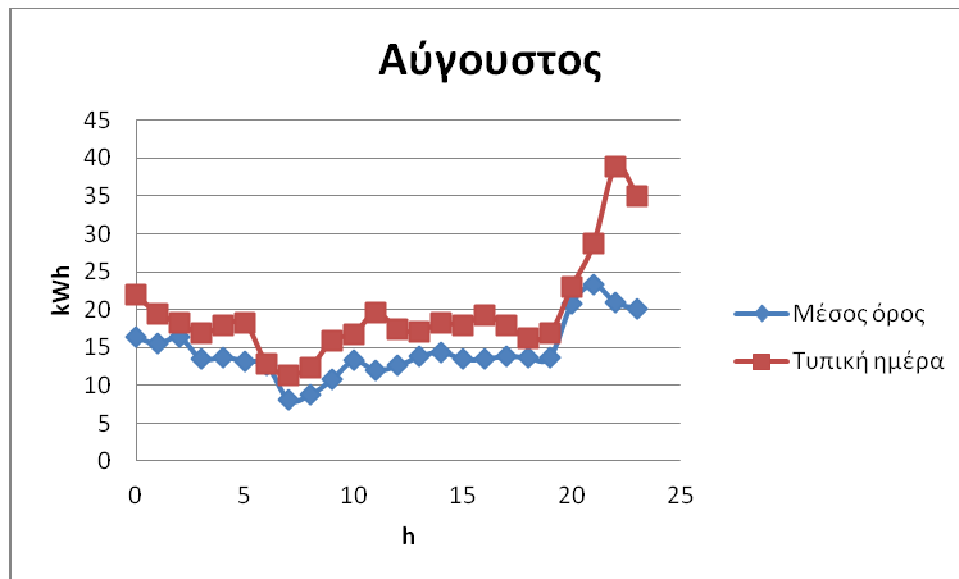
Γράφημα 73 Μάιος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



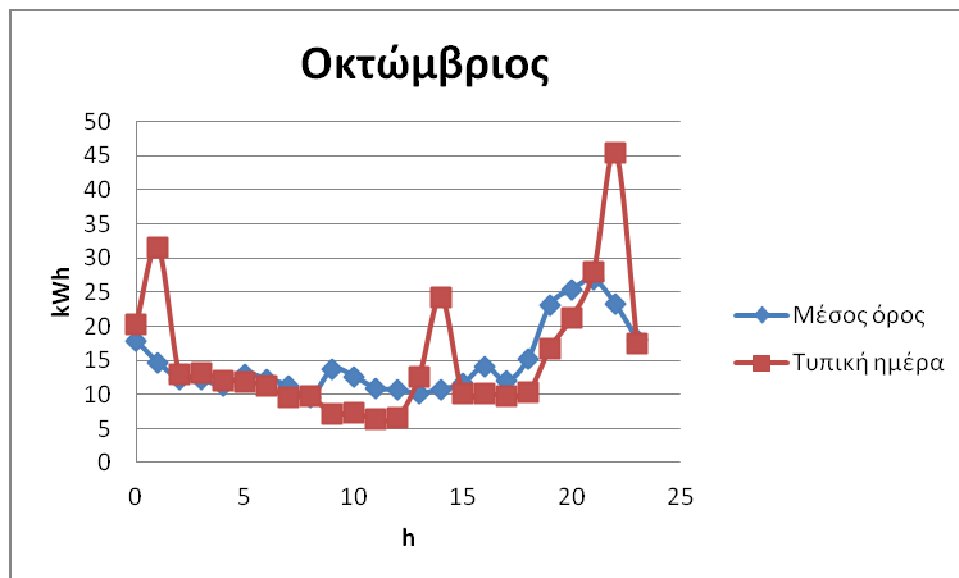
Γράφημα 74 Ιούνιος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



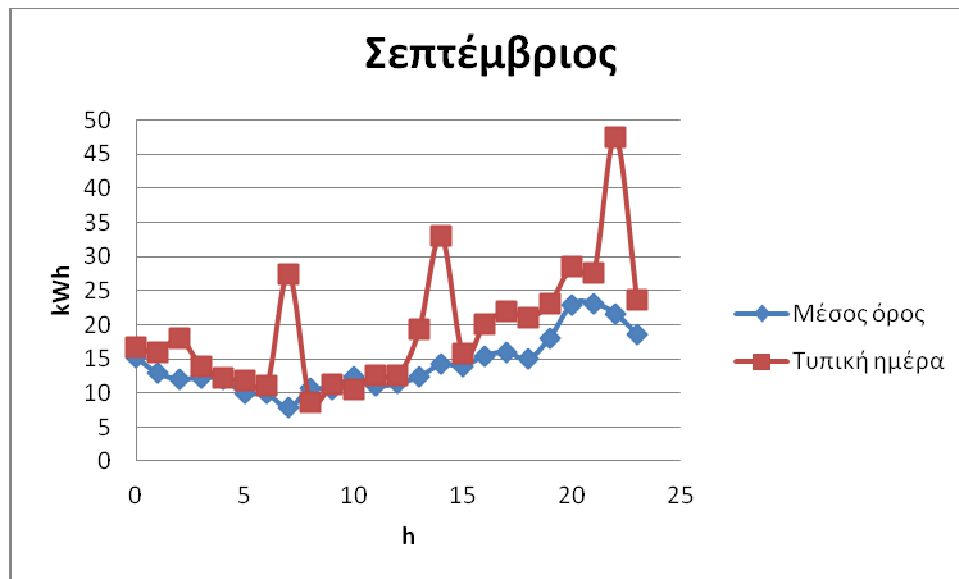
Γράφημα 75 Ιούλιος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



Γράφημα 76 Αυγούστος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



Γράφημα 77 Οκτώβριος λειτουργία της αντλίας θερμότητας



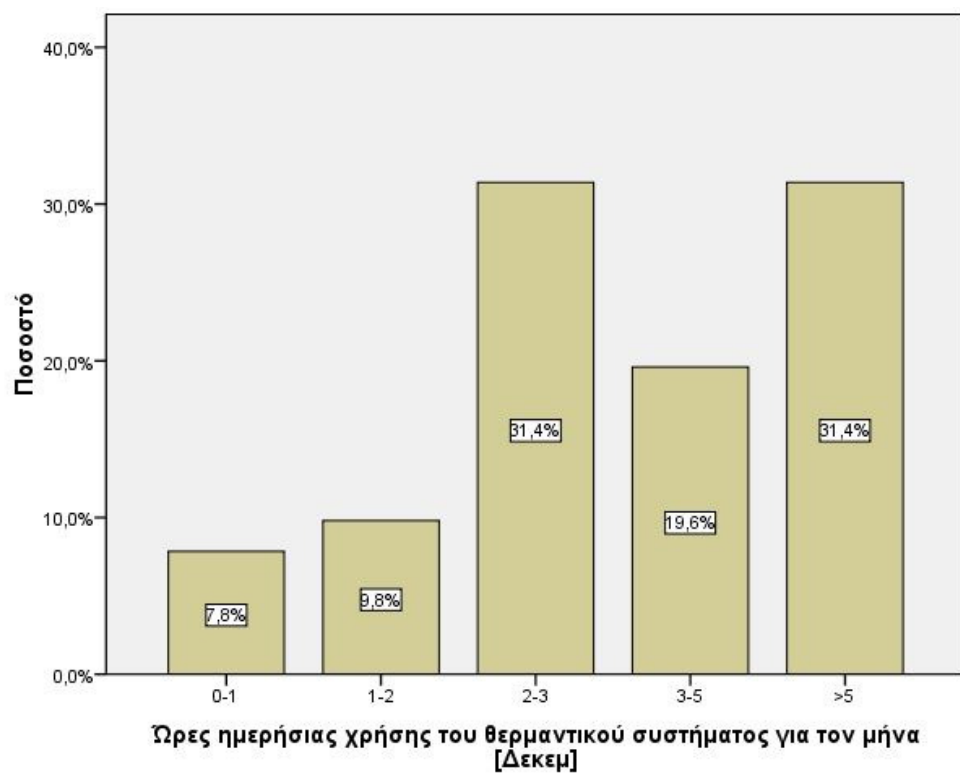
Γράφημα 78 Σεπτέμβριος λειτουργία της αντλίας θερμότητας

II. Πίνακες και γραφήματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων του ερωτηματολογίου .

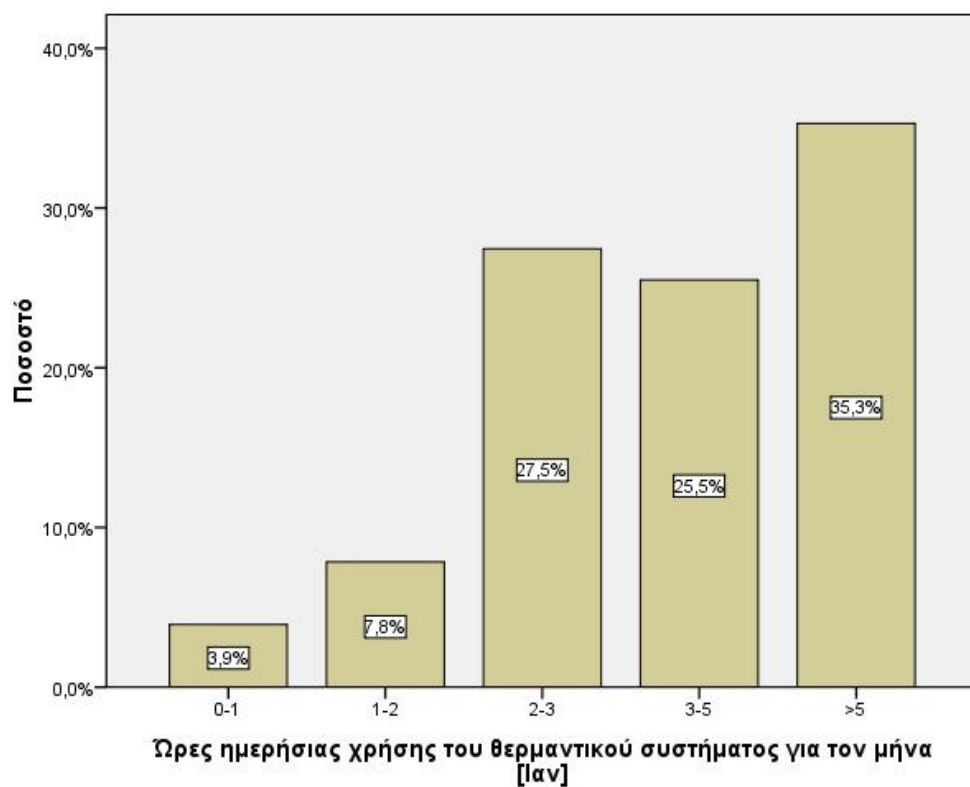
Αριθμός ατόμων που διαμένουν στο δωμάτιο	
Ένα	Δύο
92,16%	7,84%

Πίνακας 47 Αριθμός ατόμων που διαμένουν στο δωμάτιο

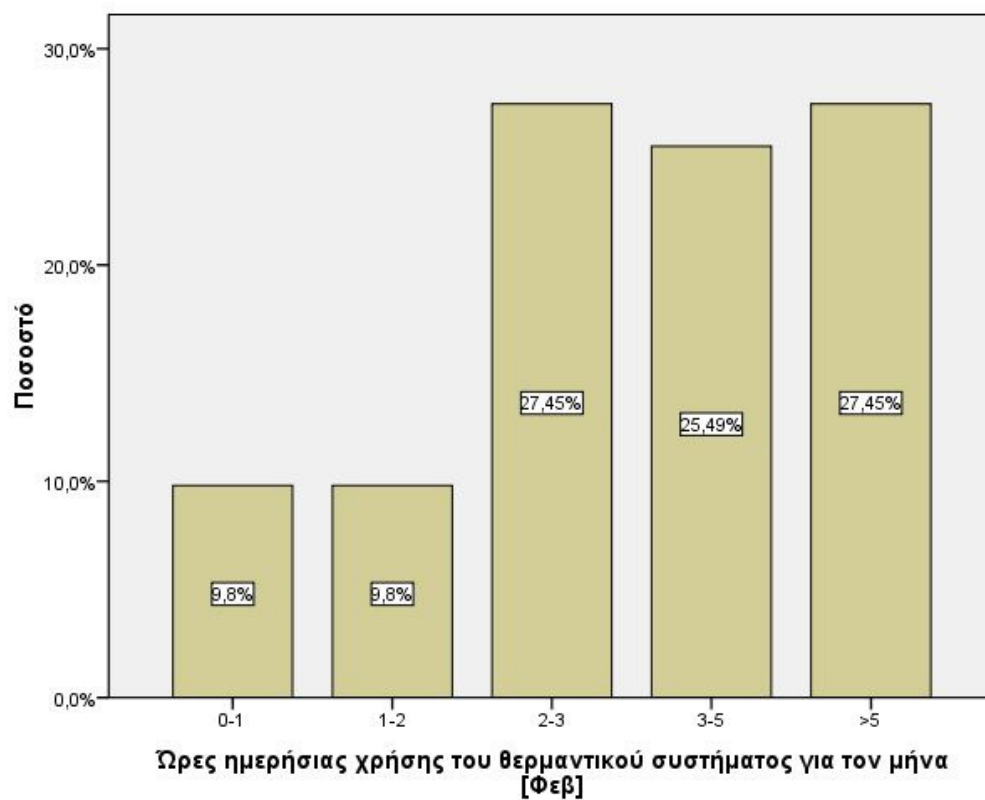
Ώρες ημερήσιας χρήσης του θερμαντικού συστήματος ανά μήνα



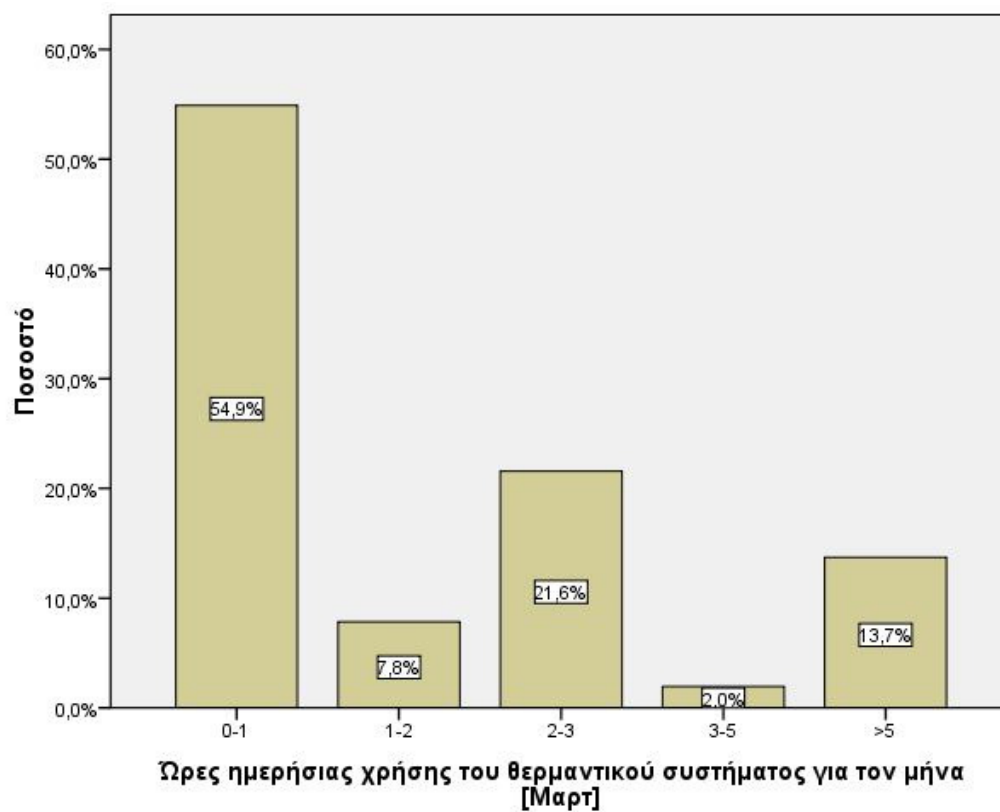
Γράφημα 79 Χρήση συστήματος θέρμανσης (Δεκ)



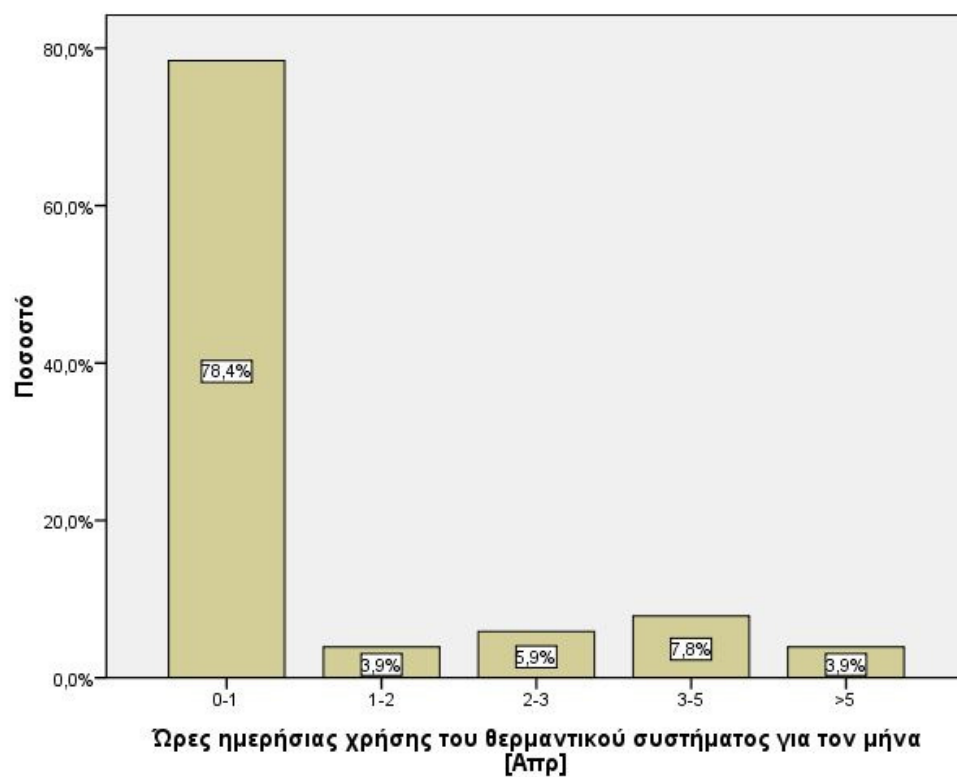
Γράφημα 80 Χρήση συστήματος θέρμανσης (Ιαν)



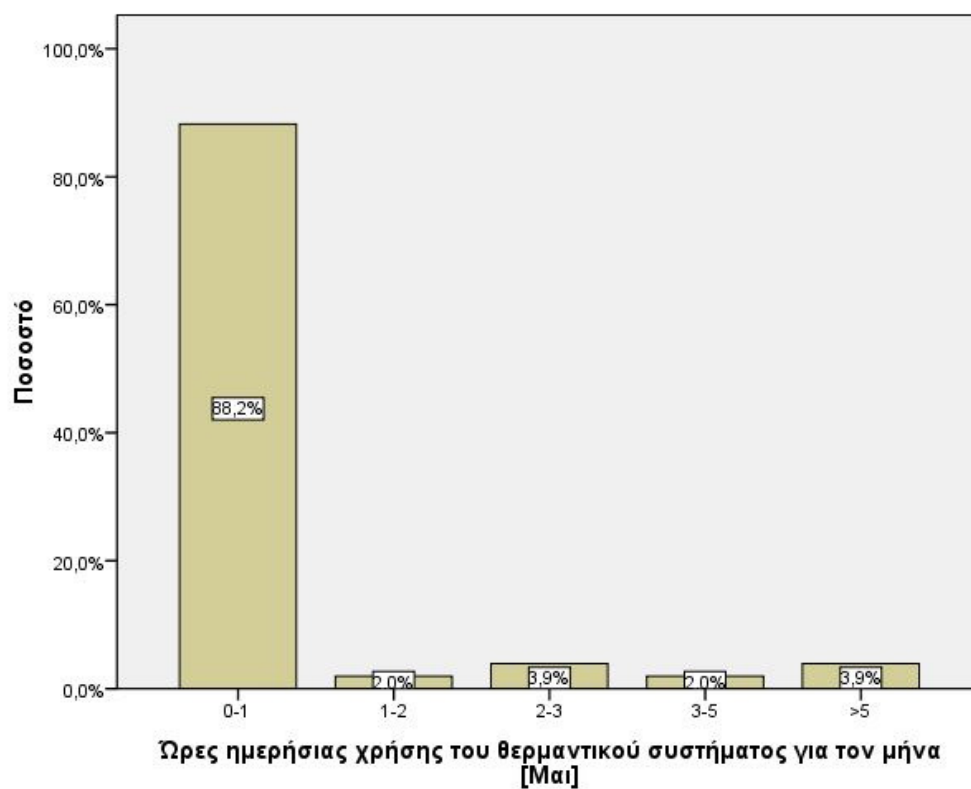
Γράφημα 81 Χρήση συστήματος θέρμανσης (Φεβ)



Γράφημα 82 Χρήση συστήματος θέρμανσης (Μαρτ)

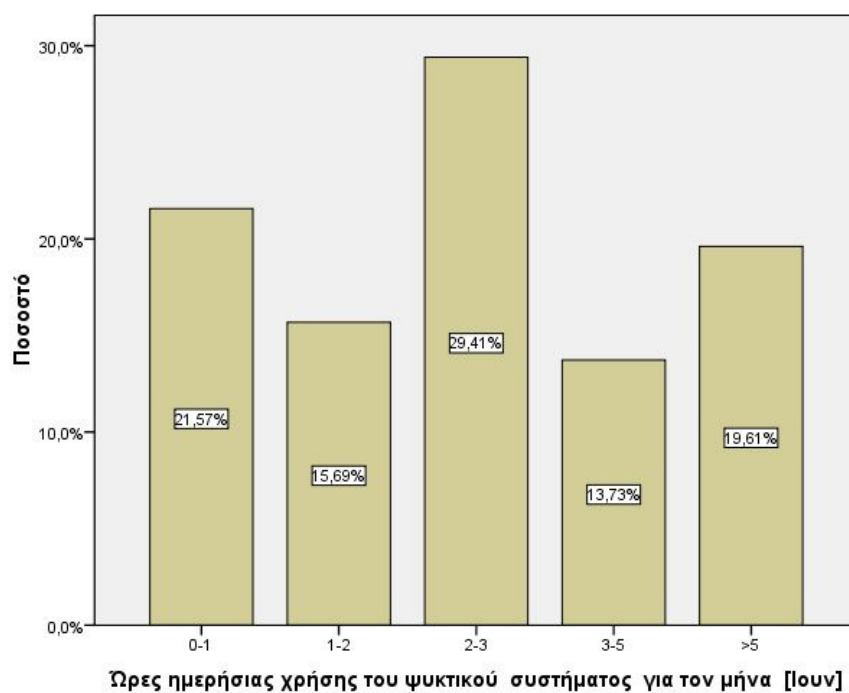


Γράφημα 83 Χρήση συστήματος θέρμανσης (Απρ)

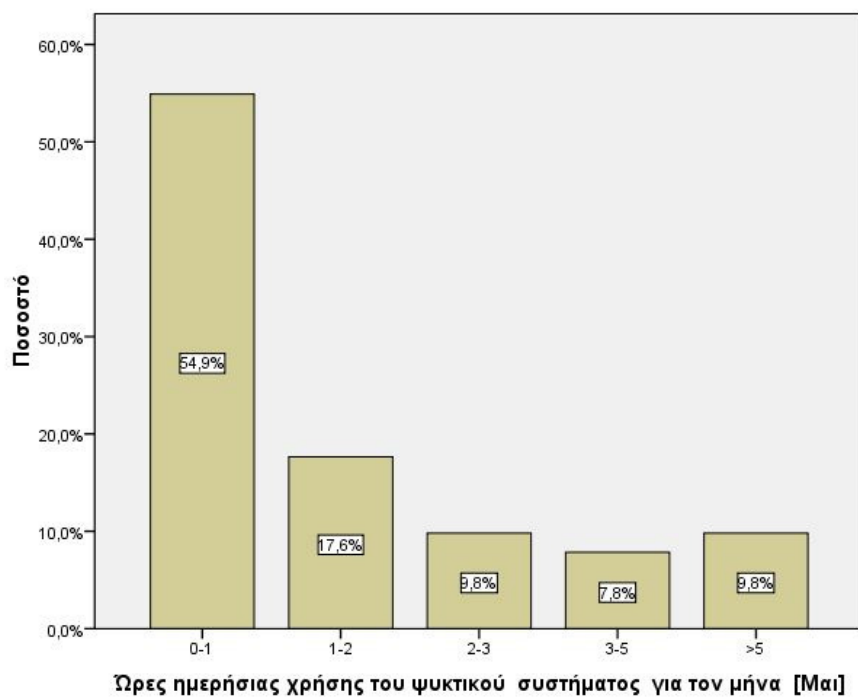


Γράφημα 84 Χρήση συστήματος θέρμανσης (Μαϊ)

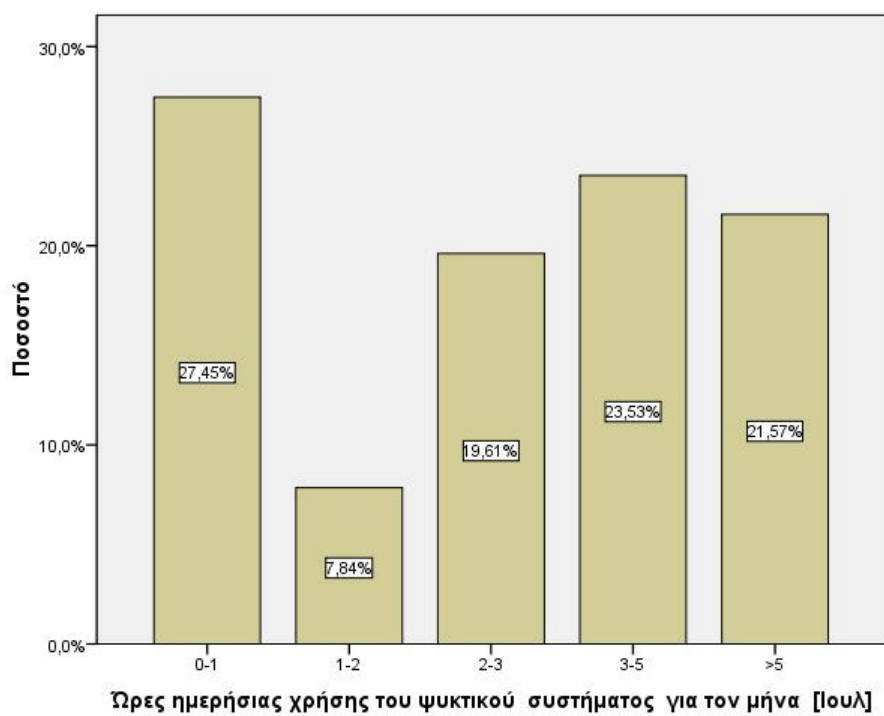
Ωρες ημερήσιας χρήσης του ψυκτικού συστήματος ανά μήνα.



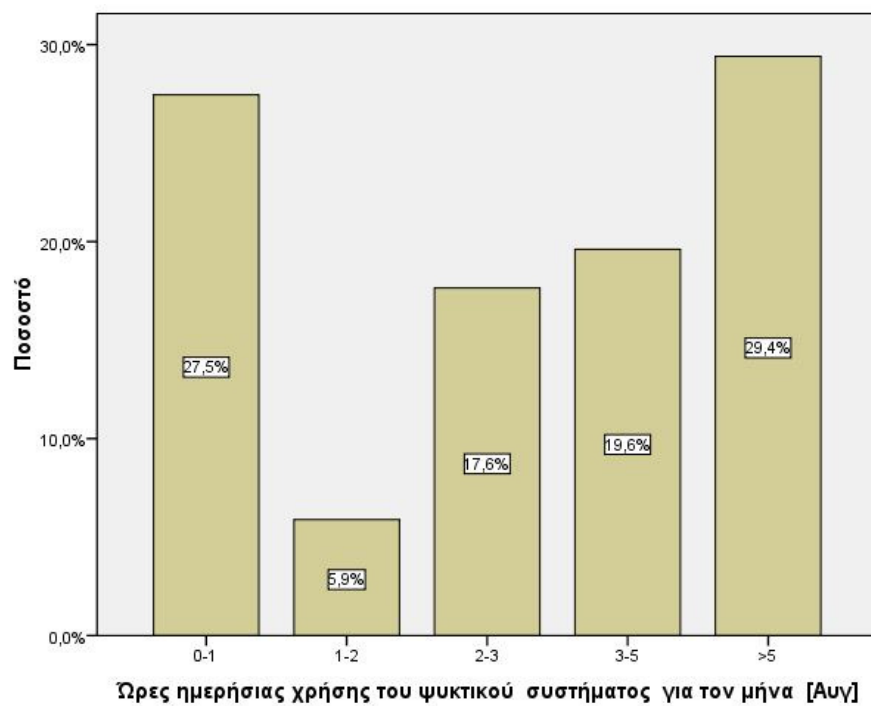
Γράφημα 85 Χρήση συστήματος ψύξης (Ιουν)



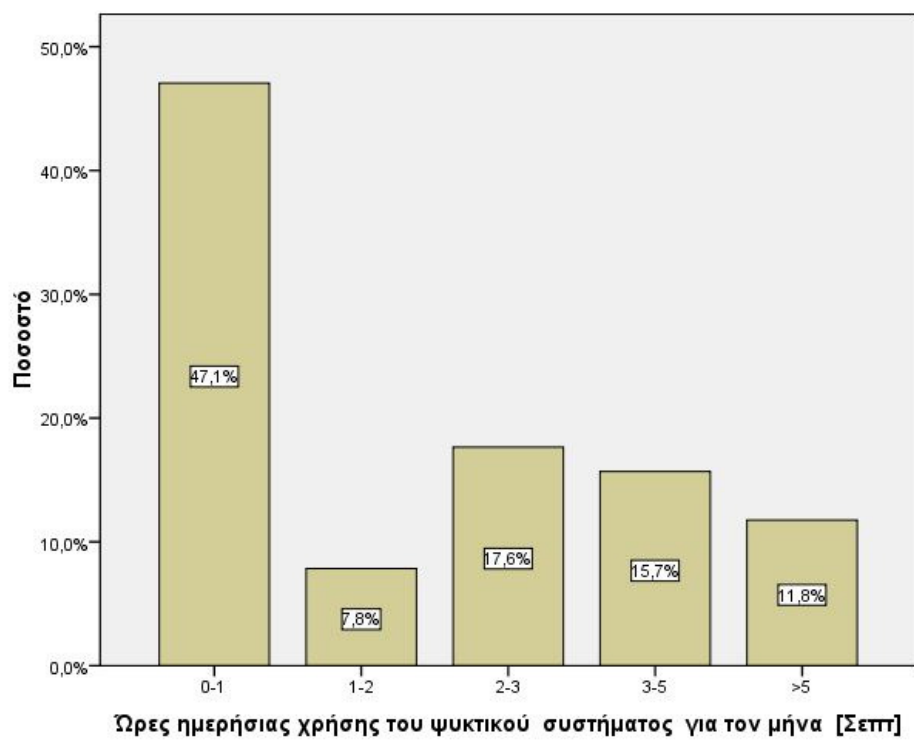
Γράφημα 86 Χρήση συστήματος ψύξης (Μάιος)



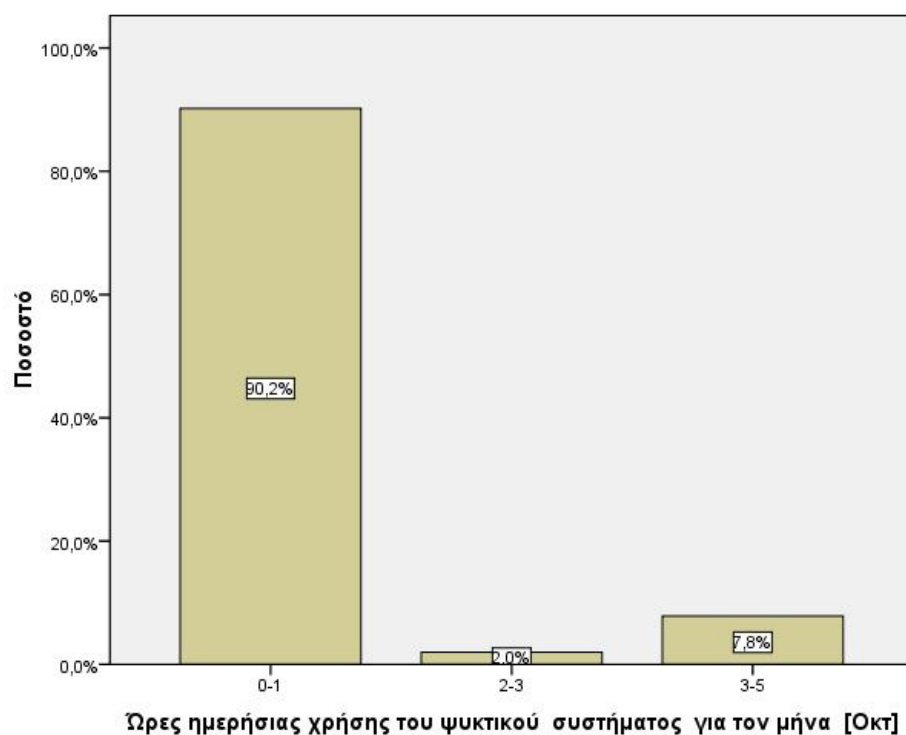
Γράφημα 87 Χρήση συστήματος ψύξης (Ιουλ)



Γράφημα 88 Χρήση συστήματος ψύξης (Αυγ)

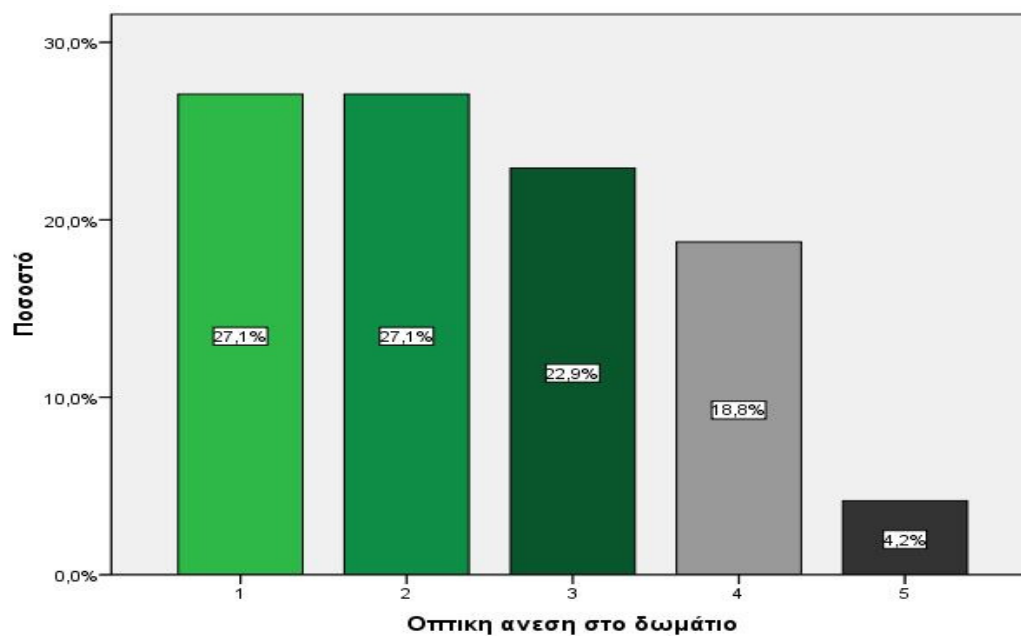


Γράφημα 89 Χρήση συστήματος ψύξης (Σεπτ)



Γράφημα 90 Χρήση συστήματος ψύξης (Οκτ)

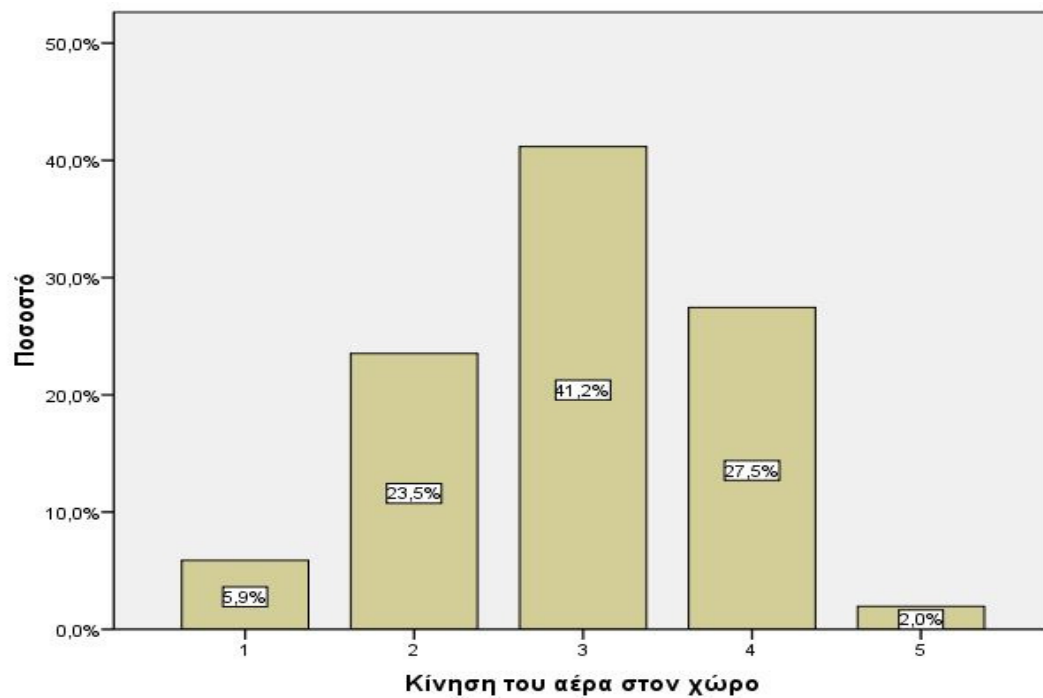
Πώς αξιολογείτε την οπτική άνεση του δωματίου :



*Το 1 ισοδυναμεί με οπτική άνεση, το 5 ισοδυναμεί με δυσάρεστες συνθήκες (δυσφορία)

Γράφημα 91 Οπτική άνεση

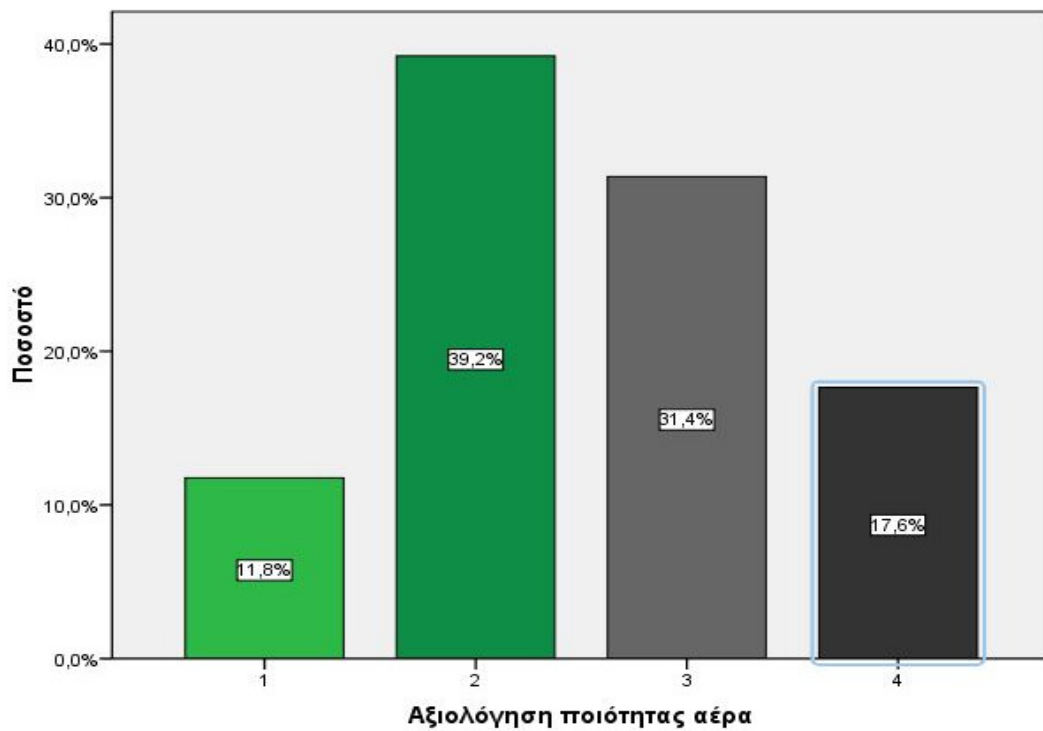
Πώς αξιολογείτε την κίνηση του αέρα στο δωμάτιο;



* Το 1 ισούται με στασιμότητα του αέρα ενώ το 5 με πολλά ρεύματα

Γράφημα 92 Αξιολόγηση ρευμάτων στο δωμάτιο

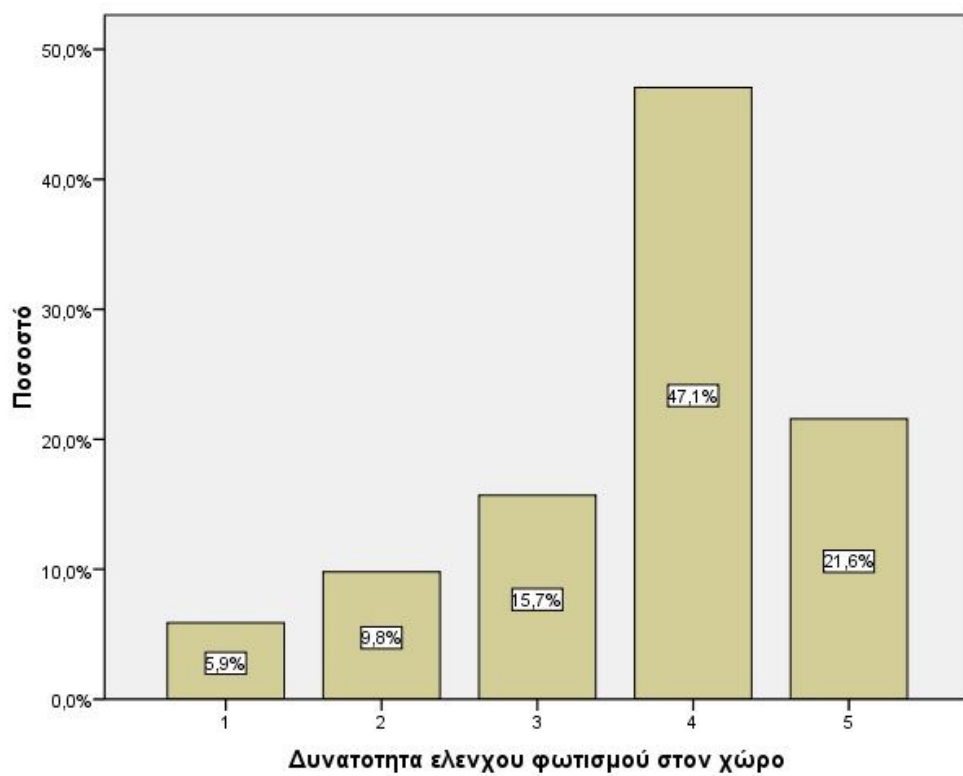
Γενική αξιολόγηση για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα του δωματίου.



* Το 1 ισούται με ικανοποιητικές συνθήκες ενώ το 5 με απαράδεκτες.

Γράφημα 93 Αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα

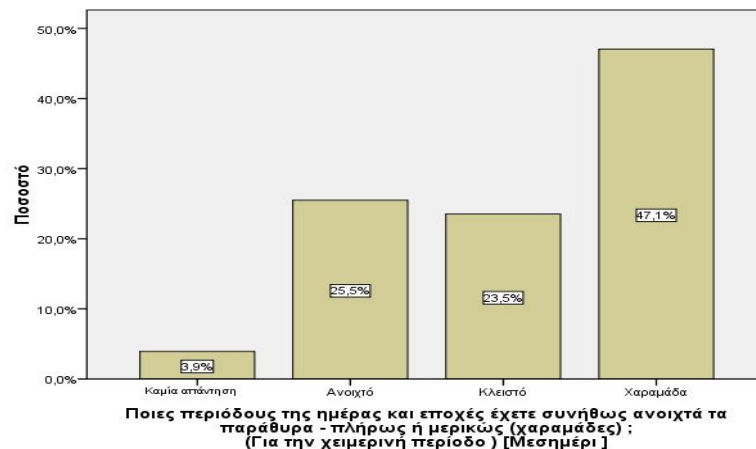
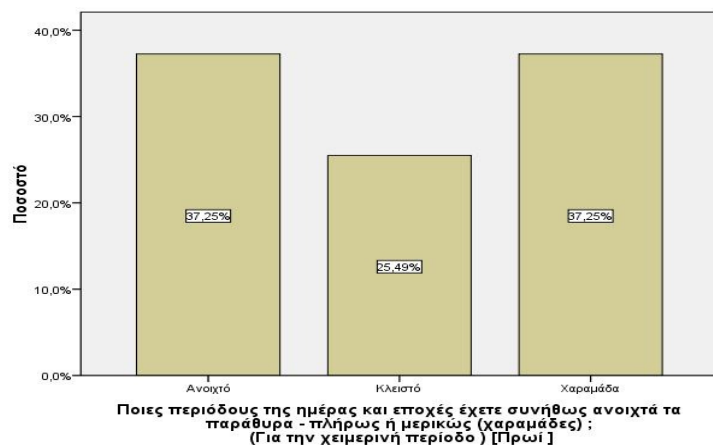
Κατά πόσο μπορείτε να ελέγξετε στο δωμάτιο τον φωτισμό :



*Το 1 ισον καθόλου έλεγχος φωτισμού , το 5 ισον πλήρης έλεγχος.

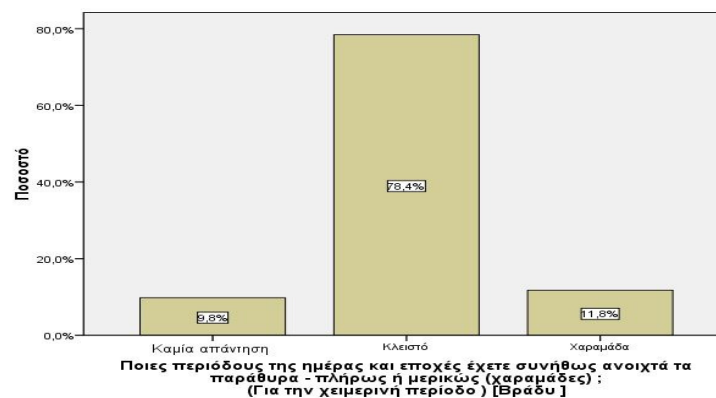
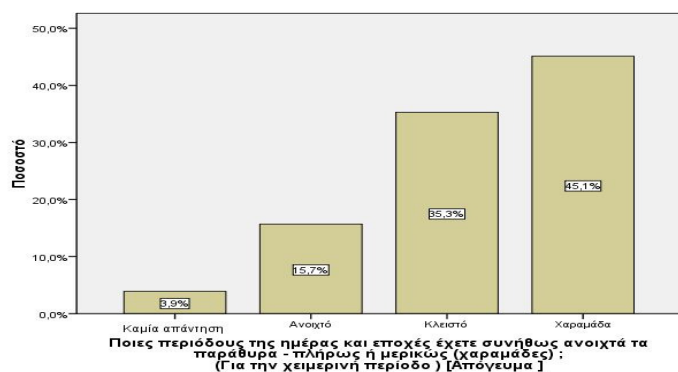
Γράφημα 94 Δυνατότητα ελέγχου φωτισμού

Ποιες περιόδους της ημέρας και εποχές έχετε συνήθως ανοιχτά τα παράθυρα - πλήρως ή μερικώς (χαραμάδες) ; _____ (Για την χειμερινή περίοδο)



Γράφημα 95 Αερισμός τις πρωινές ώρες (χειμώνας)

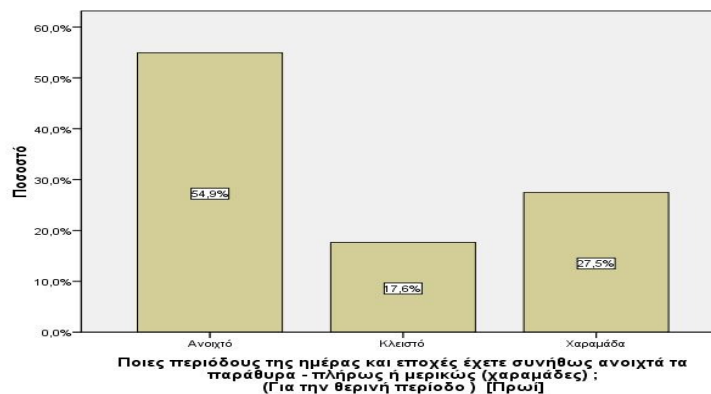
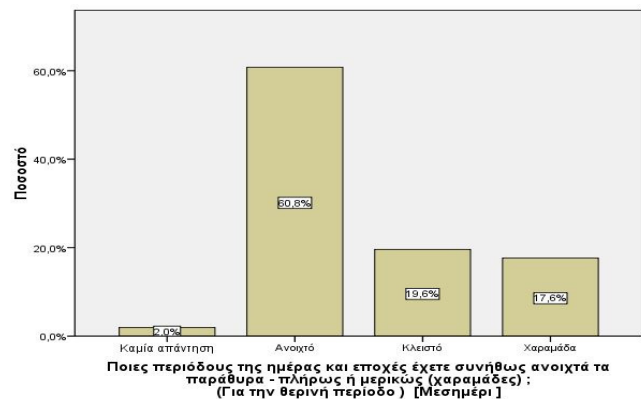
Γράφημα 96 Αερισμός τις μεσημεριανές ώρες (χειμώνας)



Γράφημα 97 Αερισμός τις απογευματινές ώρες (χειμώνας)

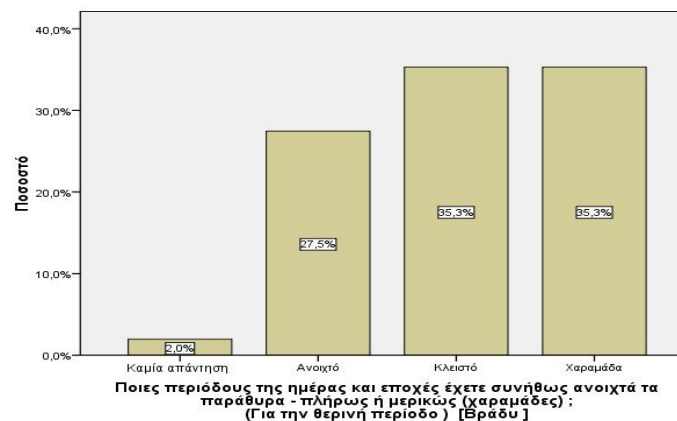
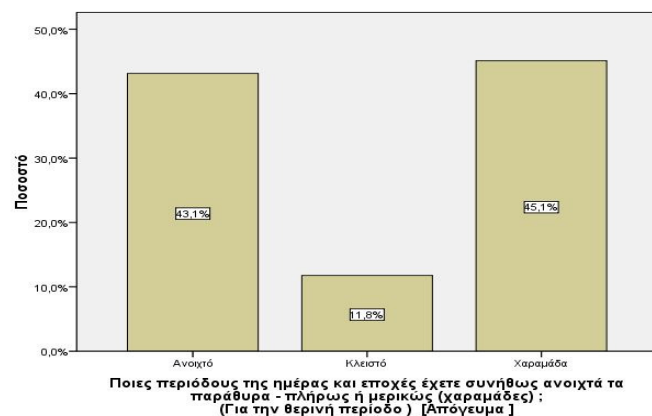
Γράφημα 98 Αερισμός τις βραδινές ώρες (χειμώνας)

Ποιες περιόδους της ημέρας και εποχές έχετε συνήθως ανοιχτά τα παράθυρα - πλήρως ή μερικώς (χαραμάδες) ;
(Για την θερινή περίοδο)



Γράφημα 99 Αερισμός τις πρωινές ώρες (Θέρος)

Γράφημα 100 Αερισμός τις μεσημεριανές ώρες (Θέρος)



Γράφημα 101 Αερισμός τις απογευματινές ώρες (Θέρος)

Γράφημα 102 Αερισμός τις βράδυνες ώρες (Θέρος)

III. Συμπληρωματικά δεδομένα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση για τις συσχετίσεις χ^2 .

A) Περίληψη επεξεργασίας υπόθεσης για την συσχέτιση: Τομέα – Υγρασία γενικά

	Υποθέσεις					
	Εγκυρότητα δείγματος		Κενά		Σύνολο	
	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό
Τομέας – Υγρασία γενικά	45	100,0%	0	,0%	45	100,0%

Πίνακας 48 Περίληψη υπόθεσης τομέα-υγρασία

Υπαρξη έντονης υγρασίας γενικά στο δωμάτιο				
		Όχι	Ναι	Σύνολο
Τομέας	A	4	16	20
	B	7	5	12
	Γ	5	8	13
	Σύνολο	16	29	45

Πίνακας 49 Συχνότητες υπόθεσης τομέα-υγρασία

Β)Περίληψη επεξεργασίας υπόθεσης για την συσχέτιση: Φύλο – Υγρασία γενικά

	Υποθέσεις					
	Εγκυρότητα δείγματος		Κενά		Σύνολο	
	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό
Φύλο -Υγρασία γενικά	45	100,0%	0	,0%	45	100,0%

Πίνακας 50 Περίληψη υπόθεσης φύλο-υγρασία γενικά

Υγρασία γενικά

		Όχι	Ναι	Σύνολο
Φύλο	Άνδρες	10	21	31
	Γυναίκες	6	8	14
	Σύνολο	16	29	45

Γ)Περίληψη επεξεργασίας υπόθεσης για την συσχέτιση: Όροφος – Υγρασία γενικά

	Υποθέσεις					
	Εγκυρότητα δείγματος		Κενά		Εγκυρότητα δείγματος	
	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό
Όροφος -Υγρασία γενικά	45	100,0%	0	,0%	45	100,0%

Πίνακας 51 Περίληψη υπόθεσης Όροφος-υγρασία

		Υγρασία γενικά στο δωμάτιο		
		Όχι	Ναι	Σύνολο
όροφος	ισόγειο	6	11	17
	πρώτος	6	10	16
	δεύτερος	4	8	12
	Σύνολο	16	29	45

Πίνακας 52 Συχνότητες υγρασίας – ορόφου

Δ)Περίληψη επεξεργασίας υπόθεσης για την συσχέτιση: Φύλο – Αξιολόγηση θερμοκρασίας.

	Υποθέσεις					
	Εγκυρότητα δείγματος		Κενά		Εγκυρότητα δείγματος	
	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό
Φύλο – Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά	45	100,0%	0	,0%	45	100,0%

Πίνακας 53 Περίληψη υπόθεσης Φύλο-Αξιολόγηση θερμοκρασίας

Ε)Περίληψη επεξεργασίας υπόθεσης για την συσχέτιση: Όροφος – Αξιολόγησης θερμοκρασίας γενικά.

	Υποθέσεις					
	Εγκυρότητα δείγματος		Κενά		Εγκυρότητα δείγματος	
	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό
όροφος -αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά	45	100,0%	0	,0%	45	100,0%

Πίνακας 54 Περίληψη υπόθεσης Όροφος-αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

όροφος - αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

		Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά		
		Ανετα	Δυσάρεστα	Σύνολο
όροφος	ισόγειο	13	4	17
	πρώτος	12	4	16
	δεύτερος	8	4	12
	Σύνολο	33	12	45

Πίνακας 55 Συχνότητες όροφος-αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

Ζ)Περίληψη επεξεργασίας υπόθεσης για την συσχέτιση: Τομέας – Αξιολόγησης θερμοκρασίας γενικά.

		Υποθέσεις					
		Εγκυρότητα δείγματος		Κενά		Εγκυρότητα δείγματος	
		N	Ποσοστό	N	Ποσοστό	N	Ποσοστό
όροφος	-αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά	45	100,0%	0	,0%	45	100,0%

Πίνακας 56 Περίληψη υπόθεσης τομέα-Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

Τομέας - Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

		Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά		
		1	2	Σύνολο
Τομέας	A	14	6	20
	B	9	3	12
	Γ	10	3	13
	Σύνολο	33	12	45

Πίνακας 57 Συχνότητες Τομέας-Αξιολόγηση θερμοκρασίας γενικά

IV. Πίνακες, σχέδια και δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την μοντελοποίηση των σεναρίων.

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ/ ΚΑΤΟΙΚΙΑ	Κατηγορία ανέμου	Έκθεση σε άνεμο	Αεροστεγανότητα κελύφους του κτιρίου	
			Μάλλον στεγανό	Μάλλον μη στεγανό
Πολυκατοικία, μονοκατοικία μεταξύ άλλων κατοικιών	I ή II	Σχεδόν καμία έκθεση Έντονη έκθεση	0.50 0.65	0.65 0.80
	III ή IV	Σχεδόν καμία έκθεση Έντονη έκθεση	0.65 0.80	0.80 1.10
	I ή II	Σχεδόν καμία έκθεση Έντονη έκθεση	0.60 0.80	0.80 1.00
	III ή IV	Σχεδόν καμία έκθεση Έντονη έκθεση	0.80 1.00	1.00 1.40

Πίνακας 58 Αλλαγές αέρα σε κτίριο σε συνάρτηση της στεγανότητας

Δομικό στοιχείο : ΔΑΠΕΔΟ ΔΩΜΑΤΙΩΝ
Τύπος κατασκευής :

ΦΥΛΛΟ 1. 5

Υπολογισμός του συντελεστού θερμοπερατότητας k

α/α	Στρώσεις υλικών	Πυκν. kg/m ³	Παχ. l m	Συντ. λ kcal/mhc	d1/λ m ² hc/kcal
1	ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	—	0.00	0.035	0.057
2	ΓΑΡΜΠΙΔΟΜΩΣΑΙΚΟ	1500	0.03	0.550	0.064
3	ΓΑΡΜΠΙΔΟΣΚΥΡΩΔΕΜΑ	—	0.03	0.550	0.064
4	ΠΛΑΚΑ	2400	0.12	1.750	0.069
5	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0.02	0.750	0.027

ΣΥΝΟΛΟ

0.280

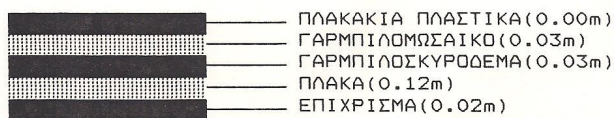
Αντιστ. θερμодιαφυγής στοιχείου (όλων των στρώσεων) 1/λ : 0.280

1/ai=0.20 m² hc/kcal

1/aa=0.20 m² hc/kcal

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k} + \frac{1}{a_i} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{a_a}} = \frac{1}{0.680} = 1.471 \text{ kcal/m}^2 \text{ hc}$$

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ :



Εικόνα 39 Μελέτη θερμομόνωσης (δάπεδο δωματίων)

Δομικό στοιχείο : ΔΑΠΕΔΟ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟΥ
Τύπος κατασκευής :

ΦΥΛΛΟ 1. 4

Υπολογισμός του συντελεστού θερμοπερατότητας k

α/α	Στρώσεις υλικών	Πυκν. kg/m ³	Παχ.1 m	Συντ. λ kcal/mhc	d1/λ m ² hc/kcal
1	ΜΑΡΜΑΡΟ	—	0.03	3.000	0.010
2	ΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ	—	0.01	1.200	0.012
3	ΓΑΡΜΠΙΛΟΣΚΥΡΩΔΕΜΑ	—	0.01	0.550	0.027
4	ΠΛΑΚΑ	2400	0.12	1.750	0.069
5	ΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ	—	0.02	1.200	0.017

ΣΥΝΟΛΟ

0.135

Αντιστ. θερμοδιαφυγής στοιχείου (ολών των στρώσεων) 1/λ : 0.135

1/ai=0.20 m² hc/kcal

1/aa=0.20 m² hc/kcal

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k} + \frac{1}{ai} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{aa}} = \frac{1}{0.535} = 1.869 \text{ kcal/m}^2 \text{ hc}$$

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ :

ΜΑΡΜΑΡΟ(0.03m)
ΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ(0.01m)
ΓΑΡΜΠΙΛΟΣΚΥΡΩΔΕΜΑ(0.01m)
ΠΛΑΚΑ(0.12m)
ΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑ(0.02m)

Εικόνα 40 θερμομόνωσης (δάπεδο καθιστικού)

Δομικό στοιχείο : ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ 26
 Τύπος κατασκευής : ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ

ΦΥΛΛΟ 1. 1

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας k

α/α	Στρώσεις υλικών	Πυκν. kg/m ³	Παχ.1 m	Συντ. λ kcal/mhc	d1/λ m ² hc/kcal
1	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0.02	0.750	0.027
2	ΤΟΙΧΟΣ	1200	0.09	0.450	0.200
3	ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0	0.04	0.035	1.143
4	ΤΟΙΧΟΣ	1200	0.09	0.450	0.200
5	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0.02	0.750	0.027

ΣΥΝΟΛΟ

1.596

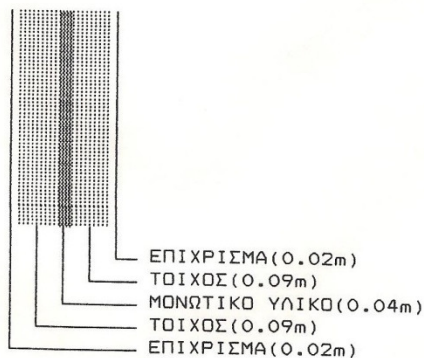
Αντιστ. θερμοδιαφυγής στοιχείου (ολών των στρώσεων) 1/λ : 1.596

1/ai=0.14 m² hc/kcal

1/aa=0.05 m² hc/kcal

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k} = \frac{1}{\frac{1}{ai} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{aa}} = \frac{1}{1.786}} = 0.560 \text{ kcal/m}^2 \text{ hc}$$

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ :



Εικόνα 41 Θερμομόνωσης (εξωτερικός τοίχος)

Δομικό στοιχείο : ΟΡΟΦΗ
 Τυπος κατασκευης : ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΦΥΛΛΟ 1. 3

Υπολογισμος του συντελεστου θερμοπερατοτητας k

α/α	Στρώσεις υλικων	Πυκν. kg/m ³	Παχ.1 m	Συντ. λ kcal/mhc	d1/λ m ² hc/kcal
1	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0.02	0.750	0.027
2	ΠΛΑΚΑ	2400	0.12	1.750	0.069
3	ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	—	0.06	0.035	1.714
4	ΜΠΕΤΟΝ ΚΛΙΣΗΣ	800	0.20	0.300	0.667
5	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1900	0.02	0.750	0.027
6	ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΛΑΚΕΣ	—	0.03	0.500	0.060

ΣΥΝΟΛΟ

2.563

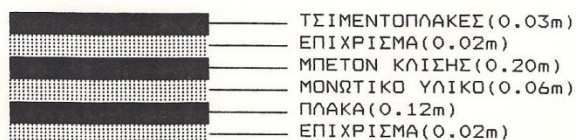
Αντιστ. θερμοδιαφυγης στοιχειου (ολων των στρωσεων) 1/λ : 2.563

1/ai=0.14 m² hc/kcal

1/aa=0.05 m² hc/kcal

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k} + \frac{1}{a_i} + \frac{1}{a_a}} = \frac{1}{\frac{1}{0.363} + \frac{1}{2.753}} = 0.363 \text{ kcal/m}^2 \text{ hc}$$

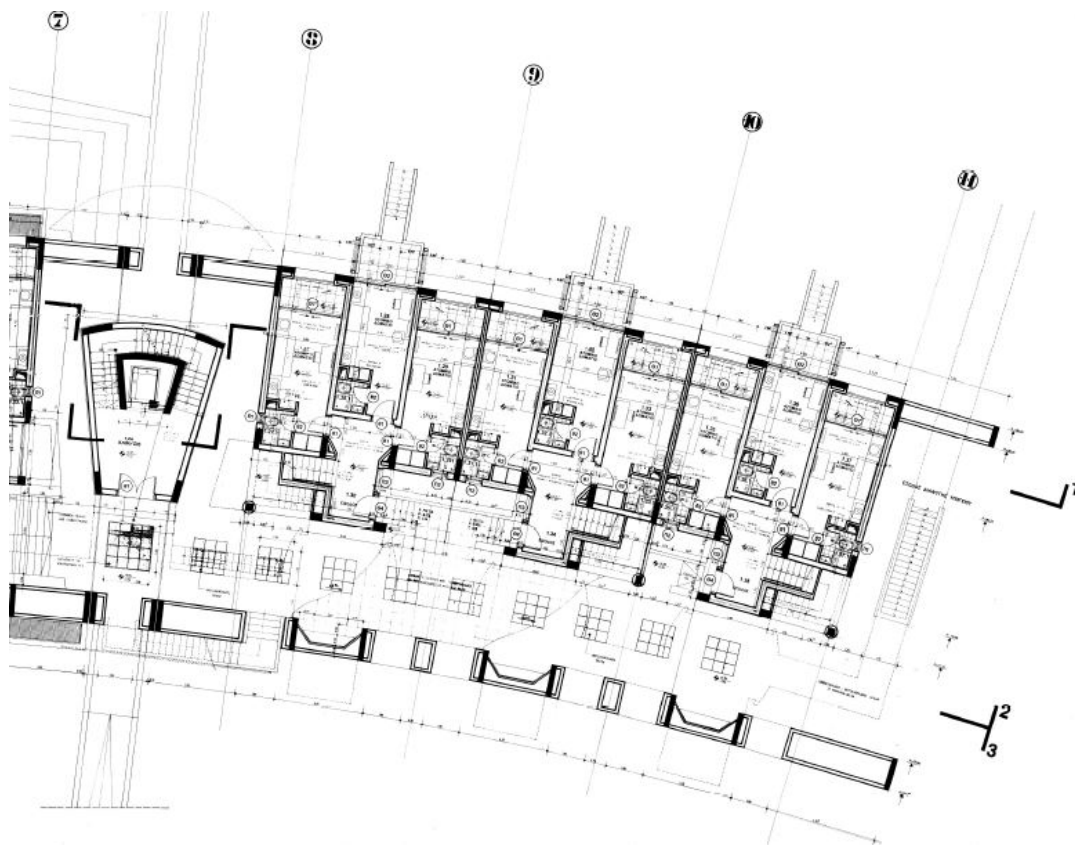
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ :



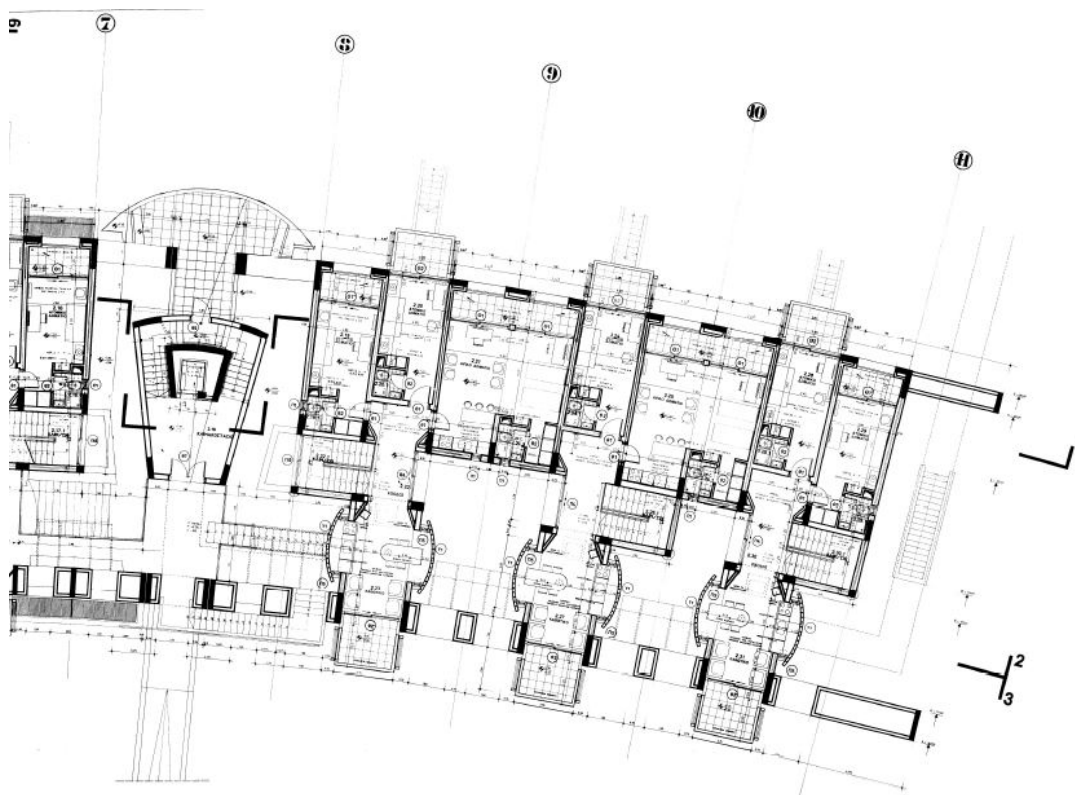
Εικόνα 42 θερμομόνωσης (οροφή)

General Information						
Supplier		Haier Air Conditioning				
Outdoor unit		1U09BE5ERA	1U12BE5ERA	1U18EE5ERA	1U24GE5ERA	2U18FE5ERA
Indoor unit		-	-	-	-	AS09GB2HRA
Indoor unit		AS09GB2HRA	AS12GB2HRA	AS18GD2HRA	AS24GF2HRA	AS12GB2HRA
Sound power	Outdoor	dB	62	62	64	69
	Indoor	dB	53	55	58	64
Refrigerant	type	R410a	R410a	R410a	R410a	R410a
	GWP	kgCO ₂ eq	1975	1975	1975	1975
	Refrigerant leakage contributes to climate change. Refrigerant with lower global warming potential (GWP) would contribute less to global warming than a refrigerant with higher GWP, if leaked to the atmosphere. This appliance contains a refrigerant fluid with a GWP equal to 1975. This means that if 1 kg of this refrigerant fluid would be leaked to the atmosphere, the impact on global warming would be 1975 times higher than 1 kg of CO ₂ over a period of 100 years. Never try to interfere with the refrigerant circuit yourself or disassemble the product yourself and always ask a professional.					
Cooling Mode						
Cooling performance	SEER		5,2	5,2	5,1	5,2
	Energy class		A	A	A	A
	Qce	kWh/year	168	235	341	443
	Energy consumption is based on standard test results. Actual energy consumption will depend on how the appliance is used and where it is located.					
	Pdesignc	kW	2,5	3,5	5,0	6,6
Heating Mode: Average climate						
Heating performance	Pdesignh temperature	°C	-10	-10	-10	-10
	SCOP		3,8	3,8	3,8	3,8
	Energy class		A	A	A	A
	Qhe	kWh/year	775	993	1764	1937
	Energy consumption is based on standard test results. Actual energy consumption will depend on how the appliance is used and where it is located.					
	Pdesignh	kW	2,1	2,7	4,8	5,3
Back-up heating capacity		kW	0,35	0,4	0,6	0,9
Heating Mode: Warm climate						
Heating performance	Pdesignh temperature	°C	-2/1	-2/1	-2/1	-2/1
	SCOP		4,1	4,1	4,1	4,1
	Energy class		A+	A+	A+	A+
	Qhe	kWh/year	812	1056	1688	1855
	Energy consumption is based on standard test results. Actual energy consumption will depend on how the appliance is used and where it is located.					
	Pdesignh	kW	2,4	3,1	5,0	5,5
Back-up heating capacity		kW	0	0	0	0
Heating Mode: Cold climate						
Heating performance	Pdesignh temperature	°C	-	-	-	-
	SCOP		-	-	-	-
	Energy class		-	-	-	-
	Qhe	kWh/year	-	-	-	-
	Energy consumption is based on standard test results. Actual energy consumption will depend on how the appliance is used and where it is located.					
	Pdesignh at	kW	-	-	-	-
Back-up heating capacity		kW	-	-	-	-

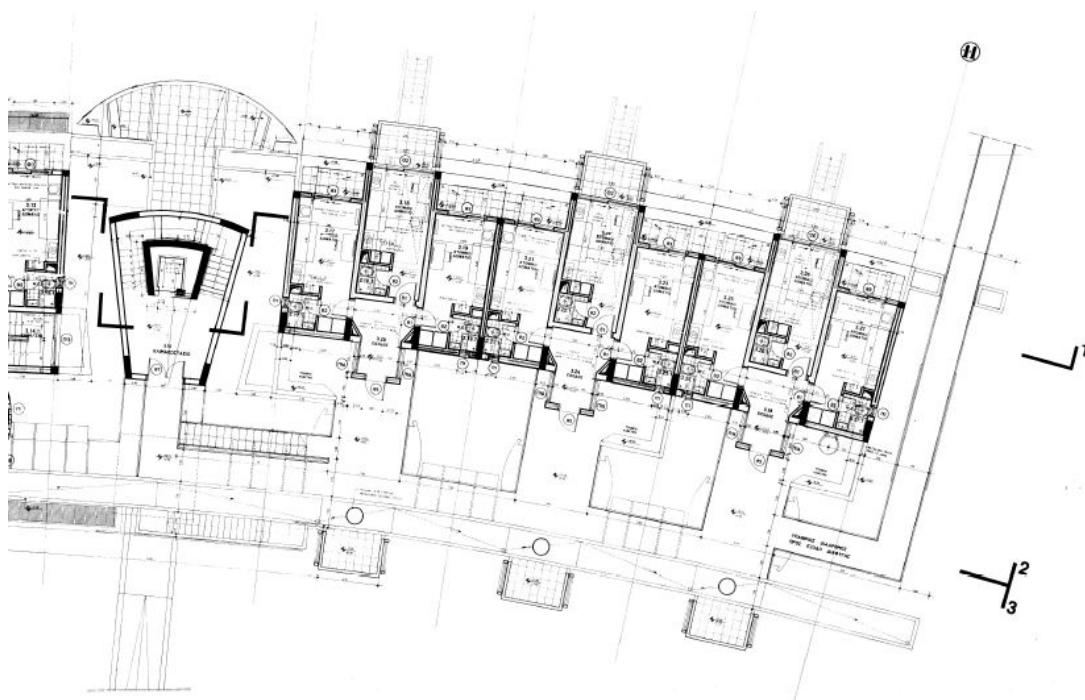
Εικόνα 43 Πίνακας με τα COP



Εικόνα 44 Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 45 Κάτοψη 1ου ορόφου



Εικόνα 46 Κάτοψη 2ου ορόφου

V. Αναλυτικά η δομή του ερωτηματολογίου που απαντήθηκε από τους φοιτητές.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΕΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

Αγαπητοί συγκάτοικοι,

Στο ερωτηματολόγιο περιλαμβάνονται ερωτήσεις που αφορούν τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην εστία του Πολυτεχνείου Κρήτης και τη λειτουργία της, με σκοπό την κριτική αξιολόγηση και βελτίωση των συνθηκών αυτών,, με γνώμονα πάντοτε την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για τους σκοπούς της έρευνας αυτής. Παρακαλώ, επικοινωνήστε στα πιο κάτω στοιχεία που δίνονται:

Ευχαριστούμε εκ των προτέρων.

Με εκτίμηση,

Τελειόφοιτος σπουδαστής
Πολυτεχνείου Κρήτης

Τηλ: 6949142090

* Απαιτείται

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ *

Αριθμός δωματίου (και γράμμα)

Όροφος

Φύλο

- ☐ ☐ Άρρεν
- ☐ ☐ Θήλυ

Ηλικία

Αριθμός ατόμων που διαμένουν στο δωμάτιο

Πόσο διάστημα κατοικείτε στο δωμάτιο;

(η απάντηση αναφέρεται σε ακαδημαϊκά έτη)

- ☐ ☐ <1
- ☐ ☐ 1-2
- ☐ ☐ 2-3
- ☐ ☐ 3-5
- ☐ ☐ >5

Θα χαρακτηρίζατε τη χρήση που κάνετε στο δωμάτιο μόνιμη;

- ☐ ☐ Ναι
- ☐ ☐ Όχι

Ποιο/α διάστημα/τα της μέρας βρίσκεστε συνήθως στο δωμάτιο;

Ώρες

(8.00 -12.00)	<input type="checkbox"/>	
(12.00 -16.00)	<input type="checkbox"/>	
(16.00 -20.00)	<input type="checkbox"/>	
(20.00 -24.00)	<input type="checkbox"/>	
(24.00-8.00)	<input type="checkbox"/>	

Θα χαρακτηρίζατε την χρήση του δωματίου περιστασιακή (μερικές μέρες την εβδομάδα π.χ. Σαββατοκύριακο)

- ☐ ☐ Ναι
- ☐ ☐ Όχι

Ποια είναι η περίοδος διαμονής σας στο δωμάτιο;

Διαμονή

Ιανουάριος	<input type="checkbox"/>	
Φλεβάρης	<input type="checkbox"/>	
Μάρτιος	<input type="checkbox"/>	
Απρίλιος	<input type="checkbox"/>	
Μάιος	<input type="checkbox"/>	
Ιούνιος	<input type="checkbox"/>	
Ιούλιος	<input type="checkbox"/>	
Αύγουστος	<input type="checkbox"/>	
Σεπτέμβριος	<input type="checkbox"/>	
Οκτώβριος	<input type="checkbox"/>	
Νοέμβριος	<input type="checkbox"/>	
Δεκέμβριος	<input type="checkbox"/>	

Μέσος όρος διαστήματος διαμονής
(ημέρες την εβδομάδα)

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Πώς αξιολογείτε τη ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ του δωματίου που διαμένετε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού;

1	2	3	4	5	
Κρύο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ζεστό

Πώς αξιολογείτε τη ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ του δωματίου που διαμένετε κατά τη διάρκεια του φθινόπωρου;

1	2	3	4	5	
Κρύο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ζεστό

Πώς αξιολογείτε τη ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ του δωματίου που διαμένετε κατά τη διάρκεια του χειμώνα;

1	2	3	4	5	
Κρύο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ζεστό

Πώς αξιολογείτε τη ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ του δωματίου που διαμένετε κατά τη διάρκεια της άνοιξης;

1 2 3 4 5

Κρύο ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Ζεστό

Γενική αξιολόγηση για τις εσωτερικές συνθήκες του δωματίου

1 2 3 4 5

Άνετη ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Δυσάρεστη

Πως αξιολογείτε την θερμοκρασία στο δωμάτιο αυτή την στιγμή ;

1 2 3 4 5

Άνετη ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Δυσάρεστη

Ένδειξη M/Σ

Πώς αξιολογείτε την ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ του δωματίου ;

1 2 3 4 5

Άνετη ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Δυσάρεστη

Πως αξιολογείτε την ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ στο δωμάτιο αυτή την στιγμή;

1 2 3 4 5

Άνετη ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Δυσάρεστη

Ένδειξη M/Σ

Πώς αξιολογείτε την ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ του δωματίου;

1 2 3 4 5

Στάσιμος ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Με πολλά ρεύματα

Γενική αξιολόγηση για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα του δωματίου

1 2 3 4 5

Πολύ ικανοποιητική ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Απαράδεκτη

Πώς αξιολογείτε το επίπεδο ΥΓΡΑΣΙΑΣ γενικά στο δωμάτιο;

1 2 3 4 5

Ξηρασία ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Έντονη υγρασία

Πώς αξιολογείτε την υγρασία στο δωμάτιο αυτή τη στιγμή;

1 2 3 4 5

Ξηρασία ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Έντονη υγρασία

Ένδειξη M/Σ

Κατά πόσο μπορείτε να ελέγξετε στο δωμάτιο τη θερμοκρασία;

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πλήρως

Κατά πόσο μπορείτε να ελέγξετε στο δωμάτιο τον αερισμό;

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πλήρως

Κατά πόσο μπορείτε να ελέγξετε στο δωμάτιο τον φωτισμό;

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πλήρως

Ποιο διάστημα της μέρας χρησιμοποιείτε τεχνητό φωτισμό κατά την χειμερινή περίοδο;

- ☐ Πρωί
- ☐ Μεσημέρι
- ☐ Απόγευμα
- ☐ Βράδυ

Ποιο διάστημα της μέρας χρησιμοποιείτε τεχνητό φωτισμό την θερινή περίοδο;

- ☐ Πρωί
- ☐ Μεσημέρι
- ☐ Απόγευμα
- ☐ Βράδυ

Το σύστημα για την προώθηση του ζεστού νερού χρήσης σε πόσο χρόνο ανταποκρίνεται τη χειμερινή περίοδο;

(η απάντηση αναφέρετε σε λεπτά αναμονής)

- ☐ <1
- ☐ 2-3
- ☐ >5

Το σύστημα για την προώθηση του ζεστού νερού χρήσης σε πόσο χρόνο ανταποκρίνεται την θερινή περίοδο;

(η απάντηση αναφέρετε σε λεπτά αναμονής)

- ☐ ☐ <1
- ☐ ☐ 2-3
- ☐ ☐ >5

Ποιες συσκευές χρησιμοποιούνται για βοηθητική θέρμανση του δωματίου;

- ☐ ☐ Καλοριφέρ λαδιού - Ηλεκτρικό
- ☐ ☐ Air condition
- ☐ ☐ Αερόθερμο

Περίοδος χρήσης του θερμαντικού συστήματος

	Περίοδος χρήσης
Οκτώβριος	<input type="checkbox"/>
Νοέμβριος	<input type="checkbox"/>
Δεκέμβριος	<input type="checkbox"/>
Ιανουάριος	<input type="checkbox"/>
Φεβρουάριος	<input type="checkbox"/>
Μάρτιος	<input type="checkbox"/>
Απρίλιος	<input type="checkbox"/>
Μάιος	<input type="checkbox"/>

Ωρες ημερήσιας χρήσης του θερμαντικού συστήματος ανά μήνα

	0-1	1-2	2-3	3-5	>5
Οκτ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Νοεμ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δεκεμ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ιαν	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Φεβ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μαρτ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Απρ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μαι	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ποιες συσκευές χρησιμοποιούνται για βοηθητική ψύξη του δωματίου;

- ☐ ☐ Air condition

- ☐ Ανεμιστήρας οροφής / δαπέδου

Περίοδος χρήσης του ψυκτικού συστήματος

Περίοδος
χρήσης

Μαι	<input type="checkbox"/>	
Ιουν	<input type="checkbox"/>	
Ιουλ	<input type="checkbox"/>	
Αυγ	<input type="checkbox"/>	
Σεπτ	<input type="checkbox"/>	
Οκτ	<input type="checkbox"/>	

Ώρες ημερήσιας χρήσης του ψυκτικού συστήματος ανά μήνα

	0-1	1-2	2-3	3-5	>5
Μαι	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ιουν	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ιουλ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Αυγ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Σεπτ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Οκτ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Για να δροσίσετε το δωμάτιο το καλοκαίρι ποιες στρατηγικές ακολουθείτε:

- ☐ α. Ανοίγετε πλήρως ή μερικώς τα παράθυρα ώστε να δημιουργηθεί ρεύμα
- ☐ β. Ανοίγετε τις αρσέρες (μικρά ανοίγματα σε ψηλό σημείο)
- ☐ γ. Κλείνετε τις κουρτίνες ή τις περσίδες
- ☐ δ. Χρησιμοποιείτε άλλα τεχνικά μέσα (ανεμιστήρες / κλιματισμό)

Ποιες περιόδους της ημέρας και εποχές έχετε συνήθως ανοιχτά τα παράθυρα - πλήρως ή μερικώς (χαραμάδες) ; /(Για την χειμερινή περίοδο)

	Πλήρως ανοιχτό	Χαραμάδα- ανοιχτό	Μερικός Κλειστό
Πρωί	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Πλήρως ανοιχτό	Χαραμάδα- Μερικός ανοιχτό	Κλειστό
Μεσημέρι	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Απόγευμα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Βράδυ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ποιες περιόδους της ημέρας και εποχές έχετε συνήθως ανοιχτά τα παράθυρα - πλήρως ή μερικώς (χαραμάδες); / (Για την θερινή περίοδο)

	Πλήρως ανοιχτό	Χαραμάδα - Μερικός ανοιχτό	Κλειστό
Πρωί	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μεσημέρι	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Απόγευμα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Βράδυ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. α) Αν γνωρίζετε ότι με κατάλληλη λειτουργία του κτιρίου όπως π.χ. άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων συγκεκριμένες ώρες, έλεγχο του σκιασμού, πότισμα κτλ, θα μπορούσατε να έχετε καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης στο χώρο, κατά πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος / νη να το ακολουθήσετε;

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πλήρως

β) Αν το κίνητρο της θερμικής άνεσης στο χώρο εμπλουτίζονταν με οικονομικά οφέλη λόγω εξοικονόμησης ενέργειας κατά πόσο θα ήσασταν διατεθειμένος / νη να το ακολουθήσετε;

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πλήρως

γ) Κατά πόσο πιστεύετε ότι χρησιμοποιείτε το δωμάτιο σας με τρόπο ώστε να αποδίδει το μέγιστο των δυνατοτήτων του ως προς τις κλιματικές συνθήκες;

1 2 3 4 5

Καθόλου ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Πλήρως

Παρακαλώ ΣΧΟΛΙΑΣΤΕ ΕΛΕΥΘΕΡΑ σε σχέση με ζητήματα που αναφέρονται παραπάνω

