

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Πτυχιακή εργασία

ΕΡΕΥΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΩΝ
ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΜΕΡΙΜΝΑΣ ΤΕΠΑΚ

Χρύσω Χατζηνικόλα

Λεμεσός 2013

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή εργασία

ΕΡΕΥΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΩΝ
ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΜΕΡΙΜΝΑΣ ΤΕΠΑΚ

Χρύσω Χατζηνικόλα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια
Δρ. Δέσποινα Κυπριανού Σεργίδη

Λεμεσός 2013

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Χρύσω Χατζηνικόλα, [2013]

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας πτυχιακής διατριβής Δρ. Δέσποινα Σεργίδη, για την ευκαιρία που μου παρείχε να ασχοληθώ με το θέμα της εν λόγω εργασίας, όσο και για την επιστημονική καθοδήγησή της όλο αυτό το διάστημα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στη διδακτορική φοιτήτρια Μάρθα Καταφυγιώτου για τις χρήσιμες συμβουλές και όλη τη βοήθεια που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος, θα ήταν παράλειψή μου να αμελούσα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους γονείς και τον αδελφό μου, για την αγάπη και την υπομονή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και για την υποστήριξή τους σε κάθε μου βήμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	ix
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	xiv
1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	1
1.1 Ιστορική αναδρομή	1
1.2 Χρήστες και συμπεριφορά τους στα κτίρια	3
1.2.1 Ενεργειακή Συμπεριφορά.....	3
1.2.2 Θερμική Άνεση.....	4
1.2.3 Φυσικός φωτισμός.....	10
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	14
3 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	18
4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	19
4.1 Βασικές πληροφορίες του υπό μελέτη κτιρίου	19
4.2 Κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης του κτιρίου	20
4.3 Γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου	20
4.4 Χρήση του υπό μελέτη κτιρίου	23
5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	26
6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	28
6.1 Περιγραφή ερωτηματολογίων.....	29
6.2 Ανάλυση Ερωτηματολογίων	29
6.2.1 Ανάλυση ερωτηματολογίων για το Καλοκαίρι	30

6.2.2 Ανάλυση ερωτηματολογίων για το Φθινόπωρο	38
6.2.3 Ανάλυση ερωτηματολογίων για το Χειμώνα	45
6.2.4 Ανάλυση ερωτηματολογίων για την Άνοιξη	51
6.3 Συμπεράσματα ερωτηματολογίων	58
7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ	64
8 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ.....	76
9 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	80
10 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟ	83
11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	90
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	94
1. Ερωτηματολόγιο βασισμένο στο πρότυπο ASHRAE	94
2. Πίνακας μετρήσεων	97

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ρυθμός μεταβολισμού για τυπικές εργασίες	7
Πίνακας 2: Μόνωση λόγω ρουχισμού για τυπικούς συνδυασμούς ενδυμάτων	8
Πίνακας 3: Κλίμακα θερμικής άνεσης.....	9
Πίνακας 4: Ένταση φωτισμού (lux) σε χώρους.....	13
Πίνακας 5: Μέγιστη/Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C) και Βροχόπτωση (mm) στη Λεμεσό ...	20
Πίνακας 6.1: Τα κτιριακά επίπεδα του υπό μελέτη κτιρίου	24
Πίνακας 6.2: Είδος και αριθμός χώρων σε κάθε όροφο του κτιρίου.....	24
Πίνακας 7: Είδος και αριθμός συσκευών/εξοπλισμών σε κάθε όροφο του κτιρίου.....	25
Πίνακας 8.1: Κατανάλωση ρεύματος (KW/h) για θέρμανση/ψύξη.....	80
Πίνακας 8.2: Κατανάλωση ρεύματος (KW/h) για εξοπλισμό.....	81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Δείκτης PPD σε σχέση με τον Δείκτη PMV	9
Εικόνα 2.1: Βορειοδυτική πρόσοψη – κύρια είσοδος του κτιρίου ΥΣΦΜ	21
Εικόνα 2.2: Βόρεια πρόσοψη του κτιρίου ΥΣΦΜ.....	21
Εικόνα 3: Δορυφορική τοποθέτηση του κτιρίου ΥΣΦΜ.....	22
Εικόνα 4: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Καλοκαίρι	30
Εικόνα 5.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση το Καλοκαίρι	31
Εικόνα 5.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV το Καλοκαίρι.....	31
Εικόνα 5.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση το Καλοκαίρι	32
Εικόνα 5.4: Θερμική άνεση το Καλοκαίρι ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	33
Εικόνα 5.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση το Καλοκαίρι ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	33
Εικόνα 6: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό το Καλοκαίρι	34
Εικόνα 7.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Καλοκαίρι	35
Εικόνα 7.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Καλοκαίρι	35
Εικόνα 8.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Καλοκαίρι ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	36
Εικόνα 8.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Καλοκαίρι ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη.....	36
Εικόνα 8.3: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Καλοκαίρι ανάλογα με το χώρο χρήστη	37

Εικόνα 9: Σβήσιμο του φωτισμού το Καλοκαίρι ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη	38
Εικόνα 10: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Φθινόπωρο	38
Εικόνα 11.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση το Φθινόπωρο	39
Εικόνα 11.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV το Φθινόπωρο	39
Εικόνα 11.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση το Φθινόπωρο	40
Εικόνα 11.4: Θερμική άνεση το Φθινόπωρο ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου.....	41
Εικόνα 11.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση το Φθινόπωρο ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	41
Εικόνα 12: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό το Φθινόπωρο	42
Εικόνα 13.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Φθινόπωρο	43
Εικόνα 13.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Φθινόπωρο	43
Εικόνα 14.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Φθινόπωρο ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	43
Εικόνα 14.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Φθινόπωρο ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη.....	44
Εικόνα 15: Σβήσιμο του φωτισμού το Φθινόπωρο ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη	45
Εικόνα 16: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Χειμώνα	45
Εικόνα 17.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση το Χειμώνα	46
Εικόνα 17.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV το Χειμώνα.....	46
Εικόνα 17.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση το Χειμώνα	47
Εικόνα 17.4: Θερμική άνεση το Χειμώνα ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου.....	47

Εικόνα 17.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση το Χειμώνα ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	48
Εικόνα 18: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό το Χειμώνα.....	48
Εικόνα 19.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Χειμώνα	49
Εικόνα 19.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Χειμώνα	49
Εικόνα 20.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Χειμώνα ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	50
Εικόνα 20.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Χειμώνα ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη.....	50
Εικόνα 21: Σβήσιμο του φωτισμού το Χειμώνα ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη	51
Εικόνα 22: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Άνοιξη.....	52
Εικόνα 23.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση την Άνοιξη.....	53
Εικόνα 23.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV την Άνοιξη	53
Εικόνα 23.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση την Άνοιξη.....	53
Εικόνα 23.4: Θερμική άνεση την Άνοιξη ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	54
Εικόνα 23.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση την Άνοιξη ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	54
Εικόνα 24: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό την Άνοιξη.....	55
Εικόνα 25.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό την Άνοιξη.....	56
Εικόνα 25.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό την Άνοιξη	56

Εικόνα 26.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό την Άνοιξη ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου	56
Εικόνα 26.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό την Άνοιξη ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη.....	57
Εικόνα 27: Σβήσιμο του φωτισμού την Άνοιξη ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη	58
Εικόνα 28: Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσανεστημένων σε συνάρτηση με το PMV για όλες τις εποχές του χρόνου. Με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται το Καλοκαίρι, με ροζ το Φθινόπωρο, με κόκκινο ο Χειμώνας και με πράσινο η Άνοιξη.	61
Εικόνα 29.1: Κάτοψη ισογείου και σημεία μετρήσεων.....	65
Εικόνα 29.2: Κάτοψη μεσοπατώματος και σημεία μετρήσεων.....	65
Εικόνα 29.3: Κάτοψη πρώτου ορόφου και σημεία μετρήσεων	66
Εικόνα 29.4: Κάτοψη δεύτερου ορόφου και σημεία μετρήσεων	66
Εικόνα 30.1: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 2 για όλες τις εποχές	67
Εικόνα 30.2: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 3 για όλες τις εποχές	68
Εικόνα 30.3: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 4 για όλες τις εποχές	69
Εικόνα 30.4: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 8 για όλες τις εποχές	70
Εικόνα 31.1: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 17.....	71
Εικόνα 31.2: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 24.....	72
Εικόνα 31.3: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 18.....	73
Εικόνα 31.4: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 25.....	73
Εικόνα 31.5: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 21.....	74
Εικόνα 31.6: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 28.....	75
Εικόνα 32: Σενάρια ενεργειακής κατανάλωσης στο υπό μελέτη κτίριο.....	82

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΥΣΦΜ: Υπηρεσία Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας

ΤΕΠΑΚ: Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers –
Αμερικανική Επιστημονική Εταιρεία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού

PMV: Predicted Mean Vote - Προβλεπόμενη μέση ψήφος

PPD: Predicted Percent of Dissatisfied people - Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων

VRV: Variable Refrigerant Volume - Αυτοτελή Κλιματιστική Μονάδα Διαιρεμένου Τύπου

SPSS: Superior Performance Software System

ΑΕΠ: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΑΗΚ: Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου

Η/Υ: Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές

Η/Μ: Ηλεκτρομηχανολογικός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σύγχρονη εποχή, η ενέργεια αναδεικνύεται σε παράγοντα κλειδί για την ανάπτυξη, την αειφορία αλλά και την σταθερότητα σε ολόκληρο τον πλανήτη. Γενικά, η καθαρή, ασφαλής και επαρκής ενέργεια είναι ότι πιο σημαντικό για το μέλλον μιας χώρας. Η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζει σήμερα μια συνεχώς αυξανόμενη πορεία με αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Η αυξανόμενη δίψα μας για ενέργεια, απειλεί ήδη το μέλλον του πλανήτη, καθώς έρευνες δείχνουν ότι 10% του παγκόσμιου πληθυσμού εκμεταλλεύεται το 90% των ενεργειακών πόρων του (Paksoy, 2007). Ο κτιριακός τομέας παρουσιάζει πολύ μεγάλα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας, και συγκεκριμένα το 40% περίπου των συνολικών αναγκών ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Επίσης, λόγω της υψηλής αυτής κατανάλωσης, τα κτίρια συμμετέχουν στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα (Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, ¶ 1)

Στην Κύπρο τα τελευταία χρόνια, ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας αυξήθηκε σημαντικά. Ο οικιστικός τομέας εμφανίζεται ως ο δεύτερος μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας στην Κύπρο και αυτό οφείλεται στην έντονη οικοδομική δραστηριότητα που σημειώθηκε στο νησί τα τελευταία χρόνια. Οι κατασκευές ανήκουν στους πέντε μεγαλύτερους τομείς υπηρεσιών της κυπριακής οικονομίας, το έτος 2011, με ποσοστό 7,8% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) (Build up skills, 2012). Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών, αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων.

Η κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά το 2009 δείχνει ότι το 54% των κτηρίων δεν έχει καθόλου θερμομόνωση, 43% έχει τοποθετήσει μόνο διπλά γυαλιά, 7% έχουν θερμομόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και 6% έχουν θερμομόνωση στην οροφή. Από τα στοιχεία αυτά εξακριβώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κτιριακού αποθέματος της Κύπρου χαρακτηρίζεται από απουσία βασικής θερμομόνωσης, η οποία θα διασφάλιζε αυξημένη ενεργειακή απόδοση και έτσι πιο χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (Build up skills, 2012 · Statistical Service, 2011-2012)

Για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης στα οικιστικά κτίρια στην Κύπρο χρησιμοποιούνται περισσότερο ηλιακοί θερμοσίφωνες και για γενική θέρμανση των κατοικιών οι κινητές θερμάστρες και οι κεντρικές θερμάνσεις με ποσοστό 39,3 και 29,2% αντίστοιχα. Όσο αφορά τον κλιματισμό οικιστικών κτιρίων, κατά το έτος 2009, το 64%

των κατοικιών την θερινή περίοδο κλιματίζουν επιφάνεια μικρότερη από 51m². Επίσης, οι ηλεκτρικές συσκευές με την περισσότερη χρήση στα οικιστικά κτίρια είναι η τηλεόραση και ο υπολογιστής με 45,9 και 31,1 ώρες χρήσης την εβδομάδα αντίστοιχα. Εκτός αυτών η έρευνα έδειξε ότι η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού για ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμό ανά νοικοκυριό ανέρχεται στις 3.603 KWh (Build up skills, 2012 · Statistical Service, 2011-2012).

Οι εγχώριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) στην Κύπρο, ιδίως η ηλιακή ενέργεια, φαίνεται να είναι ικανές να οδηγήσουν στη μείωση της απεξάρτησης της χώρας μας από εισαγόμενη ενέργεια, να αυξήσουν την ασφάλεια της προμήθειας ενέργειας αλλά και να μειώσουν την ρύπανση του περιβάλλοντος. Αξιοποιώντας τις ΑΠΕ μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, καθώς μπορεί να καταστούν και πιο παραγωγικές σε συνδιασμό τους με συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας.

Η συμπεριφορά των χρηστών είναι ένας κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας για την ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου. Ο χρήστης μπορεί να θεωρηθεί η ‘ψυχή’ του κτηρίου και καθορίζει το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης. Η ενεργειακή συμπεριφορά του χρήστη σε ένα κτίριο έχει ιδιαίτερη σημασία στην εξοικονόμηση ενέργειας, γιατί η μη ορθολογική χρήση του καθώς και των συστημάτων του, μπορεί να μειώσει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Η επίδραση της θερμικής άνεσης και του φυσικού φωτισμού έχουν ιδιαίτερη σπουδαιότητα στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων και είναι απαραίτητες οι σχεδιαστικές τεχνικές καθώς και συστήματα για την συλλογή και μεταφορά τους στο εσωτερικό τους. Παρόλα αυτά, ο άνθρωπος, θέλοντας ή μη, περνάει το μεγαλύτερο διάστημα της μέρας του σε κλειστούς εσωτερικούς χώρους. Η οπτική και θερμική άνεση επηρεάζεται από τον ανθρώπινο παράγοντα, και επομένως οι χρήστες των κτιρίων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις μελέτες της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή κύριος στόχος είναι η έρευνα για το πώς η συμπεριφορά των χρηστών του κτηρίου ‘Υπηρεσία Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας’ του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Συγκεκριμένα, η μελέτη εστιάζει στην αξιολόγηση της συμπεριφοράς των χρηστών στο χώρο του Πανεπιστημιακού αυτού κτηρίου, όσο αφορά την ενεργειακή κατανάλωση και την εσωτερική άνεση.

1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη κατασκευή κτηρίων στη γη χρονολογείται την Παλαιολιθική εποχή (600.000-8.000 π.Χ.) και συγκεκριμένα ήταν προσωρινά καταφύγια για τον άνθρωπο, όπως οι σπηλιές και πρόχειρες καλύβες από φύλλα και κλαδιά, για να προστατεύεται από τις καιρικές συνθήκες και ζώα που τον απειλούσαν. Κατά τη Νεολιθική Εποχή, άρχισαν να σχηματίζονται οι πρώτοι μόνιμοι οικισμοί και στο πέρασμα των χρόνων από αυτούς εξελίχθηκαν οι πρώτες πόλεις μεταβάλλοντας παράλληλα και τις κατοικίες, οι οποίες αντικατόπτριζαν στοιχεία του πολιτισμού καθώς και της κοινωνικής τάξης του ιδιοκτήτη τους. Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα, από την Βιομηχανική Επανάσταση, επέρχεται μεγάλη αλλαγή στον τομέα των κατοικιών, προσφέροντας ανέσεις και πολυτέλειες στα μεγάλα αστικά σπίτια. Εν τέλει, τον 20^ο αιώνα, άρχισε η ανάπτυξη μεγαλουπόλεων, αυξάνοντας την ανάγκη για στέγη, η οποία επιχειρήθηκε να καλυφθεί μέσω αξιοποίησης της τεχνολογικής προόδου στην παραγωγή νέων υλικών δόμησης για την ανέγερση πολυκατοικιών και κατοικιών, προσφέροντας ανέσεις με μηχανικά μέσα αλλά χωρίς ιδιαίτερη σημασία στην αρμονική συνύπαρξη με τον περιβάλλοντα χώρο.

Κύριο χαρακτηριστικό των περισσότερων κτιρίων και κατοικιών, ως αποτέλεσμα του σχεδιασμού τους χωρίς περιβαλλοντική θεώρηση, αποτελεί η υψηλή κατανάλωση ενέργειας προκειμένου να εξασφαλιστούν συνθήκες άνεσης στους εσωτερικούς χώρους. Ξεχασμένοι από τις φυσικές δυνατότητες αξιοποίησης των στοιχείων της φύσης από την μεγαλύτερη κατοικία όλων μας, την γη, προσπαθούμε να προσφέρουμε άνεση στα κτήρια με πολυέξοδα και ενεργοβόρα σχέδια, αντί για φυσικές λύσεις.

Το ιδανικό ηλιακό σπίτι του Σωκράτη, όπως περιγράφεται στο έργο «Απομνημονεύματα» του Ξενοφώντος, καθώς και το έργο του Ιπποκράτη «Περί αέρων, υδάτων και τόπων» έθεσαν τις βάσεις της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής (Κοντορούπης, 2002). Αντλώντας παραδείγματα σχεδιασμού με σεβασμό στο περιβάλλον, από παραδοσιακά κτήρια, προσφέρεται ταυτόχρονα θέρμανση και φυσικός δροσισμός στο εσωτερικό τους. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική έχει ως στόχο την προστασία από τις δύσκολες, αντίξοες κλιματικές συνθήκες και την επίτευξη άνετου μικροκλίματος. Επίσης, στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική περιλαμβάνεται ο μηχανισμός εσωτερικής θερμικής άνεσης του κτιρίου (Serghides, 2010).

Στην Κυπριακή παραδοσιακή αρχιτεκτονική, το καταφύγιο των Κυπρίων είναι ένα ενιαίο, μακρύ και ορθογώνιο κτήριο, το αποκαλούμενο ‘μακρινάρι’, το οποίο διαιρείται σε δύο χώρους (δίχωρο). Οι ηλιακοί χώροι, τα λεγόμενα ‘Λιακωτά’, και οι εσωτερικές αυλές αποτελούν θεμελιώδη βιοκλιματικά συστατικά της παραδοσιακής κατοικίας. Τα δύο αυτά βασικά δομικά στοιχεία, έχουν ως ρόλο την τροποποίηση του εσωτερικού κλίματος της παραδοσιακής κατοικίας, με το σωστό σχεδιασμό τους και την αξιοποίηση των φυσικών πόρων ενέργειας, το χειμώνα αλλά και το καλοκαίρι. Για την καλύτερη εσωτερική θερμική άνεση, οι κυπριακές παραδοσιακές κατοικίες διαθέτουν ποικίλα σχέδια παραθύρων και σκιάστρων, όπως παραθυρόφυλλα, πέργκολες κ.α. τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν έως και σήμερα στη σύγχρονη βιοκλιματική αρχιτεκτονική (Serghides, 2010α).

Παρόλα αυτά, οι ίδιοι οι χρήστες αποτελούν την ισχυρότερη δύναμη όσον αφορά την επιτυχία στην επίλυση όλων των προβλημάτων της παραδοσιακής κατοικίας τους. Η πλήρης αυτοδυναμία τους, τους καθιστά πάντοτε προετοιμασμένους και πρόθυμους να διεκπεραιώνουν οποιαδήποτε δραστηριότητα τους, με τέτοιο τρόπο ώστε, όλοι οι χώροι να χρησιμοποιούνται ανάλογα, χωρίς να διατηρούνται ίσα επίπεδα άνεσης για τον καθένα. Το σημαντικότερο δηλαδή, είναι ότι η χρήση του κάθε χώρου εστιάζεται σε αυτό που ανάλογα με την συγκεκριμένη περίοδο χρήσης είναι πιο άνετο για αυτούς. Οι ίδιοι οι χρήστες παρακολουθούν την χρήση του κτιρίου, αλλάζοντας έτσι τα θερμικά χαρακτηριστικά του ανάλογα με την ώρα και την εποχή. Με αυτό τον τρόπο, προστατεύουν το εσωτερικό του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία του καλοκαιριού και διατηρείται η δροσιά ή η ζεστασιά του, ανάλογα (Serghides, 2010β).

Τα τελευταία τριάντα χρόνια ο άνθρωπος επιδιώκει να σχηματίσει μια αρμονική σχέση με το περιβάλλον μέσω της "αειφόρου ανάπτυξης", και ήδη από τη δεκαετία του '70 με τις πετρελαϊκές κρίσεις άρχισε να γίνεται μεγάλη η εξάρτησή μας από τις συμβατικές μορφές καυσίμων π.χ. πετρέλαιο, καθώς και η ανάγκη για εκμετάλλευση εναλλακτικών πηγών ενέργειας για τις ανάγκες του ανθρώπου. Στη διάθεση μας έχουμε και την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται περισσότερο σε κτίρια που προορίζονται για εμπορική/δημόσια χρήση ή στέγαση. Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την κατάλληλη ενεργειακή συμπεριφορά των χρηστών, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση των τελικών ποσοτήτων ενεργειακής κατανάλωσης.

1.2 Χρήστες και συμπεριφορά τους στα κτίρια

1.2.1 Ενεργειακή Συμπεριφορά

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει οδηγήσει τους ανθρώπους να περνάνε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους σε διάφορα τεχνητά περιβάλλοντα όπως κατοικίες, γραφεία κτλ. Ο τρόπος που συμπεριφέρεται ο χρήστης, κάτοικος ή εργαζόμενος σε ένα κτίριο είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Ο ανθρώπινος παράγοντας συμβάλλει σημαντικά στην αλλαγή κάποιων χαρακτηριστικών των κτιρίων, μόνο με κάποιες απλές πράξεις όπως, το άνοιγμα ή κλείσιμο των θυρών, παραθύρων και παραθυρόφυλλων (Serghides, 1993). Σημαντικός παράγοντας για εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο, είναι η ‘οικολογική’, ‘κοινωνική’ και ‘οικονομική’ συμπεριφορά του χρήστη. Ένας συνειδητά ευαισθητοποιημένος χρήστης προσπαθεί να συμμετέχει στις προσπάθειες μείωσης κατανάλωσης ενέργειας. Για παράδειγμα, το καλοκαίρι το κτίριο πρέπει να αερίζεται νωρίς το πρωί και αργά τη νύχτα, ούτως ώστε να μην χρειάζεται ο κλιματισμός καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αντίστοιχα ο αερισμός το χειμώνα να γίνεται τις μεσημβρινές ώρες. Επίσης, πολλοί χρήστες χαρακτηρίζονται από το πνεύμα της σπατάλης με κλιματισμό του χώρου, είτε με ανοιχτά τα παράθυρα είτε ακόμη και αν αισθάνονται θερμικά άνετα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υπερκατανάλωση ενέργειας, εκθέτοντας τους χρήστες σε ‘θερμοκρασιακό πλήγμα’ κατά την είσοδο και έξοδό τους από τους χώρους. Επιπλέον, οι περισσότεροι χρήστες δεν χρησιμοποιούν σωστά τα προστατευτικά πετάσματα η παραθυρόφυλλα των ανοιγμάτων, αφού αυτά μπορούν να ρυθμίσουν το πέρασμα ηλιασμού καθώς και τον άνεμο στους χώρους.

Σύμφωνα με τον καθημερινό τρόπο ζωής και δράσης του χρήστη σε ένα κτίριο καθορίζεται το προφίλ ενεργειακής κατανάλωσής του. Εάν ο χρήστης δεν χρησιμοποιεί σωστά το κτήριο ως προς την ενεργειακή κατανάλωση, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου αυξάνεται σημαντικά. Ο απλός χρήστης έχει συνήθως πολύ περιορισμένη αντίληψη για προβλήματα που σχετίζονται με την ενέργεια, με αποτέλεσμα να αντιλαμβάνεται τα προβλήματα αυτά μόνο μετά την εμφάνισή τους. Επομένως, είναι φανερό ότι ένα σημαντικό ποσοστό ενέργειας των κτιρίων μπορεί να εξοικονομηθεί από την ορθολογικότερη ενεργειακή συμπεριφορά των χρηστών του, καθώς ο ρόλος τους είναι καθοριστικός για τα κτίρια.

1.2.2 Θερμική Άνεση

Η ύπαρξη των κτιρίων, είτε αυτά εξυπηρετούν ως χώροι διαβίωσης ή ως χώροι εργασίας, έχει ως στόχο να υποβοηθήσει την ανθρώπινη δραστηριότητα, καθώς και να παρέχει προστασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, συχνά στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων εμφανίζονται προβλήματα όσον αφορά τις συνθήκες άνεσης που επικρατούν, με αποτέλεσμα να έχουν άμεσο αντίκτυπο τόσο στην άνετη διαβίωση όσο και στην υγεία του σύγχρονου ανθρώπου αλλά και την παραγωγικότητά του. Ο χρόνος που διαθέτει άλλωστε, ένας μέσος σύγχρονος άνθρωπος μέσα σε κτίρια, υπερβαίνει το 70% του χρόνου μιας ημέρας. Φυσικά, η θερμική άνεση εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα, γιατί η χρήση του κτιρίου από τους χρήστες του μπορεί να οδηγήσει είτε σε βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος, είτε σε υποβάθμισή του.

Σύμφωνα με το πρότυπο της Αμερικανικής Επιστημονικής Εταιρείας Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning), "ως θερμική άνεση ορίζεται αυτή η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες" (ASHRAE Standard 55, 1981). Από τον ορισμό είναι ευνόητο πως η θερμική άνεση εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, περιβαλλοντικούς και ψυχολογικούς. Οι Γαλανός και Κοσμόπουλος (2008, όπ. αναφ. οι Gagge, 1937 · Hardy et al., 1971 · Hensel, 1973, 1981 · Berglund, 1995) υποστηρίζουν ότι η άνεση ακολουθείται από διεργασίες του σώματος, δηλαδή όταν οι θερμοκρασίες του σώματος βρίσκονται μέσα σε ένα μικρό εύρος, σε συνδυασμό με τη χαμηλή υγρασία του δέρματος και το ελάχιστο δυνατό έργο που παράγεται από τις φυσιολογικές ρυθμιστικές διεργασίες του οργανισμού. Η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Για να υπάρχει η αίσθηση της άνεσης θα πρέπει το σώμα να είναι ικανό να αναπτύξει μια ισορροπία μεταξύ της παραγωγής ενέργειας και θερμικού κέρδους και της απώλειας θερμότητας (Μιχόπουλος, 2012). Είναι δυνατόν, ένας σημαντικός αριθμός ατόμων να ζει στις ίδιες κλιματικές συνθήκες και να μην αισθάνονται όλοι ταυτόχρονα άνετα από τις συνθήκες του περιβάλλοντα χώρου. Τα ίδια τα άτομα δεν νιώθουν την ίδια θερμική άνεση · τη μια μέρα μπορεί να νιώθουν ικανοποιητικά και την άλλη μη. (Serghides, 1993). Η θερμική άνεση πέραν από τα βιολογικά, ψυχολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά των ενοίκων, επηρεάζεται και από κάποιες άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Οι παράγοντες που σχετίζονται με το περιβάλλον είναι:

- Θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}\text{C}$]
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [$^{\circ}\text{C}$]
- Σχετική υγρασία του αέρα [Pa]
- Σχετική ταχύτητα του εσωτερικού αέρα [m/s]

Οι παράγοντες που σχετίζονται με τον άνθρωπο είναι:

- Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου [met] ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$)
- Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου [clo] ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$)

(Fuller Moore, 1993).

Η **θερμοκρασία του αέρα** ορίζεται ως αυτή που περιβάλλει τον άνθρωπο, μετρούμενη σε $^{\circ}\text{C}$ χρησιμοποιώντας ένα τυπικό θερμόμετρο. Σε σταθερές συνθήκες πίεσης και ταχύτητας αέρα, η θερμοκρασία αέρα επηρεάζει την θερμοκρασία του δέρματος και τον ρυθμό εφίδρωσης, με αποτέλεσμα την αίσθηση ζέστης με την υπέρβαση του ορίου άνεσης. Έτσι, με την αύξηση της θερμοκρασίας, επηρεάζεται η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος και ο καρδιακός ρυθμός. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι κάτω από το όριο άνεσης, μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος και αυξάνεται ο μυϊκός τόνος.

Η **μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας** ορίζεται η θερμοκρασία της επιφάνειας ενός φανταστικού μαύρου κελύφους, μέσα στο οποίο θα προκαλούταν η ίδια ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ενός χρήστη και του ανομοιομορφου χώρου που βρίσκεται. Η μονάδα μέτρησής της είναι $^{\circ}\text{C}$, και μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας θερμόμετρο σφαίρας ή και με απλή εκτίμηση της θερμοκρασίας γύρω επιφανειών. Γενικά η θερμική αίσθηση, επηρεάζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

Η **σχετική υγρασία** ορίζεται ο λόγος της μερικής πίεσης υδρατμών στον αέρα προς την πίεση κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς στην ίδια θερμοκρασία και ολική πίεση. Μετράται σε ποσοστό τοις εκατό (%) χρησιμοποιώντας αισθητήρα υγρασίας. Σε θερμοκρασία αέρα $20\text{-}25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $80\text{-}85 \%$ η άνεση του χρήστη είναι πολύ λιγότερη, από ότι μια τιμή σχετικής υγρασίας 50% στην ίδια διακύμανση θερμοκρασίας.

Η **ταχύτητα αέρα** ορίζεται η κίνηση του αέρα σε οποιοδήποτε σημείο χρησιμοποιώντας ανεμόμετρο για την μέτρησή της σε m/s. Η ταχύτητα του αέρα ρυθμίζει την μεταφορά θερμότητας από το σώμα στο περιβάλλον και αντίστροφα, επηρεάζοντας την απόδοση δροσισμού λόγω εφίδρωσης. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι πιο χαμηλή από τη θερμοκρασία του σώματος, με συνδυασμό την αύξηση της ταχύτητας του αέρα, επιτυγχάνεται αίσθηση ψύχους. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι ψηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προκαλεί αίσθηση ζέστης στο σώμα και ταυτόχρονα δροσισμό (Gaglia κ. συν. 2007).

Ο **ρυθμός μεταβολισμού**, εξαρτάται από το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου, και ορίζεται ο ρυθμός της μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο, μέσω των μεταβολικών διεργασιών του οργανισμού, εκφραζόμενο ανά μονάδα επιφάνειας σώματος, W/m^2 ή met. Ο μεταβολισμός ενός μέσου ενήλικα εν ώρα ανάπαυσης ισούται με $58 W/m^2 = 1 met$. Ο μεταβολικός ρυθμός παραγωγής ενέργειας ή θερμότητας αυξάνεται με την ένταση δραστηριότητας και εξαρτάται και από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εκτελείται η δραστηριότητα, όπως διαφαίνεται στον Πίνακα 1. Με την αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού, οι δραστηριοποιημένοι μυς χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας για τη μεταφορά από το σώμα στο περιβάλλον.

Ο **ρουχισμός** είναι η τιμή της μόνωσης του ενδύματος εκφραζόμενη σε θερμική αντίσταση m^2C/W ή μονάδες clo. Η μόνωση ενός clo αντιστοιχεί σε θερμική αντίσταση $0.155 m^2C/W$. Το 1 clo ορίζεται σαν η μόνωση που παρέχει η ένδυση ενός μέσου άνδρα, ο οποίος βρίσκεται σε ανάπαυση καθιστός, σε ένα φυσικά αεριζόμενο χώρο, με θερμοκρασία $20\text{ }^{\circ}C$ και σχετική υγρασία μικρότερη από 50%. Η επιλογή της θερμικής αντίστασης των ρούχων εξαρτάται από τη θερμοκρασιακή διαφορά με το περιβάλλον. Το χειμώνα χρησιμοποιούνται ρούχα με μεγάλη θερμομονωτική δράση, ενώ μικρή το καλοκαίρι. Η συνολική μόνωση λόγω ρουχισμού εκτιμάται με βάση τον Πίνακα 2, για διάφορους γνωστούς συνδυασμούς ένδυσης.

Πίνακας 1: Ρυθμός μεταβολισμού για τυπικές εργασίες

Εργασία	met	W/m²
Ανάπαυση		
Ύπνος	0,7	40
Ανάκλιση	0,8	45
Καθιστός, ήσυχα	1,0	60
Όρθιος, χαλαρός	1,2	70
Περπάτημα (σε επίπεδη επιφάνεια)		
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	2,0	115
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	2,6	150
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	3,8	220
Εργασίες γραφείου		
Καθιστός, διάβασμα ή γράψιμο	1,0	60
Πληκτρολόγηση	1,1	65
Ταξινόμηση, καθιστός	1,2	70
Ταξινόμηση, όρθιος	1,4	80
Ελαφρό περπάτημα	1,7	100
Ανύψωση βαρών/Πακετάρισμα	2,1	120
Οδήγηση/Πτήση		
Αυτοκίνητο	1,0 με 2,0	60 με 115
Αεροσκάφος, πτήση ρουτίνας	1,2	70
Αεροσκάφος, προσγείωση με όργανα	1,8	105
Αεροσκάφος, μαχητική πτήση	2,4	140
Όχημα βαρέως τύπου	3,2	185
Διάφορες εργασίες		
Μαγείρεμα	1,6 με 2,0	95 με 115
Καθάρισμα χώρων	2,0 με 3,4	115 με 200
Καθιστός, έντονη κίνηση άκρων	2,2	130
Εργασία με μηχανές		
πριόνισμα (σε κορδέλα)	1,8	105
ελαφριά (ηλεκτρολογικά)	2,0 με 2,4	115 με 140
βαριά	4,0	235
Κλάδεμα και φτυάρισμα	4,0 με 4,8	235 με 280
Διάφορες ασχολίες		
Χορός	2,4 με 4,4	140 με 255
Ρυθμική γυμναστική	3,0 με 4,0	175 με 235
Αντισφαίριση, μονό	3,6 με 4,0	210 με 270
Καλαθοσφαίριση	5,0 με 7,6	290 με 440
Πάλη, ανταγωνιστικά	7,0 με 8,7	410 με 505

Πηγή: ASHRAE 2004

Πίνακας 2: Μόνωση λόγω ρουχισμού για τυπικούς συνδυασμούς ενδυμάτων

Περιγραφή ρουχισμού	Περιλαμβανόμενα ενδύματα	I _{cl} (clo)	f _{cl} (clo)
Παντελόνια	1) Παντελόνι κοντομάνικο πουκάμισο	0,57	1,15
	2) Παντελόνι μακρυμάνικο πουκάμισο	0,61	1,20
	3) #2 με σακάκι	0,96	1,23
	4) #2 με σακάκι, γιλέκο, T-shirt	1,14	1,32
	5) #2 με μακρυμάνικο μάλλινο, T-shirt	1,01	1,28
	6) #5 με σακάκι	1,30	1,33
Φούστες/Φορέματα	7) Φούστα μέχρι το γόνατο, κοντομάνικο πουκάμισο	0,54	1,26
	8) Φούστα μέχρι το γόνατο, μακρυμάνικο πουκάμισο	0,67	1,29
	9) Φούστα μέχρι το γόνατο, μακρυμάνικο πουκάμισο, μακρυμάνικο μάλλινο	1,10	1,46
	10) Φούστα μέχρι το γόνατο, μακρυμάνικο πουκάμισο, σακάκι	1,04	1,30
	11) Φούστα μέχρι τον αστράγαλο, μακρυμάνικο πουκάμισο, σακάκι	1,10	1,46
Σορτς	12) Σορτς, κοντομάνικο πουκάμισο	0,36	1,10
Πανωφόρια	13) Μακρυμάνικο πανωφόρι, T-shirt	0,72	1,23
	14) Πανωφόρι, μακρυμάνικο πουκάμισο, T-shirt	0,89	1,27
	15) Ενισχυμένο πανωφόρι	1,37	1,26
Αθλητικά	16) Φόρμα γυμναστικής, μακρυμάνικο γυμναστικής	0,74	1,19
Πυτζάμες	17) Μακρυμάνικη μπλούζα, μακρύ παντελόνι, κοντή ρόμπα μήκους $\frac{3}{4}$ (εσώρουχα, όχι κάλτσες)	0,96	1,32

Πηγή: ASHRAE 2004

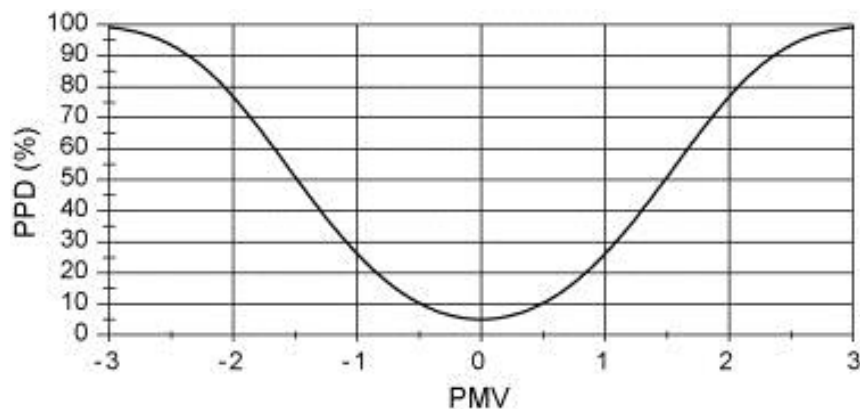
Επομένως η θερμική άνεση είναι μία παράμετρος η οποία εξαρτάται και επηρεάζεται από πολλές συνθήκες και για το κάθε άτομο αντιμετωπίζεται διαφορετικά. Ένας από τους τρόπους υπολογισμού της θερμικής άνεσης βασίζεται στη θεωρία PMV (predicted mean

vote) και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων PPD (predicted percent of dissatisfied people). Οι παράμετροι PMV και PPD εμφανίστηκαν και ορίστηκαν από τον P.O. Fanger στη δεκαετία του '70, χαρακτηρίζοντας τις θερμικές συνθήκες ενός χώρου. Οι δύο αυτοί δείκτες, σύμφωνα με τον Fanger, είναι σύνθετες μαθηματικές σχέσεις που λαμβάνουν υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων και εξάγουν εύκολα συμπεράσματα για την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος που επικρατεί σε ένα χώρο. Ο δείκτης PMV είναι μια κλίμακα 7 σημείων και αποτελεί τη μέση τιμή εκτίμησης της θερμικής άνεσης των ατόμων που βρίσκονται σε χώρο ίδιων κλιματικών συνθηκών. Η μηδενική τιμή είναι αυτή στην οποία το άτομο αισθάνεται άνετα με τις θερμικές συνθήκες. Θετικές τιμές δείχνουν υψηλότερη θερμοκρασία από την ιδανική, ενώ αρνητικές τιμές χαμηλότερες. Ο δείκτης PPD, ο οποίος συνδέεται άμεσα με τον δείκτη PMV, εκφράζει το ποσοστό των ατόμων που βρίσκονται σε ένα χώρο και είναι θερμικά δυσαρεστημένοι, σε σχέση με το σύνολο των ατόμων στο συγκεκριμένο χώρο. Η κλίμακα θερμικής άνεσης φαίνεται στον Πίνακα 3 και η γραφική σχέση PMV και PPD στην Εικόνα 1. Συνθήκες άνεσης υφίστανται όταν οι τιμές PMV κυμαίνονται από -1 έως +1. Η βέλτιστη τιμή του PMV είναι 0, όταν περίπου το 5% των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο δεν αισθάνονται άνετα. Το ανώτερο και κατώτερο όριο του PMV είναι +3, το οποίο υποδεικνύει πολύ ζεστή αίσθηση και -3, υποδεικνύοντας κρύο, αντίστοιχα. Σε αυτά τα όρια το 95% των ατόμων στον χώρο νιώθουν θερμική δυσφορία (ASHRAE Standard 55, 1981 · Gaglía κ. συν. 2007).

Πίνακας 3: Κλίμακα θερμικής άνεσης

ΑΙΣΘΗΣΗ	PMV
Πολύ ζεστά	+3
Ζεστά	+2
Λίγο ζεστά	+1
Ουδέτερα	0
Λίγο δροσερά	-1
Δροσερά	-2
Κρύο	-3

Πηγή: ASHRAE 2004



Εικόνα 1: Δείκτης PPD σε σχέση με τον Δείκτη PMV

1.2.3 Φυσικός φωτισμός

Ο σχεδιασμός κτιρίων με γνώμονα το φυσικό φωτισμό έχει άμεση σχέση με την οπτική άνεση, την κατανάλωση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Ο φυσικός φωτισμός, έναντι του τεχνητού, μειώνει την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς και συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του περιορισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών κατά τη θερινή περίοδο. Τα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό των κτιρίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη θέση, το σχήμα του κτιρίου, τη γεωμετρία των εσωτερικών χώρων, το ποσοστό των διαφανών στοιχείων του κτιρίου, τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων. Ένας χρήσιμος κανόνας ως προς την επίτευξη βέλτιστου φωτισμού είναι η χρήση φωτιστικών ανοιγμάτων που βρίσκονται όσο το δυνατόν ψηλότερα (Lechner, 2001).

Ο φυσικός φωτισμός συνεισφέρει στην:

- Υποκατάσταση του συστήματος ηλεκτροφωτισμού όταν τα επίπεδα φυσικού φωτισμού είναι επαρκή.
- Μείωση του ψυκτικού φορτίου.
- Μείωση των φορτίων αιχμής.

Σε διάφορες χώρες οι κανονισμοί συνιστούν προτεινόμενα επίπεδα φωτισμού (lux) ανάλογα με τη δραστηριότητα. Οι πιο πολλές μελέτες για την ένταση του φωτισμού έχουν γίνει για χώρους απασχόλησης και εκεί απαιτείται η σωστή ρύθμιση του φωτός από τους χρήστες στο χώρο. Παρόλα αυτά, είναι υποκειμενική η ένταση φωτισμού που επιθυμεί κάθε άτομο, αλλά σίγουρα η πλειοψηφία επιθυμεί περισσότερο παρά λιγότερο φωτισμό. Σε περίπτωση που ο χρήστης, ανάλογα με την διάθεση και απασχόλησή του, θέτει σε λειτουργία τον τεχνητό φωτισμό, είναι φυσικό επακόλουθο να μην είναι ικανοποιημένος από την ένταση φυσικού φωτισμού, θεωρώντας την αρκετά πιο χαμηλή από αυτήν του τεχνητού φωτισμού. Αυτή είναι και η κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού σε ένα χώρο, αν δεν εξασφαλίζεται από τον φυσικό φωτισμό. Για παράδειγμα, σε ένα όροφο γραφείων η κρίσιμη ένταση φωτισμού θα είναι διαφορετική για τον χρήστη που εργάζεται δίπλα στο παράθυρο από αυτού που βρίσκεται λίγα μέτρα πιο μέσα στον όροφο. Εκτός από την ποσότητα όμως του φωτισμού, εξίσου σημαντικό ρόλο παίζει και η ποιότητα του. Μολονότι το φως δίνει ζωή σε ένα χώρο, η ποιότητά του είναι πολύ πιο σημαντική από

την ποσότητα. Η ποιότητα του φωτισμού επιδρά άμεσα στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε, κινούμαστε, αισθανόμαστε και γενικότερα του τρόπου που ζούμε και εργαζόμαστε. Το άμεσο ηλιακό φως μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση ενός χώρου και αλλοίωση των υλικών, το φως της μέρας όμως προέρχεται από διάχυση και είναι λιγότερο δραστικό. Πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία στα διαφορετικά είδη φωτισμού μέσα στα κτίρια (Μπουρίκας & Κοσμόπουλος, 2008).

Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας, καθώς και την αιχμή της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα εμπορικά κτίρια. Επειδή το 30-50% της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα εμπορικά κτίρια ξοδεύεται στο φωτισμό του εσωτερικού του κτιρίου, οτιδήποτε μπορεί να μειώσει την ανάγκη για ηλεκτρικό φως θα ελαττώσει σημαντικά τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου. Με ορθή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, το ηλεκτρικό φως μπορεί να εξαλειφθεί και έτσι με αυτό τον τρόπο, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας για χρησιμοποίησή της ως φωτιστικής, ψυκτικής και ηλεκτρικής. Επομένως, όταν υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ο τεχνητός φωτισμός. Στην περίπτωση που ο φυσικός φωτισμός είναι ανεπαρκής είτε εξαιτίας του καιρού είτε της ώρας της ημέρας, χρειάζεται ο τεχνητός φωτισμός. Το κλειδί του σχεδιασμού ενός συστήματος συνεργασίας φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι η στρατηγική του ελέγχου του τεχνητού φωτισμού (Μπουρίκας & Κοσμόπουλος, 2008 · Διαμάντης, 2003). Επιπλέον, να σημειωθεί ότι ο τεχνητός φωτισμός σε χώρους με γραφεία και αίθουσες διδασκαλίας είναι πολύ ενεργοβόρος καταναλωτής και για αυτό το λόγο πρέπει να μεγιστοποιείται η χρήση του φυσικού φωτισμού.

Ο φυσικός φωτισμός προσθέτει επίσης, θερμότητα στο κτίριο. Τα ανοίγματα φυσικού φωτισμού μπορούν να βελτιώσουν την επίδοση των ψυκτικών συστημάτων του κτιρίου. Αυτό συμβαίνει γιατί ο φυσικός φωτισμός είναι περισσότερο αποδοτικός στην προσφορά φωτισμού από ότι είναι οι περισσότερες ηλεκτρικές πηγές και έτσι λιγότερη θερμότητα παράγεται για το ίδιο ποσό φωτισμού. Επομένως, ο φυσικός φωτισμός στο εσωτερικό των κτιρίων, εκτός από το ότι μπορεί να μειώσει την χρησιμοποίηση του ηλεκτρικού φωτισμού, μπορεί να ελαττώσει και την χρησιμοποίηση της ψυκτικής ενέργειας. Εκτός αυτού, πολλά εμπορικά κτίρια παράγουν τεράστια ποσά θερμότητας από τον μηχανολογικό εξοπλισμό μέσα στα κτίρια, όπως οι γραφομηχανές, οι υπολογιστές και άλλα τέτοιου είδους μηχανήματα. Τα

ανοίγματα φυσικού φωτισμού παρέχουν τη δυνατότητα σε αυτή τη θερμότητα να φύγει.

Μερικοί άνθρωποι πιστεύουν ότι ο πιο σημαντικός λόγος του φυσικού φωτισμού είναι η ψυχολογική και φυσιολογική επίδραση που φαίνεται να έχει πάνω στον άνθρωπο (Daryanani, 1983). Πολλές φορές λέχθηκε ότι το φυσικό φως συνδέεται με την ευεξία και την αποδοτικότητα, ενώ έχει αποδειχθεί ότι η ελεγχόμενη έκθεση στον ήλιο επιδρά ευεργετικά στη ψυχολογία του ανθρώπου (Αραβατινός, 2011). Ένας αριθμός μελετητών πιστεύουν ότι τα ανθρώπινα όντα έχουν μια βασική ανάγκη για παράθυρα στα κτίρια. Αυτό είναι ένα μέσο διαμέσου του οποίου μπορούν να διατηρήσουν την επαφή τους με το ζωντανό περιβάλλον (Morgan, 1967 · Hollister, 1968 · Hopkinson, 1967). Φυσικά, αυτό δεν είναι το μοναδικό πλεονέκτημα των ανοιγμάτων του φυσικού φωτισμού, αφού σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζει στην ψυχολογική επίδραση του ανθρώπου. Σε πολλά κτίρια οι χρήστες επιθυμούν διακαώς να έχουν φυσικό φως στα κτίρια. Ο φυσικός φωτισμός παρέχει μια αίσθηση καλής διάθεσης και ζωνρότητας που μπορεί να έχει θετική επίδραση στους χρήστες του κτιρίου (Longmore & Ne' eman, 1973).

Παρόλα αυτά, ο φυσικός φωτισμός εάν δεν διαχειρίζεται σωστά στο εσωτερικό των κτιρίων μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο της θάμβωσης. Θάμβωση είναι η οπτική ενόχληση, δηλαδή η μείωση της ικανότητας όρασης που μπορεί να συμβεί όταν η φωτεινότητα στο χώρο δεν κατανέμεται κατάλληλα ή και λόγω υπερβολικών αντιθέσεων φωτεινότητας (Μπουρίκας & Κοσμόπουλος, 2008). Η θάμβωση διακρίνεται σε αυτήν της ανικανότητας και της δυσφορίας. Η θάμβωση ανικανότητας (Disability glare, φυσιολογική θάμβωση), είναι αυτή που προκαλεί μείωση της διακριτικής ικανότητας και της ικανότητας εργασίας. Η δημιουργία της εξαρτάται από την διεύθυνση στην οποία βρίσκεται ο χρήστης. Η θάμβωση δυσφορίας (Discomfort glare, ψυχολογική θάμβωση), ονομάζεται αυτό το είδος θάμβωσης που χωρίς να παρατηρηθεί ελάττωση της διακριτικής ικανότητας και της ικανότητας εργασίας, προκαλείται δυσφορία. Μπορεί και να μην ανιχνευθεί άμεσα στο περιβάλλον εργασίας, όμως τα συμπτώματα δυσφορίας όπως αδιαθεσίες και πονοκέφαλοι, παρατηρούνται έμμεσα (Τσαγκρασούλης, 2008). Για μείωση των πιθανοτήτων φαινομένου θάμβωσης, πολύ αποτελεσματική είναι η χρήση των ανοιγμάτων οροφής επειδή επιτρέπουν ομοιόμορφη διανομή του φυσικού φωτός σε ένα χώρο (Lechner, 2001).

Στον πίνακα 4 αναγράφονται αναλυτικά οι απαιτήσεις εσωτερικού φωτισμού σε χώρους, όπως περιγράφονται στον οδηγό BS EN 12464-1:2002

Πίνακας 4: Ένταση φωτισμού (lux) σε χώρους

Χώρος	Ένταση φωτισμού (lux)
Αίθουσες διδασκαλίας	300
Αίθουσες Η/Υ	300
Αίθουσες για διάβασμα	300
Χώροι υποδοχής	300
Αίθουσες συνεδριάσεων	500
Γραφεία	500
Κουζίνες	150-300
Τουαλέτες	100

Πηγή: Οδηγός BS EN 12464-1:2002

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η αναποτελεσματική χρήση της ενέργειας στα κτίρια, όσο πιο ακριβή γίνεται άλλο τόσο μη βιώσιμη είναι. Ενέργεια καταναλώνεται με πολλούς τρόπους στα κτίρια, και η μέγιστη κατανάλωση εξαρτάται από τον τύπο του κτιρίου, τις λεπτομέρειες κατασκευής και υπηρεσίας κτιρίων, καθώς και το κλίμα στο οποίο βρίσκεται το κτίριο (Douglas, 2012). Αυτό απέδειξαν και οι Azar & Menassa (2012), με τη βοήθεια προγράμματος προσομοίωσης · ότι, μεγάλη επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας έχουν το μέγεθος του κτιρίου και οι καιρικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται. Στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκαν 30 κτίρια στις ΗΠΑ, τα οποία στεγάζουν γραφεία. Προσομοιώθηκαν σε 30 μοντέλα ενέργειας eQuest (QUick Energy Simulation Tool - γρήγορο εργαλείο προσομοίωσης ενέργειας) και σε κάθε μοντέλο διεξήχθη ανάλυση ευαισθησίας όσο αφορά τη συμπεριφορά των χρηστών σχετικά με τη χρήση της ενέργειας. Για κάθε κτίριο συγκεντρώθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες όσο αφορά τα χαρακτηριστικά τους και ακολούθως αναπτύχθηκαν τα αντίστοιχα μοντέλα ενέργειας. Στόχος της μελέτης ήταν η αξιολόγηση της συμπεριφοράς και της δράσης των χρηστών και πώς επηρεάζουν την χρήση ενέργειας στα κτίρια. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των μοντέλων στα υφιστάμενα 30 κτίρια κατέδειξαν ότι η συμπεριφορά των χρηστών ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος του κτιρίου και τις καιρικές συνθήκες. Συνεπώς, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ενός κτιρίου αρχίζει από τη βελτίωση του σχεδιασμού των κτιρίων.

Στη δημοσίευση των Zhun, Benjamin, Fariborz, Hiroshi, & Edward (2011), παρουσιάζεται μια νέα μεθοδολογία για την εξέταση των επιπτώσεων της συμπεριφοράς των χρηστών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Η μέθοδος βασίζεται σε μια τεχνική εξόρυξης δεδομένων, η ανάλυση συστάδων, μια διαδικασία ομαδοποίησης των παρατηρήσεων σε συστάδες έτσι ώστε οι παρατηρήσεις στην ίδια συστάδα να έχουν υψηλή ομοιότητα, ενώ οι παρατηρήσεις σε διαφορετικές συστάδες να έχουν χαμηλή ομοιότητα. Για κάθε κτίριο πραγματοποιήθηκε ενεργειακός έλεγχος με όργανα παρακολούθησης και η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου σε σχέση με τη συμπεριφορά των χρηστών εξετάστηκε σε επίπεδο τελικής χρήσης. Αναλύθηκαν οι διακυμάνσεις τελικής χρήσης στην πάροδο του χρόνου και τα κτίρια που επάγονται από τη συμπεριφορά των χρηστών. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου, σε 80 κατοικίες που βρίσκονται σε έξι διαφορετικές περιοχές της Ιαπωνίας, κατέδειξαν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος διευκολύνει την αξιολόγηση της δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας κτιρίων, με τη βελτίωση της συμπεριφοράς των χρηστών του. Επίσης παρέχει πολύπλευρες γνώσεις

στην τελική ενέργεια του κτιρίου με τη χρήση μοτίβων που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των χρηστών. Σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους η θερμοκρασία εξωτερικού αέρα επηρεάζει την ενεργειακή ένταση χρήσης (EUI) πιο σημαντικά, ιδιαίτερα σε κρύες περιοχές. Ταυτόχρονα, ο αριθμός των χρηστών και ο συντελεστής απώλειας θερμότητας είχαν αισθητή επίδραση στην απόδοση ενέργειας των κτιρίων. Πέραν αυτών, η παροχή ζεστού νερού και ο κλιματισμός αποτελούν τις δύο μεγαλύτερες κατηγορίες τελικής χρήσης φορτίων από την άποψη της μέσης ετήσιας EUI.

Ο χρυσός κανόνας είναι: «Αν δεν το χρειάζεστε, μην το χρησιμοποιήσετε!» (Masoso, & Grobler, 2010). Η μελέτη τους επικεντρώνεται στις ποσότητες ενέργειας που χάνονται κατά τη διάρκεια των μη εργάσιμων ωρών σε 6 εμπορικά κτίρια, χρησιμοποιώντας εξοπλισμούς ελέγχου ενέργειας. Προέκυψε ότι περισσότερη ενέργεια χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια των μη εργάσιμων ωρών (56%), από ότι κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας (44%). Αυτό προκύπτει σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά των χρηστών που αφήνουν τα φώτα και τον εξοπλισμό μέχρι το τέλος της ημέρας ανοιχτό. Συγκεκριμένα, σε πεντάροφο κτίριο εργασίας στην Μποτσουάνα, οι μετρήσεις πυκνότητας ισχύος στις ώρες μη κατοχής από τους χρήστες είναι πολύ υψηλές, σε 18 W/m^2 περίπου, και τις εργάσιμες ώρες καταγράφηκε ένας μέσος όρος 36 W/m^2 . Αυτό σημαίνει ότι, κατά μέσο όρο, όταν οι άνθρωποι φεύγουν από τα κτίρια, η κατανάλωση ενέργειας (σε Watt) μειώνεται μόνο κατά το ήμισυ. Επίσης, σε ένα άλλο τριώροφο κτίριο Πανεπιστημίου τα κλιματιστικά αφήνονται ανοιχτά κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συνυπολογίζοντας όλα τα δεδομένα και αποτελέσματα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι θα εξοικονομείται ενέργεια στα κτίρια απλά και μόνο με το σβήσιμο όλου του εξοπλισμού στο τέλος των ωρών εργασίας. Αν επιπλέον αυτό γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας στα σύντομα διαλείμματα, όπως το γεύμα, όταν κάποιος πηγαίνει για μια συνάντηση, όταν υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός, κλπ. τότε η εξοικονόμηση θα είναι υψηλότερη. Στη διερεύνηση των Nisiforou, Poullis & Charalambides (2012), γίνεται αναφορά των αποτελεσμάτων της αντίληψης των εργαζομένων μιας μεγάλης επιχείρησης στην Κύπρο, σχετικά με την κατανάλωση σε διάφορα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και στατιστικές αναλύσεις για τη συμπεριφορά, τη στάση και γνώμη τους σχετικά με τη χρήση ενέργειας και τα μέτρα εξοικονόμησής της. Σύμφωνα με ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους εργαζομένους, χάνεται άσκοπα ενέργεια αφού το 28% από αυτούς δεν απενεργοποιεί τον υπολογιστή πριν φύγει από τη δουλειά και περίπου το 50% αφήνουν τα φώτα ανοιχτά καθ' όλη τη διάρκεια εργασίας ακόμη και αν απουσιάζουν από το γραφείο.

Το 16% των εργαζομένων δήλωσε ότι δεν είναι ευχαριστημένοι με τα επίπεδα άνεσης φωτισμού λόγω κακής ποιότητας και ανεπαρκούς ποσότητας φυσικού φωτός στο γραφείο τους. Ένα ποσοστό του 23% δήλωσε ότι είναι δυσαρεστημένοι με τη ρύθμιση θερμοκρασίας στο γραφείο τους λόγω των διακυμάνσεων θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της εργάσιμης μέρας. Παρατηρήθηκαν στατιστικές διαφορές σε διάφορες απαντήσεις ανάμεσα στο φύλο, στην ηλικία και στα χρόνια υπηρεσίας των εργαζομένων. Όπως αποδείχτηκε από τα αποτελέσματα, ενώ η πλειοψηφία των χρηστών αναγνωρίζει ότι υπάρχει σπατάλη ενέργειας και είναι ανοικτοί σε μέτρα εξοικονόμησής της, δεν είναι όμως διατεθειμένοι να θυσιάσουν την προσωπική τους ικανοποίηση για τα μέτρα αυτά.

Στη μελέτη των Mata, Lopez & Cuchi (2009), εφαρμόστηκαν μέτρα διαχείρισης για μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου για θέρμανση των χώρων, ενός Πανεπιστημιακού κτιρίου στην Ισπανία, κατά 40% στη διάρκεια ενός έτους. Πραγματοποιήθηκαν συνεχείς παρακολουθήσεις των χαρακτηριστικών του κτιρίου καθώς και των συστημάτων θέρμανσης, κλιματολογικών δεδομένων και της εσωτερικής θερμοκρασίας με όργανα ανιχνευτές θερμοκρασίας και υγρασίας. Η εφαρμογή των μέτρων μείωσε την κατανάλωση από 113,2 σε 68,7kWh/m² το χρόνο. Οι λειτουργίες που έγιναν για να επιτευχθεί αυτό, ήταν ο προγραμματισμός διακοπής της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης όταν δεν υπήρχαν χρήστες σε κάποιο χώρο, καθώς και τη νύχτα και τα σαββατοκύριακα, ο προγραμματισμός της θέρμανσης ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, η χρησιμοποίηση μόνο των χώρων που αποτελούνταν από το ίδιο κεντρικό σύστημα θέρμανσης και η διατήρηση της θερμοκρασίας σε λογικές τιμές για όλους τους χώρους σε σχέση με το αν είναι κατειλημμένοι ή όχι. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την δράση αυτή είναι ότι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι ένας καλός δείκτης του καλού σχεδιασμού και καλής διαχείρισης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου. Ο Santin (2011), στη μελέτη του εξετάζει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση σχηματίζοντας πρότυπα συμπεριφοράς και προφίλ των χρηστών σε κάποια κτίρια. Τα κτίρια που επιλέχθηκαν για το σκοπό αυτό ήταν μονοκατοικίες και διαμερίσματα με σύστημα κεντρικής θέρμανσης και κάποια με κεντρικό σύστημα θέρμανσης που προσφέρεται από την πόλη. Από την έρευνα προκύπτει ότι η μέγιστη κατανάλωση για θέρμανση γίνεται σε χώρους εργασίας, διαβάσματος και ξεκούρασης. Επίσης, υψηλού εισοδήματος ζευγάρια ζητούν άνετες κατοικίες χωρίς ενδιαφέρον για εξοικονόμηση ενέργειας και το προφίλ που χρησιμοποιεί πιο πολύ τις

συσκευές είναι οι οικογένειες. Οι ηλικιωμένοι είναι αυτοί που χρειάζονται μεγαλύτερη άνεση για αερισμό και θερμοκρασία.

Σύμφωνα με ολόκληρη τη βιβλιογραφία συμπεραίνεται ότι η συμπεριφορά των χρηστών στα κτίρια επηρεάζει την ενεργειακή του κατανάλωση, αλλά σημαντικότερο ρόλο για τη μείωση της διαδραματίζει ο βέλτιστος σχεδιασμός και η καλή διαχείριση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Με την εφαρμογή μέτρων διαχείρισης για μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου για θέρμανση των χώρων και ιδιαίτερα σε χώρους εργασίας, διαβάσματος και ξεκούρασης, όπου εκεί γίνεται η μέγιστη κατανάλωση, μπορεί να εξοικονομηθεί μεγάλο ποσοστό ενέργειας. Παρόλα αυτά, η πλειοψηφία των χρηστών στα κτίρια δεν διατίθενται να θυσιάσουν τις ανέσεις τους, παρόλο που αναγνωρίζουν ότι σπαταλούν ενέργεια.

3 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το ανθρώπινο στοιχείο διαδραματίζει σημαντικότατο ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων. Ιδιαίτερα σε ένα κτίριο με γραφεία εργαζομένων και αίθουσες διδασκαλίας για φοιτητές. Η κατασκευή ενός Πανεπιστημιακού κτιρίου απαιτεί λειτουργικά, αισθητικά και περιβαλλοντικά πρότυπα, ούτως ώστε να ικανοποιούνται οι φοιτητικές και εργασιακές δραστηριότητες. Παρόλα αυτά, όταν το κτίριο δεν είναι κατασκευασμένο εξ αρχής για αυτό το είδος χρήσης του, η λειτουργικότητα εν τέλει, ίσως να μην είναι τόσο επιτυχής.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η μελέτη της εσωτερικής άνεσης και κατανάλωσης ενέργειας στο κτήριο ‘Υπηρεσία Σπουδών και Φοιτητική Μέριμνα’ του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου (ΤΕΠΑΚ). Συγκεκριμένα, το στοιχείο που εξετάζεται είναι η συμπεριφορά των χρηστών που επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο, καθώς και η μελέτη για τις εσωτερικές συνθήκες άνεσης τους.

4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η παλιά πόλη της Λεμεσού είναι η καρδιά της πόλης, με τους στενούς δρόμους της και τα γραφικά παλιά της κτίρια που οδηγούν μέχρι και το παλιό ψαρολίμανο. Η ραγδαία ανάπτυξη στο κέντρο της Λεμεσού τα τελευταία χρόνια, έχει προσθέσει στον ιστορικό της χαρακτήρα, δεκαπέντε χιλιόμετρα κατά μήκος της ακτής με κτίρια, όχι μόνο καινούριες οικίες, αλλά και πολυκατοικίες, διαμερίσματα, εστιατόρια, καφετέριες, κέντρα διασκέδασης. Το μεγαλύτερο μέρος των οικοδομών που διατηρούνται στη Λεμεσό συγκεντρώνεται στο ιστορικό κέντρο της πόλης. Η Δημοτική Αγορά χτισμένη από ασβεστόλιθο και πρόσφατα ανακαινισμένη, με τη στέγη της να στηρίζεται κυρίως σε μεταλλική κατασκευή, όπως επίσης ανάμεσα στα κτίρια της “καρδιάς” της Λεμεσού βρίσκονται το Δημαρχείο και τα αποικιοκρατικά αστικά κτίρια. Το δημαρχείο είναι μεν ένα μικρό, αλλά κομψό δείγμα αρχιτεκτονικής, με ανάγλυφο διάκοσμο από γύψινες λεπτομέρειες στο εσωτερικό (Ζήσιμου, ¶ Διαδρομή 1).

Τα κτίρια του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου χωροθετούνται εντός του κέντρου της πόλης Λεμεσού, όπου επαναχρησιμοποιούνται μεγάλα κτίρια ως επί το πλείστον νεοκλασικά και σε περιοχές μεγάλης σημασίας για την ιστορία της πόλης. Στα κτίρια αυτά έγινε κατάλληλη ανακαίνισή τους, χωρίς όμως να χάνεται η ιστορία της πόλης. Η αρχιτεκτονική μερικών από τα διατηρητέα κτίρια έχει παραμείνει η ίδια, θέλοντας να αναβιώνουν συνεχώς την παράδοση, αλλά και να δημιουργείται μια ξεχωριστή ποιότητα και ένα πρωτότυπο αστικό περιβάλλον.

4.1 Βασικές πληροφορίες του υπό μελέτη κτιρίου

Το κτίριο Υπηρεσία Σπουδών και Φοιτητική Μέριμνα (ΥΣΦΜ) του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου βρίσκεται στο κέντρο της Λεμεσού στη Γωνία Αθηνών και Νικολάου Ξιούτα. Η χρονολογία κατασκευής του είναι το 1978, όπου λειτουργούσε ως τράπεζα. Το 2002 ολοκληρώθηκε η αναβάθμιση του 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου, μέχρι που στις 01/05/2011 το κτίριο αγοράστηκε από το ΤΕΠΑΚ. Τον Ιούλιο του 2011 ξεκίνησε η ανακαίνιση του δεύτερου ορόφου του κτιρίου, και τον Δεκέμβριο του 2011 του ισογείου και μεσοπατώματος.

4.2 Κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης του κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στο κέντρο της Λεμεσού. Η Λεμεσός έχει ένα μεσογειακό και εύκρατο κλίμα και συγκεκριμένα με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Η υγρασία στη Λεμεσό είναι σε υψηλά επίπεδα λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Σε σχέση με τις υπόλοιπες πόλεις της Κύπρου παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας ετησίως, με μέσο όρο περίπου το 60-70%. Οι άνεμοι στην περιοχή είναι κυρίως ελαφριοί ως μέτριοι. Το καλοκαίρι του 2012, η μέση μέγιστη θερμοκρασία στη Λεμεσό ήταν περίπου 34.5 °C, η μέση ελάχιστη θερμοκρασία στους 23.7 °C, ενώ η μέση μέγιστη βροχόπτωση 0 mm. Το Φθινόπωρο του 2012, η μέση μέγιστη θερμοκρασία ήταν περίπου 30.5 °C, η μέση ελάχιστη θερμοκρασία στους 19.9 °C, ενώ η μέση μέγιστη βροχόπτωση 16.43 mm. Οι θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις από τον Ιούνιο μέχρι τον Δεκέμβριο του 2012 αναγράφονται στον πίνακα 4, ενώ για τους μήνες Ιανουάριο μέχρι Απρίλιο 2013 δεν υπάρχουν ακόμη καταγεγραμμένα δεδομένα για τη Λεμεσό.

Πίνακας 5: Μέγιστη/Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C) και Βροχόπτωση (mm) στη Λεμεσό

Μήνας	Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	Μέγιστη Βροχόπτωση (mm)
Ιούνιος 2012	32.2	22	0
Ιούλιος 2012	35.2	24.9	0
Αύγουστος 2012	36.2	24.1	0
Σεπτέμβριος 2012	36.2	24.1	0
Οκτώβριος 2012	29.9	19.4	24.5
Νοέμβριος 2012	25.4	16.2	24.8
Δεκέμβριος 2012	19.9	12.1	48.7

Πηγή: Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου

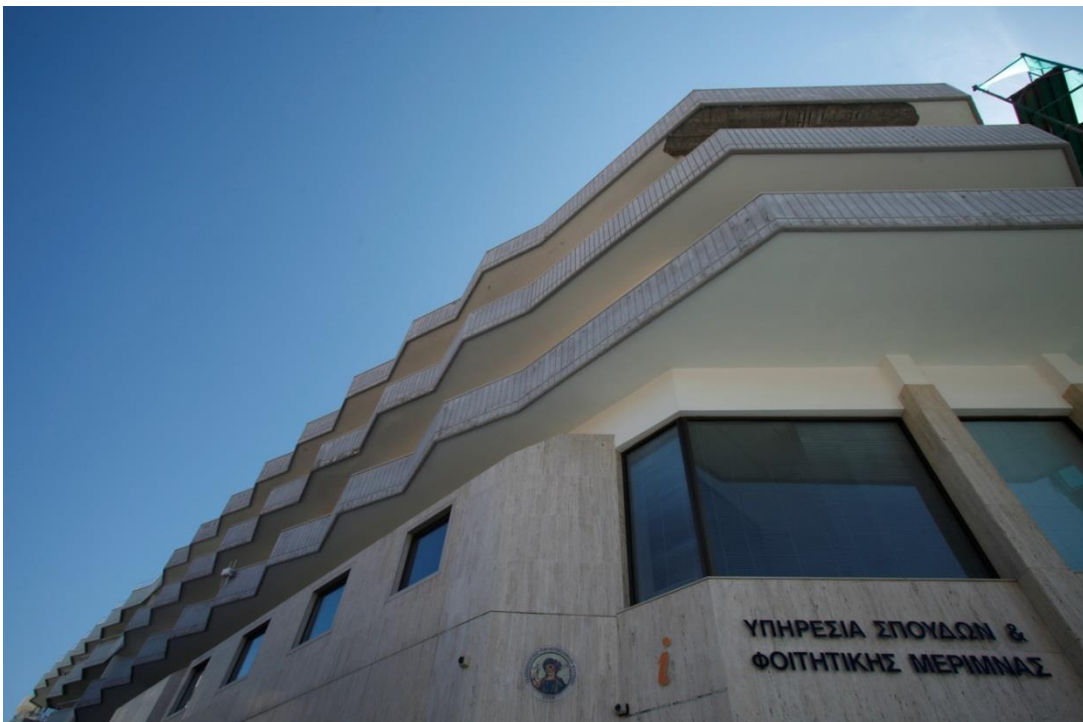
4.3 Γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

Το κτίριο Υπηρεσία Σπουδών και Φοιτητική Μέριμνα είναι ένα τριώροφο κτίριο με ένα μεσοπάτωμα στο ισόγειο. Συγκεκριμένα, υπάρχει το ισόγειο 500 τετραγωνικών μέτρων (m²), το μεσοπάτωμα 497 m² και ο πρώτος και δεύτερος όροφος 560 m² ο καθένας. Με βάση την κύρια πρόσοψη, το κτίριο έχει βορειοδυτικό προσανατολισμό (προσανατολισμός κύριας εισόδου) και οι ακριβείς γεωγραφικές του συντεταγμένες είναι οι εξής: γεωγραφικό πλάτος 34° 40' 33,64" Βόρεια και γεωγραφικό μήκος 33° 02' 41,02" Ανατολικά (Εικόνα 3). Το ύψος κάθε ορόφου του κτιρίου είναι 3.25 μέτρα (m). Το κτίριο είναι

κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και τούβλα 20 εκατοστά (cm), καθώς επίσης υπάρχουν και γυψοσανίδες 10 cm.



Εικόνα 2.1: Βορειοδυτική πρόσοψη – κύρια είσοδος του κτιρίου ΥΣΦΜ



Εικόνα 2.2: Βόρεια πρόσοψη του κτιρίου ΥΣΦΜ



Εικόνα 3: Δορυφορική τοποθέτηση του κτιρίου ΥΣΦΜ

Το υπό μελέτη κτίριο δεν βρίσκεται σε άμεση επαφή με άλλα κτίρια, αλλά υπάρχουν γειτονικές προς αυτό κτιριακές εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων και αυτές του ΤΕΠΑΚ. Τα συγκεκριμένα κτίρια είναι χαμηλότερα σε ύψος, με εξαίρεση τη βορειοανατολική του πλευρά, όπου βρίσκονται εργαστηριακά κτίρια του Πανεπιστημίου ισοϋψή με το κτίριο ΥΣΦΜ.

Το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των προσόψεων του κτιρίου καλύπτεται από παράθυρα, με εξαίρεση τη νότια πλευρά κυρίως, και οι υαλοπίνακες είναι μονοί. Για τη σκίαση των εσωτερικών χώρων χρησιμοποιούνται αντηλιακές περσίδες, ενώ εξωτερικά δεν υπάρχει κάποιο υφιστάμενο σύστημα σκίασης. Στην εξωτερική και εσωτερική τοιχοποιία υπερτερεί το λευκό χρώμα.

Το κτίριο διαθέτει κεντρικό σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας. Ο κλιματισμός του ισογείου και μεσοπατώματος γίνεται με παραγωγή θερμού/ψυχρού αέρα από chiller. Για το

καλοκαίρι, από αρχές Μαΐου μέχρι και το τέλος Σεπτεμβρίου, το σύστημα ψύξης ξεκινά από τις 07:30 πμ και κλείνει η ώρα 17:00 μμ, επί καθημερινής βάσεως. Για το Χειμώνα, από τις αρχές Νοεμβρίου μέχρι και το τέλος Μαρτίου, το σύστημα θέρμανσης με λέβητες ξεκινά από τις 07:30 πμ και κλείνει η ώρα 17:00 μμ, επί καθημερινής βάσεως. Παρόλο που γίνεται έλεγχος του κεντρικού συστήματος chiller και boiler αυτές τις ώρες της μέρας, ο χρήστης είναι ο υπεύθυνος να ανάψει το δικό του κλιματιστικό και να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του χώρου του. Ο πρώτος και δεύτερος όροφος θερμαίνεται και ψύχεται με εγκατεστημένο σύστημα VRV (Variable Refrigerant Volume), Αυτοτελή Κλιματιστική Μονάδα Διαιρεμένου Τύπου. Το κεντρικό σύστημα υπάρχει σε κάθε όροφο και η θερμοκρασία σε κάθε αίθουσα ρυθμίζεται από τους χρήστες. Δηλαδή, για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, ναι μεν υπάρχει κεντρικό σύστημα ελέγχου αλλά είναι και αυτόνομο για όλους τους χώρους του κτιρίου, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να ρυθμίζει την επιθυμητή θερμοκρασία του εργασιακού του χώρου.

Ο τεχνητός φωτισμός στο εσωτερικό του κτιρίου παρέχεται από λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι προσφέρουν την ίδια ποιότητα φωτισμού με τους κοινούς λαμπτήρες και έχουν την ίδια φωτεινότητα, ενώ καταναλώνουν μέχρι 5 φορές λιγότερο ρεύμα. Οι εν λόγω λαμπτήρες έχουν 10 φορές μεγαλύτερο μέσο χρόνο ζωής από τους κοινούς λαμπτήρες (10.000 ώρες). Έτσι, παρόλο που οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες κοστίζουν περισσότερο, συμφέρουν στην εξοικονόμηση ρεύματος και συνάμα υπάρχει οικονομικό όφελος. Το σύστημα φωτισμού στο κτίριο δεν ελέγχεται από κάποιο υπεύθυνο άτομο, αλλά ούτε και υπάρχει κεντρικό σύστημα. Σε κάθε γραφείο/αίθουσα υπάρχει τοπικός έλεγχος του φωτισμού (διακόπτης), δηλαδή ο κάθε χρήστης του κτιρίου μπορεί να ανάβει και να σβήνει το φωτισμό του προσωπικού του εργασιακού χώρου όποτε είναι αναγκαίο.

4.4 Χρήση του υπό μελέτη κτιρίου

Το κτίριο ΥΣΦΜ αποτελείται από τέσσερα (4) επίπεδα, όπου τα πρώτα δύο επίπεδα χρησιμοποιούνται ως γραφεία για τους εργαζόμενους και τα άλλα δύο ως αίθουσες διδασκαλίας για τους φοιτητές. Ανάλογα με το επίπεδο και το χώρο διατίθενται γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ηλεκτρονικών υπολογιστών, διάδρομοι, τουαλέτες και κουζίνες (Πίνακες 6.1 και 6.2). Επίσης, είναι εξοπλισμένο με όλες τις τυπικές συσκευές (ηλεκτρονικούς υπολογιστές, φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές, ψυγεία κλπ) καθώς και με αρκετά μηχανήματα και εξοπλισμούς για τις ανάγκες των χρηστών (Πίνακας 7).

Πίνακας 6.1: Τα κτιριακά επίπεδα του υπό μελέτη κτιρίου

Κτιριακά επίπεδα
Ισόγειο
Μεσοπάτωμα
Πρώτος όροφος
Δεύτερος όροφος

Πίνακας 6.2: Είδος και αριθμός χώρων σε κάθε όροφο του κτιρίου

Χώρος	Ισόγειο	Μεσοπάτωμα	Πρώτος όροφος	Δεύτερος όροφος
Γραφεία	12	13	--	--
Αίθουσες διδασκαλίας	--	--	4	4
Αίθουσες συνεδριάσεων	2	--	--	--
Αίθουσες ηλεκτρονικών υπολογιστών	--	--	1	--
Διάδρομοι	2	2	1	1
Τουαλέτες	2	2	3	1
Κουζίνες	1	1	1	1
Άλλοι χώροι	Καθιστικό	Κοινός χώρος δραστηριότητας, Καθιστικό	--	--

Πίνακας 7: Είδος και αριθμός συσκευών/εξοπλισμών σε κάθε όροφο του κτιρίου

Συσκευές/Εξοπλισμοί	Ισόγειο	Μεσοπάτωμα	Πρώτος όροφος	Δεύτερος όροφος
Η/Υ	13	12	21	4
Πολυμηχάνημα Φωτοτυπικής	3	2	--	--
Καταστροφέας εγγράφων	3	2	--	--
Εκτυπωτής	--	--	1	--
Προβολέας (projector)	1	--	4	4
Ψυγείο νερού	1	1	1	1
Ψυγείο	1	1	--	--
Ηλεκτρικές Συσκευές (για καφέ κλπ)	3	3	--	2
Τηλεόραση	1	--	1	1

Στο κτίριο εργάζονται συνολικά είκοσι δύο (22) άτομα, δέκα (10) άτομα στο ισόγειο, δώδεκα (12) άτομα στο μεσοπάτωμα και στον πρώτο και δεύτερο όροφο φιλοξενείται ένας μεγάλος αριθμός φοιτητών. Το υπό μελέτη κτίριο χρησιμοποιείται 5 ημέρες τη βδομάδα και λειτουργεί όλο το χρόνο εκτός από τις μη εργάσιμες μέρες των Χριστουγέννων, του Πάσχα, τις υπόλοιπες επίσημες αργίες και κάποιες βδομάδες του καλοκαιριού. Φυσικά, ο πρώτος και δεύτερος όροφος είναι μη λειτουργήσιμος περισσότερο καιρό, αφού χρησιμοποιείται από τους φοιτητές. Για παράδειγμα, τους τρεις (3) μήνες του καλοκαιριού οι φοιτητές δεν παρευρίσκονται στο Πανεπιστήμιο, αλλά το προσωπικό της Υπηρεσίας Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας εργάζεται. Το ωράριο χρήσης και λειτουργίας του κτιρίου διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρήση των ορόφων. Το ισόγειο και μεσοπάτωμα λειτουργεί από τις 07:30 πμ μέχρι και τις 14:30 μμ και από τις 07:30 πμ μέχρι τις 18:00 μμ, τις καλοκαιρινές και χειμωνιάτικες περιόδους, αντίστοιχα. Ο πρώτος και δεύτερος όροφος λειτουργεί από τις 08:00 πμ μέχρι και τις 20:00 μμ, εφόσον υπάρχουν φοιτητές κατά την περίοδο ακαδημαϊκών εξάμηνων.

5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα διεξήχθη με τη βοήθεια οργάνων για καθημερινές μετρήσεις, ερωτηματολόγια συμπληρωμένα από τους εργαζόμενους και τους φοιτητές και σενάρια κατανάλωσης ενέργειας.

Η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και τα επίπεδα φωτισμού του κτιρίου μετρώνται, χρησιμοποιώντας εργαλεία μετρητών θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού (Temperature, Humidity, Lux meter tools). Τα δεδομένα συλλέγονται τρεις φορές την ημέρα, για δύο βδομάδες κάθε εποχής, με εξαίρεση τα Σαββατοκύριακα. Οι μετρήσεις του καλοκαιριού καταγράφονται κατά τις 07:00-08:00 πμ, 13:30-14:30 μμ και 17:30-18:30 μμ, για το πρωί, μεσημέρι και απόγευμα, αντίστοιχα. Οι μετρήσεις των υπόλοιπων τριών εποχών καταγράφονται κατά τις 08:00-09:00 πμ, 12:30-13:30 μμ και 16:00-18:00 μμ για το πρωί, μεσημέρι και απόγευμα, αντίστοιχα. Ο λόγος που οι ώρες μετρήσεων του καλοκαιριού είναι λίγο διαφορετικές από αυτές των άλλων τριών εποχών είναι γιατί το καλοκαίρι δεν διεξάγονται μαθήματα για τους φοιτητές. Παρόλα αυτά, οι μετρήσεις του μεσημεριού γίνονται κατά τις εργάσιμες ώρες των υπαλλήλων Φοιτητικής Μέριμνας, και του πρωινού και απογεύματος κατά τις μη εργάσιμες ώρες. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων καταγράφεται ο προσανατολισμός της θέσης κάθε σημείου, σύμφωνα με εκείνον του κτιρίου, καθώς και κάποιες ημερήσιες παρατηρήσεις, όπως αν είναι σε λειτουργία ο κλιματισμός, τα φώτα και ο εξοπλισμός την ώρα την μέτρησης ή αν υπάρχουν φοιτητές ή εργαζόμενοι στο χώρο.

Η έρευνα διεξήχθη αναλύοντας τη συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου με τη χρήση ερωτηματολογίων. Στη μελέτη συμμετέχει ένας συνολικός αριθμός 30 χρηστών, ανά εποχή, γυναίκες και άντρες. Τα ερωτηματολόγια δίνονται και επιστρέφονται την ίδια στιγμή, μετά από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Το ερωτηματολόγιο βασίζεται στο πρότυπο ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers) και χωρίζεται σε δύο κύριες ενότητες. Αυτές περιλαμβάνουν α) τη θερμική άνεση αποτελούμενη από επτά ερωτήσεις και β) το φυσικό φωτισμό με τέσσερις ερωτήσεις. Οι απαντήσεις των χρηστών αναλύονται με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS (Superior Performance Software System), και οργανώνονται σε διαγράμματα δείχνοντας τα ποσοστά κάθε ερώτησης με βάση τις συνολικές απαντήσεις των ερωτηθέντων. Η θερμική άνεση των χρηστών αναλύεται με το δείκτη PMV (Predicted

Mean Vote) και PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, οι εργαζόμενοι και φοιτητές του κτιρίου επιλέχθηκαν ως οι χρήστες.

Επιπλέον, υπολογίζεται το ετήσιο κόστος κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου με βάση τις χρεώσεις της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ) για το έτος 2012 και δεδομένα από λογαριασμούς ενέργειας του κτιρίου, κατά τη διάρκεια του Ιουνίου.

Τέλος, το τελευταίο βήμα ήταν να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ της συμπεριφοράς των χρηστών, με την εσωτερική τους άνεση και την ενεργειακή κατανάλωση στο κτίριο. Αυτά ήταν απαραίτητα για να αξιολογηθεί το πώς οι χρήστες μπορούν να επηρεάσουν την χρήση ενέργειας του κτιρίου μέσω της συμπεριφοράς και της δράσης τους.

6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

Η συμπεριφορά των χρηστών που βρίσκονται σε ένα κτίριο διαδραματίζει σημαντικότατο ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, καθώς αυτοί είναι υπεύθυνοι σε μέγιστο βαθμό για τον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου, όπως για παράδειγμα ο χρόνος λειτουργίας της θέρμανσης, του φωτισμού και όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Με άλλα λόγια, ο χρήστης είναι εκείνος που θα επιβεβαιώσει με τον καθημερινό τρόπο ζωής και δράσης του, τις προβλέψεις των όποιων μελετών για εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή μέτρων επέμβασης στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις που υπεισέρχεται ο ανθρώπινος παράγοντας.

Στους στόχους της έρευνας της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη για την εσωτερική θερμική άνεση στο κτίριο Υπηρεσίας Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας του ΤΕΠΑΚ, καθώς και ο επηρεασμός της συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση. Για τη μελέτη αυτή κρίθηκε σημαντική η κρίση των ίδιων των χρηστών που βρίσκονται καθημερινά στο κτίριο, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ερωτηματολογίων (Παράρτημα 1).

Το ερωτηματολόγιο βασίζεται στο πρότυπο ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers) και περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν τη θερμική άνεση και το φυσικό φωτισμό. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν και τις τέσσερις εποχές του χρόνου με στόχο να συλλεχθούν οι πληροφορίες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου αλλά και ενεργειακής κατανάλωσης όσον αφορά το φωτισμό, και να συγκριθούν με τους προσανατολισμούς του χώρου των χρηστών αλλά και ανάλογα με την ιδιότητα των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές). Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων προέρχονται από 30 χρήστες ανά εποχή, γυναίκες και άντρες. Οι ερωτηθέντες ήταν οι εργαζόμενοι και φοιτητές του κτιρίου και τα ερωτηματολόγια δίνονταν και επιστρέφονταν την ίδια στιγμή, μετά από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Σε κάθε ερωτηματολόγιο καταγράφηκε ο μεταβολισμός των χρηστών ανάλογα με τη δραστηριότητα που κάνουν, οι παράμετροι της ένδυσης (clo), η εξωτερική θερμοκρασία και υγρασία και ο προσανατολισμός του χώρου στον οποίο βρισκόταν ο ερωτηθείς τη συγκεκριμένη στιγμή.

Οι απαντήσεις των χρηστών αναλύθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS (Superior Performance Software System), και οργανώθηκαν σε διαγράμματα δείχνοντας τις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Το πρόγραμμα SPSS χρησιμοποιείται για γενικές

στατιστικές αναλύσεις (SPSS software). Είναι μια εξελιγμένη εφαρμογή η οποία μπορεί να εκτελέσει σχεδόν οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων του σε ένα χρηστικό παραθυρικό περιβάλλον. Για τη στατιστική επεξεργασία του ερωτηματολογίου δημιουργήθηκε ένας πίνακας κωδικοποίησης. Κάθε γραμμή του πίνακα αντιστοιχεί σε μια ερώτηση του ερωτηματολογίου (π.χ. Είστε ικανοποιημένοι με τη θερμική άνεση του χώρου;) και κάθε στήλη αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη μεταβλητή (π.χ. Ναι).

6.1 Περιγραφή ερωτηματολογίων

Μέσω των ερωτηματολογίων εκφράζεται η αντίληψη και η αξιολόγηση του καθενός χρήστη για τη συμπεριφορά, τις συνήθειες και τις συνθήκες του χώρου εργασίας τους. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε δεκατέσσερις (14) ερωτήσεις απλού τύπου, έτσι ώστε να είναι γρήγορο, σαφές και εύκολο στην κατανόηση των χρηστών. Αρχικά περιελάμβανε γενικές πληροφορίες του χρήστη, δηλαδή το φύλο, την ιδιότητα (φοιτητές/εργαζόμενοι) και το χώρο του χρήστη (όροφο κτιρίου). Μετά, υπήρχαν ερωτήσεις όσον αφορά τη θερμική άνεση, όπου μέσα από την ερώτηση 1 εξετάστηκαν οι δείκτες θερμικής άνεσης PPD-PMV. Οι χρήστες απάντησαν πόσο θερμικά άνετα νιώθουν στο χώρο από τις συνθήκες που επικρατούν για όλες τις εποχές του χρόνου. Ο βαθμός δυσφορίας για το κάθε χρήστη αλλά και ο υπολογισμός του ποσοστού αυτού έγινε με βάση τη κλίμακα ASHRAE. Επίσης, υπήρχαν ερωτήσεις για το άναμμα/κλείσιμο του κλιματισμού και για τον εξοπλισμό στους χώρους. Τέλος, υπήρχαν ερωτήσεις για τον φυσικό φωτισμό συμπεριλαμβανομένων την ικανοποίηση των χρηστών και το άναμμα/κλείσιμο του τεχνητού φωτισμού.

6.2 Ανάλυση Ερωτηματολογίων

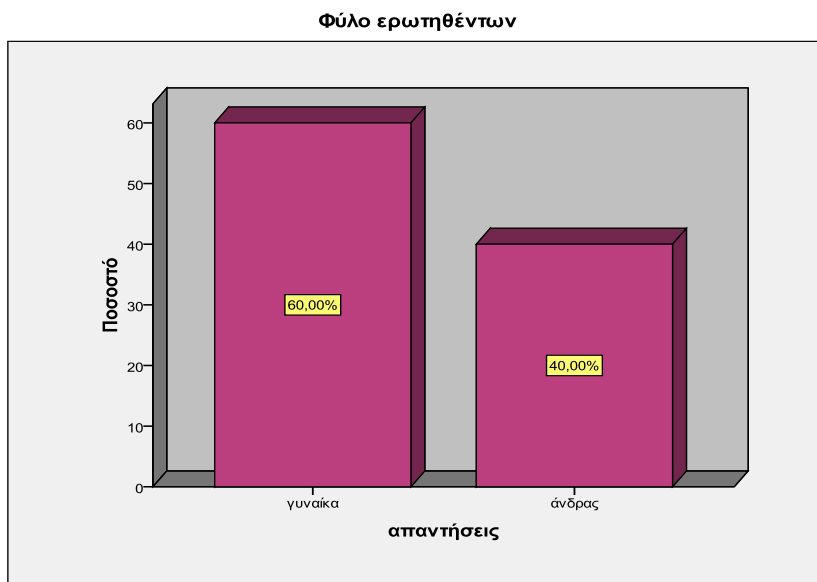
Μετά τις απαντήσεις των χρηστών διεξάχθηκε η στατιστική ανάλυση των ερωτηματολογίων, για κάθε εποχή. Το είδος της δραστηριότητας των χρηστών ήταν σχεδόν για όλους το ίδιο, σε κάθε εποχή, όπου οι εργαζόμενοι απασχολούνταν με τον υπολογιστή και κάθονταν στο γραφείο, και οι φοιτητές κάθονταν στην αίθουσα ή έγραφαν. Υπήρχαν και κάποιοι που περπατούσαν χαλαρά. Επομένως, στο μεταβολικό ρυθμό των ατόμων θα χρησιμοποιείται μια μέση τιμή όλες τις εποχές, για τις δραστηριότητές τους. Σε κάθε περίπτωση η δραστηριότητα των τελευταίων 15 λεπτών έχει μεγαλύτερη βαρύτητα. Ο μέσος όρος του μεταβολικού ρυθμού των χρηστών για όλες τις εποχές είναι $\Sigma_{met} = 1,3$.

Όσο αφορά το ρουχισμό του χρήστη, για κάθε εποχή είναι διαφορετικός, καθώς σε ζεστό περιβάλλον χρησιμοποιούνται ελαφριά ρούχα ενώ το χειμώνα πιο χοντρά.

Τα πιο σημαντικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις απαντήσεις που δόθηκαν από τους εργαζόμενους και τους φοιτητές του Πανεπιστημίου παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν και χωρίζονται ανά εποχή. Επίσης, παρουσιάζονται οι απαραίτητες συσχετίσεις μεταξύ των απαντήσεων των χρηστών.

6.2.1 Ανάλυση ερωτηματολογίων για το Καλοκαίρι

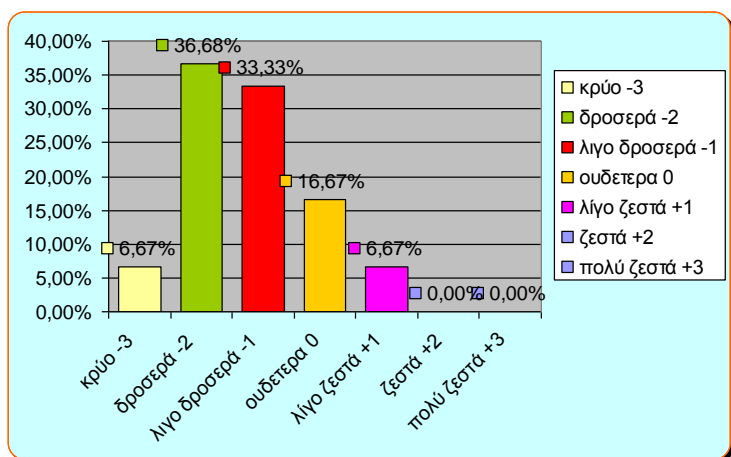
Η ημερομηνία που απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια ήταν στις 29/08/2012, και η ώρα απαντήσεων του κάθε χρήστη κυμαινόταν από τις 12:00 – 13:00 μμ. Η εξωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κυμαινόταν στους 31°C και 55%, αντίστοιχα, με καθαρό ουρανό. Ο ρουχισμός χρήστη σε clo είναι 0,49, εφόσον οι περισσότεροι φορούσαν μακρύ παντελόνι με κοντομάνικο πουκάμισο/μπλούζα, κοντό παντελόνι ή κοντή φούστα με κοντομάνικη μπλούζα. Απαντήθηκαν 30 ερωτηματολόγια από τα οποία τα δεκαοχτώ (18) ανήκαν σε γυναίκες και τα δώδεκα (12) σε άνδρες, δηλαδή ποσοστό 60% και 40%, αντίστοιχα (Εικόνα 4). Οι δεκαεφτά (17) από τους ερωτηθέντες ήταν φοιτητές και οι δεκατρείς (13) εργαζόμενοι, δηλαδή ποσοστό 56,7% και 43,3%, αντίστοιχα.



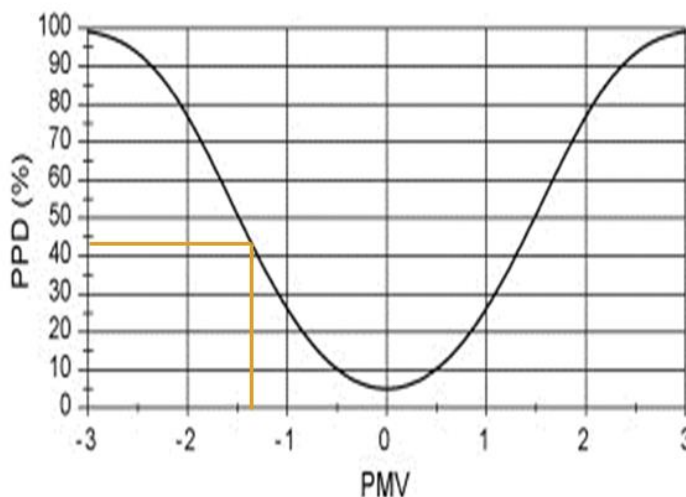
Εικόνα 4: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Καλοκαίρι

6.2.1.1 Θερμική άνεση το καλοκαίρι – Ανάλυση δεικτών PPD - PMV

Στην εικόνα 5.1 και 5.2 καθορίζεται η σχέση μεταξύ των δεικτών PPD και PMV μέσα από το ερώτημα πώς αισθάνονται οι χρήστες σχετικά με τη θερμική άνεση στο χώρο τους. Στην ερώτηση αυτή παρατηρήθηκε ότι συνολικά ποσοστό 70% αισθάνονταν δροσερά ή και λίγο δροσερά. Ακόμη ποσοστό 6.67% αισθάνονταν κρύο τον χώρο που βρίσκονταν και ένα αξιοσημείωτο ποσοστό 16.67% απάντησαν ότι αισθάνονταν ουδέτερα σχετικά με την θερμοκρασία στον χώρο που βρίσκονταν (Εικόνα 5.1). Συνεπώς, σύμφωνα με την εικόνα 5.2, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD = 43,35\%$ και το $PMV = (-1,4)$. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 43,35\%$ δεν κυμαίνεται εντός των αποδεκτών ορίων για τη θερμική άνεση στο χώρο, δεδομένου ότι το PMV είναι $-1,4$ (Εικόνα 5.2). Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι το καλοκαίρι αισθάνονται λίγο δροσερά ή δροσερά. Αυτό δείχνει ότι δεν είναι δυνατόν να ικανοποιούνται όλοι οι χρήστες που βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Ο κύριος λόγος που οι περισσότεροι χρήστες δεν αισθάνονται δροσερά, φαίνεται να απαντιέται στο ερώτημα αν ο κλιματισμός είναι ενεργοποιημένος. Προφανώς ο κλιματισμός ήταν σε λειτουργία σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, που δεν χρειάζεται και δεν πρέπει να είναι σε τέτοιο βαθμό.



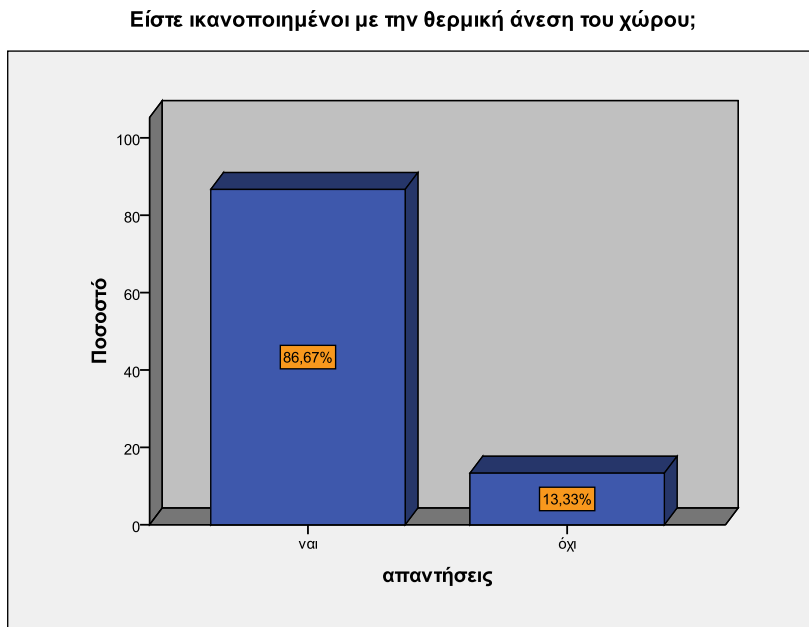
Εικόνα 5.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση το Καλοκαίρι



Εικόνα 5.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV το Καλοκαίρι

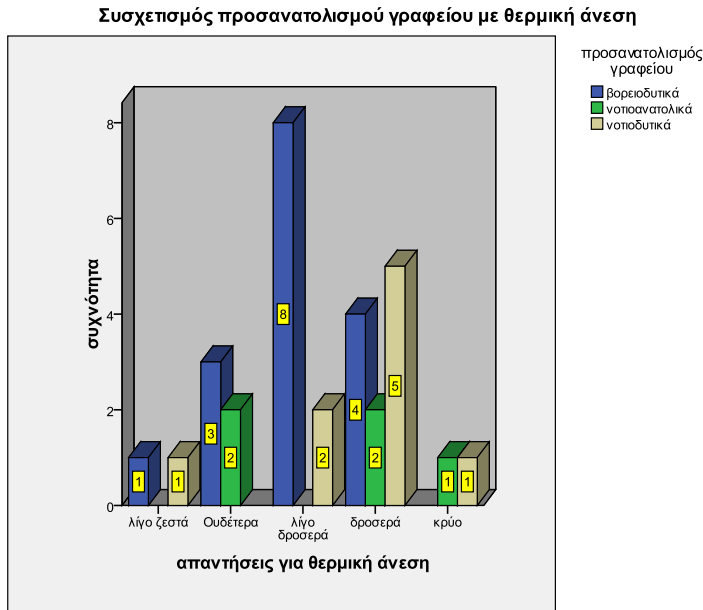
Σε αντίθεση με τα παραπάνω, στην ερώτηση που αφορούσε την ικανοποίηση από τη θερμική άνεση στον χώρο οι ερωτηθέντες απάντησαν με συντριπτική πλειοψηφία σε ποσοστό 86.67% ότι είναι ικανοποιημένοι από τη θερμική άνεση του χώρου. Είναι

αναμενόμενο κάτι τέτοιο αφού δεδομένου ότι η έρευνα πραγματοποιείται μήνα Αύγουστο και σε προηγούμενη ερώτηση υπάρχει σχετικά πολύ υψηλό ποσοστό ερωτηθέντων που απάντησε ότι αισθάνεται τουλάχιστον δροσερά στον χώρο που βρίσκεται (Εικόνα 5.3).

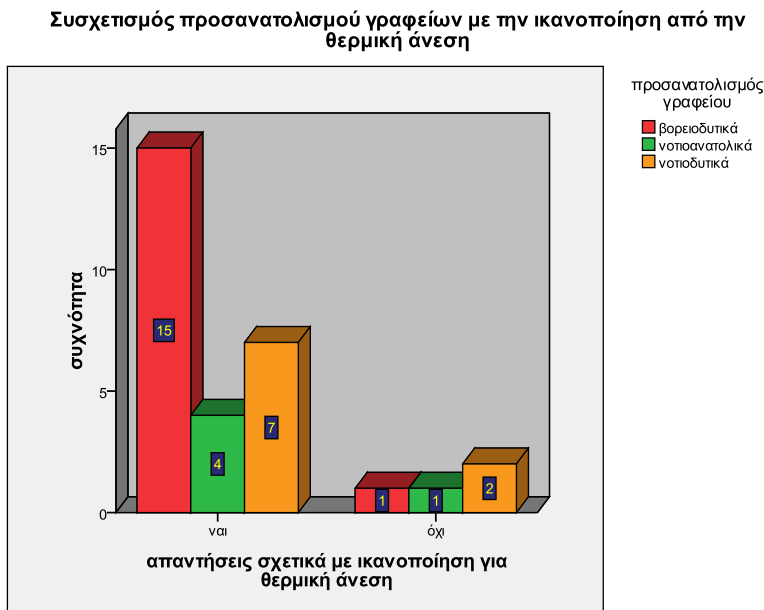


Εικόνα 5.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση το Καλοκαίρι

Όσοι απάντησαν ότι βρίσκονται σε γραφείο/χώρο με βορειοδυτικό προσανατολισμό, φαίνεται ότι έχουν καλύτερη απόδοση όσον αφορά τη θερμική άνεση. Συγκεκριμένα, οι 12 εκ των 16 ερωτηθέντων, δηλαδή ποσοστό 75% αισθάνονται δροσερά. Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό αφού τους καλοκαιρινούς μήνες τα γραφεία/χώροι με βορειοδυτικό προσανατολισμό έχουν σαφέστατο πλεονέκτημα όσον αφορά τη σκίαση (Εικόνα 5.4). Τα συμπεράσματα αυτής της ερώτησης επαληθεύονται με την ερώτηση αν είναι ικανοποιημένοι με τη θερμική άνεση. Συγκεκριμένα ποσοστό 93.3% των ερωτηθέντων που βρίσκονται σε βορειοδυτικό γραφείο/χώρο απάντησαν ότι είναι ικανοποιημένοι με τη θερμική άνεση του χώρου. Επίσης και ένα σημαντικό ποσοστό της τάξης του 78% των ερωτηθέντων που βρίσκονται σε γραφείο με προσανατολισμό νοτιοδυτικά, απάντησαν θετικά σχετικά με τη θερμική άνεση (Εικόνα 5.5).



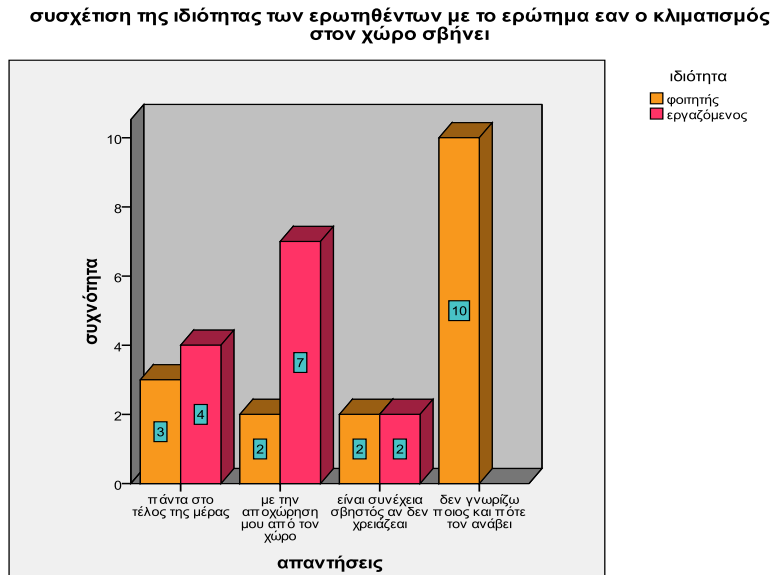
Εικόνα 5.4: Θερμική άνεση το Καλοκαίρι ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου



Εικόνα 5.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση το Καλοκαίρι ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

Οι χρήστες κλήθηκαν να αναφέρουν τις συνήθειές τους σχετικά με τον κλιματισμό. Σχεδόν ποσοστό 50% των εργαζομένων στο κτήριο απάντησαν ότι ο κλιματισμός κλείνει με την αποχώρησή τους από τον χώρο τους. Για τις απαντήσεις των φοιτητών είναι μοιρασμένα τα ποσοστά. Αξιοσημείωτο είναι ότι ποσοστό 58.85% των ερωτηθέντων φοιτητών δεν

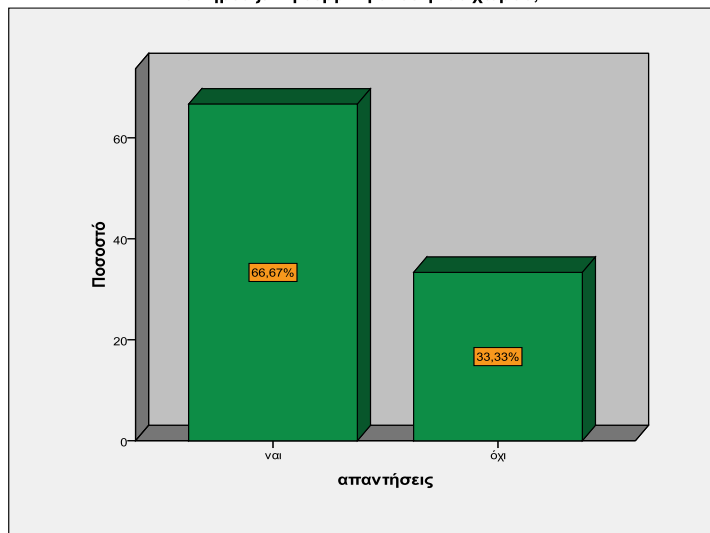
γνωρίζουν πότε κλείνει ο κλιματισμός στον χώρο, σε αντίθεση με τους εργαζόμενους. Αυτό ίσως υποδεικνύει και υποψία αδιαφορίας από μέρους των φοιτητών σχετικά με τη λειτουργία του κλιματισμού στον χώρο που βρίσκονται (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό το Καλοκαίρι

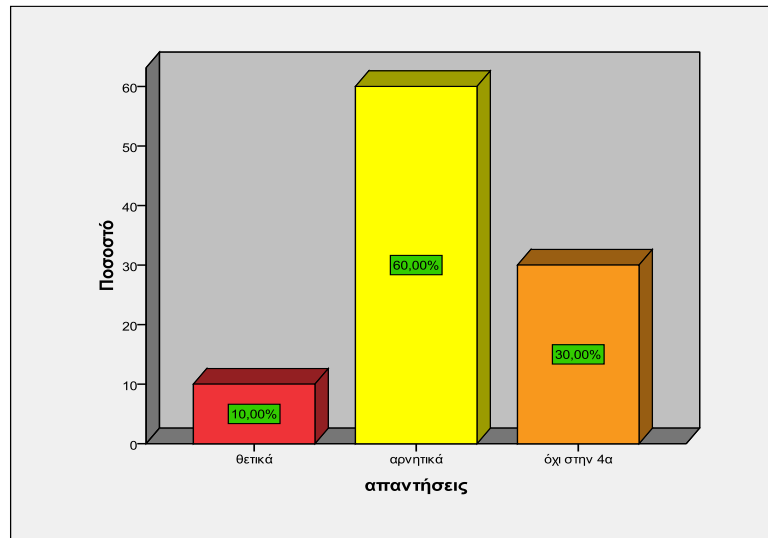
Στην ερώτηση σχετικά με το τι πιστεύουν οι ερωτηθέντες σχετικά με το εάν ο ηλεκτρονικός ή οποιοσδήποτε άλλος εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση του χώρου, ποσοστό 66.67% απάντησε θετικά και ποσοστό 33.33% απάντησε αρνητικά. Τα πιο πάνω αποτελέσματα ωστόσο, δεν μπορούμε να είμαστε απόλυτοι ότι αφορούν την συγκεκριμένη κατάσταση του ατόμου στον συγκεκριμένο χώρο, αφού είναι πολύ πιθανό η απάντηση να αφορά μια παγιωμένη αντίληψη για το συγκεκριμένο θέμα, αν και τους είχε εξ αρχής διευκρινιστεί ότι η ερώτηση αφορά την κατάσταση στον ενεστώτα χρόνο (Εικόνα 7.1). Συμπληρωματικά, συνολικά ποσοστό 85.71% εκείνων που απάντησαν θετικά στην προηγούμενη ερώτηση, πιστεύει ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει αρνητικά τη θερμική άνεση του χώρου (Εικόνα 7.2).

Πιστεύετε ότι ο εξοπλισμός (Η/Υ, Φωτοτυπικές, ανεμιστήρες, φωτιστικά κ.α) επηρεάζει τη θερμική άνεση του χώρου;



Εικόνα 7.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Καλοκαίρι

Εάν ναι, επηρεάζει θετικά ή αρνητικά;

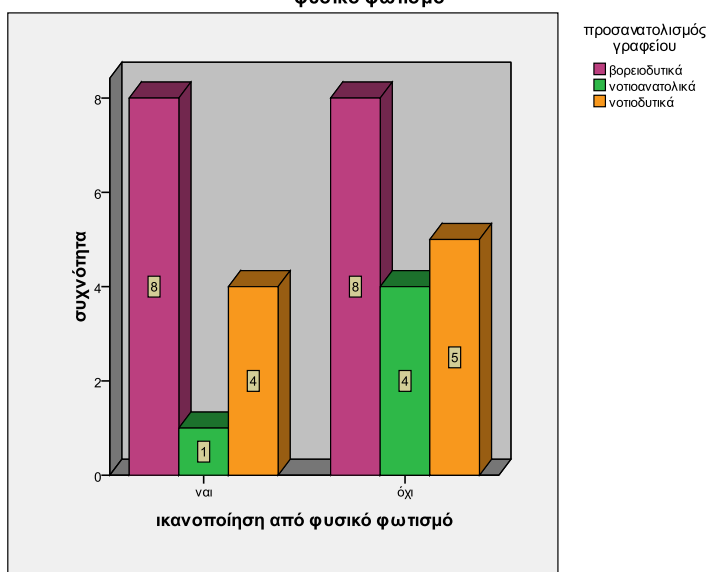


Εικόνα 7.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Καλοκαίρι

6.2.1.2 Φυσικός φωτισμός το καλοκαίρι

Ο φυσικός φωτισμός στο εσωτερικό του κτιρίου δεν είναι καθόλου ικανοποιητικός και αυτό εξακριβώνεται σύμφωνα με τους χρήστες του, αφού ποσοστό 56,67% έχει απαντήσει ότι δεν είναι ικανοποιημένος με το φυσικό φωτισμό στο χώρο του όταν τα φώτα είναι σβηστά. Στην ερώτηση που αφορά την ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων που βρίσκονται σε χώρους με νότιο προσανατολισμό παρατηρούμε ότι ποσοστό 56% και 80% εκείνων που βρίσκονται σε νοτιοδυτικά και νοτιοανατολικά προσανατολισμένο χώρο, αντιστοίχως, δεν είναι ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό. Με βάση την χωροθέτηση του κτιρίου και το ότι δεν υπάρχουν νοτίως του άλλα ψηλότερα κτίρια, είναι αδικαιολόγητο κάτι τέτοιο. Τα πιο πάνω εξηγούνται όμως από την επιτόπου επίσκεψη όπου διαφαίνεται ότι στη νότια πλευρά του κτιρίου δεν υπάρχει οποιαδήποτε πρόνοια για φωταγωγούς ή παράθυρα (Εικόνα 8.1).

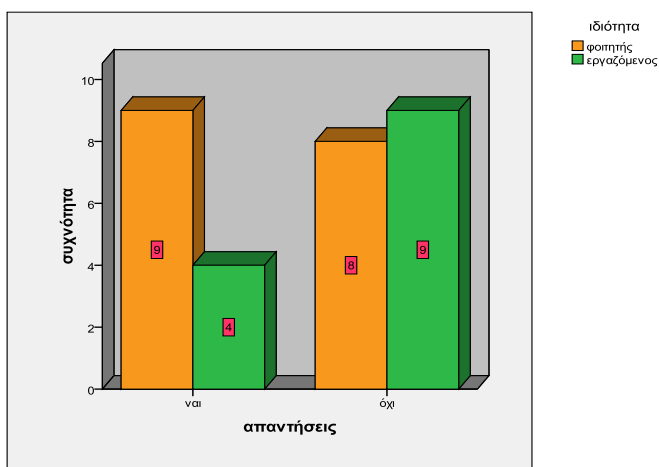
Συσχετισμός του προσανατολισμού των γραφείων με την ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό



Εικόνα 8.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Καλοκαίρι ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

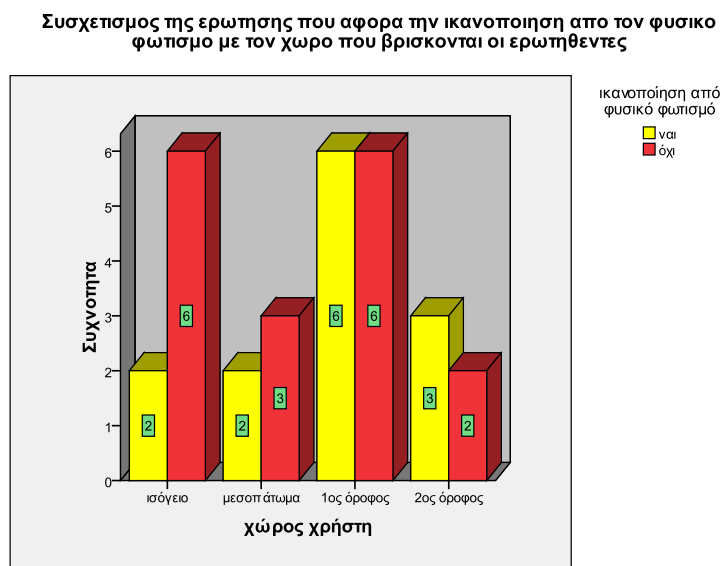
Σε συσχέτισμό μεταξύ της ιδιότητας των ερωτηθέντων και την ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό, διαφαίνεται μετά από την απαραίτητη αναγωγή, ότι ποσοστό των εργαζομένων που ανέρχεται στο 69% απάντησε ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό του χώρου που βρίσκονται. Είναι φυσικό επακόλουθο οι εργαζόμενοι να εκφράζουν οποιαδήποτε σχετική δυσαρέσκεια σε σχέση με τους φοιτητές, αφού οι εργαζόμενοι είναι για περισσότερες ώρες στο κτήριο και σίγουρα θα είναι και για περισσότερα χρόνια στον χώρο (Εικόνα 8.2).

συσχέτιση της ιδιότητας των ερωτηθέντων σχετικά με την ερώτηση που αφορά την ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό στον χώρο



Εικόνα 8.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Καλοκαίρι ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

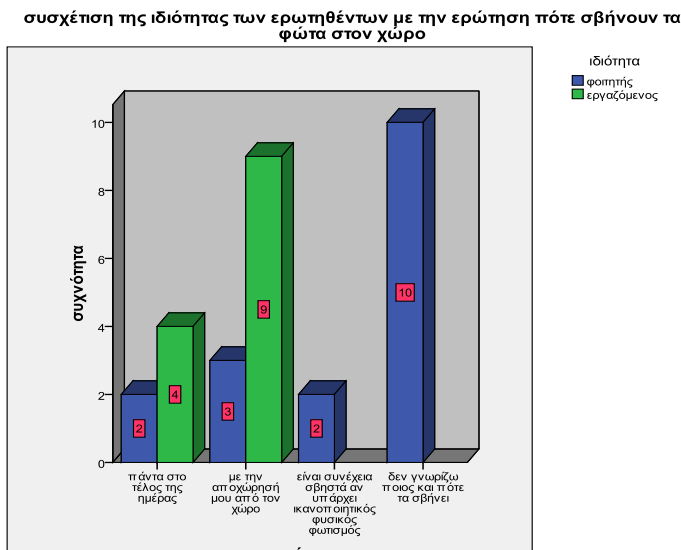
Σε συσχετισμό μεταξύ της ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό σε σχέση με τον χώρο που βρίσκονται οι ερωτηθέντες, παρατηρούμε ότι υπάρχει δυσαρέσκεια από τον φυσικό φωτισμό για τους ερωτηθέντες που βρίσκονται στο ισόγειο και μεσοπάτωμα. Συγκεκριμένα, το 75% των ερωτηθέντων του ισογείου και το 60% των ερωτηθέντων του μεσοπατώματος δηλώνουν μη ικανοποιημένοι. Ενώ θα περίμενε κάποιος η κατάσταση να είναι καλύτερη για τους ερωτηθέντες σε ορόφους του κτιρίου, αφού βρίσκονται στους ψηλότερους ορόφους και υπάρχουν μεγάλα παράθυρα στις αίθουσες, παρατηρούμε ότι οι απαντήσεις είναι μοιρασμένες για τον 1^ο όροφο και όσον αφορά τους 5 ερωτηθέντες που βρίσκονταν στον 2^ο όροφο μόνο οι 3 δηλώσαν ικανοποιημένοι. Φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα με τον φυσικό φωτισμό του κτιρίου το οποίο πρέπει να εντοπιστεί και αντιμετωπιστεί, διότι έχει άμεσο αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και πιθανό και στην εργασιακή απόδοση των χρηστών (Εικόνα 8.3).



Εικόνα 8.3: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Καλοκαίρι ανάλογα με το χώρο χρήστη

Στην ερώτηση πότε σβήνουν τα φώτα στο χώρο παρατηρείται ότι, σχεδόν ποσοστό 69.2% των εργαζομένων στο κτήριο απάντησαν ότι ο φωτισμός κλείνει με την αποχώρησή τους από τον χώρο. Για τις απαντήσεις των φοιτητών είναι μοιρασμένα τα ποσοστά. Αξιοσημείωτο είναι ότι ποσοστό 58.85% των ερωτηθέντων φοιτητών δεν γνωρίζουν πότε κλείνει ο φωτισμός στον χώρο, σε αντίθεση με τους εργαζόμενους. Αυτό ίσως υποδεικνύει

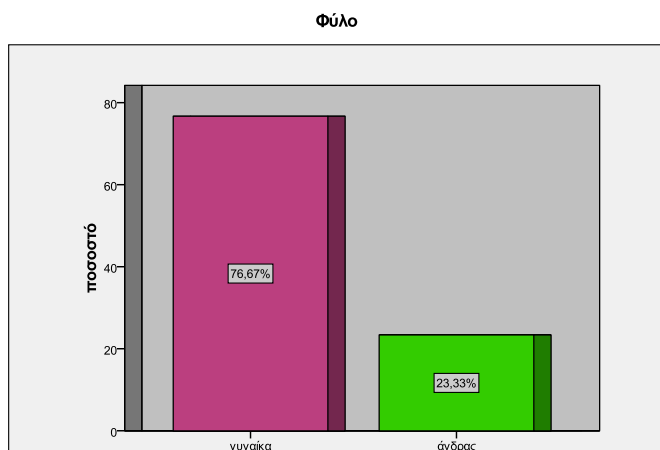
και υποψία αδιαφορίας από μέρους των φοιτητών σχετικά με το εάν πρέπει οι ίδιοι να σβήσουν τα φώτα όταν αποχωρούν από κάποιον τον χώρο που βρίσκονται (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Σβήσιμο του φωτισμού το Καλοκαίρι ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

6.2.2 Ανάλυση ερωτηματολογίων για το Φθινόπωρο

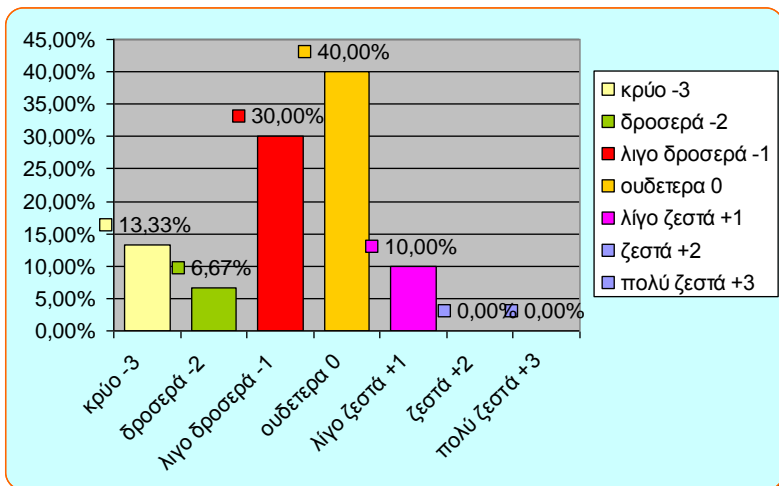
Η ημερομηνία που απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια ήταν στις 28/11/2012, και η ώρα απαντήσεων του κάθε χρήστη κυμαινόταν από τις 11:00 – 12:00 μμ. Η εξωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κυμαινόταν στους 24°C και 64%, αντίστοιχα, με μικτό ουρανό (ήλιο και σύννεφα). Ο ρουχισμός χρήστη σε clo είναι 0,64, εφόσον οι περισσότεροι φορούσαν παντελόνι, μακρυμάνικο πουκάμισο/μπλούζα και κοντή φούστα με μακρυμάνικη μπλούζα. Απαντήθηκαν 30 ερωτηματολόγια από τα οποία τα είκοσι τρία (23) ανήκαν σε γυναίκες και τα επτά (7) σε άνδρες, δηλαδή ποσοστό 76,67% και 23,33%, αντίστοιχα (Εικόνα 10). Οι δεκαεννιά (19) από τους ερωτηθέντες ήταν φοιτητές και οι έντεκα (11) εργαζόμενοι, δηλαδή ποσοστό 63,33% και 36,67%, αντίστοιχα.



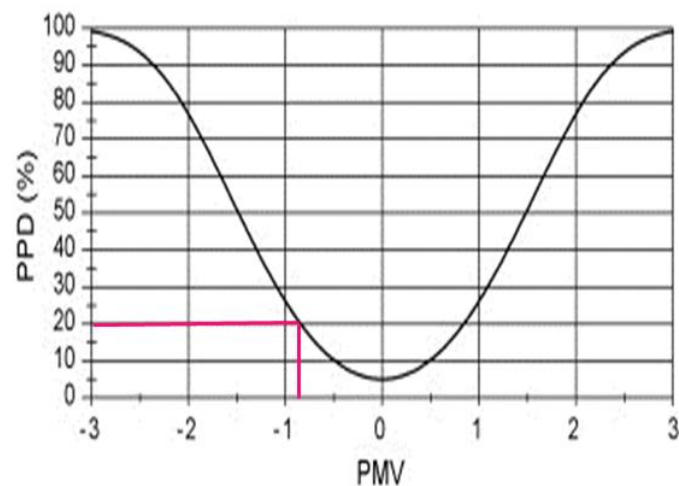
Εικόνα 10: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Φθινόπωρο

6.2.2.1 Θερμική άνεση το Φθινόπωρο – Ανάλυση δεικτών PPD - PMV

Στην εικόνα 11.1 και 11.2 καθορίζεται η σχέση μεταξύ των δεικτών PPD και PMV μέσα από το ερώτημα πώς αισθάνονται οι χρήστες σχετικά με τη θερμική άνεση στο χώρο τους. Στην ερώτηση αυτή παρατηρήθηκε ότι συνολικά ποσοστό 40% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι αισθάνονται ουδέτερα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολο, ποσοστό 50% έχει δώσει απαντήσεις ότι αισθάνονται λίγο δροσερά, δροσερά ή κρύο, ενώ κάποιες δεν έχει δώσει απάντηση ότι αισθάνεται ζεστά ή πολύ ζεστά (Εικόνα 11.1). Συνεπώς, σύμφωνα με την εικόνα 11.2, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD = 20\%$ και το $PMV = (-0,8)$. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 20\%$ κυμαίνεται εντός των αποδεκτών ορίων, δεδομένου ότι το PMV είναι $-0,8$ (Εικόνα 11.2). Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι το Φθινόπωρο αισθάνονται ουδέτερα. Να σημειωθεί ότι ποσοστό 80% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι ο κλιματισμός ήταν απενεργοποιημένος.

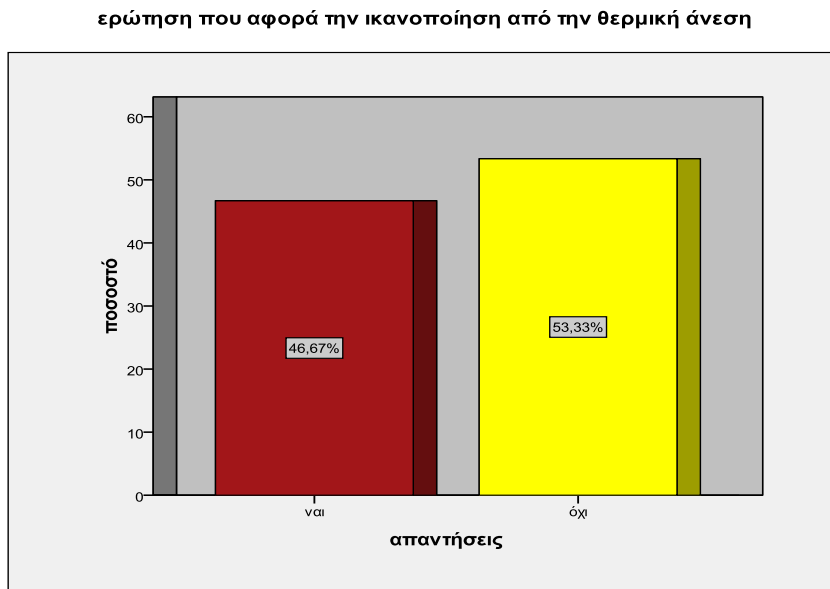


Εικόνα 11.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση το Φθινόπωρο



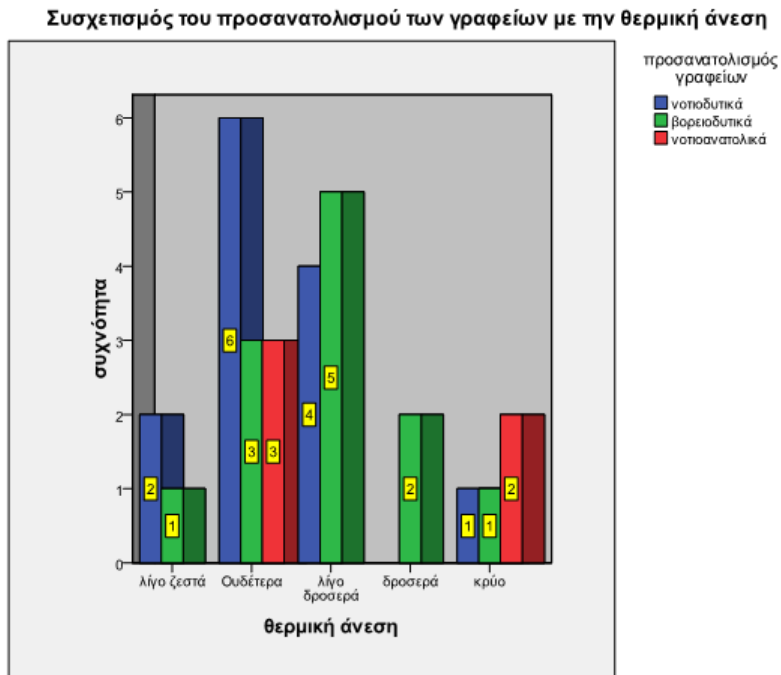
Εικόνα 11.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV το Φθινόπωρο

Σε συνέχεια των πιο πάνω, παρατηρείται στην εικόνα 11.3 που αφορά την ικανοποίηση από τη θερμική άνεση, ποσοστό 53,3% έχει απαντήσει ότι δεν είναι ικανοποιημένο από τη θερμική άνεση του χώρου που βρίσκεται.

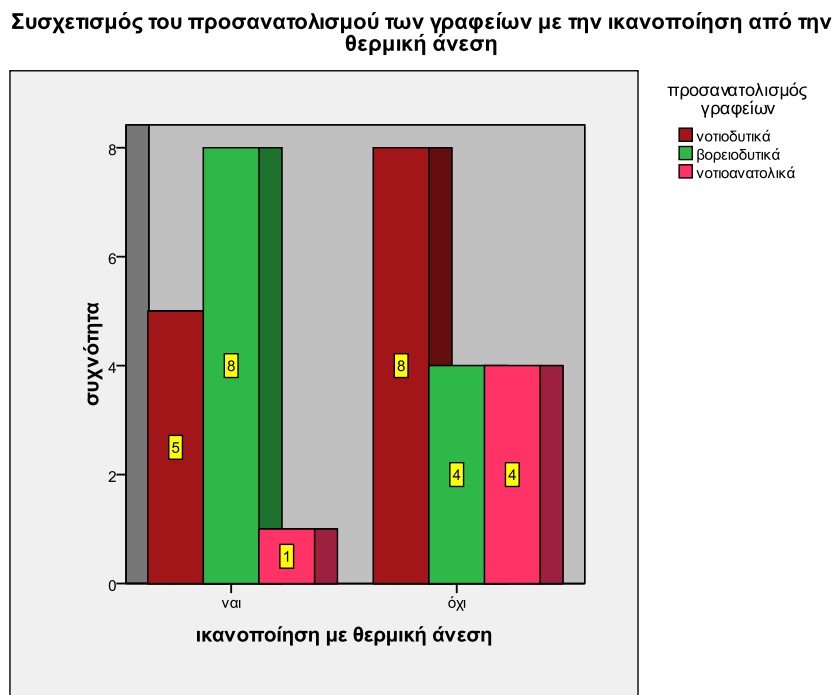


Εικόνα 11.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση το Φθινόπωρο

Οι ερωτηθέντες οι οποίοι βρίσκονται σε χώρο με νοτιοδυτικό προσανατολισμό σε ποσοστό 46% απάντησαν ότι αισθάνονται ουδέτερα. Ακόμη ποσοστό περίπου 30% έχουν απαντήσει ότι αισθάνονται λίγο δροσερά. Επίσης, οι ερωτηθέντες που βρίσκονται σε χώρο με βορειοδυτικό προσανατολισμό αξιοσημείωτο είναι ότι ποσοστό περίπου 42% έχουν απαντήσει ότι αισθάνονται λίγο δροσερά (Εικόνα 11.4). Ποσοστό 61,5% των ερωτηθέντων που βρίσκονται σε χώρο με νοτιοδυτικό προσανατολισμό έχουν δηλώσει ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τη θερμική άνεση του χώρου που βρίσκονται. Ακόμη ποσοστό 66,6% των ερωτηθέντων που βρίσκονται σε χώρο με βορειοδυτικό προσανατολισμό έχουν απαντήσει ότι είναι ικανοποιημένοι με τη θερμική άνεση του χώρου που βρίσκονται (Εικόνα 11.5).

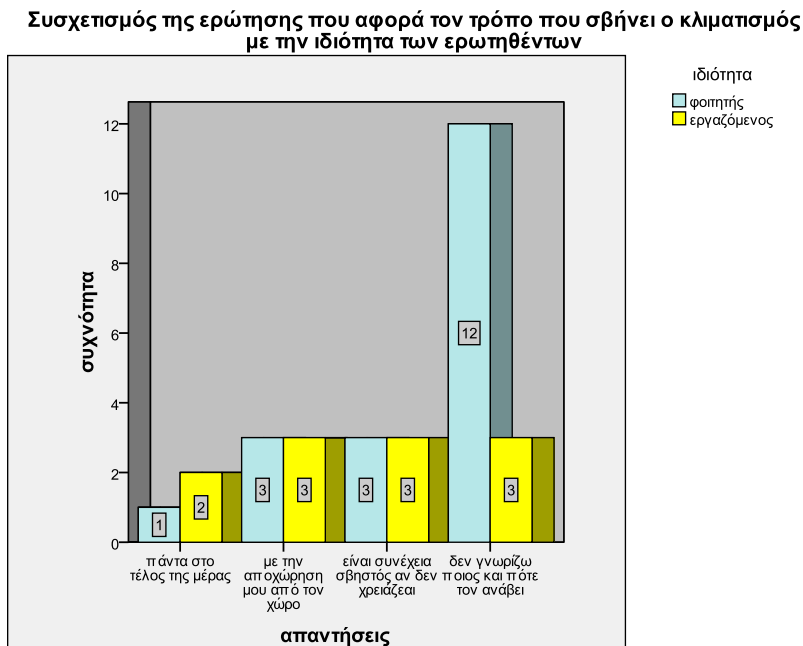


Εικόνα 11.4: Θερμική άνεση το Φθινόπωρο ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου



Εικόνα 11.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση το Φθινόπωρο ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

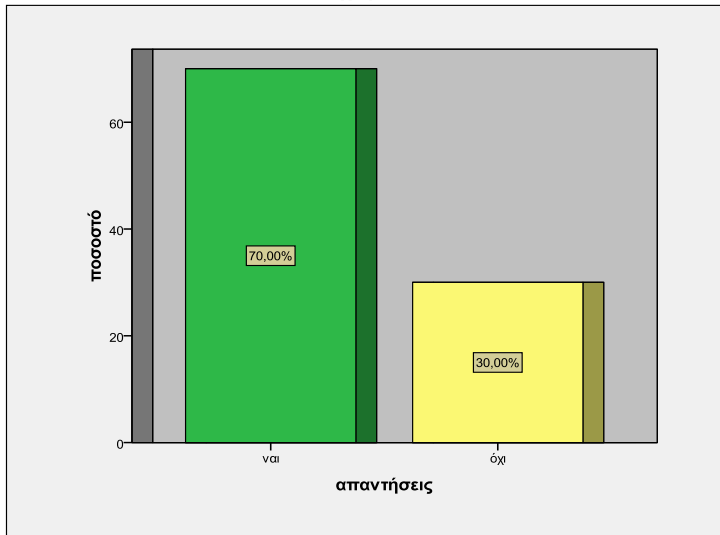
Σχετικά με τις συνήθειες των χρηστών για τον κλιματισμό, ποσοστό 63% των ερωτηθέντων φοιτητών δεν γνωρίζουν ποτέ και ποιος απενεργοποιεί τον κλιματισμό στον χώρο που βρίσκονται. Όσον αφορά τους εργαζόμενους φαίνεται να υπάρχει μια ισορροπημένη κατανομή σχετικά με τις απαντήσεις τους, αφού τα ποσοστά για τις δοθείσες απαντήσεις κυμαίνονται περίπου στο 22-27% (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό το Φθινόπωρο

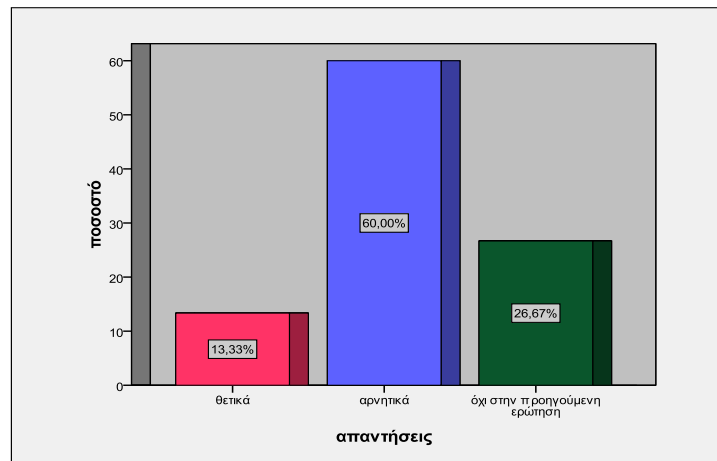
Στην ερώτηση σχετικά με το αν οι ερωτηθέντες πιστεύουν ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση του χώρου, η μεγάλη πλειοψηφία με ποσοστό 70% απάντησε θετικά (Εικόνα 13.1). Συνολικά ποσοστό 60% από αυτούς, απάντησε ότι πιστεύει ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει αρνητικά τη θερμική άνεση. Εκτελώντας την σχετική αναγωγή, αφού υπάρχει και ένα ποσοστό του συνόλου των ερωτηθέντων 26,67% που πιστεύουν ότι ο Η/Μ εξοπλισμός δεν επηρεάζει τη θερμική άνεση, θα διαπιστωθεί ότι ποσοστό 82% όσων θεωρούν ότι ο Η/Μ εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση, πιστεύουν μάλιστα ότι την επηρεάζει αρνητικά (Εικόνα 13.2).

Ερώτηση σχετικά με το εάν ο εξοπλισμός επηρεάζει την θερμική άνεση στον χώρο



Εικόνα 13.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Φθινόπωρο

Ερώτηση σχετικά με το αν ο εξοπλισμός επηρεάζει θετικά ή αρνητικά

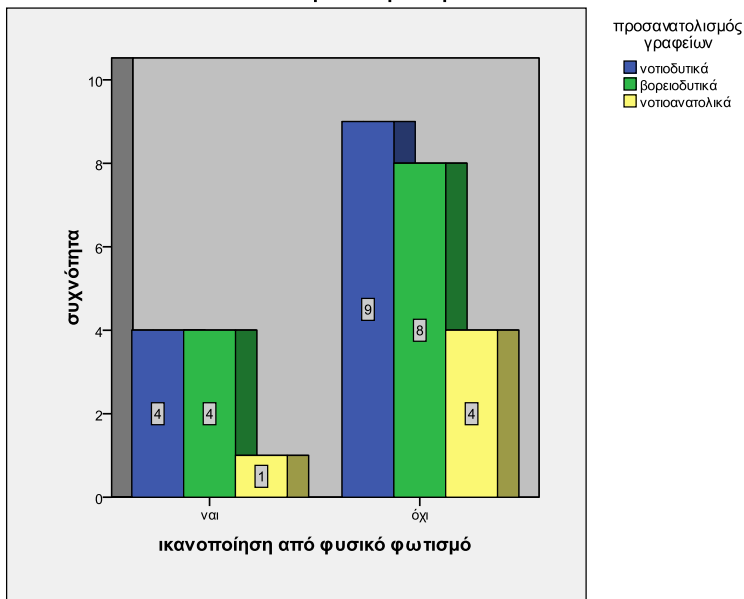


Εικόνα 13.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Φθινόπωρο

6.2.2.2 Φυσικός φωτισμός το Φθινόπωρο

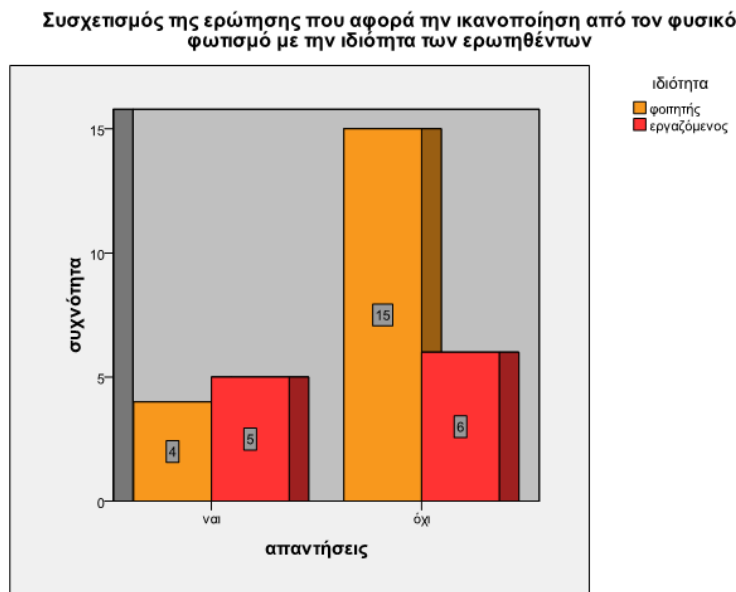
Όσο αφορά το φυσικό φωτισμό, συνολικά ποσοστό 70% των ερωτηθέντων δεν είναι ικανοποιημένο από τον φυσικό φωτισμό στον χώρο που βρίσκεται. Αν οι ερωτηθέντες καταμετρηθούν με βάση τον προσανατολισμό του χώρου που βρίσκονται παρατηρούμε ότι 69,2% όσων βρίσκονται σε χώρο με νοτιοδυτικό προσανατολισμό και 66,6% όσων βρίσκονται σε χώρο με βορειοδυτικό προσανατολισμό, αντίστοιχα, δηλώνουν μη ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό του χώρου τους (Εικόνα 14.1).

Συσχετισμός του προσανατολισμού των γραφείων με την ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό



Εικόνα 14.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Φθινόπωρο ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

Επιπλέον, σε συσχετισμό μεταξύ της ιδιότητας των ερωτηθέντων και την ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό, ποσοστό σχεδόν 79% των ερωτηθέντων φοιτητών δήλωσαν ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό στον χώρο τους. Στην αντίθετη πλευρά φαίνεται ότι οι εργαζόμενοι είναι σε μοιρασμένα ποσοστά αφού το 54% δήλωσε μη ικανοποιημένο και το 46% δήλωσε ικανοποιημένο (Εικόνα 14.2).

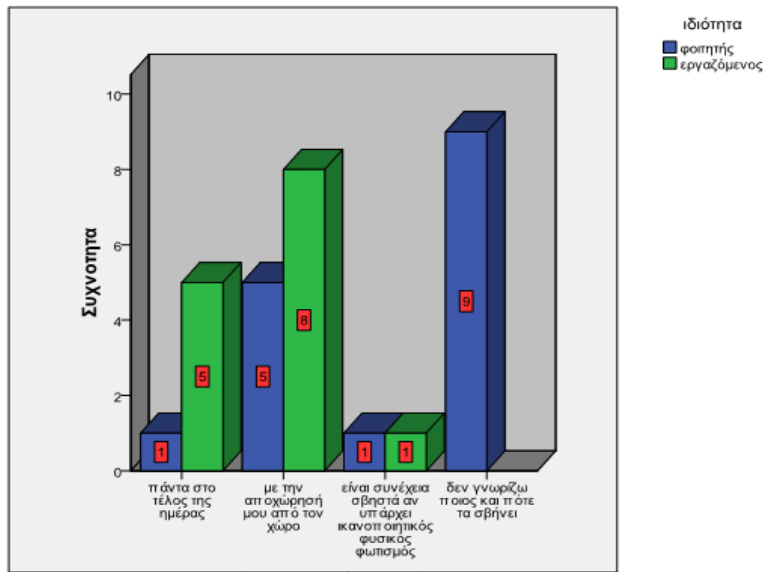


Εικόνα 14.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Φθινόπωρο ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

Σε συσχετισμό μεταξύ της ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό το Φθινόπωρο σε σχέση με τον χώρο που βρίσκονται οι ερωτηθέντες, ισχύουν τα ίδια αποτελέσματα με αυτά του Καλοκαιριού.

Σε συσχετισμό της ιδιότητας των ερωτηθέντων με το αν γνωρίζουν πότε σβήνουν τα φώτα στον χώρο που βρίσκονται, παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των φοιτητών σε ποσοστό 56% απάντησε ότι δεν ξέρουν ποιος και πότε σβήνει τα φώτα. Από την άλλη πλευρά, οι εργαζόμενοι στο κτίριο, η πλειοψηφία τους με ποσοστό 57% δήλωσε ότι τα φώτα σβήνουν με την αποχώρησή τους από τον χώρο (πολύ πιθανό να τα σβήνουν οι ίδιοι) ενώ ποσοστό περίπου 36% απάντησε ότι τα φώτα στον χώρο τους σβήνουν πάντα στο τέλος της ημέρας (Εικόνα 15).

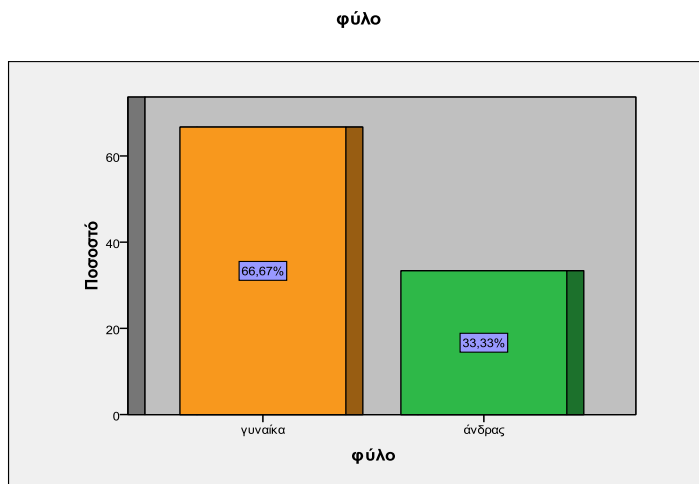
Συσχετισμός της ερωτησης ποτε σβηγουν τα φωτα με την ιδιοτητα των ερωτηθεντων



Εικόνα 15: Σβήσιμο του φωτισμού το Φθινόπωρο ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

6.2.3 Ανάλυση ερωτηματολογίων για το Χειμώνα

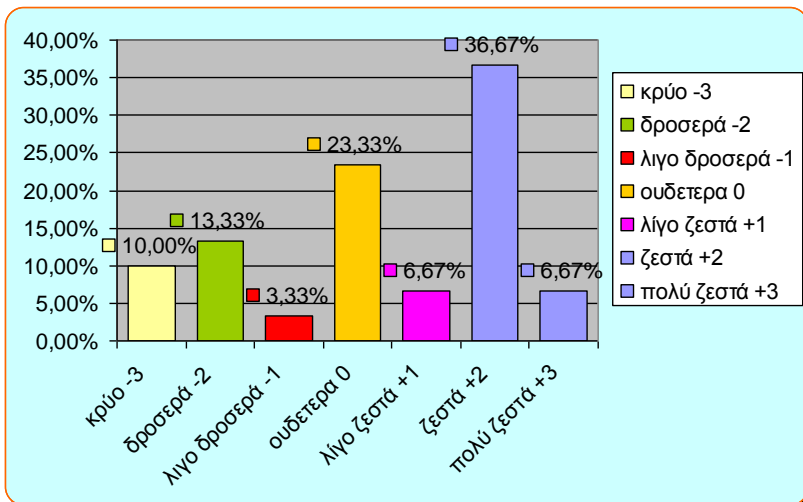
Η ημερομηνία που απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια ήταν στις 18/02/2013, και η ώρα απαντήσεων του κάθε χρήστη κυμαινόταν από τις 12:00 – 13:00 μμ. Η εξωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κυμαινόταν στους 14°C και 40%, αντίστοιχα, με νεφελώδη ουρανό. Ο ρουχισμός χρήστη σε clo είναι 1,15, εφόσον οι περισσότεροι φορούσαν μακρύ παντελόνι, μπλούζα, με μακρυμάνικο μάλλινο ή και σακάκι. Απαντήθηκαν 30 ερωτηματολόγια από τα οποία τα είκοσι (20) ανήκαν σε γυναίκες και τα δέκα (10) σε άνδρες, δηλαδή ποσοστό 66,67% και 33,33%, αντίστοιχα (Εικόνα 16). Οι δεκαέξι (16) από τους ερωτηθέντες ήταν φοιτητές και οι δεκατέσσερις (14) εργαζόμενοι, δηλαδή ποσοστό 53,33% και 46,67%, αντίστοιχα.



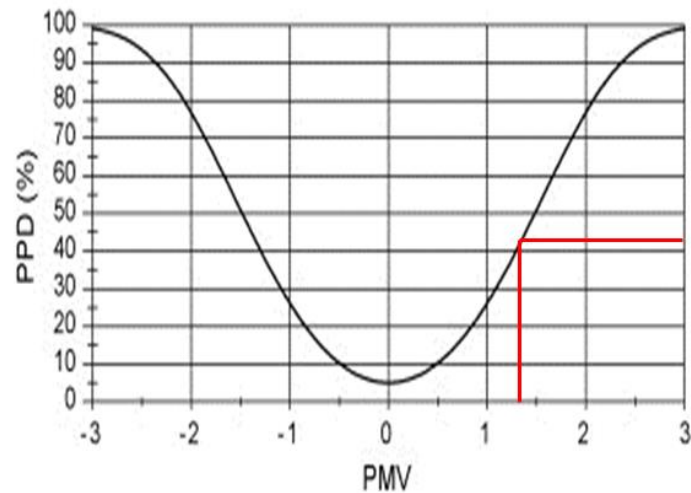
Εικόνα 16: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Χειμώνα

6.2.3.1 Θερμική άνεση το Χειμώνα – Ανάλυση δεικτών PPD - PMV

Στην εικόνα 17.1 και 17.2 καθορίζεται η σχέση μεταξύ των δεικτών PPD και PMV μέσα από το ερώτημα πώς αισθάνονται οι χρήστες σχετικά με τη θερμική άνεση στο χώρο τους. Ποσοστό 23,33% έχει απαντήσει ότι αισθάνεται ουδέτερα. Ποσοστό αθροιστικά επίσης 23,33% απάντησε ότι αισθάνεται δροσερά και κρύο, ενώ ποσοστό 36,67% απάντησε ότι αισθάνεται ζεστά. Αξίζει να αναφερθεί ότι αθροιστικά ποσοστό 43,34% αισθάνεται ζεστά και πολύ ζεστά, κάτι το οποίο θα πρέπει να τύχει περαιτέρω μελέτης και ανάλυσης (Εικόνα 17.1). Συνεπώς, σύμφωνα με την εικόνα 17.2, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι PPD = 43,34% και το PMV = (+1,4). Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το PPD = 43,34% δεν κυμαίνεται στα αποδεκτά όρια, δεδομένου ότι το PMV είναι +1,4 (Εικόνα 17.2). Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι το χειμώνα αισθάνονται ζεστά. Να σημειωθεί ότι ποσοστό 56,67% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι ο κλιματισμός ήταν ενεργοποιημένος και προφανώς σε πολύ ψηλές θερμοκρασίες.

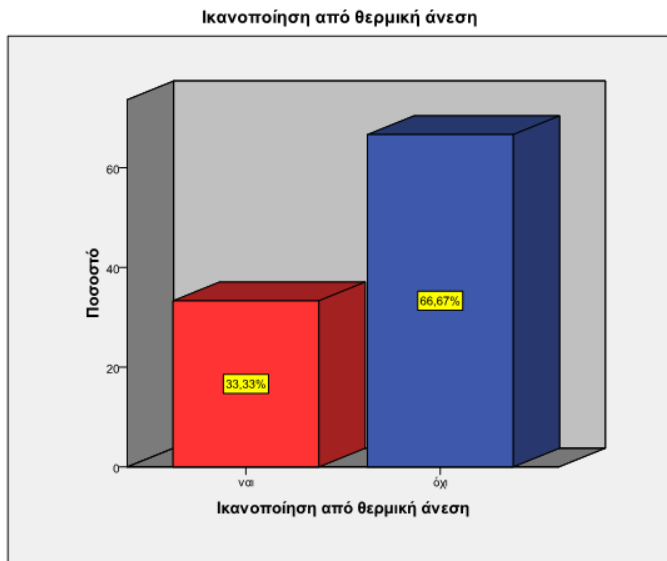


Εικόνα 17.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση το Χειμώνα



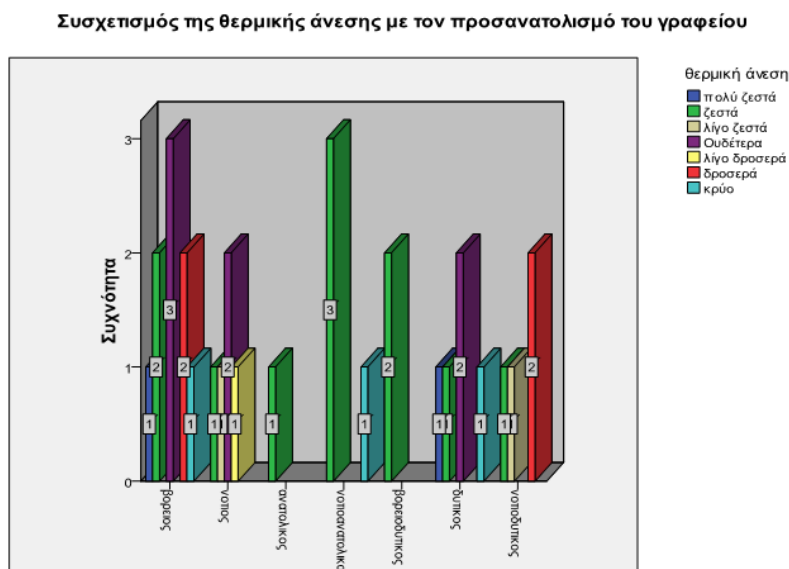
Εικόνα 17.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV το Χειμώνα

Επίσης, η αρνητική στάση των ερωτηθέντων για την ικανοποίηση από τη θερμική άνεση του χώρου που βρίσκονται συνολικά φτάνει το 66,67%, σε αντίθεση με το 33,33% από αυτούς που είναι ικανοποιημένοι (Εικόνα 17.3).



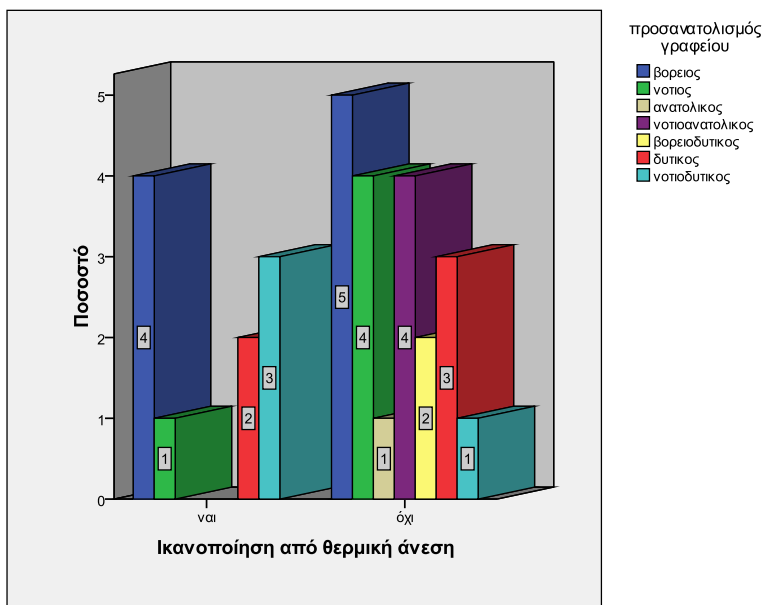
Εικόνα 17.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση το Χειμώνα

Οι περισσότεροι ερωτηθέντες που βρίσκονται σε χώρο με νοτιοανατολικό προσανατολισμό απάντησαν ότι αισθάνονται ζεστά. Ερωτηθέντες που βρίσκονται σε χώρους με βόρειο προσανατολισμό παρατηρούμε ότι έδωσαν απαντήσεις όλων των αποχρώσεων, από ουδέτερα, ως πολύ ζεστά ή κρύα (Εικόνα 17.4). Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι οι περισσότεροι ερωτηθέντες που δήλωσαν μη ικανοποιημένοι με τη θερμική άνεση βρίσκονται σε χώρο με άμεση ή συγγενική συσχέτιση με βόρειο ή και δυτικό προσανατολισμό. Σημειώνεται ότι παρόλο που το υπό μελέτη κτίριο έχει νότιο – νοτιοδυτικό προσανατολισμό, υαλοπίνακες σταθεροί και ανοιγόμενοι υπάρχουν μόνο στην βόρεια και βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου (Εικόνα 17.5)



Εικόνα 17.4: Θερμική άνεση το Χειμώνα ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

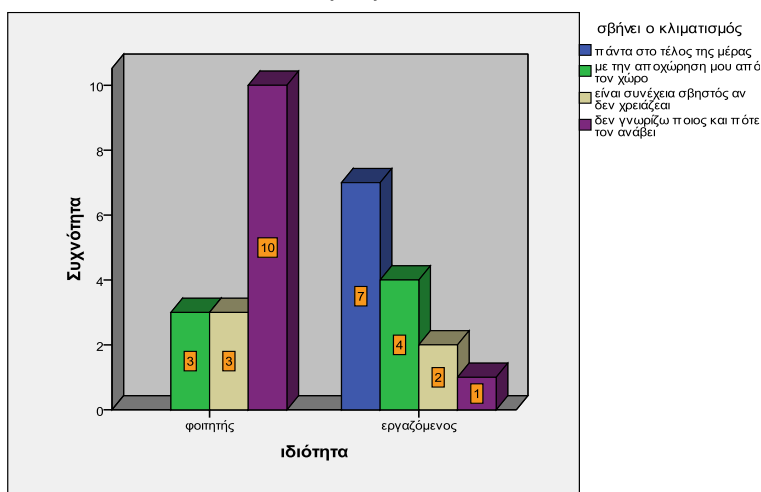
Συσχετισμός της ικανοποίησης από τη θερμική άνεση με τον προσανατολισμό του γραφείου



Εικόνα 17.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση το Χειμώνα ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

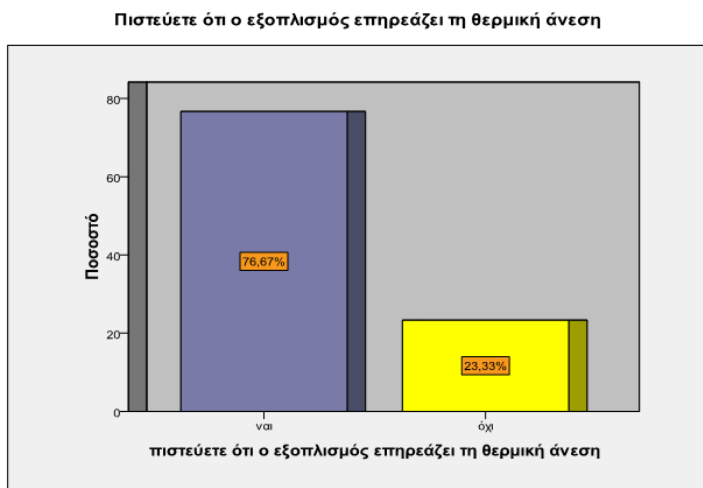
Σχετικά με την εικόνα 18 φαίνεται να καταγράφεται και το χειμώνα η ίδια τάση αδιαφορίας από τους φοιτητές για τον τρόπο που απενεργοποιείται το ενεργοβόρο σύστημα του κτιρίου, αυτό του κλιματισμού. Συγκεκριμένα σε ποσοστό 62,5% δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν ποιος σβήνει τον κλιματισμό στον χώρο που βρίσκονται. Στην αντίθετη πλευρά οι εργαζόμενοι στο κτίριο σε ποσοστό 50% δήλωσαν ότι σβήνει στο τέλος της ημέρας και άλλοι σε ποσοστό 28% δήλωσαν ότι ο κλιματισμός σβήνει με την αποχώρησή τους από τον χώρο. Φαίνεται ότι η όποια προσπάθεια για επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας θα πρέπει να επικεντρωθεί στο προσωπικό του κτιρίου και παράλληλα να υπάρξει ενημέρωση και αφύπνιση της ενεργειακής συνείδησης των φοιτητών.

Συσχετισμός του τρόπου που σβήνει ο κλιματισμός με την ιδιότητα των ερωτηθέντων



Εικόνα 18: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό το Χειμώνα

Στην ερώτηση σχετικά με το αν οι ερωτηθέντες πιστεύουν ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση του χώρου, το Χειμώνα η μεγάλη πλειοψηφία των ερωτηθέντων απάντησε θετικά στην ερώτηση εάν ο εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση με ποσοστό 76,67% (Εικόνα 19.1). Από το ποσοστό αυτό, το 40% απάντησαν ότι επηρεάζει θετικά και ποσοστό 36,67% ότι επηρεάζει αρνητικά (Εικόνα 19.2). Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν είναι σαφές τι εννοεί κάποιος όταν λέει "αρνητικά" ή όταν λέει "θετικά". Για κάποιον που κρύνει τον χειμώνα μπορεί να επενεργεί θετικά, ενώ για κάποιον που ζεσταίνεται μάλλον θα επενεργεί αρνητικά, αφού ο εξοπλισμός συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας στον χώρο.



Εικόνα 19.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Χειμώνα

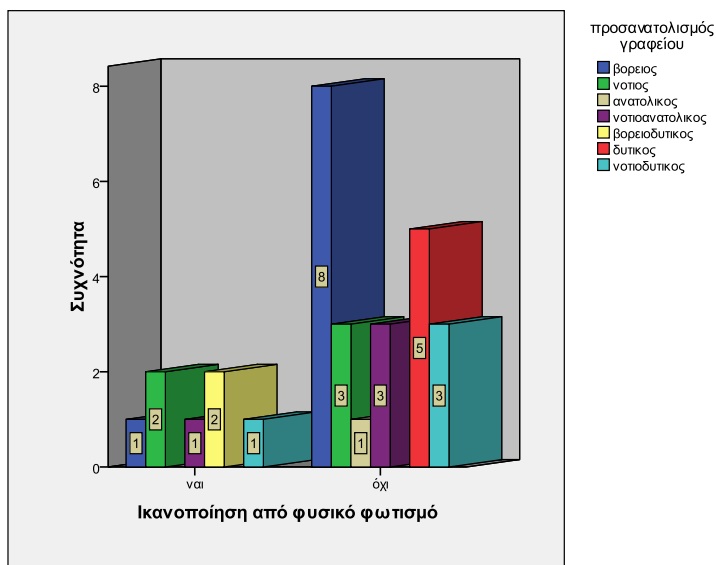


Εικόνα 19.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό το Χειμώνα

6.2.3.2 Φυσικός φωτισμός το Χειμώνα

Από το γράφημα για την ικανοποίηση από το φυσικό φωτισμό παρατηρούμε ότι ελάχιστοι είναι οι ερωτηθέντες που είναι ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό. Ακόμη μεγαλύτερη δυσαρέσκεια φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των ερωτηθέντων που βρίσκονται σε χώρο με νότιο και νοτιοανατολικό προσανατολισμό. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η νότια πλευρά του κτιρίου είναι τοιχοποιία χωρίς ανοίγματα και στη βόρεια και βορειοδυτική υπάρχουν μεγάλες επιφάνειες υαλοπινάκων (παράθυρα) τα οποία όμως στις πλείστες των περιπτώσεων είναι καλυμμένα με σκίαστρα (blinds) (Εικόνα 20.1).

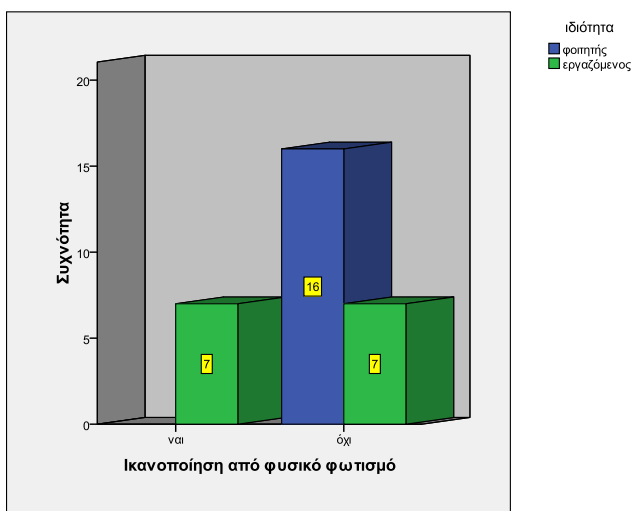
Συσχετισμός της ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό με τον προσανατολισμό του γραφείου



Εικόνα 20.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Χειμώνα ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

Επίσης, καταγράφεται σχετική ικανοποίηση των φοιτητών από τον φυσικό φωτισμό στο κτίριο, ενώ αντίθετα παρατηρείται να υπάρχει έντονη δυσαρέσκεια από την πλευρά των εργαζομένων. Αυτό εξηγείται από το ότι οι αίθουσες διδασκαλίας φωτίζονται πιο καλά από τα γραφεία των εργαζόμενων στο κτίριο αφού έχουν πολλά και μεγάλα παράθυρα και αυτό βοηθά στον πιο επαρκή φυσικό φωτισμό τους (Εικόνα 20.2).

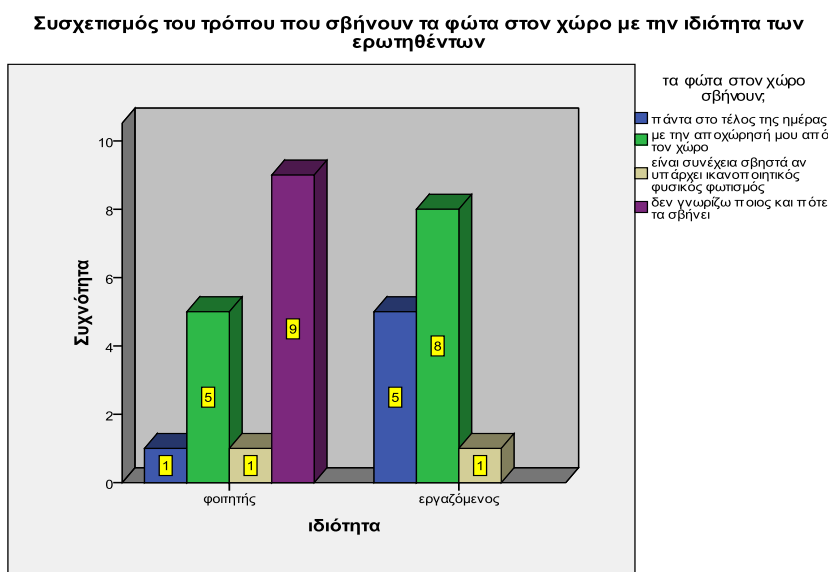
Συσχετισμός της ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό με την ιδιότητα των ερωτηθέντων



Εικόνα 20.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό το Χειμώνα ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

Σε συσχετισμό μεταξύ της ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό σε σχέση με τον χώρο που βρίσκονται οι ερωτηθέντες, ισχύουν τα ίδια αποτελέσματα με αυτά των προηγούμενων δύο εποχών.

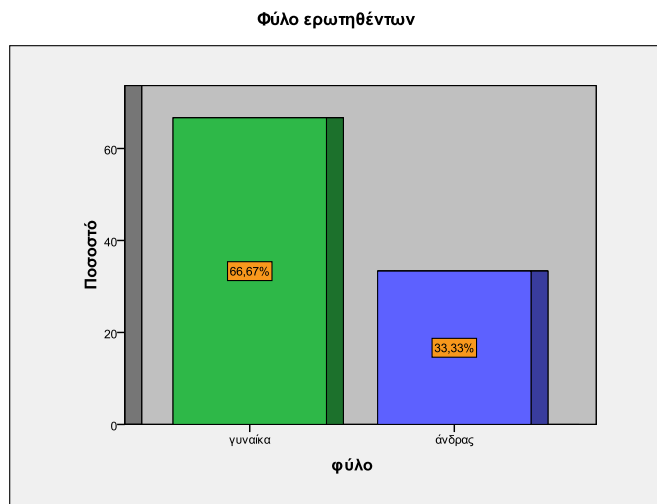
Σε συσχετισμό που έγινε για το πότε σβήνουν τα φώτα ανάλογα με την ιδιότητα του χρήστη, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ακολουθούμενη πρακτική όσον αφορά το πότε σβήνουν τα φώτα είναι διαφορετική για φοιτητές και εργαζόμενους στο κτίριο. Οι φοιτητές δεν γνωρίζουν και δεν φαίνεται να ενδιαφέρονται για το πότε ή το ποιος σβήνει τα φώτα στον χώρο τους (56%), ενώ από την άλλη πλευρά οι εργαζόμενοι σε ποσοστό 57% δηλώνουν ότι τα φώτα σβήνουν με την αποχώρησή τους από τον χώρο (Εικόνα 21).



Εικόνα 21: Σβήσιμο του φωτισμού το Χειμώνα ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

6.2.4 Ανάλυση ερωτηματολογίων για την Άνοιξη

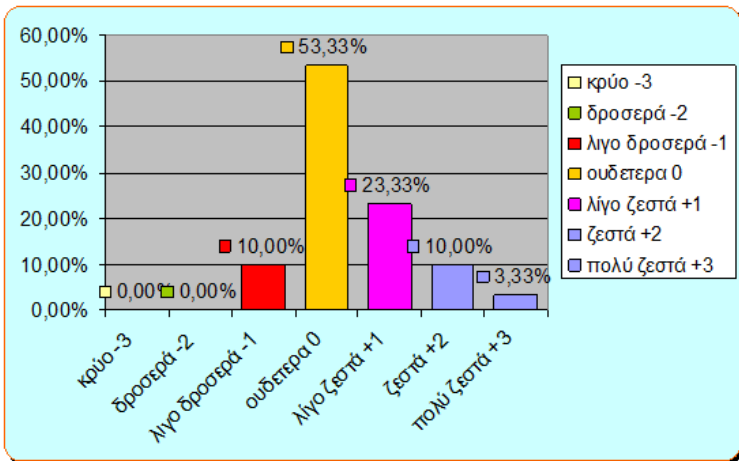
Η ημερομηνία που απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια ήταν στις 10/04/2013, και η ώρα απαντήσεων του κάθε χρήστη κυμαινόταν από τις 13:30 – 14:30 μμ. Η εξωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία κυμαινόταν στους 23°C και 53,3%, αντίστοιχα, με καθαρό ουρανό. Ο ρουχισμός χρήστη σε clo είναι 0,62, εφόσον οι περισσότεροι φορούσαν μακρύ παντελόνι με κοντομάνικο πουκάμισο, ή μακρυμάνικη μπλούζα. Απαντήθηκαν 30 ερωτηματολόγια από τα οποία τα είκοσι (20) ανήκαν σε γυναίκες και τα δέκα (10) σε άνδρες, δηλαδή ποσοστό 66,67% και 33,33%, αντίστοιχα (Εικόνα 22). Οι δεκαπέντε (15) από τους ερωτηθέντες ήταν φοιτητές και οι υπόλοιποι δεκαπέντε (15) εργαζόμενοι, δηλαδή ποσοστό 50% για τη κάθε ιδιότητα, αντίστοιχα.



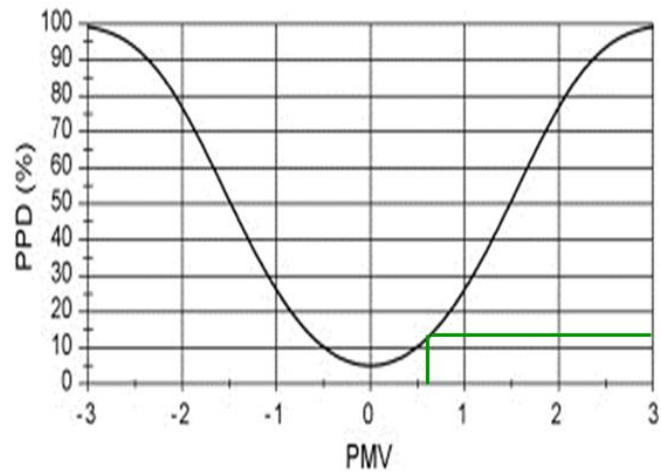
Εικόνα 22: Φύλο χρηστών των ερωτηθέντων για Άνοιξη

6.2.4.1 Θερμική άνεση την Άνοιξη – Ανάλυση δεικτών PPD - PMV

Στην εικόνα 23.1 και 23.2 καθορίζεται η σχέση μεταξύ των δεικτών PPD και PMV μέσα από το ερώτημα πώς αισθάνονται οι χρήστες σχετικά με τη θερμική άνεση στο χώρο τους. Άξιο αναφοράς είναι ότι ποσοστό πέραν του μισού των ερωτηθέντων, 53,33% έχει απαντήσει ότι αισθάνεται ουδέτερα όσον αφορά τη θερμική άνεση. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι αθροιστικά ποσοστό περίπου 36% έχει δηλώσει ότι αισθάνεται από λίγο έως πολύ ζεστά, ενώ πολύ μικρό ποσοστό του 10% απάντησε ότι αισθάνεται λίγο δροσερά. (Εικόνα 23.1). Συνεπώς, σύμφωνα με την εικόνα 23.2, το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι $PPD = 13,33\%$ και το $PMV = (+0,6)$. Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE το $PPD = 13,33\%$ κυμαίνεται στα αποδεκτά όρια, δεδομένου ότι το PMV είναι $+0,6$ (Εικόνα 23.2). Η πλειοψηφία των χρηστών δείχνουν ότι την άνοιξη αισθάνονται ουδέτερα. Να σημειωθεί ότι ποσοστό 83,33% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι ο κλιματισμός ήταν απενεργοποιημένος.

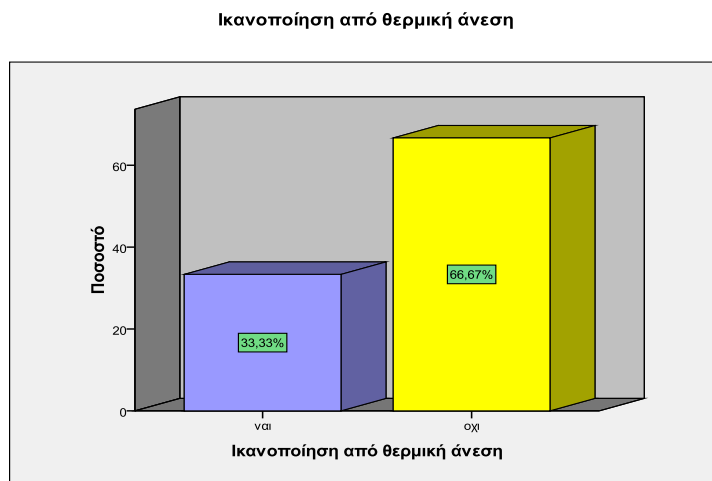


Εικόνα 23.1: Αίσθηση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τη θερμική άνεση την Άνοιξη



Εικόνα 23.2: Συσχετισμός PPD σύμφωνα με PMV την Άνοιξη

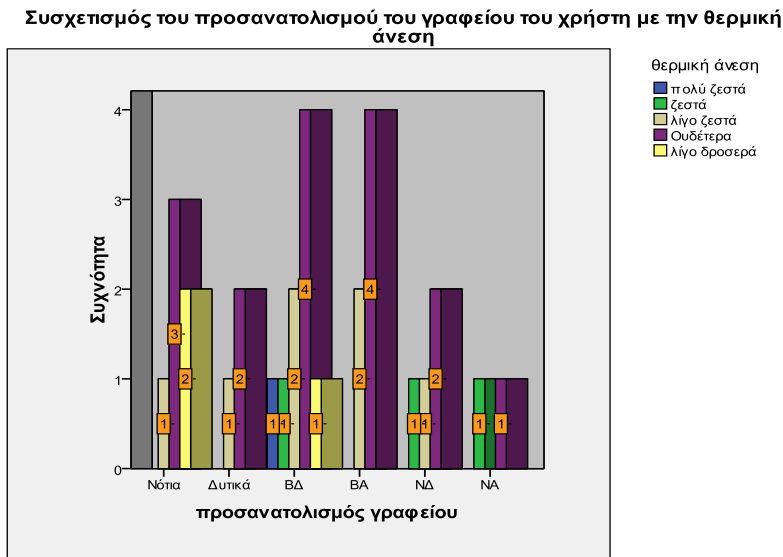
Ενδεχομένως, καταγράφεται η ικανοποίηση από τη θερμική άνεση. Ποσοστό των ερωτηθέντων 33,33% δήλωσαν ικανοποιημένοι, ενώ ποσοστό 66,67% απάντησαν ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τη θερμική άνεση. Η ικανοποίηση μπορεί να εξάγεται και από το ποσοστό όσων δήλωσαν ουδέτερα από τη θερμική άνεση (Εικόνα 23.3).



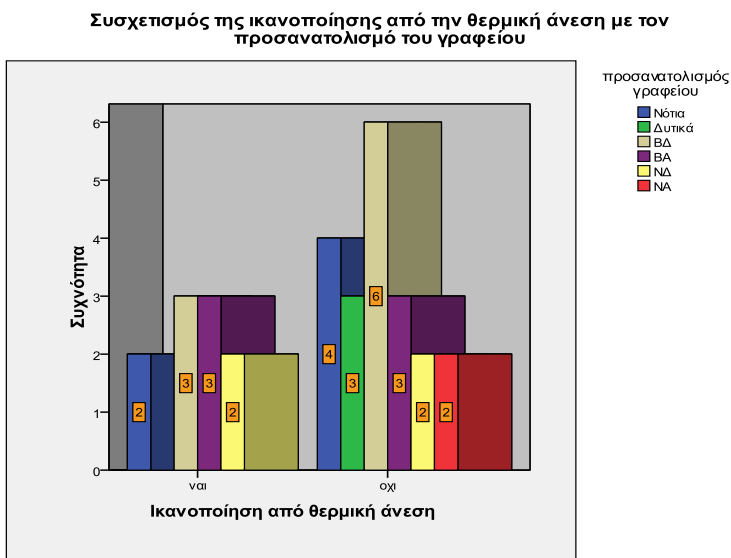
Εικόνα 23.3: Ικανοποίηση με τη θερμική άνεση την Άνοιξη

Στην εικόνα 23.4 παρατηρείται η συσχέτιση του προσανατολισμού του χώρου των χρηστών ανάλογα με την θερμική τους άνεση. Αναμενόταν ότι λόγω εποχής με ήπιες καιρικές συνθήκες και θερμοκρασίες για όλους τους χώρους των χρηστών θα επικρατούσαν απαντήσεις με ουδέτερη αίσθηση σχετικά με την θερμική άνεση. Πράγματι για κάθε συγκεκριμένο χώρο οι απαντήσεις για ουδέτερη αίσθηση θερμικής άνεση ξεπερνούν το 50%. Από την εικόνα 23.5 παρατηρούμε ότι οι χρήστες που βρίσκονται σε

χώρους με Βορειοδυτικό και Νότιο προσανατολισμό με αρκετά υψηλό ποσοστό (77%) δεν είναι ικανοποιημένοι από την θερμική άνεση του χώρου που βρίσκονται.



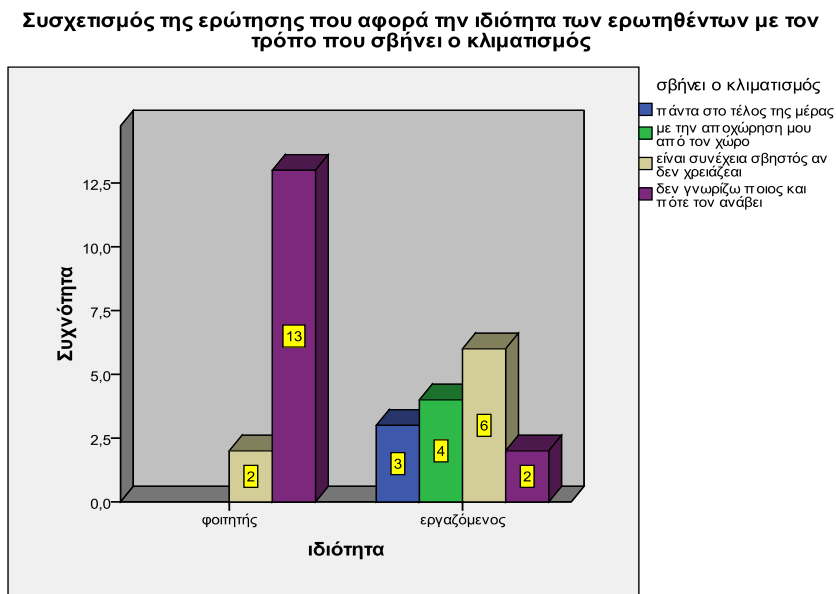
Εικόνα 23.4: Θερμική άνεση την Άνοιξη ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου



Εικόνα 23.5: Ικανοποίηση από θερμική άνεση την Άνοιξη ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

Επιπρόσθετα, διαφαίνεται καθαρά ότι υπάρχει έλλειψη οποιασδήποτε ενημέρωσης προς τους φοιτητές-χρήστες των χώρων του κτιρίου για την χρήση των κλιματιστικών

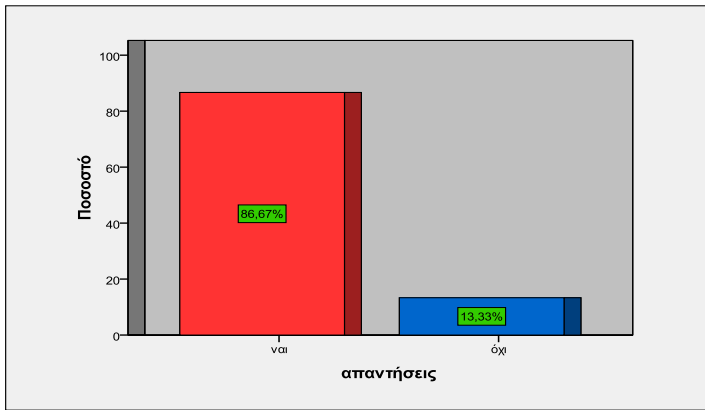
συσκευών των αιθουσών και για το πότε και ποιος τις σβήνει (86,6%). Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι φοιτητές να έχουν αποχωρήσει από την αίθουσα και ο κλιματισμός να συνεχίζει να παραμένει ενεργοποιημένος, απλά ίσως επειδή δεν έχει μεριμνήσει κάποιος να υπάρχει κάποιος υπεύθυνος ή να υπάρχει σχετική ανακοίνωση σε περίοπτη θέση εντός της αίθουσας (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Συσχέτιση των χρηστών (εργαζόμενοι ή φοιτητές) για τις συνήθειες σχετικά με τον κλιματισμό την Άνοιξη

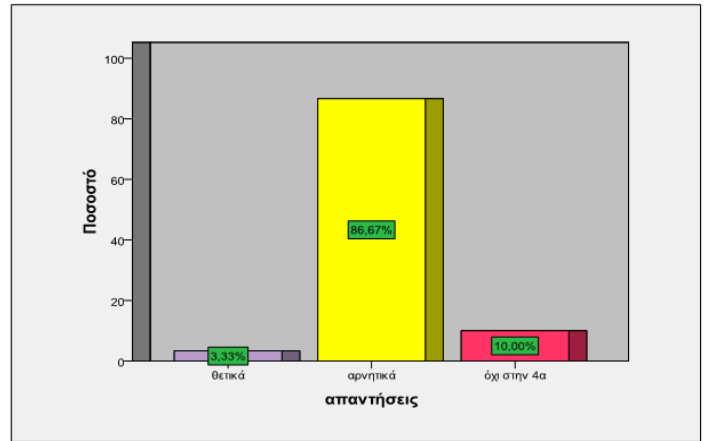
Στο ερώτημα σχετικά με το αν οι ερωτηθέντες πιστεύουν ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση του χώρου, η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων με ποσοστό 86,67% απάντησαν ότι επηρεάζει (Εικόνα 25.1). Από την συνέχεια της ερώτησης, ποσοστό 86,67% όσων απάντησαν θετικά, πιστεύουν ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει αρνητικά την θερμική άνεση ενός χώρου (Εικόνα 25.2).

πιστεύετε ότι ο εξοπλισμός επηρεάζει τη θερμική άνεση



Εικόνα 25.1: Επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό την Άνοιξη

εάν ναι, πιστεύετε ότι επηρεάζει θετικά ή αρνητικά

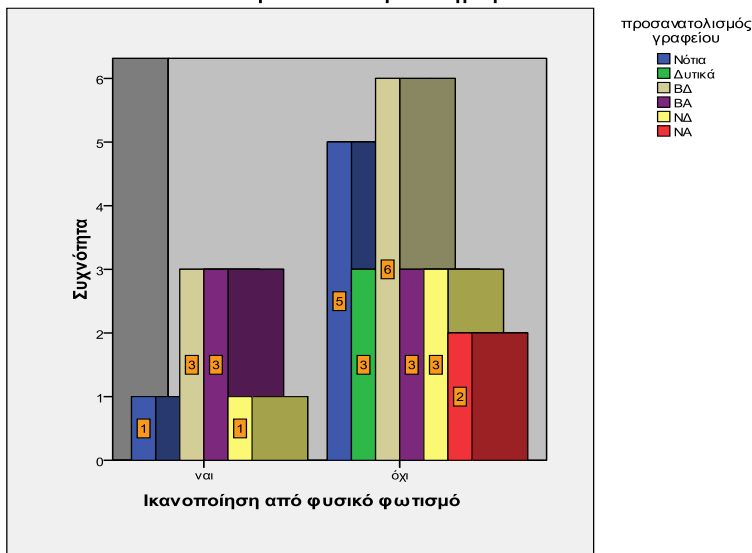


Εικόνα 25.2: Αρνητικός ή θετικός επηρεασμός της θερμικής άνεσης από τον εξοπλισμό την Άνοιξη

6.2.4.2 Φυσικός φωτισμός την Άνοιξη

Και πάλι όσο αφορά το φυσικό φωτισμό εξάγονται δύο βασικά συμπεράσματα, ότι οι χώροι που έχουν προσανατολισμό που έχει σχέση με Βορρά ή με Δύση έχουν μεγαλύτερη ικανοποίηση από τον φυσικό φωτισμό και ότι οι χώροι με Νότιο προσανατολισμό φαίνεται να αντιμετωπίζουν πρόβλημα με την επάρκεια του φυσικού φωτισμού αφού δεν υπάρχουν παράθυρα. (Εικόνα 26.1).

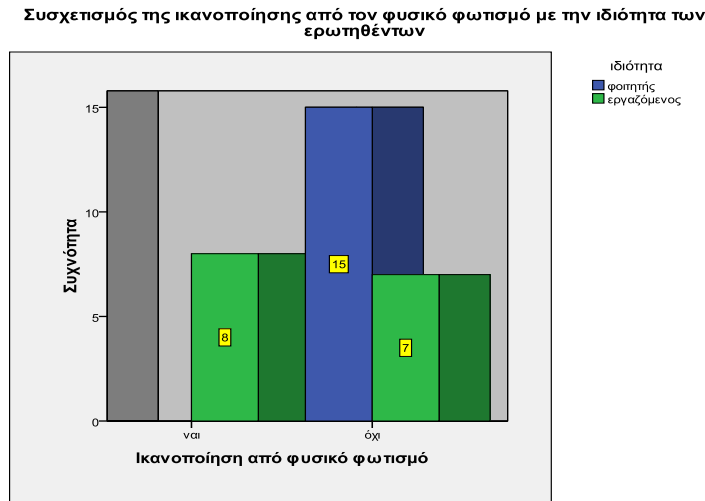
Συσχετισμός της Ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό με τον προσανατολισμό του γραφείου



Εικόνα 26.1: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό την Άνοιξη ανάλογα με τον προσανατολισμό χώρου

Παράλληλα, φαίνεται ότι μεγάλα ποσοστά των εργαζομένων και των φοιτητών δεν είναι καθόλου ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό στον χώρο που βρίσκονται. Είναι

αρκετά υψηλό το ποσοστό των δυσαρεστημένων, ειδικά για τους φοιτητές και θα πρέπει να μελετηθεί πιο διεξοδικά και να υπάρξουν σχετικές εισηγήσεις για απαμβλυνση αυτής της κατάστασης (Εικόνα 26.2).

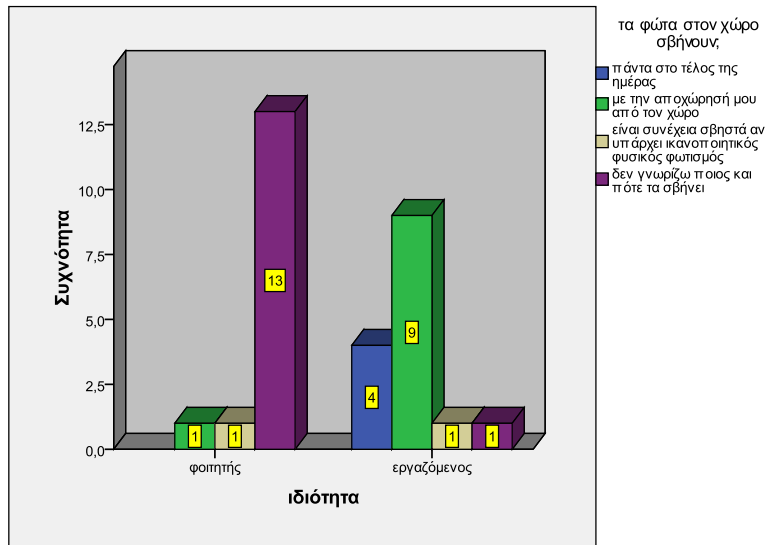


Εικόνα 26.2: Ικανοποίηση από φυσικό φωτισμό την Άνοιξη ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

Σε συσχετισμό μεταξύ της ικανοποίησης από τον φυσικό φωτισμό σε σχέση με τον χώρο που βρίσκονται οι ερωτηθέντες, ισχύουν τα ίδια αποτελέσματα με αυτά των προηγούμενων τριών εποχών. Δηλαδή υπάρχει δυσαρέσκεια φυσικού φωτισμού για τους χρήστες που βρίσκονται στο ισόγειο και μεσοπάτωμα. Οι χρήστες στους δύο πιο πάνω ορόφους του κτιρίου δεν είναι ούτε και αυτοί ικανοποιημένοι. Φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα με τον φυσικό φωτισμό σε ολόκληρο το κτίριο.

Σχετικά με τις συνήθειες των χρηστών για απενεργοποίηση του φωτισμού, παρατηρείται το ίδιο αποτέλεσμα στις αίθουσες και χώρους όπου βρίσκονται φοιτητές όπως και με το κλείσιμο του κλιματισμού στους χώρους (Εικόνα 27).

Συσχετισμός της ιδιότητας των ερωτηθέντων με τον τρόπο που σβήνουν τα φώτα στον χώρο



Εικόνα 27: Σβήσιμο του φωτισμού την Άνοιξη ανάλογα με την ιδιότητα χρήστη

6.3 Συμπεράσματα ερωτηματολογίων

Από τις απαντήσεις που πάρθηκαν από τα ερωτηματολόγια διαπιστώθηκαν κάποια βασικά συμπεράσματα όσο αφορά το πώς αισθάνονται στους χώρους του κτιρίου οι χρήστες του, την ικανοποίησή τους από τη θερμική άνεση, τις συνήθειες για τον κλιματισμό, την ικανοποίησή τους από το φυσικό φωτισμό και τις συνήθειες για το φωτισμό.

Το Καλοκαίρι από τα ερωτηματολόγια που απαντήθηκαν παρατηρείται ότι το 70% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι αισθάνονται δροσερά ή λίγο δροσερά. Σημειώνεται ότι στο 93,3% των απαντήσεων ο κλιματισμός ήταν ενεργοποιημένος. Επίσης συναφές και το γεγονός ότι το 86,67% απάντησαν ότι αισθάνονται ικανοποίηση από την θερμική άνεση του χώρου που βρίσκονται.

Τα πιο πάνω ποσοστά και τάσεις επιβεβαιώνονται από την ανάλυση και μεταφορά των στοιχείων στην καμπύλη PMV και όπου ο δείκτης PPD (Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων) ανέρχεται στο 43,35% και το PMV είναι -1.4. Το ποσοστό των ερωτηθέντων που πιθανότατα να ζητήσουν αλλαγή στα θερμικά δεδομένα του χώρου τους είναι αρκετά υψηλό.

Τα πιο πάνω θα μπορούσαν να τύχουν αντιμετώπισης και να μετριαστούν οι ακραίες απαντήσεις εάν γινόταν πιο προσεχτική ρύθμιση στο σύστημα κλιματισμού. Δηλαδή είναι προφανές ότι θα μπορούσε η θερμοκρασία του κτιρίου ή κάθε χώρου να ρυθμιστεί για την

συγκεκριμένη εποχή σε σταθερά επίπεδα μεταξύ 26-28°C, καθώς και να αυξομειώνεται αυτόματα η ένταση της, όπως και να υπάρχει σχετική ρύθμιση με χρονοδιακόπτη ανάλογα με το ωράριο και την παρουσία των χρηστών στον χώρο.

Το Φθινόπωρο από τα δοθέντα ερωτηματολόγια, παρατηρείται ότι το 50% έχουν απαντήσει ότι αισθάνονται κρύο ή δροσερά, χωρίς να είναι ενεργοποιημένο το σύστημα κλιματισμού στον χώρο τους. Ποσοστό 40% των χρηστών απάντησαν ότι αισθάνονται ουδέτερα όσον αφορά τη θερμική άνεση και παράλληλα ποσοστό 46,67% ανέφεραν ότι είναι ικανοποιημένοι από τη θερμική άνεση στον χώρο που βρίσκονται.

Συναφής με τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι και ο δείκτης PPD του Προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων όπου έχει μετρηθεί στο 20%. Το πιο πάνω ποσοστό βρίσκεται εντός των ορίων της καμπύλης θερμικής άνεσης $-1 < -0.8 < 1$.

Βέβαια υπάρχουν περιθώρια για περαιτέρω μείωση του ποσοστού των χρηστών που πιθανότατα να δυσαρεστηθούν, με μεγαλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας των χώρων μέσω των ρυθμίσεων και ελέγχων στα συστήματα κλιματισμού και στις πιθανές αιτίες απώλειας θερμοκρασίας ή για άλλα αίτια αύξησης της θερμοκρασίας σε συγκεκριμένους χώρους, όπως για παράδειγμα στην αίθουσα των Η/Υ ή σε χώρο όπου βρίσκονται φωτοτυπικές και εκτυπωτές.

Το Χειμώνα παρατηρείται ότι το 50% των ερωτηθέντων χρηστών απάντησαν ότι στον χώρο που βρίσκονται αισθάνονται λίγο έως πολύ ζεστά. 23,33% απάντησε ότι αισθάνεται ουδέτερα, ενώ ποσοστό 26,66% απάντησε ότι αισθάνεται από λίγο δροσερά έως κρύο. Περίπου στις μισές των περιπτώσεων των χρηστών ας σημειωθεί ότι ο κλιματισμός ήταν ενεργοποιημένος (56,67%) ενώ ποσοστό μόλις 33% απάντησε ότι αισθάνεται ικανοποίηση από τη θερμική άνεση του χώρου που βρίσκεται.

Το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων (PPD) μετρήθηκε στο 43,34% και ο δείκτης PMV διαμορφώνεται στο +1.4.

Με βάση τα πιο πάνω διαφαίνεται να υπάρχει περιθώριο για εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων αφού αρκετά σημαντικό ποσοστό χρηστών αισθάνεται πέραν του ικανοποιητικού υψηλή τη θερμοκρασία του χώρου που βρίσκονται. Πιθανότατα να μπορούσε να γίνει ρύθμιση του κεντρικού συστήματος κλιματισμού για το μεσοπάτωμα και το ισόγειο. Για τους ορόφους θα πρέπει να υπάρξουν οδηγίες και έλεγχος προς τους χρήστες για την

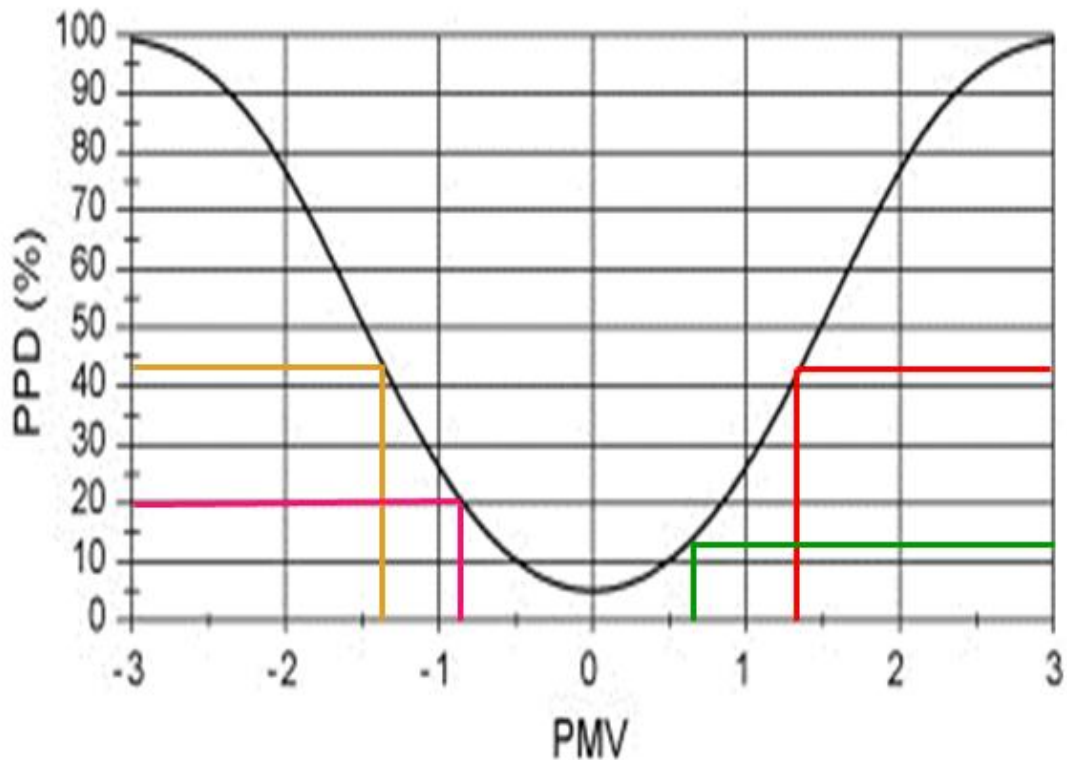
ενεργοποίηση του κλιματισμού και τη ρυθμιζόμενη θερμοκρασία και διάρκεια της λειτουργίας του.

Για την περίοδο της Άνοιξης ποσοστό 36,66% των χρηστών απάντησαν ότι αισθάνονται ζεστά έως πολύ ζεστά και ποσοστό 53,33% ότι αισθάνονται ουδέτερα. Αξιοσημείωτο ότι στο 83,33% των χρηστών όταν ρωτήθηκαν, ο κλιματισμός δεν ήταν ενεργοποιημένος και το ποσοστό των ικανοποιημένων από τη θερμική άνεση του χώρου ανέρχεται στο 46,66%.

Από την ανάλυση φαίνεται ότι ο Δείκτης PPD, δηλαδή το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι στο 13,33% και ο Δείκτης PMV είναι στο $-1 < +0,6 < 1$.

Η περίοδος της Άνοιξης διαφαίνεται να είναι η περίοδος με τις πιο ήπιες σχετικά κλιματικές συνθήκες στο κτίριο και αυτό φαίνεται και από τις απαντήσεις των χρηστών σχετικά με τη θερμική άνεση. Το ποσοστό όσων απάντησαν ότι αισθάνονται ουδέτερα είναι το υψηλότερο σε σχέση με τις άλλες τρεις εποχές του έτους και ο Δείκτης PMV είναι πλησιέστερα από όλες τις περιπτώσεις στο 0, δηλαδή προσεγγίζει την βέλτιστη θερμική κατάσταση του χώρου για τους χρήστες.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 28, απεικονίζεται το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων σε συνάρτηση με το PMV για όλες τις εποχές του χρόνου. Με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται το Καλοκαίρι, με ροζ το Φθινόπωρο, με κόκκινο ο Χειμώνας και με πράσινο η Άνοιξη. Παρατηρείται ότι δεν είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν όλοι οι χρήστες που βρίσκονται σε ένα χώρο και τα συμπεράσματα που αναλύθηκαν παραπάνω εξακριβώνονται. Το Καλοκαίρι οι περισσότεροι χρήστες αισθάνονται από λίγο δροσερά μέχρι δροσερά, ενώ το Χειμώνα από ζεστά μέχρι λίγο ζεστά. Το Φθινόπωρο και την Άνοιξη οι περισσότεροι χρήστες αισθάνονται λίγο δροσερά προς ουδέτερα και λίγο ζεστά προς ουδέτερα, αντίστοιχα, όσο αφορά τη θερμική άνεση. Παρόλα αυτά, η εποχή που το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών αισθάνεται θερμικά άνετα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο είναι η Άνοιξη.



Εικόνα 28: Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσανεστημένων σε συνάρτηση με το PMV για όλες τις εποχές του χρόνου. Με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται το Καλοκαίρι, με ροζ το Φθινόπωρο, με κόκκινο ο Χειμώνας και με πράσινο η Άνοιξη.

Όσον αφορά την θερμική άνεση σε συσχέτισμό με τον προσανατολισμό του υπό μελέτη κτιρίου, παρατηρούμε ότι το Καλοκαίρι και το Φθινόπωρο στα Βορειοδυτικά φαίνεται να καταγράφεται η τάση για πιο δροσερή αίσθηση στον χώρο από τους χρήστες. Για τον Χειμώνα και την Άνοιξη δεν διαγράφεται κάποια ιδιαίτερη τάση σχετικά με την διαφοροποίηση του προσανατολισμού.

Πάντως το μόνο που μπορεί να λεχθεί με βεβαιότητα είναι ότι, σε ένα κτήριο είναι αντιοικονομικό και σίγουρα ενάντια στις προσπάθειες για εξοικονόμηση ενέργειας, η νότια πλευρά του να μην έχει οποιαδήποτε ανοίγματα, κάτι το οποίο θα βοηθούσε τα μέγιστα στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση των χώρων με φυσικό τρόπο από την ηλιακή ακτινοβολία (τοποθετώντας και οριζόντια σκίαστρα για αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι), διαμπερή φυσικό αερισμό, καθώς και άλλες ευεργετικές επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας ως επί το πλείστο.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι στην ερώτηση που τέθηκε στους χρήστες αν πιστεύουν ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει την θερμική άνεση ενός χώρου, η τάση που

διαμορφώνεται είναι προς την ίδια κατεύθυνση. Ποσοστά πέραν του 65% απάντησαν ότι ο εξοπλισμός επηρεάζει την θερμική άνεση του χώρου των χρηστών και επιπρόσθετα, με εξαίρεση την περίοδο του Χειμώνα, οι χρήστες απάντησαν με πολύ υψηλά ποσοστά πέραν του 60% και σε μία περίπτωση με ποσοστό 86%, ότι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επηρεάζει αρνητικά την θερμική άνεση.

Θα μπορούσε να υπάρξει σχετική ρύθμιση/διαρρύθμιση τόσο στις αίθουσες όσο και σε άλλους χώρους, ώστε το κύκλωμα θέρμανσης να μην είναι το ίδιο σε χώρους που έχουν ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό σε σχέση με τους χώρους που δεν έχουν.

Εκτός των παραπάνω, ο φυσικός φωτισμός σε ένα κτίριο αποτελεί σημαντικό παράγοντα εξοικονόμησης ή σπατάλης ενεργειακών πόρων. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το υπό μελέτη κτίριο του ΤΕΠΑΚ έχει βορειοδυτικό προσανατολισμό και οι υαλοπίνακες του κτιρίου βρίσκονται μόνο στην βόρεια και δυτική πλευρά του με τη νότια πλευρά να αποτελείται από συμπαγής τοιχοποιία και χωρίς παράθυρα ή οποιοδήποτε άλλο φωταγωγό κάθετο ή εγκάρσιο.

Τα ποσοστά είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για την κατάσταση που αφορά την ικανοποίηση των χρηστών από το φυσικό φωτισμό. Για το καλοκαίρι το ποσοστό όσων απάντησαν ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό ανέρχεται σε 56,67%, για το Φθινόπωρο και την Άνοιξη στο 70%, και αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό του 80% για τον Χειμώνα, αφού είναι και η περίοδος όπου υπάρχει η μικρότερη ηλιοφάνεια και το πρόβλημα γίνεται εμφανέστερο και εντονότερο.

Επίσης φαίνεται να υπάρχει σοβαρό πρόβλημα αφού οι υαλοπίνακες τις περισσότερες ώρες της μέρας είναι κλειστοί με παραθυρόφυλλα/περσιάνες (shutters/blinds) και δεν φαίνεται να υπάρχουν σχετικές οδηγίες, ενημέρωση ή οποιαδήποτε πρόθεση από τους χρήστες για να ανοίγονται τα παράθυρα στους χώρους τους.

Εν τέλει, διαφάνηκε από την έρευνα ότι στο υπό μελέτη κτήριο στο οποίο φιλοξενούνται δύο ειδών χρήστες, εργαζόμενοι και φοιτητές, οι πρώτοι φαίνεται λόγω και των περισσότερων ωρών που βρίσκονται στο κτίριο να έχουν πιο έντονη άποψη σχετικά με τις ερωτήσεις που αφορούν την ικανοποίηση από τη θερμική άνεση. Οι φοιτητές από την άλλη πλευρά, επειδή δεν είναι σταθεροί αλλά διερχόμενοι χρήστες του κτιρίου, φαίνεται να μην συνειδητοποιούν την ανάγκη για ορθολογική χρήση των συστημάτων κλιματισμού και φωτισμού του κτιρίου καθώς και των μέσων που έχουν στην διάθεσή τους, και

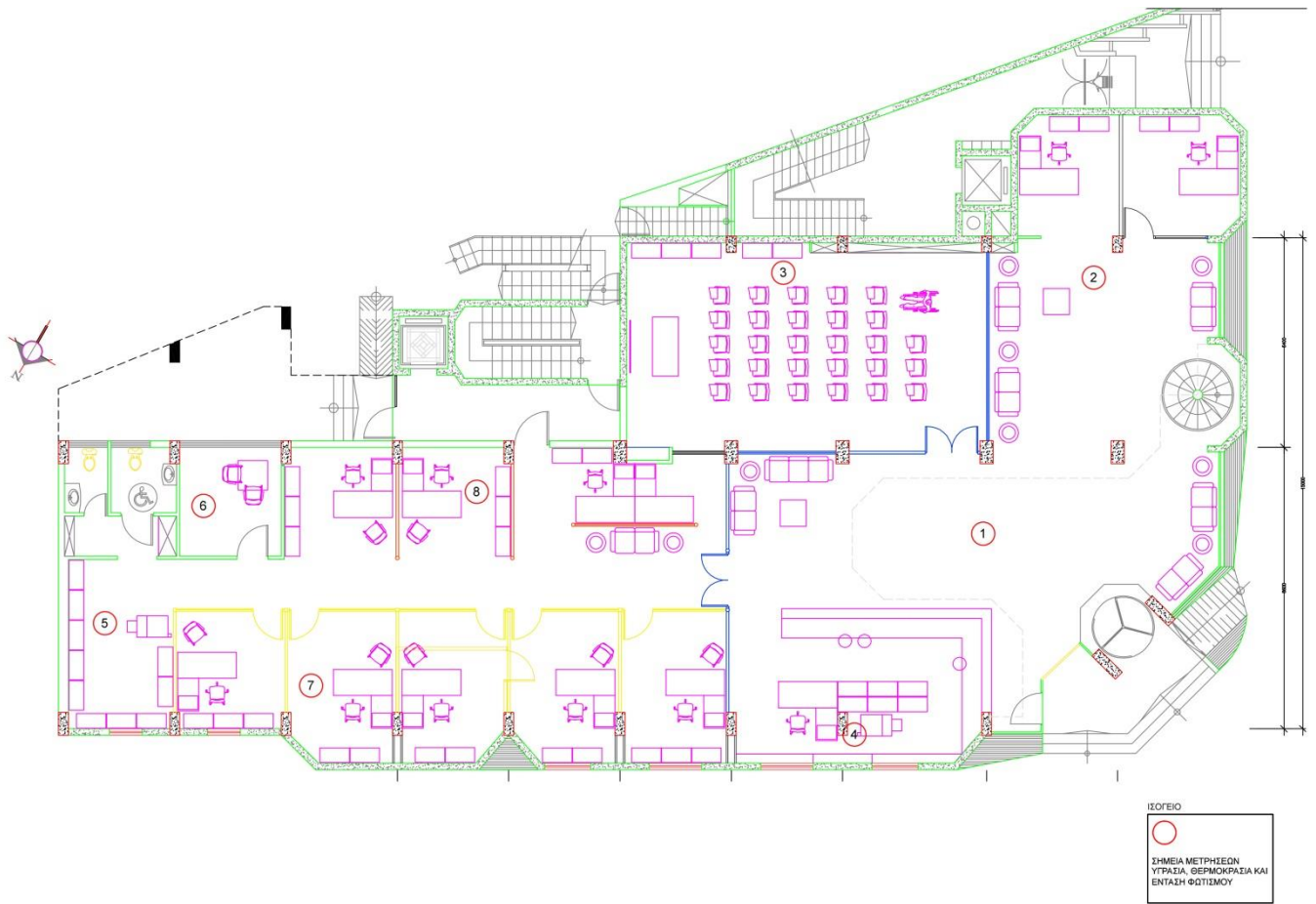
επιδεικνύουν ιδιαίτερη αδιαφορία στις παραμέτρους που αφορούν την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση τους. Η ενεργειακή συνείδηση μεταξύ των φοιτητών φαίνεται να είναι ανύπαρκτη και πάνω σε αυτό τον τομέα θα πρέπει να γίνουν προγραμματισμένες και συντονισμένες προσπάθειες από την Διοίκηση του ΤΕΠΑΚ, αλλά και από άλλους φορείς ώστε να αναπτυχθεί η προσδοκώμενη συμπεριφορά που θα εξασφαλίζει την χρήση των χώρων και συσκευών του κτιρίου με συνέπεια, μέτρο και ως εκ τούτου ενεργειακή αποδοτικότητα.

7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ

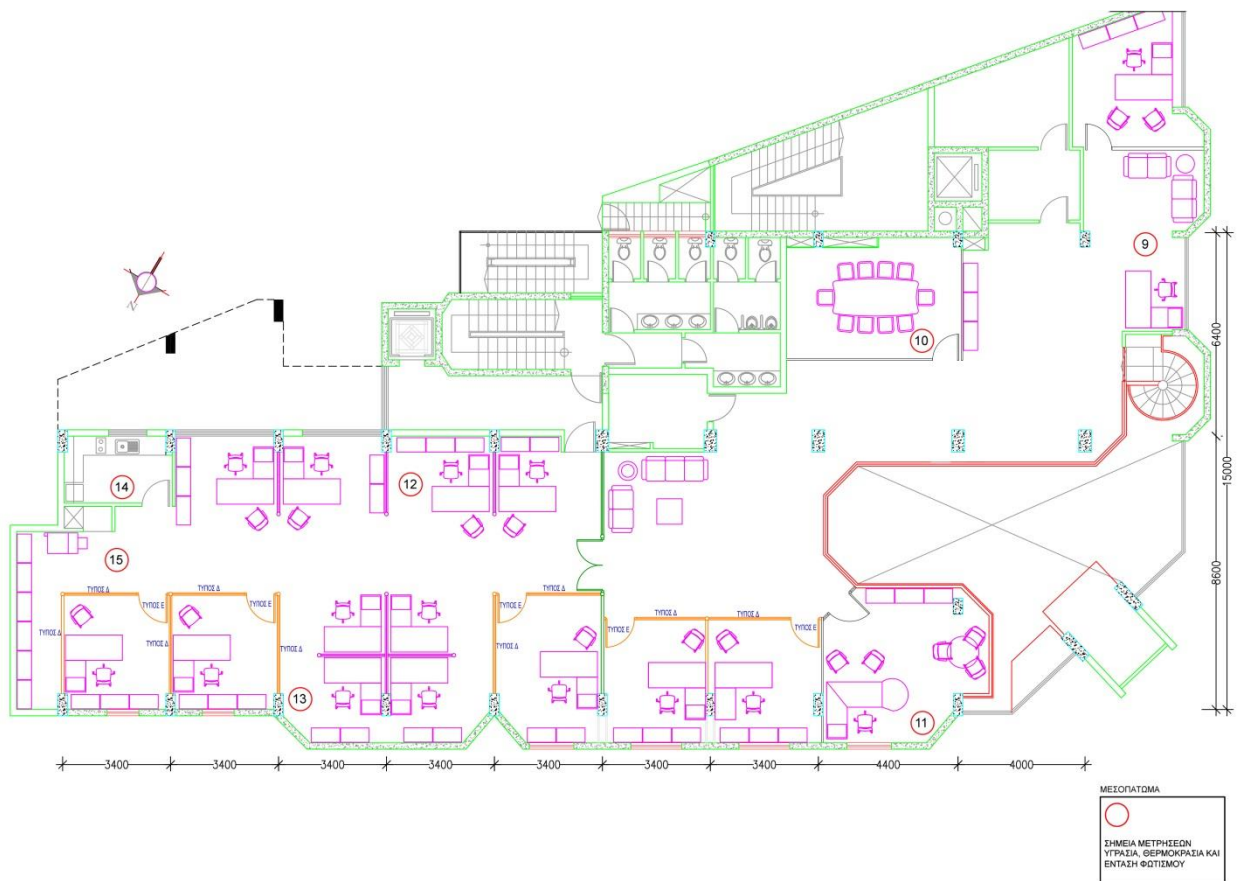
Η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και ο φωτισμός σε ένα κτίριο είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες για την άνεση των χρηστών. Η υγρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου εξαρτάται τόσο από τον εσωτερικό όγκο του, την επιφάνεια των ανοιγμάτων και τον φυσικό αερισμό τους, όσο και από τον αριθμό των χρηστών. Ο συνδυασμός μορίων νερού και αέρα οδηγεί σε εξάτμιση του νερού, όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να δημιουργείται υγρασία.

Στο κτίριο της Υπηρεσίας Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού, σε διάφορα σημεία όλων των ορόφων του κτιρίου, για όλες τις εποχές. Η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία και τα επίπεδα φωτισμού του κτιρίου μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας εργαλεία μετρητών θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού (Temperature, Humidity, Lux meter tools), αντίστοιχα. Τα δεδομένα καταγράφονταν τρεις φορές την ημέρα, για δύο βδομάδες κάθε εποχής, με εξαίρεση τα Σαββατοκύριακα. Οι μετρήσεις του καλοκαιριού γίνονταν κατά τις 07:00-08:00 πμ, 13:30-14:30 μμ και 17:30-18:30 μμ, για το πρωί, μεσημέρι και απόγευμα, αντίστοιχα. Οι μετρήσεις των υπόλοιπων τριών εποχών γίνονταν κατά τις 08:00-09:00 πμ, 12:30-13:30 μμ και 16:00-18:00 μμ για το πρωί, μεσημέρι και απόγευμα, αντίστοιχα. Να σημειωθεί ότι το καλοκαίρι στο κτίριο δεν πραγματοποιούνται μαθήματα, παρόλα αυτά, οι μετρήσεις του μεσημεριού για τη συγκεκριμένη εποχή γίνονταν κατά τις εργάσιμες ώρες των υπαλλήλων της Υπηρεσίας Φοιτητικής Μέριμνας, και του πρωινού και απογεύματος κατά τις μη εργάσιμες ώρες.

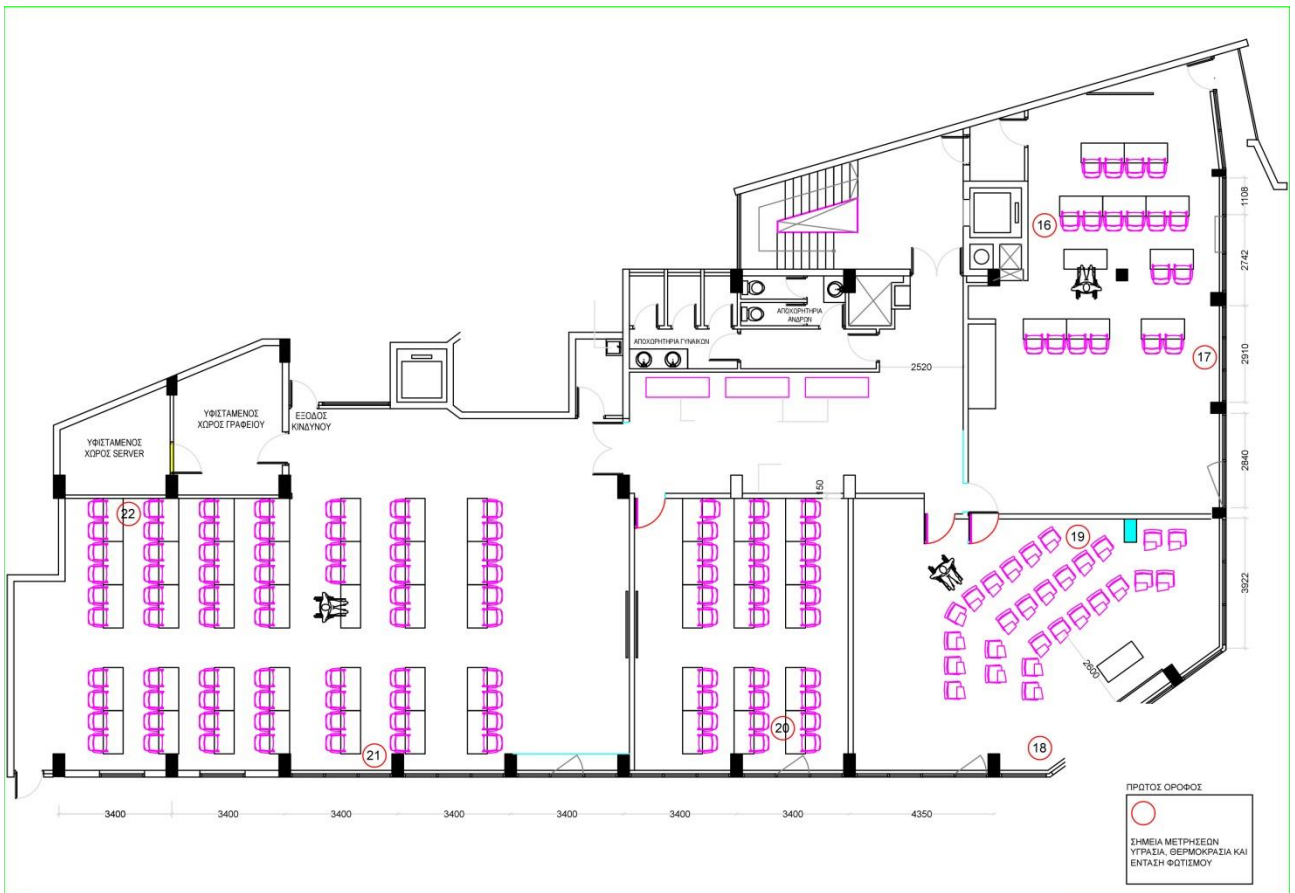
Οι μετρήσεις πεδίου γίνονταν στα ίδια σημεία κάθε φορά για να υπάρχουν συγκρίσιμα δεδομένα μεταξύ των διαφορετικών εποχών. Κάθε στιγμή της μέτρησης καταγράφονταν παρατηρήσεις για τον κλιματισμό, τα κλειστά ανοιχτά shutters/blinds των παραθύρων, τον εξοπλισμό, τους χρήστες και οτιδήποτε άλλο επηρεάζει τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα (Παράρτημα 2). Για τις μετρήσεις επιλέχθηκαν όλου του είδους χώροι και προσανατολισμοί και τα σημεία όλα παρουσιάζονται στις εικόνες 29.1 – 29.4. Παρακάτω γίνονται σχολιασμοί σε σημεία μετρήσεων από όλους τους ορόφους του κτιρίου αλλά και τους προσανατολισμούς.



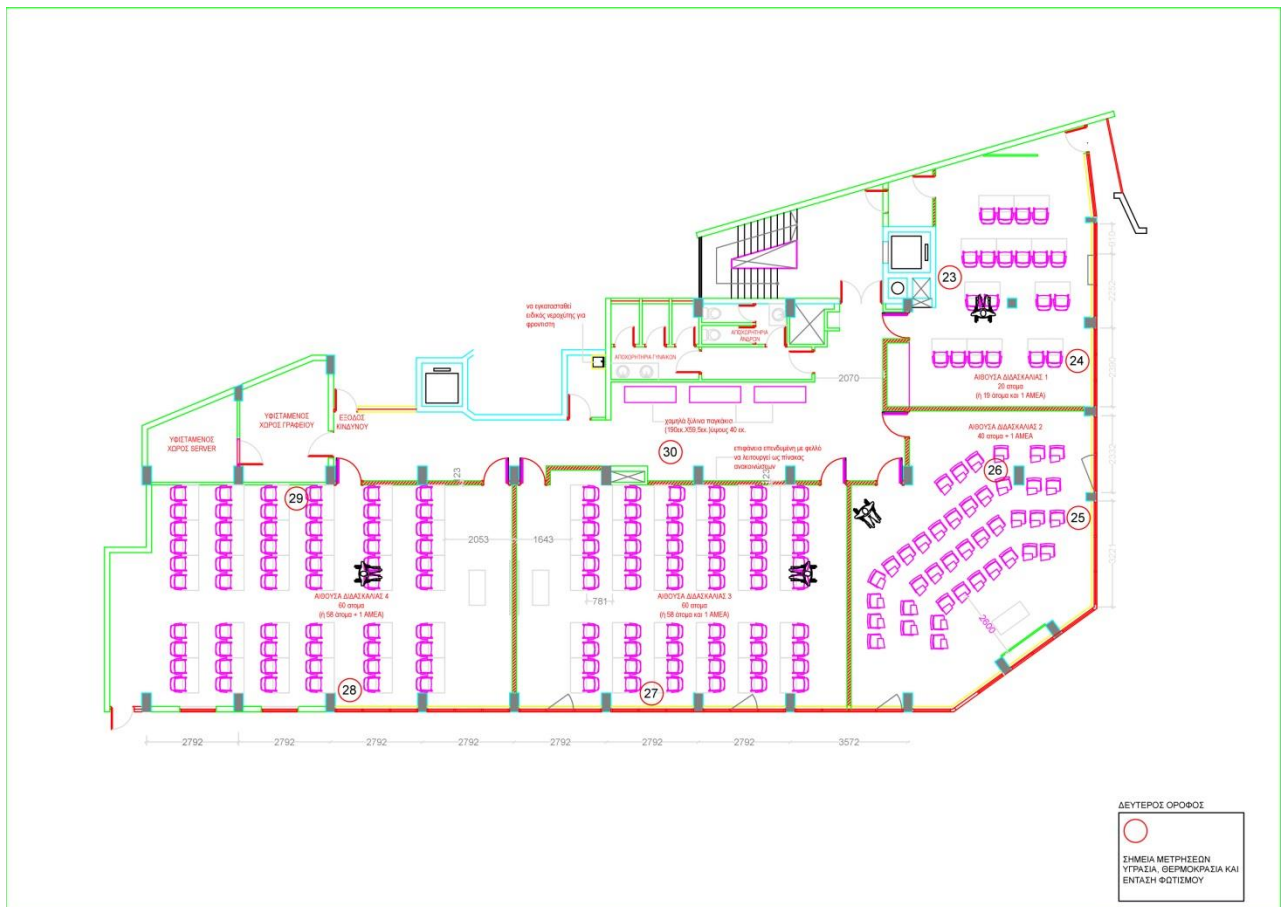
Εικόνα 29.1: Κάτοψη ισογείου και σημεία μετρήσεων



Εικόνα 29.2: Κάτοψη μεσοπατώματος και σημεία μετρήσεων

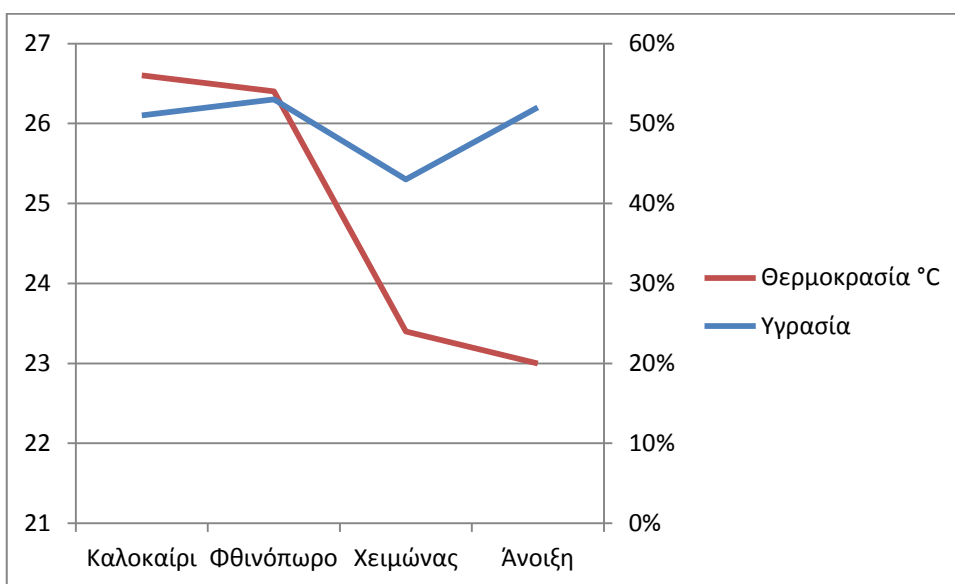


Εικόνα 29.3: Κάτοψη πρώτου ορόφου και σημεία μετρήσεων



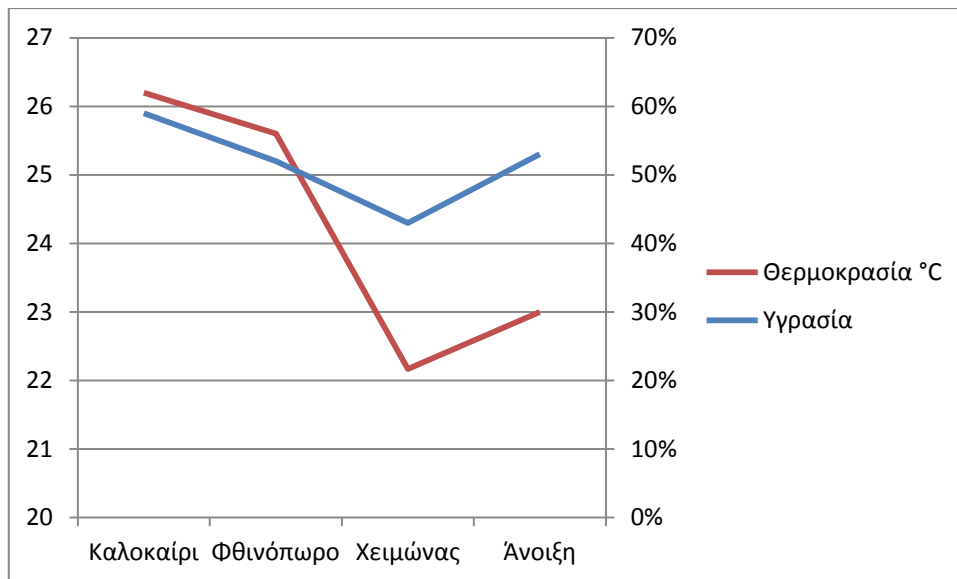
Εικόνα 29.4: Κάτοψη δεύτερου ορόφου και σημεία μετρήσεων

Στο σημείο 2, το οποίο αποτελεί ανοιχτό χώρο υποδοχής με νοτιοδυτικό προσανατολισμό η θερμοκρασία για την περίοδο του Χειμώνα και της Άνοιξης κυμαινόταν στους 23-23,5 C°. Για τις εποχές του Καλοκαιριού και του Φθινοπώρου κυμαίνεται περίπου στους 26,5 C°. Να σημειωθεί ότι οι τιμές για το καλοκαίρι αναφέρονται όταν ο κλιματισμός στον χώρο λειτουργούσε, ενώ σε διαφορετική περίπτωση η θερμοκρασία υπολογίστηκε ότι κατά το μεσημέρι θα ήταν περίπου 31-32 °C. Η υγρασία που μετρήθηκε στον χώρο ήταν σχεδόν σταθερή για τις τρεις εποχές στο 52%, εκτός του Χειμώνα που ήταν στο 43% (Εικόνα 30.1). Ο φωτισμός στον χώρο αυτό μετρήθηκε στα 297 lux χωρίς τα φώτα ανοιχτά το Φθινόπωρο, το Καλοκαίρι στα 247, ενώ για τις άλλες εποχές ήταν περίπου από 80-110.



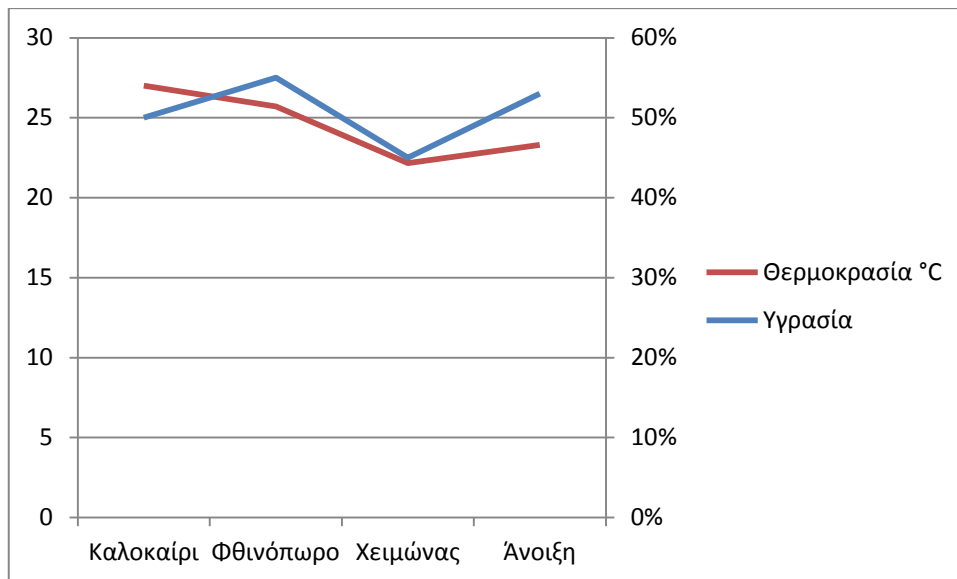
Εικόνα 30.1: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 2 για όλες τις εποχές

Στο σημείο 3, όπου είναι μια περικλειστη μεγάλη αίθουσα συνεδριάσεων χωρητικότητας περίπου 30 ατόμων με Νότιο προσανατολισμό, η θερμοκρασία για την Άνοιξη και τον Χειμώνα μετρήθηκε στους 23 C°, ενώ για το Φθινόπωρο και το Καλοκαίρι περίπου στους 26 C°. Να σημειωθεί ότι το Καλοκαίρι, για όλες τις μετρήσεις που έγιναν το μεσημέρι, ο κλιματισμός ήταν ενεργοποιημένος. Η υγρασία στον χώρο για Άνοιξη και Φθινόπωρο ήταν 53%, για τον Χειμώνα 43%, ενώ αξιοσημείωτο ότι το Καλοκαίρι η υγρασία μετρήθηκε στο 59%. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία στο χώρο οφείλεται στο γεγονός ότι αερίζεται και φωτίζεται μόνο κατά τη χρήση της, η οποία δεν είναι καθημερινή (Εικόνα 30.2). Ο φυσικός φωτισμός στον χώρο είναι σχεδόν αμελητέος αφού για όλες τις εποχές οι μετρήσεις έδειξαν κάτω των 10 lux. Να σημειωθεί ότι στην αίθουσα υπάρχουν παράθυρα που κοιτάζουν σε εσωτερικό ανοιχτό χώρο.



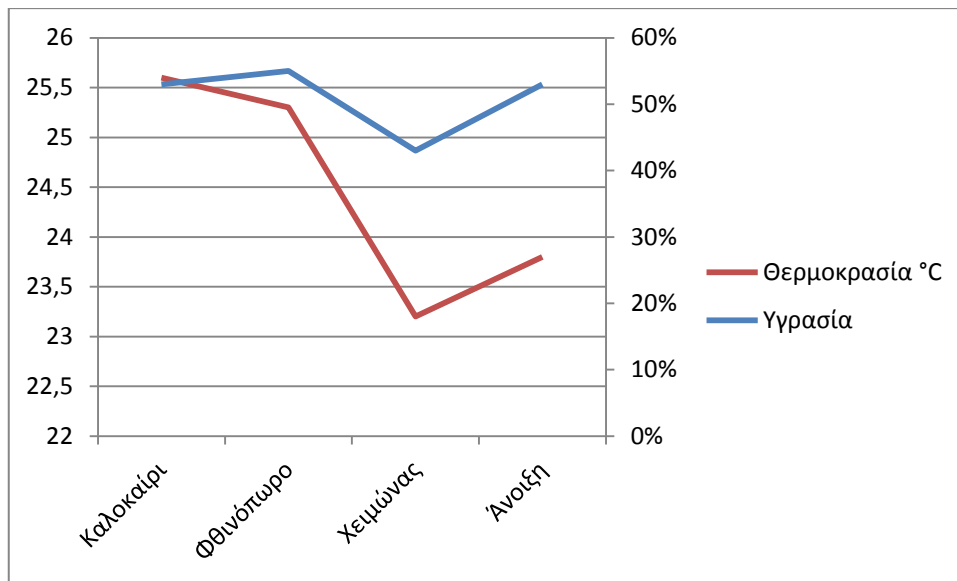
Εικόνα 30.2: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 3 για όλες τις εποχές

Το σημείο 4, είναι ένας πολύ μικρός χώρος όπου υπάρχει και λειτουργεί εκτυπωτικό πολυμηχάνημα για όλο το προσωπικό του ισογείου. Στον συγκεκριμένο χώρο, η θερμοκρασία κυμαίνονταν στους 22-23 °C για την Άνοιξη και τον Χειμώνα, στους 25,5 °C για το Φθινόπωρο και στους 27 °C το Καλοκαίρι. Στην περίπτωση του Καλοκαιριού ο κλιματισμός ήταν ενεργοποιημένος κάθε φορά μέτρησης. Η υγρασία κυμαίνεται σταθερά άνω του 50% για όλες τις εποχές πλην του Χειμώνα, ενώ ειδικά το Φθινόπωρο μετρήθηκε στο 55% (Εικόνα 30.3). Στον χώρο, όταν έγιναν οι μετρήσεις, ο τεχνητός φωτισμός ήταν ενεργοποιημένος από τους χρήστες και οι μετρήσεις έδειξαν από 300-470 lux. Να σημειωθεί όμως ότι, το καλοκαίρι πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τα φώτα κλειστά και ανοιχτά μόνο τα σκιάδια του παραθύρου και τα αποτελέσματα έδειξαν ένταση φωτισμού 120 lux. Δηλαδή, σχεδόν του 1/3 του απαιτούμενου φυσικού φωτισμού για γραφειακό χώρο.



Εικόνα 30.3: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 4 για όλες τις εποχές

Το σημείο 8, είναι γραφείο ανοιχτού τύπου για ένα μόνο χρήστη, δεν υπάρχουν παράθυρα ή άλλοι φωταγωγοί και ο προσανατολισμός του είναι Νότιος. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας ήταν σταθερές στους 23,3-23,5 °C για τις εποχές Άνοιξης και Χειμώνα, και περίπου στους 25,5 °C για Καλοκαίρι και Φθινόπωρο. Το Καλοκαίρι στο χώρο αυτό, το κλιματιστικό παρέμενε συνεχώς ανοικτό, ακόμη και μετά την αποχώρηση του εργαζόμενου από το γραφείο. Η υγρασία στον χώρο εκτός από τον Χειμώνα που είναι κατά 10 μονάδες πιο κάτω, μετρήθηκε στο 53% (Εικόνα 30.4). Ο φυσικός φωτισμός στον χώρο είναι σχεδόν ανύπαρκτος, μετρήθηκε στα 3-6 lux, και αυτό είναι φυσιολογικό αφού το γραφείο, όπως και τα γειτονικά του, είναι απομακρυσμένο από οποιαδήποτε πηγή ή πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό. Γι' αυτό το λόγο τα φώτα είναι πάντα ανοιχτά και τις περισσότερες φορές παρατηρήθηκε ότι παραμένουν ανοιχτά και μετά την αποχώρηση του εργαζόμενου από το γραφείο.



Εικόνα 30.4: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 8 για όλες τις εποχές

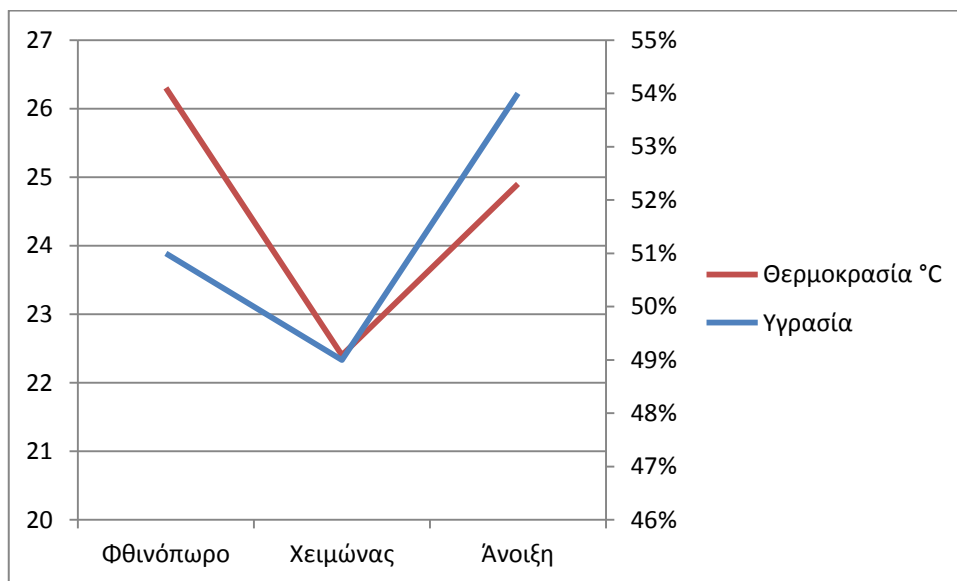
Οι μετρήσεις υγρασίας του μεσοπατώματος στους ίδιους προσανατολισμούς έχουν δείξει παρόμοια αποτελέσματα με του ισογείου, αλλά με χειρότερη κατάσταση όσο αφορά το φωτισμό. Η θερμοκρασία σε όλα τα σημεία του μεσοπατώματος κυμαινόταν στους 25,5-26 °C για την περίοδο του Καλοκαιριού, στους 25 °C το Φθινόπωρο, στους 24-25 °C το Χειμώνα και 23-24 °C την περίοδο της Άνοιξης. Στο μεσοπάτωμα η διαμόρφωση του κτιρίου και των χώρων για τα γραφεία δεν επιτρέπει στο φυσικό φωτισμό να εισέλθει, με αποτέλεσμα τα φώτα είναι καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας ανοιχτά. Ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός υπάρχει μόνο στα σημεία 9, 11 και 14. Παρόλα αυτά, στο σημείο 13 και 15, όπου είναι ένας ανοιχτός χώρος γραφείων και ένας μικρός χώρος με πολυμηχάνημα φωτοτυπικής αντίστοιχα, πάντοτε τα φώτα ήταν ανοιχτά χωρίς κανείς να υπάρχει στους συγκεκριμένους χώρους.

Ο πρώτος και δεύτερος όροφος στεγάζουν αποκλειστικά και μόνο αίθουσες διδασκαλίας για τους φοιτητές του ΤΕΠΑΚ. Δεν υπάρχουν στο χώρο γραφεία υπαλλήλων. Γενικές παρατηρήσεις είναι ότι τα σκιάδια είναι στις πλείστες των περιπτώσεων κλειστά, ο φωτισμός και ο κλιματισμός δεν ελέγχεται κεντρικά, αλλά ενεργοποιείται και απενεργοποιείται ανάλογα με την βούληση των χρηστών του χώρου.

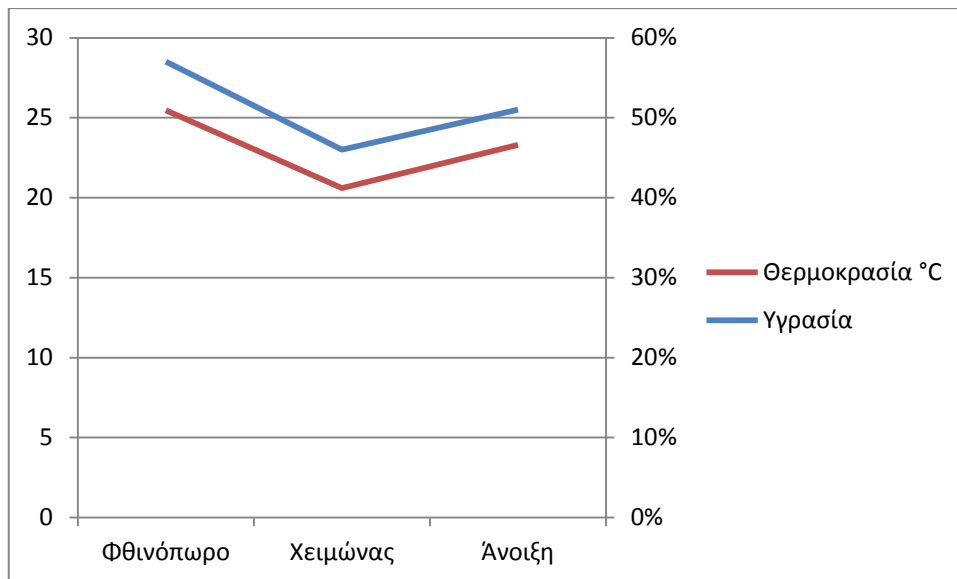
Οι σχολιασμοί που θα ακολουθήσουν γίνονται με την χρήση της σύγκρισης μεταξύ δύο ίδιων σημείων αντίστοιχα στον 1^ο και 2^ο όροφο. Ο σχολιασμός αφορά τις εποχές Άνοιξη, Φθινόπωρο και Χειμώνα, ούτως ώστε να υπάρχουν συγκρίσεις και με την παρουσία

φοιτητών, αφού τους Καλοκαιρινούς μήνες δεν πραγματοποιούνται μαθήματα. Η αρίθμηση βασίζεται στα αρχιτεκτονικά σχέδια στις εικόνες 29.3 και 29.4 στη σελίδα 66.

Τα σημεία 17 και 24 αποτελούν αίθουσες διδασκαλίας με Δυτικό προσανατολισμό. Στα εν λόγω σημεία η θερμοκρασία μετρήθηκε για τον 1^ο όροφο από 22,5-25,5 °C και για τον 2^ο όροφο από 21-24 °C. Η υγρασία κυμαινόταν στον 1^ο όροφο από 50-53% ενώ στον 2^ο όροφο από 49% τον Χειμώνα και έφτανε το 57% το Φθινόπωρο (Εικόνες 31.1 και 31.2). Στον πιο πάνω χώρο με βάση τις μετρήσεις και για τους δύο ορόφους, φάνηκε ότι με τα φώτα και τα σκιάδια κλειστά ο φυσικός φωτισμός μετρήθηκε σε περίπου 100-110 lux, ενώ με τα σκιάδια ανοιχτά ξεπερνούσε τις μεσημεριανές ώρες τα 290 Lux. Στη δυτική πλευρά των αιθουσών υπάρχουν παράθυρα που καλύπτουν όλη την έκταση. Από αυτά τα παράθυρα, δεν γίνεται εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, αφού όπως παρατηρήθηκε τις περισσότερες φορές, τόσο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, όσο και κατά τις επιτόπου επισκέψεις, οι φοιτητές προτιμούν το τεχνητό φως αντί να ανοίξουν τα σκιάδια των παραθύρων.



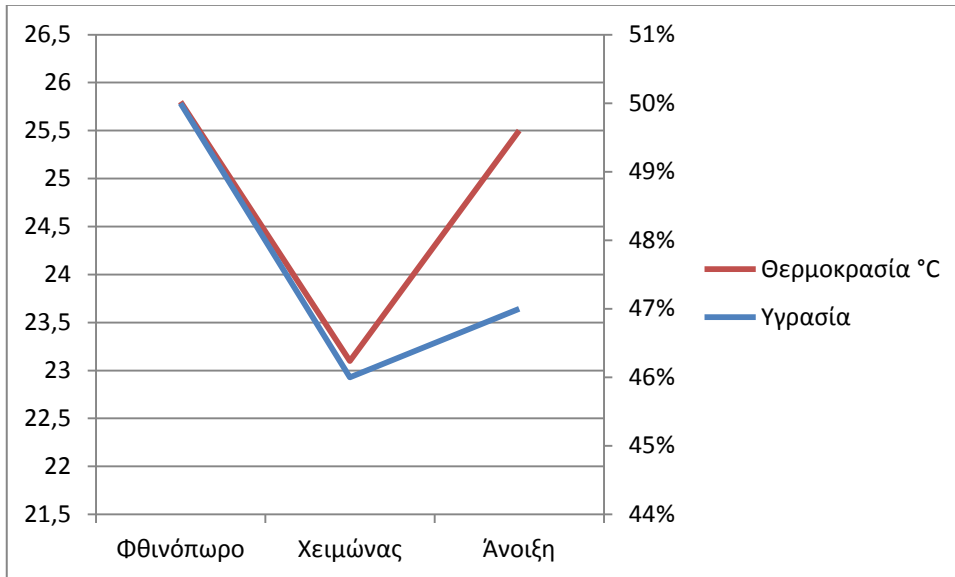
Εικόνα 31.1: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 17



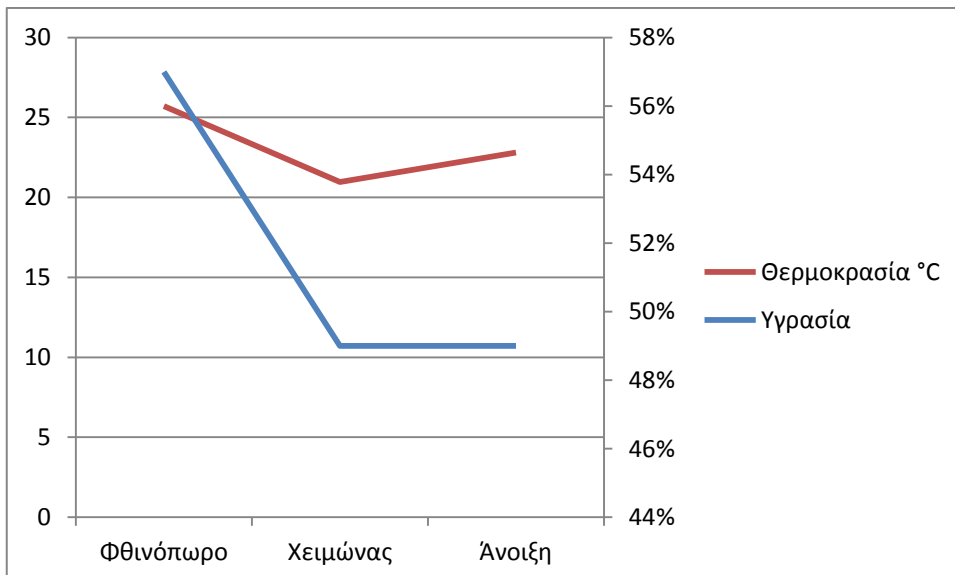
Εικόνα 31.2: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 24

Τα σημεία 18 και 25 έχουν Βορειοδυτικό προσανατολισμό και είναι αίθουσες διδασκαλίας, με τη μόνη διαφορά ότι η αίθουσα στο σημείο 18 αποτελείται από 21 υπολογιστές. Σε αυτά τα σημεία, με βάση τις μετρήσεις φάνηκε ότι στο σημείο του 1^{ου} ορόφου η θερμοκρασία είναι για όλες τις εποχές πιο υψηλή από 0,5 μέχρι 3 °C και αυτό ίσως οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ύπαρξη των Η/Υ. Σημειώνεται ότι κατά την περίοδο του καλοκαιριού οι μετρήσεις έγιναν με τον κλιματισμό σβηστό και παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία κατά τις πρωινές ώρες, σε σύγκριση με άλλα δωμάτια που ο κλιματισμός ήταν επίσης κλειστός, ήταν υψηλότερη κατά περίπου 2 - 2,5 ° C. Αυτό λογικά οφείλεται όπως αναφέρθηκε στο γεγονός ότι ο μηχανολογικός εξοπλισμός στο χώρο (υπολογιστές και εκτυπωτής) επηρεάζει τη φυσική θερμοκρασία του δωματίου. Επίσης, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, ολόχρονα, περισσότεροι από τους μισούς υπολογιστές ήταν υπό λειτουργία, ακόμη και όταν δεν πραγματοποιούνταν μαθήματα. Όσον αφορά την υγρασία οι μετρήσεις δείχνουν ότι για τον 2^ο όροφο τα ποσοστά είναι κατά περίπου 3-5 μονάδες πιο υψηλά (57% Φθινόπωρο). Αυτό πιθανώς να οφείλεται στον μη επαρκή αερισμό του χώρου, αφού, στον 1^ο όροφο η συχνότητα των μαθημάτων είναι μεγαλύτερη και άρα και συχνότερη η χρήση των θυρών πρόσβασης (Εικόνες 31.3 και 31.4). Όσον αφορά τον φυσικό φωτισμό στη συγκεκριμένη αίθουσα καταγράφηκαν οι ψηλότερες εντάσεις φωτισμού, δηλαδή από 130 lux τον Χειμώνα, μέχρι τα 230 lux την Άνοιξη. Αυτοί οι χώροι διαθέτουν υαλοπίνακες στα βόρεια, βορειοδυτικά και δυτικά. Ο φωτισμός στην αίθουσα είναι πολύ χαμηλός όταν τα περισσότερα σκιάδια των παραθύρων είναι κλειστά. Με βάση

μετρήσεις των γειτονικών αιθουσών με τον ίδιο προσανατολισμό, κατά τις μεσημεριανές ώρες με τα σκιάδια των παραθύρων ανοιχτά, το φυσικό φως είναι σε μεγάλο βαθμό ικανοποιητικό. Παρ'όλα αυτά, με βάση τις επί τόπου επισκέψεις σε καθημερινή βάση, παρατηρήθηκε ότι οι χρήστες, επιλέγουν να μην ανοίγουν τα σκιάδια των παραθύρων, κι αντί για αυτό, ανάβουν τα φώτα.

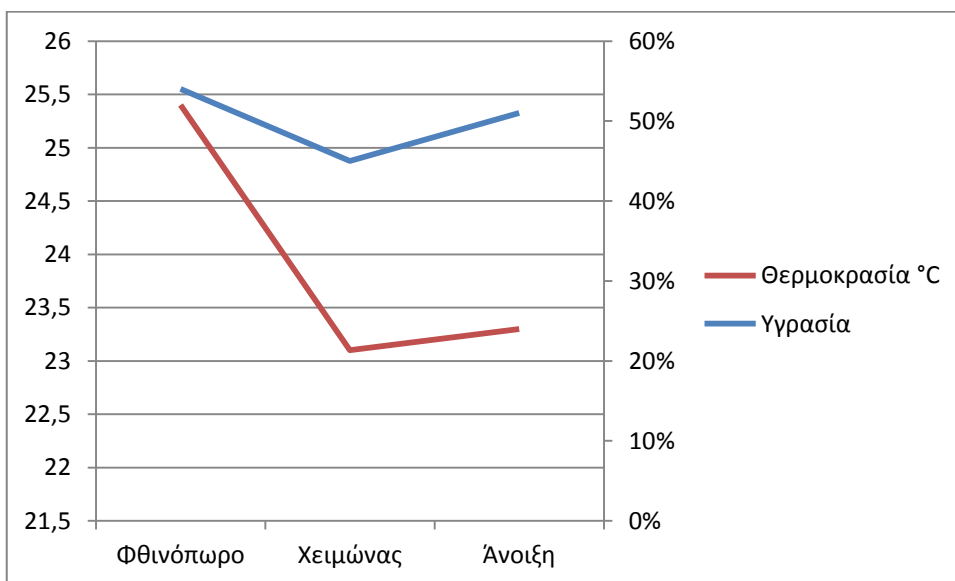


Εικόνα 31.3: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 18

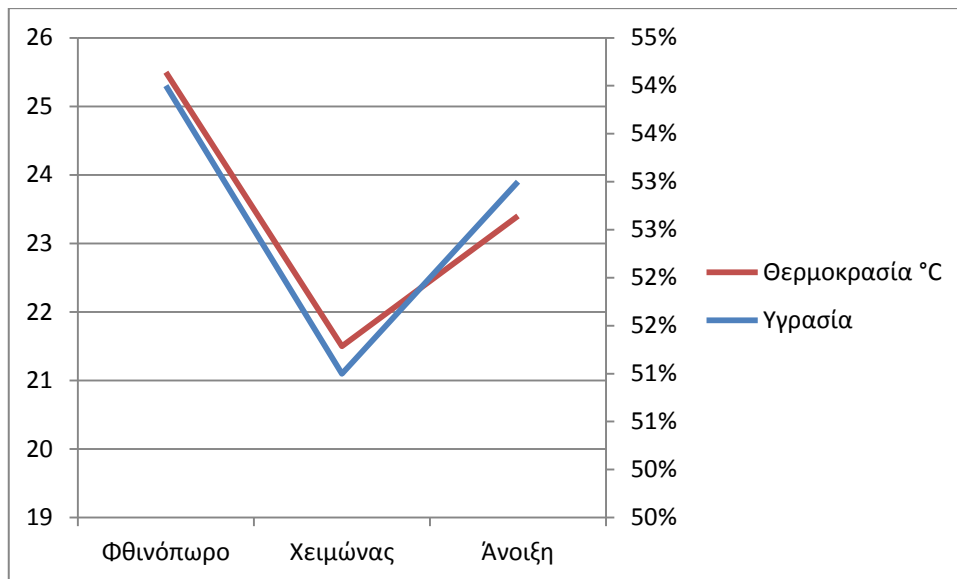


Εικόνα 31.4: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 25

Τα σημεία 21 και 28 είναι μεγάλες αίθουσες διδασκαλίας με Βόρειο – Βορειοανατολικό προσανατολισμό. Στα πιο πάνω σημεία θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις έχουν γίνει πλησίον των παραθύρων της αίθουσας. Η θερμοκρασία που μετρήθηκε ήταν από 23,1-25,4 °C για τον 1^ο όροφο και 21,5-25,5 °C για τον 2^ο όροφο. Για την εποχή του Χειμώνα θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο κλιματισμός (ζεστό) ήταν ενεργοποιημένος. Η σχετική υγρασία στα υπό επισκόπηση σημεία μετρήθηκε σε 54% το Φθινόπωρο και 45% τον Χειμώνα στον 1^ο όροφο και η βασική διαφοροποίηση για τον δεύτερο όροφο είναι ότι τα ποσοστά είναι ελαφρώς πιο πάνω. Ειδικότερα για τον Χειμώνα το ποσοστό δεν έπεσε κάτω του 50% και μετρήθηκε στο 51% (Εικόνες 31.5 και 31.6). Ο φυσικός φωτισμός στα υπό μελέτη σημεία έχει μετρηθεί κάτω από τα 100 lux τόσο για τον 1^ο όσο και για τον 2^ο όροφο. Βέβαια, σύμφωνα με κάποιες μετρήσεις που έγιναν για να βεβαιωθεί αν ο φυσικός φωτισμός είναι ικανοποιητικός μόνο με ανοιχτά τα σκιάδια στην συγκεκριμένη αίθουσα, ο φυσικός φωτισμός μπορεί να φτάσει και τα 200 lux.



Εικόνα 31.5: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 21



Εικόνα 31.6: Θερμοκρασία και Υγρασία στο σημείο 28

8 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ

Συγκρίνοντας και διασταυρώνοντας τα αποτελέσματα και την ανάλυση των ερωτηματολογίων και των μετρήσεων θερμοκρασίας του αέρα, σχετικής υγρασίας και του φωτισμού στο κτίριο αναγράφονται παρακάτω τα συμπεράσματα.

Η ικανοποίηση των χρηστών από τη θερμική άνεση για τους χώρους του ισόγειου και μεσοπατώματος, κατά μέσο όρο κατέδειξε ότι είναι σε ποσοστό της τάξης του 86,67% για το Καλοκαίρι. Για τη συγκεκριμένη εποχή οι συνθήκες θερμοκρασίας μετρήθηκαν με τον κλιματισμό ενεργοποιημένο στους 26 °C και την υγρασία του χώρου περίπου στο 52%.

Για το Φθινόπωρο, το ποσοστό της ικανοποίησης θερμικής άνεσης των χρηστών στους χώρους του ισόγειου και μεσοπατώματος παρατηρείται ότι μειώνεται αισθητά στο 46,67%. Για τη συγκεκριμένη περίοδο μετρήθηκαν εσωτερικές θερμοκρασίες των 25-26 °C και η υγρασία στο χώρο κατά μέσο όρο στο 54%. Για την εποχή του Φθινοπώρου η εσωτερική θερμοκρασία κρίνεται ως αρκετά υψηλή και στο χαμηλό ποσοστό της ικανοποίησης από τη θερμική άνεση φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και το υψηλό ποσοστό της υγρασίας.

Για την περίοδο του Χειμώνα, η ικανοποίηση από τη θερμική άνεση με βάση τους ερωτηθέντες στο ισόγειο και μεσοπάτωμα κυμαίνεται στο 33,33%, ακόμη πιο χαμηλά από τις δύο προαναφερθείσες εποχές. Χωρίς τη χρήση συστήματος κλιματισμού (θέρμανση) η εσωτερική θερμοκρασία μετρήθηκε περίπου στους 23 °C και η υγρασία στο ποσοστό του 43%. Ίσως αν τη στιγμή των μετρήσεων και όταν δόθηκαν τα ερωτηματολόγια, ήταν ενεργοποιημένη η θέρμανση με την εσωτερική θερμοκρασία να ήταν περίπου στους 26 °C, η ικανοποίηση από τη θερμική άνεση να ήταν μεγαλύτερη.

Για την Άνοιξη, το ποσοστό ικανοποίησης από τη θερμική άνεση όπως καταγράφηκε από τους ερωτηθέντες στο ισόγειο και μεσοπάτωμα βρίσκεται στο 33,33%. Η εσωτερική θερμοκρασία μετρήθηκε περίπου στους 23 °C και η υγρασία στο 53%. Δεδομένου ότι η θερμοκρασία είναι σε κανονικά για την εποχή επίπεδα, το πιο πιθανό, το πολύ χαμηλό ποσοστό ικανοποίησης να οφείλεται στο ψηλό ποσοστό της υγρασίας, το οποίο σίγουρα προκαλεί έντονη δυσφορία στους χρήστες των χώρων.

Για τον πρώτο και δεύτερο όροφο οι συγκρίσεις ερωτηματολογίων και μετρήσεων πεδίου αφορούν τις εποχές του Φθινοπώρου, Χειμώνα και Άνοιξης ούτως ώστε να υπάρχουν

συγκρίσεις και με την παρουσία φοιτητών, αφού τους καλοκαιρινούς μήνες δεν πραγματοποιούνται μαθήματα.

Για την εποχή του Φθινοπώρου, η ικανοποίηση των χρηστών από τη θερμική άνεση κυμαίνεται στο 46,67% ενώ μετρήθηκε θερμοκρασία και υγρασία περίπου στους 26 °C και 51%, αντίστοιχα. Θα μπορούσε για το Φθινόπωρο, τόσο η θερμοκρασία όσο και η υγρασία στους ορόφους, με τον κατάλληλο αερισμό και φωτισμό, να ήταν χαμηλότερη και τότε σίγουρα θα υπήρχε θετική επίδραση στην ικανοποίηση της θερμικής άνεσης των χρηστών.

Το Χειμώνα, με το ποσοστό της ικανοποίησης των χρηστών από τη θερμική άνεση να είναι ακόμη πιο χαμηλό στο 33,33%, οι μετρήσεις έδειξαν εσωτερική θερμοκρασία στους 23 °C περίπου και υγρασία στο 49-53%. Σε σχέση και με άλλους χώρους την ίδια εποχή φαίνεται να υπάρχει σοβαρό πρόβλημα στο κτήριο γενικά με τα σταθερά υψηλά ποσοστά υγρασίας.

Για την Άνοιξη το ποσοστό ικανοποίησης από τη θερμική άνεση είναι επίσης πολύ χαμηλό στο 33,33%. Η θερμοκρασία σε χώρους των δύο ορόφων μετρήθηκε κατά μέσο όρο στους 23-25 °C και η σχετική υγρασία του χώρου σε ποσοστά που κυμαίνονταν από 47% - 54%.

Από σύγκριση γενικά των μετρήσεων με τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια των χρηστών, θα μπορούσε να διατυπωθεί η γενική κρίση ότι οι συνθήκες ελλιπές αερισμού του κτηρίου συντηρούν υψηλά ποσοστά υγρασίας, τα οποία σε συσχετισμό με στοιχεία που προκύπτουν για πρόβλημα του φυσικού φωτισμού, δημιουργούν την τάση για πολύ χαμηλά ποσοστά ικανοποίησης από τη θερμική άνεση, εκτός του Καλοκαιριού, για ευνόητους λόγους.

Όσο αφορά την ικανοποίηση των χρηστών από το φυσικό φωτισμό, το καλοκαίρι ποσοστό 56,67% απάντησαν ότι δεν είναι ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό και το Φθινόπωρο και την Άνοιξη 70%. Αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό του 80% για τον Χειμώνα. Από τις μετρήσεις πεδίου διαφαίνεται ότι ο φυσικός φωτισμός δεν είναι ικανοποιητικός στο ισόγειο και μεσοπάτωμα αφού στα σημεία μετρήσεων όπου υπάρχουν γραφεία κλειστού τύπου οι μετρήσεις έδειξαν κάτω των 10 lux. Στις αίθουσες διδασκαλίας η ένταση φωτισμού δεν ξεπερνούσε τα 100 lux αλλά αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα σκιάδια των παραθύρων ήταν κλειστά. Δηλαδή δεν γίνεται εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, αντιθέτως το σύστημα φωτισμού όχι μόνο δεν χρησιμοποιείται όπως χρειάζεται

αναλόγως, αλλά η χρήση του είναι και λανθασμένη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να συμβάλλει σε αρκετά μεγάλο βαθμό στην συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα από τις συγκρίσεις ερωτηματολογίων και μετρήσεων πεδίου αναφέρονται κάποιες εισηγήσεις για βελτίωση των συνθηκών εσωτερικής θερμικής άνεσης των χρηστών στο κτίριο αλλά και όσο αφορά την ενεργειακή συνείδησή τους.

- Στο μεσοπάτωμα όπου καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά υγρασίας με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και σε συσχετισμό με το μειωμένο φυσικό φωτισμό, θα πρέπει να διερευνηθεί σοβαρά το ενδεχόμενο στο μεσοπάτωμα να τοποθετηθούν κοινής χρήσεως μηχανήματα, βοηθητικοί χώροι και άλλες δευτερεύουσες υπηρεσίες που δεν απαιτούν φυσική παρουσία ανθρώπων για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Η μεγάλη αίθουσα συνεδριάσεων στο ισόγειο θα πρέπει να καταργηθεί η χρήση της ως υφίσταται σήμερα, αφού τα πολύ υψηλά ποσοστά υγρασίας που μετρήθηκαν σε συνδυασμό με τον ανύπαρκτο φυσικό φωτισμό, την καθιστούν άκρως ακατάλληλη για συνεδριάσεις, διαλέξεις και διάφορα σεμινάρια.
- Ακόμη θα πρέπει να υπάρχει καλύτερος αερισμός-εξαερισμός στους ορόφους διδασκαλίας αφού είναι πολύ υψηλά τα ποσοστά υγρασίας. Επίσης, η θερμοκρασία των χώρων χωρίς τη χρήση τεχνητών μέσων (κλιματιστικά) καθ όλη τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους δεν είναι ικανοποιητική και αυτό έχει να κάνει και με τις απαντήσεις των χρηστών σχετικά με την ικανοποίηση από τη θερμική άνεση στο χώρο.
- Η παρουσία και η 24ωρη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού οδηγούν στην αύξηση των θερμικών φορτίων στο εσωτερικό του κτιρίου με αποτέλεσμα να συμβάλλει στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη. Στην αύξηση της συνολικής ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης συντείνει η ανορθόδοξη χρήση του εξοπλισμού από τους χρήστες, αφού με την αποχώρησή τους από το χώρο τα αφήνουν σε λειτουργία ή σε αναμονή. Αυτό αποδεικνύει ότι υπάρχει έλλειψη σωστής ενεργειακής πολιτικής από μέρος των χρηστών του κτιρίου.
- Οι αίθουσες που φιλοξενούν Η/Υ θα πρέπει να βρίσκονται σε χώρους με χαμηλά ποσοστά υγρασίας και χαμηλή θερμοκρασία, με μικρή έκθεση σε απευθείας φυσικές πηγές θερμότητας. Από την έρευνα με τα ερωτηματολόγια έχει καταστεί σαφές ότι ο Η/Μ εξοπλισμός επηρεάζει αρνητικά τη θερμική άνεση του χώρου.
- Οι χώροι των γραφείων στο ισόγειο και στο μεσοπάτωμα λόγω του ότι οι υπάλληλοι είναι εκεί ολόχρονα, θα πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής φυσικός φωτισμός καθώς

και αερισμός των γραφειακών χώρων. Αυτό θα έχει ως επακόλουθο τη μείωση της υγρασίας που μετρήθηκε στο χώρο καθώς και την αύξηση της ικανοποίησης των υπαλλήλων από τη θερμική άνεση των χώρων που βρίσκονται, αφού έχουν καταγραφεί ιδιαίτερα μεγάλα ποσοστά αρνητικών θέσεων μεταξύ των υπαλλήλων.

- Οι αίθουσες διδασκαλίας στον 1^ο και 2^ο όροφο θα πρέπει να ανοίγονται συνεχώς τα σκιάδια αφού αποδείχθηκε ότι ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής. Αυτό φαίνεται και από τα ερωτηματολόγια όπου φαίνεται ότι οι χρήστες σε αυτούς τους ορόφους είναι περισσότερο ικανοποιημένοι από τον φυσικό φωτισμό.

9 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Τις ώρες λειτουργίας του υπό μελέτη κτιρίου είναι η κρίσιμη περίοδος της επιβάρυνσης ενεργειακής ζήτησης. Εντούτοις, με επισκέψεις στο κτίριο κατά τις πρώτες πρωινές ώρες όπου κανείς δεν είχε εισέλθει ακόμη για την καθημερινή του εργασία, επιβεβαιώθηκε ότι ορισμένοι χρήστες αφήνουν τους υπολογιστές τους ανοιχτούς για όλη τη νύχτα ή και τα Σαββατοκύριακα. Επίσης, το σύνολο του εξοπλισμού βρισκόταν υπό λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια αυτή, ακόμη κι αν κανείς δεν παρευρισκόταν στο κτίριο. Από τις μετρήσεις πεδίου, πολλές ήταν οι φορές που διαπιστώθηκαν κλιματισμοί και φωτισμός σε λειτουργία τις ώρες μη λειτουργίας οποιουδήποτε χώρου. Στους πίνακες 8.1 και 8.2 αναφέρεται η κατανάλωση ρεύματος ανά ώρα για κάθε εξοπλισμό που υπάρχει στο κτίριο και για θέρμανση/ψύξη. Να σημειωθεί ότι η κατανάλωση ρεύματος για κάθε λαμπτήρα φθορισμού που υπάρχει στο υπό μελέτη κτίριο είναι 0.02 KW/h.

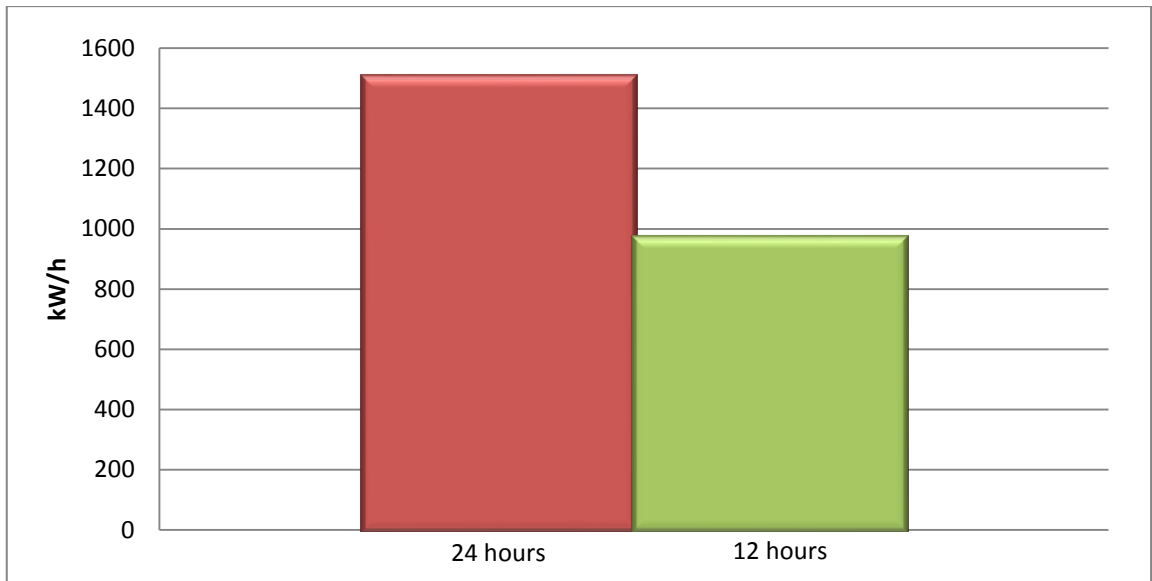
Πίνακας 8.1: Κατανάλωση ρεύματος (KW/h) για θέρμανση/ψύξη

Αριθμός εξοπλισμού	Κατανάλωση για το ένα (KW/h)	Τελική κατανάλωση στο κτίριο (KW/h)
Λέβητες πετρελαίου (2)	1.5	3
Αντλίες chillers (2)	1.5	3
Μικρό chiller (1)	22.14	22.14
Μεγάλο chiller (1)	75.5	75.5
FCU (47)	0.6	28.2
Exhaust Fans (5)	0.3	1.5
Κασέτες VRV 12000BTU'S (18)	0.35	6.3
Κασέτες VRV 18000BTU'S (19)	0.45	8.55
VRV (5)	14.5	72.5
FCU μεγάλα (6)	0.7	4.2

Πίνακας 8.2: Κατανάλωση ρεύματος (KW/h) για εξοπλισμό

Αριθμός εξοπλισμού	Κατανάλωση για το ένα (KW/h)	Τελική κατανάλωση στο κτίριο (KW/h)
Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές (50)	Υπό λειτουργία: 0.4 Stand by: 0.01	Υπό λειτουργία: 22.5 Stand by: 0.5
Πολυμηχάνημα Φωτοτυπικής (5)	Υπό λειτουργία: 0.25 Stand by: 0.01	Υπό λειτουργία: 1.25 Stand by: 0.05
Καταστροφέας εγγράφων (5)	0.100	0.5
Τηλεοράσεις (3)	0.08	0.24
Ψυγείο (1)	0.115	0.115
Ψυγείο νερού (4)	Μόνο κρύο νερό: 0.5 Κρύο και ζεστό νερό: 0.9	Μόνο κρύο νερό: 2 Κρύο και ζεστό νερό: 3.6
Εκτυπωτής (1)	Υπό λειτουργία: 0.05 Stand by: 0.01	Υπό λειτουργία: 0.05 Stand by: 0.01
Προβολέας (projector) (9)	Υπό λειτουργία: 0.150 Stand by: 0.015	Υπό λειτουργία: 1.2 Stand by: 0.12

Η εικόνα 32 παρουσιάζει δύο σενάρια της κατανάλωσης από τον εξοπλισμό του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των κλιματιστικών και των λαμπτήρων, που αντιπροσωπεύουν την κατανομή της ενέργειας μεταξύ 24 και 12 ώρες την ημέρα. Σύμφωνα με μετρήσεις και υπολογισμούς, αν όλος ο εξοπλισμός, τα κλιματιστικά και ο φωτισμός παραμένουν ανοιχτά 24 ώρες την ημέρα, τότε η κατανάλωση ανέρχεται σε 1505,76 kW/h για 1 ημέρα. Από αυτό συμπεραίνεται ότι σε 33126,72 kW/h για 1 μήνα. Συνεπώς, το μηνιαίο κόστος κατανάλωσης ανέρχεται σε 10931 €. Αλλά, αν το σύνολο του εξοπλισμού, τα κλιματιστικά και ο φωτισμός μειωθούν στις 12 ώρες λειτουργίας, τότε υπάρχει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και αμέσως η κατανάλωση κατεβαίνει στις 970,38 kW/h για 1 ημέρα, και έτσι 21438,36 kW/h για 1 μήνα. Επομένως, το μηνιαίο κόστος κατανάλωσης είναι πολύ χαμηλότερο, σε 7044 €. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να στραφούν σε αλλαγή οι χρήστες και να ευαισθητοποιηθούν, ώστε να καταναλώνουν λιγότερο.



Εικόνα 32: Σενάρια ενεργειακής κατανάλωσης στο υπό μελέτη κτίριο

10 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟ

Στο υπό μελέτη κτίριο υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, με απώτερο στόχο τη μείωση του κόστους της ενέργειας προς όφελος των χρηστών. Εντούτοις, εφαρμόζοντας μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, ταυτόχρονα παρέχεται προστασία στο περιβάλλον του χώρου και όχι μόνο, αφού με την εξοικονόμηση ορυκτών καυσίμων μειώνονται και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Με άμεσες δράσεις και επεμβάσεις είναι δυνατόν να επέλθουν σημαντικές μειώσεις στις ετήσιες δαπάνες ενέργειας. Επίσης, μπορούν να εξοικονομηθούν σημαντικά ποσά ενέργειας χωρίς καθόλου οικονομικά έξοδα, με αλλαγές των καθημερινών συνηθειών από τους χρήστες του κτιρίου ΥΣΦΜ.

Θα πρέπει να γίνει καλύτερος προγραμματισμός στο ωράριο θέρμανσης και ψύξης, για όσο αφορά το ισόγειο και μεσοπάτωμα που υπάρχει κεντρικό σύστημα. Καθώς επίσης, να γίνει κλείδωμα της ρύθμισης των VRV συστημάτων για να μην επιτρέπονται τα ανεβοκατεβάσματα στη θερμοκρασία από το κάθε χρήστη. Επιπλέον, να διασφαλίζεται σε όλο το κτίριο ότι τα κλιματιστικά είναι απενεργοποιημένα σε ώρες εκτός εργασίας και όταν δεν απαιτείται. Όταν ο κλιματισμός είναι απαραίτητος σε κάποιο χώρο συνεπάγεται ότι ο χώρος είναι κατειλημμένος. Ωστόσο, η λειτουργία του κλιματισμού πρέπει να προγραμματίζεται αναλόγως με τη χρήση κάθε χώρου. Εκτός αυτών, η θερμοκρασία του κλιματισμού θα πρέπει να ρυθμίζεται γύρω στους 19-20°C το χειμώνα και στους 25-26°C το καλοκαίρι. Οι χρήστες του κτιρίου καλό θα ήταν να προσαρμόζουν τις ενδυματολογικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή και με το πώς αισθάνονται θερμικά οι ίδιοι, ούτως ώστε να μην χρειάζεται να καταφεύγουν αμέσως στη λειτουργία του κλιματισμού. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κλιματισμού όλα τα παράθυρα και οι πόρτες πρέπει να παραμένουν κλειστά. Καλό θα ήταν να εφαρμοστεί σύστημα για αυτόματο κλείσιμο των ανοιγμάτων. Παρόλα αυτά, το σύστημα κλιματισμού θα πρέπει να μην είναι υπό λειτουργία τις δροσερές καλοκαιρινές μέρες και τις ζεστές μέρες του χειμώνα. Σε αυτό θα συμβάλει θετικά αν εφαρμοστούν εσωτερικές χοντρές κουρτίνες αλλά και εξωτερικά σκίαστρα, όπου με την ορθή χρήση τους η ενέργεια εξοικονομείται σε μεγάλο βαθμό. Πολύ θετική επίδραση ευνοεί ο αερισμός των εσωτερικών χώρων αντί της λειτουργίας κλιματισμού. Το καλοκαίρι ο αερισμός πρέπει να γίνεται νωρίς το πρωί και το χειμώνα το μεσημέρι. Επιπλέον, θα πρέπει να συντηρείται συστηματικά και αυστηρά το σύστημα

κλιματισμού με στόχο την εξασφάλιση καλής απόδοσης της εγκατάστασης, άρα και εξοικονόμησης.

Όσον αφορά το φωτισμό στο κτίριο, σίγουρα η ορθότερη χρήση του μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Το σημαντικότερο είναι να παραμένουν σβηστά τα φώτα στους χώρους που δεν χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα όταν δεν διεξάγονται μαθήματα στις αίθουσες διδασκαλίας ή όταν δεν εργάζονται στα γραφεία ή ακόμη και όταν θα απουσιάζει ο εργαζόμενος για αρκετή ώρα από το γραφείο του. Παράλληλα, σε χώρους που δεν χρειάζεται συνεχής φωτισμός, ιδιαίτερα κοινόχρηστους χώρους, όπως οι κουζίνες, οι τουαλέτες κλπ, να εφαρμοστούν αισθητήρες κίνησης. Επίσης, ο φωτισμός εργασίας πρέπει να είναι διαφορετικής έντασης από το φωτισμό στο υπόλοιπο περιβάλλον του χώρου. Επιπλέον, οι χρήστες να αποφεύγουν την χρήση τεχνητού φωτισμού όταν υπάρχει ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός στο χώρο τους. Αν από την άλλη δεν υπάρχει, μπορούν να αναδιατάξουν τα έπιπλα του χώρου αναλόγως, ούτως ώστε να βρίσκονται κοντά στα παράθυρα για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στο έπακρον, όπου είναι δυνατόν. Εκτός αυτών, συστηματικό καθαρισμό και συντήρηση χρειάζονται, εκτός από τα συστήματα κλιματισμού, και αυτά του φωτισμού, καθώς και οι υαλοπίνακες. Αποτελεσματικά μέτρα ελέγχου του φωτισμού είναι η εγκατάσταση ρολογιών χρόνου για να τίθενται αυτόματα εκτός λειτουργίας μετά από κάποιες ώρες, αφού η πληρότητα του κτιρίου είναι τακτική και προβλέψιμη.

Το ισόγειο και το μεσοπάτωμα του κτιρίου ΥΣΦΜ λειτουργεί ως γραφεία για τους εργαζόμενους και επιπλέον υπάρχει μεγάλος αριθμός γραφειακού εξοπλισμού σε όλους τους χώρους. Η λανθασμένη χρήση του γραφειακού αυτού εξοπλισμού από τους χρήστες προκαλεί αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Επομένως, οι ίδιοι οι χρήστες θα πρέπει να δρουν διαφορετικά βελτιώνοντας την ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου. Όλος ο γραφειακός εξοπλισμός και οι συσκευές θα πρέπει να απενεργοποιούνται και όχι να διατηρούνται σε κατάσταση αναμονής, όταν δεν χρησιμοποιούνται. Εκτός αυτού, να τίθεται εκτός λειτουργίας ο γραφειακός εξοπλισμός από κάθε χρήστη με την αποχώρησή του από το γραφείο. Επίσης, καλό θα ήταν αντί να υπάρχουν ξεχωριστά εκτυπωτές, φωτοτυπικές μηχανές, φαξ και σαρωτές, να αντικατασταθούν με πολυμηχάνημα υψηλής ενεργειακής απόδοσης που τα περιέχει όλα σαν ένα. Υπάρχουν ήδη 5 πολυμηχάνημα σαν και αυτά στο κτίριο αλλά υπάρχει και αρκετός αριθμός όπου το καθένα είναι ξεχωριστό. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιώντας ανακυκλωμένο χαρτί εξοικονομείται και ενέργεια καθώς για την παραγωγή ανακυκλωμένου χαρτιού χρειάζεται 50% λιγότερη

ενέργεια από ότι το χαρτί που παράγεται από τα δέντρα. Όσον αφορά τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές μπορεί να εγκατασταθεί ένα κεντρικό λογισμικό διαχείρισης ισχύος, όπου το συγκεκριμένο λογισμικό θα καθορίζει τις ρυθμίσεις ισχύος όλων των δικτυωμένων υπολογιστών καθώς και τον οθονών τους, με στόχο την ελαχιστοποίηση της σπατάλης ενέργειας. Εάν για οποιοδήποτε λόγο απαιτείται ότι οι υπολογιστές δεν πρέπει να απενεργοποιηθούν το βράδυ, το κεντρικό λογισμικό διαχείρισης ισχύος επιτρέπει στους διαχειριστές IT να βάλουν τους υπολογιστές σε μια κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Επομένως, είναι κατανοητό ότι η συμπεριφορά και οι συνήθειες των χρηστών στο κτίριο συμβάλλουν σημαντικά στην τελική κατανάλωση ενέργειάς του. Είναι πολύ σημαντικό να ευαισθητοποιηθούν οι χρήστες, εργαζόμενοι και φοιτητές, καθώς έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ενεργειακή χρήση. Η εφαρμογή ενός προγράμματος ευαισθητοποίησης που θα περιλαμβάνει συμβουλές στους χρήστες για τα οφέλη της ενεργειακής απόδοσης, να εκπαιδεύει και να ενημερώνει τους χρήστες θα συμβάλει στο να εξοικονομούν ενέργεια. Πολύ σημαντικό είναι να δημιουργηθεί μια ομάδα ενέργειας, αποτελούμενη από ένα αριθμό χρηστών του κτιρίου, εργαζόμενους και φοιτητές, όπου θα είναι υπεύθυνοι να παρέχουν συστηματική ενημέρωση για τα θέματα ενέργειας και κατανάλωσης του κτιρίου. Οι ομάδες ενέργειας είναι ένας πρακτικός τρόπος για την αντιμετώπιση τόσο τεχνικών όσο και επιχειρηματικών προκλήσεων στην αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας και τη συγκράτηση του κόστους ενέργειας. Θα μπορούν επίσης να δίνουν πληροφορίες για τους λογαριασμούς κατανάλωσης ρεύματος του κτιρίου ούτως ώστε να λαμβάνονται ενεργά μέτρα για το κτίριο. Με αυτό τον τρόπο όχι μόνο θα μεταφέρονται μηνύματα σε όλους αλλά θα μπορούν να λαμβάνουν μέρος όλοι οι χρήστες του κτιρίου, η παρακολούθηση θα είναι συνεχής και θα προσδιορίζεται ταυτόχρονα ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων και ευκαιριών. Ομάδες ενέργειας έχουν εφαρμοστεί σε πολλά κτίρια, εταιρείες, πανεπιστήμια, σε όλο τον κόσμο με μεγάλη επιτυχία. Ένα άλλο μέτρο θα ήταν να τοποθετηθούν πινακίδες δίπλα από τους εξοπλισμούς και το φωτισμό για υπενθύμιση απενεργοποίησης και σβήσιμο, αντίστοιχα, όποτε δεν χρησιμοποιούνται ή όποτε αποχωρούν από το χώρο ή και ακόμη στο τέλος της εργάσιμης ημέρας. Οι υπενθυμίσεις θα αναφέρουν με έντονα γράμματα πόση κατανάλωση γίνεται αν ξεχάσουν να τα κλείσουν, αλλά και το κόστος κατανάλωσης σε ευρώ.

Η υιοθέτηση των παραπάνω μέτρων στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού του κτιρίου και παράλληλα με την ενημέρωση αλλά και ευαισθητοποίηση των χρηστών και

την ορθολογική χρήση του εξοπλισμού θα συμβάλουν σε τεράστιο βαθμό στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής εργασίας, εξετάστηκαν η εσωτερική θερμική άνεση και η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου της Υπηρεσίας Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου κατά την περίοδο Ιουνίου 2012 μέχρι και τον Απρίλιο 2013. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε ο επηρεασμός της συμπεριφοράς των χρηστών, εργαζομένων και φοιτητών, στην κατανάλωση ενέργειας και θερμικής άνεσης στο κτίριο. Η έρευνα διεξήχθη με τη χρήση ερωτηματολογίων που αφορούσε τη θερμική άνεση και το φυσικό φωτισμό στο κτίριο, καθώς και με μετρήσεις πεδίου με τη βοήθεια εργαλείων μέτρησης για καθημερινές μετρήσεις και τις τέσσερις εποχές του χρόνου. Επίσης, υπολογίστηκαν δύο σενάρια για την κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο.

Η θερμική άνεση των χρηστών στο κτίριο κατά τους καλοκαιρινούς και χειμερινούς μήνες δεν είναι ικανοποιητική στο γραφείο/αίθουσά τους, δεδομένου ότι το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων PPD είναι 43,35% και 43,34%, αντίστοιχα, και το PMV +2,5 και +1,4, αντίστοιχα. Η εποχή που το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών αισθάνεται θερμικά άνετα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο είναι η Άνοιξη, αφού το ποσοστό όσων απάντησαν μέσω των ερωτηματολογίων ότι αισθάνονται ουδέτερα είναι το υψηλότερο σε σχέση με τις άλλες τρεις εποχές του έτους. Ο Δείκτης PMV είναι πλησιέστερα από όλες τις περιπτώσεις στο 0, δηλαδή προσεγγίζει την βέλτιστη θερμική κατάσταση του χώρου για τους χρήστες, αφού βρίσκεται στη τιμή +0,6 και ο Δείκτης PPD, δηλαδή το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων είναι στο 13,33%.

Η νότια και νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου μπορεί να αποτελέσει σημαντικό πλεονέκτημα θέρμανσης των χώρων με φυσικό τρόπο από την ηλιακή ακτινοβολία (τοποθετώντας και οριζόντια σκίαστρα για αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι), καθώς και για αερισμό στη χρήση του κτιρίου, όπως γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας και αίθουσες συνεδριάσεων. Αυτό όμως δεν είναι δυνατόν, αφού ολόκληρη η νότια πλευρά του κτιρίου είναι κτισμένη και περικλειστή χωρίς κανένα όφελος για θέρμανση και αερισμό. Επιπλέον, οποιαδήποτε προσπάθεια για βελτίωση στην εσωτερική και εξωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου, προσκρούει στην παράλογη συμπεριφορά των χρηστών, εργαζομένων και φοιτητών, οι οποίοι έχουν τουλάχιστον μια έντονη αδιαφορία ως προς την ενεργειακή συμπεριφορά και συνείδηση.

Τα υψηλά ποσοστά υγρασίας στις αίθουσες διδασκαλίας του πρώτου και δεύτερου ορόφου του κτιρίου, περίπου 53-55% υγρασία, απαιτούν καλύτερο αερισμό των αιθουσών. Υψηλά

ποσοστά υγρασίας παρατηρούνται και σε χώρους του ισογείου και ιδιαίτερα του μεσοπατώματος, όπου η υγρασία έφτασε και το 59%. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των ερωτηματολογίων, οι χρήστες στο κτίριο πιστεύουν ότι η θερμική τους άνεση επηρεάζεται αρνητικά από τον εξοπλισμό που υπάρχει στο κτίριο, με εξαίρεση την περίοδο του Χειμώνα που οι χρήστες πιστεύουν ότι ο εξοπλισμός επηρεάζει θετικά. Προτείνεται να υπάρξει σχετική ρύθμιση στους χώρους με εξοπλισμό, ώστε το κύκλωμα θέρμανσης να μην είναι το ίδιο σε χώρους σαν κι αυτούς σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους. Επίσης, η πλειοψηφία των χρηστών, ιδίως των φοιτητών, αφήνουν τον κλιματισμό, τα φώτα και τον εξοπλισμό ανοιχτά, με την αποχώρησή τους από το γραφείο ή την αίθουσα διδασκαλίας καθώς και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Διαφαίνεται η έλλειψη σωστής ενεργειακής πολιτικής από μέρους των χρηστών του κτιρίου.

Παρατηρήθηκε η μη ικανοποίηση των χρηστών για το φυσικό φωτισμό, με ποσοστό 56,67% το Χειμώνα, 70% το Φθινόπωρο και την Άνοιξη, και αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό του 80% για το Χειμώνα, αφού είναι και η περίοδος όπου υπάρχει η μικρότερη ηλιοφάνεια και το πρόβλημα γίνεται εμφανέστατο και εντονότερο. Ο μη επαρκής φυσικός φωτισμός, ιδιαίτερα στο ισόγειο και μεσοπάτωμα, διαφαίνεται και από τις μετρήσεις πεδίου, όπου με τα φώτα σβηστά και ανοιχτά τα σκιάδια των παραθύρων οι μετρήσεις δεν ξεπερνούσαν τα 100 lux.

Διαφαίνεται μέσα από σύγκριση των ερωτηματολογίων με τις μετρήσεις πεδίου, ότι το ποσοστό της ικανοποίησης των χρηστών από τη θερμική άνεση στο κτίριο είναι πολύ χαμηλό, αφού παράλληλα οι μετρήσεις κατέδειξαν ότι οι εσωτερικές θερμοκρασίες και υγρασία δεν συνάδουν με τις λογικές τιμές που θα έπρεπε να υπάρχουν για κάθε εποχή. Το ποσοστό της ικανοποίησης θερμικής άνεσης των χρηστών στους χώρους του κτιρίου κυμαίνεται στο 46,67%, 33,33% και 33,33% για το Φθινόπωρο, το Χειμώνα και την Άνοιξη, αντίστοιχα, με εσωτερικές θερμοκρασίες των 25-26 °C, 23 και 23-25 °C, αντίστοιχα. Παράλληλα, η υγρασία κυμαίνεται στο 51-54%, 43-53% και 47-54%, αντίστοιχα. Όσο αφορά το φυσικό φωτισμό, παρατηρείται ότι οι απαντήσεις των χρηστών για τη μη ικανοποίησή τους συνάδουν με τις τιμές έντασης των μετρήσεων. Ποσοστό 56,67% το καλοκαίρι και 70% την Άνοιξη και το Χειμώνα δήλωσαν τη μη ικανοποίησή τους για το φυσικό φωτισμό, ενώ παράλληλα οι μετρήσεις πεδίου έδειξαν εντάσεις φωτισμού κάτω των 10 και 100 lux για τους χώρους γραφείων και αιθουσών διδασκαλίας, αντίστοιχα.

Όσον αφορά τη συγκριτική αξιολόγηση της κατανομής της ενέργειας, αν ο κλιματισμός, ο φωτισμός και γενικά όλος ο εξοπλισμός του κτιρίου είναι υπό λειτουργία μόνο τις απαραίτητες ώρες και όχι 24 ώρες την ημέρα, τότε μπορεί να εξοικονομηθεί μεγάλο μέρος ενέργειας και το κόστος κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου θα είναι πολύ χαμηλότερο. Συγκεκριμένα, αντί για 33126,72 kW/h ενός μήνα κατανάλωση περίπου, μπορεί να μειωθεί σε 21438,36 kW/h. Αυτό συνεπάγεται σε μηνιαίο κόστος κατανάλωσης από 10931 €, σε 7044 €. Πολύ απλά με την απενεργοποίηση του εξοπλισμού στο τέλος της ημέρας, μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια. Αυτό εξυπακούει και το σβήσιμο για οτιδήποτε συσκευές δεν απαιτούνται κατά τις εργάσιμες ώρες. Η εξοικονόμηση θα είναι ακόμη υψηλότερη με αλλαγές των καθημερινών συνηθειών από τους χρήστες του κτιρίου ΥΣΦΜ.

12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

predictive analytics software and solutions, IBM . (n.d.). Ανάκτηση από SPSS software:
<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>

Οδηγός Σχεδιασμού Εγκαταστάσεων, Εξοικονόμηση Ενέργειας σε: Θέρμανση – Ψύξη – Εξαερισμό σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (2012). Θεσσαλονίκη : ΚΤΙΠΙΟ.

ΠΡΟΣΦΑΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΛΟΜΕΝΑ. (2012-2013). Ανάκτηση από
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ:
http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLmeteo_reports_gr/DMLmeteo_reports_gr?OpenDocument&Start=1&Count=300&Expand=1.4

55, A. S. (1981). *Thermal environmental conditions for human occupancy.* American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers . Atlanta,USA.

Daryanani, S. (1983). Design considerations for the daylighting of new commercial buildings. *Proceedings of the international daylighting conference* (σσ. 189-91). (Phoenix, Arizona), Washington: International Daylighting Conference.

É. Mata, F. L. (December 2009). Optimization of the management of building stocks: An example of the application of managing heating systems in university buildings in Spain.

G.S, D. D. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings : revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*.

Gaglia A.G., B. C. (2007). Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. Στο *Energy Conversion and Management* .

Harris, D. J. (2012). A guide to energy management in buildings .

Hollister, F.D. 1968: *Greater London Council : a report on the problems of windowless environments*. London: Hobbs

Hopkinson, R.G. 1967. The psychophysics of sunlighting. *Proceedings of the CIE conference on sunlight in buildings* (Newcastle-upon Tyne-England), pp 13-20. Rotterdam: Bouwcentrum International

Lechner, N. (2001). *Heating, cooling, lighting: Design methods for architects (2nd ed.)*. New York: Wiley.

Light and lighting - Lighting of work places. (n.d.). Ανάκτηση από BS EN 12464-1:2002 : http://www.arca53.dsl.pipex.com/index_files/lightlevel.htm

Longmore, J., and Ne' eman, E. 1973: The availability of sunshine and human requirements for sunlight in buildings. Paper presented at the conference on environmental research in real buildings, NIC Committee TC 3.3, at Cardiff, England

Menassa, E. A. (December 2012). A comprehensive analysis of the impact of occupancy parameters in energy simulation of office buildings .

Moore, F. (1993). *“Environmental Control Systems: Heating, Cooling, Lighting”*. McGraw-Hill International Editions.

Morgan, C.J. 1967: Sunlight and its effect on human behavior and performance. *Proceedings of the CIE conference on sunlight in buildings* (Newcastle-upon Tyne-England), pp 21-26. Rotterdam: Bouwcentrum International

O.A. Nisiforou, S. P. (December 2012). Behaviour, attitudes and opinion of large enterprise employees with regard to their energy usage habits and adoption of energy saving measures.

O.T. Masoso, L. G. (February 2010). The dark side of occupants' behaviour on building energy use.

Paksoy, H. Ö. (2007). *Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption Fundamentals, Case Studies and Design*.

Santin, O. G. (October 2011). Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating.

Serghides, D. K. (October 1993). *Zero Energy for the Cyprus House PHD*.

Serghides, D. K. (2008). Integrated Design for the Zero Energy House and the Human Factor – *PLEA towards Zero Energy Building PLEA Conference Proceedings Paper ID, 745*

- Serghides, D. K. (November 2009). Optimisation of Insulation on Mediterranean Houses. *ICPSR Journal «ISESCO Science and Technology Vision»*, 5(8), 79-83.
- Serghides, D. K. (2009). The Wisdom of Our Ancestors – Lessons From Traditional Mediterranean Architecture. *RE International journal Renewable Energy (RE), Global Regional Outlook*, 134-137.
- Serghides, D. K. (2010). The Wisdom of Mediterranean Traditional Architecture Versus Contemporary Architecture - The Energy Challenge. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 4, 29-38.
- Serghides, D. K. & Georgakis C. (2012). The Building Envelope of Mediterranean Houses – Optimisation of Mass and Insulation. *Journal of Building Physics*, 36(1), 83-98.
- Service, S. (2011 - 2012). *Cyprus in Figures* . Nicosia.
- Zhun Yua, B. C. (June 2011). A systematic procedure to study the influence of occupant behavior on building energy consumption.
- Αραβατινός, Δ. (Ed.). (2011). *ΟΔΗΓΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*. Θεσσαλονίκη: ΚΤΙΠΙΟ.
- Γ., Κ. Μ. (2002). *Ενεργειακός –Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών*, σελ.51. Αθήνα .
- Διαμάντης Αλέξιος Ι. 2003, “*Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού σχολικών κτιρίων*”, διπλωματική εργασία
- ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ*. (n.d.). Ανάκτηση από Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού:
http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlperformance_gr/dmlperformance_gr?OpenDocument
- (Ιούλιος 2012). *Build up skills*. Κύπρος.
- Κοσμόπουλος, Γ. (2012). Θερμική άνεση . Στο *Κτίρια, ενέργεια και περιβάλλον* .
- Κοσμόπουλος, Μ. κ. (n.d.). Φωτισμός. Στο *Κτίρια, ενέργεια και περιβάλλον*.

ΛΕΜΕΣΟΣ: ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ. (n.d.). Ανάκτηση από ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΣΤΡΟΥ ΚΑΙ
ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ:

<http://www.limassolmunicipal.com.cy/oldtowncentre/route1.html>

Παντελή, Έ. (Δεκέμβριος 2012). *ΠΟΙΟΤΗΤΑ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ.* Λεμεσός.

Τσαγκρασούλης. (n.d.). Φυσικός φωτισμός. Στο *Κτίρια, ενέργεια και περιβάλλον.*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Ερωτηματολόγιο βασισμένο στο πρότυπο ASHRAE



CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Φοιτήτρια: Χρύσω Χατζηνικόλα

Ερωτηματολόγιο πτυχιακής μελέτης με θέμα:

ΕΡΕΥΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΤΩΝ
ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΟ ΚΤΗΡΙΟ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΜΕΡΙΜΝΑΣ ΤΕΠΑΚ

Το παρόν ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο, τα στοιχεία που θα προκύψουν θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για τους σκοπούς της πτυχιακής εργασίας. Σας ευχαριστώ πολύ εκ των προτέρων για την συνεργασία σας.

Αριθμός ερωτηματολογίου:

Ημερομηνία:

Ώρα:

Εξωτερική θερμοκρασία:

Εξωτερική υγρασία:

Ουρανός: Καθαρός Μικτός (ήλιος και σύννεφα) Νεφελώδης

Εποχή: Καλοκαίρι Φθινόπωρο Χειμώνας Άνοιξη

Ρουχισμός χρήστη (clo):

Δραστηριότητα χρήστη (met):

Προσανατολισμός γραφείου:

Γενικές Πληροφορίες

Φύλο:

- Γυναίκα Άντρας

Ιδιότητα:

- Φοιτητής Εργαζόμενος

Χώρος Χρήστη:

- Ισόγειο Μεσοπάτωμα Πρώτος Όροφος Δεύτερος Όροφος

Θερμική Άνεση

1. Σημειώστε πώς αισθάνεστε στο χώρο σας, όσο αφορά την θερμική άνεση:

- Πολύ ζεστά
 Ζεστά
 Λίγο ζεστά
 Ουδέτερα
 Λίγο δροσερά
 Δροσερά
 Κρύο

2. Είστε ικανοποιημένοι με την θερμική άνεση του χώρου;

- Ναι Όχι

3α. Ο κλιματισμός στο χώρο είναι ενεργοποιημένος; Ναι Όχι

3β. Ο κλιματισμός στο χώρο ανάβει:

- Πάντα από την αρχή της ημέρας
 Με την είσοδό μου στο χώρο
 Μόνο αν χρειαστεί

3γ. Ο κλιματισμός στο χώρο σβήνει:

- Πάντα στο τέλος της ημέρας
- Με την αποχώρησή μου από το χώρο
- Είναι συνέχεια σβηστός αν δεν χρειάζεται
- Δεν γνωρίζω ποιος και πότε τον σβήνει

4α. Πιστεύετε ότι ο εξοπλισμός (ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φωτοτυπικές, ανεμιστήρες, φωτιστικά κτλ) επηρεάζει την θερμική άνεση του χώρου;

- Ναι
- Όχι

4β. Εάν ναι, επηρεάζει: Θετικά Αρνητικά

Φυσικός Φωτισμός

1. Είστε ικανοποιημένοι με τον φυσικό φωτισμό στο χώρο όταν τα φώτα είναι σβηστά;

- Ναι
- Όχι

2. Τα φώτα στο χώρο είναι αναμμένα; Ναι Όχι

3. Τα φώτα στο χώρο ανάβουν:

- Πάντα από την αρχή της ημέρας
- Με την είσοδό μου στο χώρο
- Μόνο αν χρειαστεί

4. Τα φώτα στο χώρο σβήνουν:

- Πάντα στο τέλος της ημέρας
- Με την αποχώρησή μου από το χώρο
- Είναι συνέχεια σβηστά αν υπάρχει ικανοποιητικός φυσικός φωτισμός
- Δεν γνωρίζω ποιος και πότε τα σβήνει

2. Πίνακας μετρήσεων

Ημέρα					
Ημερομηνία					
Εξωτερική θερμοκρασία (υπό σκιά):					
	Ώρα	Σχετική Υγρασία (%)	Θερμοκρασία (°C)	Φωτισμός (lx)	Παρατηρήσεις
Σημείο 1					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι:
Σημείο 2					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds:
Σημείο 3					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds:
Σημείο 4					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΗ
Σημείο 5					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΗ
Σημείο 6					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΚΟΥΖΙΝΑ παράθυρα:
Σημείο 7					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ
Σημείο 8					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ
Σημείο 9					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ
Σημείο 10					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ
Σημείο 11					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ
Σημείο 12					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds:
Σημείο 13					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds απέναντι:
Σημείο 14					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΚΟΥΖΙΝΑ παράθυρα:

Σημείο 15					Φώτα: κλιματισμός: εργαζόμενοι: blinds: ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΗ
Σημείο 16					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 17					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 18					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ LABS
Σημείο 19					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 20					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 21					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 22					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 23					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 24					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 25					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 26					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 27					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 28					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΚΟΝΤΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 29					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: blinds: ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ
Σημείο 30					Φώτα: κλιματισμός: φοιτητές: ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ