



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

των σπουδαστών

ΜΟΥΤΣΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

ΧΕΙΛΑΔΑΚΗ ΑΝΤΩΝΙΟΥ

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ. ΑΝΑΛΥΣΗ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, επικ. Καθηγητής ΕΜΠ

ΕΙΔΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ

ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΤΡΙΑΝΤΗ

ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

ΕΝΤ.ΔΙΔ. παν/μου Πατρών

τ. αναπλ. καθηγ. ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά την τ. Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. κ. Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου και την κ. Ευφροσύνη Τριάντη από το Γραφείο Ενεργειακής Διαχείρισης του Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφεραν καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ακόμη, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επικ. Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Εμμανουήλ Βουγιούκα που δέχτηκε να τεθεί ως επιβλέπων καθηγητής μας, έτσι ώστε η εργασία μας να παρουσιαστεί. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον τ. Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη για τη βοήθεια που μας προσέφερε κατά τη διάρκεια των επιτόπιων μετρήσεων με τη χρήση των θερμοϋγρόμετρων. Τέλος, ευχαριστούμε θερμά τον Πολιτικό Μηχανικό κ. Κων/νο Κοντονίκα για την εκμάθηση του προγράμματος “energy plus”, χωρίς την βοήθεια του οποίου, η εργασία θα ήταν αδύνατον να ολοκληρωθεί

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς, των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης 7 πανεπιστημιακών αιθουσών διδασκαλίας, οι οποίες βρίσκονται στην Πολυτεχνειούπολη της περιοχής Ζωγράφου, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας αποτελέσματα πειραματικών επιτόπιων μετρήσεων αλλά και αποτελέσματα προσομοίωσης μέσω του ενεργειακού προγράμματος energy plus. Παράλληλα γίνεται αναφορά σε τυπικά σφάλματα στον ακουστικό σχεδιασμό που έχουν μελετηθεί σε προγενέστερη διπλωματική εργασία ([1]) για τις συγκεκριμένες αίθουσες. **Επιπρόσθετος σκοπός** της εργασίας είναι **η σύγκριση** των προαναφερθέντων πειραματικών μετρήσεων και των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Επίσης, **προτείνονται διάφοροι τρόποι ώστε οι υπό μελέτη χώροι να αναβαθμιστούν ενεργειακά** αλλά και να βελτιωθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό τους. **Τέλος, επιδιώκεται η εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων τόσο για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας των προτάσεων βελτίωσης όσο και για τον τρόπο αλληλεπίδρασης όλων των παραμέτρων που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό.**

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is the study of the energy behavior, the conditions of thermal and visual comfort of 7 university classrooms, which are located in the Polytechnic Campus of Zografou, at the National Technical University of Athens. This study was carried out utilizing results of experimental field measurements but also simulation results through the energy plus energy program. At the same time, reference is made to typical errors in the acoustic design that have been studied in a previous dissertation ([1]) for the specific rooms. An additional purpose of the work is to compare the aforementioned experimental measurements and the simulation results. Also, various ways are proposed so that the studied spaces are upgraded in energy but also to improve the conditions of thermal comfort inside them. Finally, the aim is to draw general conclusions both for the evaluation of the efficiency of the improvement proposals and for the way in which all the parameters involved in the design interact.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
ΜΕΡΟΣ 1: Θεωρητικά στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	15
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	15
1.1) ΟΡΙΣΜΟΣ	15
1.2) ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ.....	15
1.3) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ	17
1.4) ΘΕΡΜΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	18
1.5) ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	18
1.6) ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	21
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ	21
2.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ.....	21
2.1.1) ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ	21
2.1.2) ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ	22
2.1.3) ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ	23
2.1.4) ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	24
2.2) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	29
2.2.1) ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	29
2.2.2) ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ.....	30
2.3) ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	32
ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	32
3.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
3.2) ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	33
3.3) ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	33
3.4) ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ	34
3.5) ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ-ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ.....	41
3.6) ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ - ΣΚΙΑΣΗ	55
3.7) ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	61
3.8) ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	72
3.8.1) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	72
3.8.2) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	74

3.8.3) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	82
3.9) ΥΛΙΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	83
3.10) ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	88
ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	88
4.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	88
4.2) ΤΥΠΟΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	88
4.3) ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	90
4.4) ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ CO ₂	93
4.5) ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (ΕΞΥΠΝΑ ΚΤΙΡΙΑ).....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	95
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	95
5.1) ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	95
5.2) ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	95
5.2.1) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΓΩΓΗ	95
5.2.2) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ.....	96
5.2.3) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	96
5.3) ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	97
5.3.1) Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ).....	97
5.3.2) Συντελεστής θερμοπερατότητας (U)	97
5.3.3) Συντελεστής θερμικής αντίστασης (R).....	98
5.3.4) Θερμοχωρητικότητα (C) :	99
5.3.5) Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (ϵ)	99
5.4) ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	99
5.5) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	99
5.6) Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ.....	101
5.6.1) Ευάλωτα μέρη και δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία	102
5.7) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	103
5.7.1) ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	103
5.7.2) ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	103
5.7.3) ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ	104
5.7.4) ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	111
5.8) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ-ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	112

5.8.1) ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ-ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	112
5.8.2) ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ-ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	113
5.8.3) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΠΥΡΗΝΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.....	115
5.8.4) ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΤΟΥΒΛΩΝ.....	115
5.9) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	117
5.10) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ	117
5.11) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΩΝ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	121
ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	121
6.1) ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΤΙΣ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	121
6.2) ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ-ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	121
6.3) ΕΙΔΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	123
6.4) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	124
6.5) ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	125
6.6) ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	126
Μέρος 2: Πειραματική αξιολόγηση βιοκλιματικής και ακουστικής συμπεριφοράς αιθουσών διδασκαλίας στο ΕΜΠ.....	130
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	131
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	131
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	131
7.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	132
7.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	136
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	136
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	136
8.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	150
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	150
9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	150
9.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	150
9.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ.....	154
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	170
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	170
10.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	170

10.2) ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ.....	171
10.3) ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	172
10.4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	174
Μέρος 3: Προσομοίωση και ενεργειακή ανάλυση των αιθουσών με χρήση του προγράμματος energy plus.....	176
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11.....	177
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENERGY PLUS.....	177
11.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS.....	177
11.2) ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	178
11.3) ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	178
11.4) ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΘΟΥΣΩΝ.....	207
11.4.1) Εισαγωγή.....	207
11.4.2) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	212
11.4.3) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 20 ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΤΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	214
11.4.4) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	216
11.4.5) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 015 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	218
11.4.6) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ.....	220
11.4.7) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ.....	222
11.4.8) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	224
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12.....	230
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ENERGY PLUS.....	230
12.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	230
12.2) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	232
12.3) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	242
12.4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ.....	252
12.5) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 020 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	261
12.6) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 15 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	271
12.7) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	280
12.8) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ.....	289
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13.....	299

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	299
13.1) ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	299
13.2) ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	299
13.3) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΑΥΤΑ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	300
13.4) ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΕ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	314
Μέρος 4: Προτάσεις και αξιολόγηση αυτών για την ενεργειακή αναβάθμιση των αιθουσών μέσω του προγράμματος energy plus.	316
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14	317
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ.....	317
14.1) Εισαγωγή.....	317
14.2) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	332
14.3) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ	342
14.4) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	350
14.5) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 20 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	356
14.6) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	367
14.7) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 15 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	379
14.8) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ	390
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15	400
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ENERGY PLUS.	400
15.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	400
15.2) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	400
15.3) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ	403
15.4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	405
15.5) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 020 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ	407
15.6) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 015 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	409

15.7) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ	411
15.8) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	413
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16	414
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΑΡΑΔΟΧΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ.....	414
16.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	414
16.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	414
16.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	417
Μέρος 5: Συμπεράσματα – Βιβλιογραφία/Ιστότοποι.....	419
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17	420
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	420
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ -ΠΙΝΑΚΩΝ.....	426
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ	429
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ – ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ	434

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν 7 πανεπιστημιακές αίθουσες διδασκαλίας (3 αίθουσες και 4 αμφιθέατρα) ως προς την ενεργειακή τους συμπεριφορά, οι οποίες βρίσκονται στην Πολυτεχνειούπολη της περιοχής Ζωγράφου, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αναφέρονται χρήσιμες πληροφορίες και βασικές αρχές που αφορούν το βιοκλιματικό σχεδιασμό χώρων διδασκαλίας αλλά και κτιρίων με χρήση κατοικίας γενικότερα.

Η εργασία είναι πειραματική και **πραγματοποιήθηκε με α) επιτόπιες μετρήσεις , που έγιναν με τη χρήση θερμοϋγρόμετρων και φωτόμετρων χειρός, καθώς και β) μέσω προσομοίωσης με Η/Υ με την χρήση του ενεργειακού προγράμματος energy plus**. Ο σχεδιασμός των πειραμάτων και η μεθοδολογία περιγράφονται στο δεύτερο μέρος της εργασίας. Επίσης, γίνεται αναφορά σε υπάρχουσα βιβλιογραφία ([1]), στην οποία καταγράφονται οι διάφορες κατηγορίες τυπικών σφαλμάτων, όσον αφορά τον ακουστικό σχεδιασμό πανεπιστημιακών αιθουσών διδασκαλίας.

Αφού ολοκληρωθεί η παρουσίαση και η ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, στο τρίτο μέρος γίνεται η προσομοίωση και η ενεργειακή ανάλυση των υπό μελέτη χώρων με τη βοήθεια του ενεργειακού προγράμματος **energy plus** κι εξάγονται συμπεράσματα για την υφιστάμενη ενεργειακή τους συμπεριφορά, αλλά και για τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν σε αυτές. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση των επιτόπιων μετρήσεων με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Ακολουθούν στο τέταρτο μέρος, αναλύσεις για όλες τις αίθουσες, με προσθήκη διαφόρων μορφών ενεργειακών βελτιώσεων αλλά και αξιολόγηση όλων των προτεινόμενων παρεμβάσεων, ως προς την επίδρασή τους στην ενεργειακή συμπεριφορά και στις συνθήκες θερμικής άνεσης των αιθουσών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του φυσικού φωτισμού τα οποία προέκυψαν

κατά την ανάλυση με το πρόγραμμα **energy plus**, τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση όσο και για την κατάσταση μετά τις βελτιώσεις.

Στο **πέμπτο μέρος** και τελευταίο κομμάτι της εργασίας εξάγονται συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν στα διάφορα στάδια της εργασίας. **Σκοπός των συμπερασμάτων ήταν:** α) η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης των υπό μελέτη χώρων ως προς τις συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης καθώς και της ενεργειακής τους συμπεριφοράς και απλή αναφορά σε κοινές αρχές μεταξύ βιοκλιματικού και ακουστικού σχεδιασμού β) Γενικές παρατηρήσεις ως προς την αξιοπιστία τόσο των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης αλλά και γενικότερα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, καθώς και γ) η αξιολόγηση των βελτιώσεων που εφαρμόστηκαν στους υπό μελέτη χώρους και ο τρόπος αλληλεπίδρασης των διαφόρων παραμέτρων που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό τους.

ΜΕΡΟΣ 1: Θεωρητικά στοιχεία βιοκλιματικού σχεδιασμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

1.1) ΟΡΙΣΜΟΣ

Βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου είναι ο σχεδιασμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα-άνεμο, νερό, έδαφος). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκαίων φορτίων θέρμανσης και ψύξης με παθητικό τρόπο, δηλαδή χωρίς μηχανολογικό εξοπλισμό και συσκευές. Ελαχιστοποιεί τη χρήση ορυκτών καυσίμων και εξοικονομεί μεγάλα ποσοστά ενέργειας, χωρίς πρόσθετο κόστος κατασκευής και εξοπλισμού. Επιπλέον, επαναφέρει στη αρχιτεκτονική την κατανόηση, αφομοίωση και εφαρμογή των βασικών αρχών θερμοδυναμικής και ρευστομηχανικής που λειτουργούν στα κτίρια. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια, λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού
- Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού [50,51]

1.2) ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ

Οι παραδοσιακοί οικισμοί του παρελθόντος, δείχνουν μια εναρμόνιση με το τοπίο, μια προσαρμογή με το ανάγλυφο του εδάφους και μία καλή αξιοποίηση των κλιματικών πλεονεκτημάτων του τόπου. Τις ίδιες αρχές που οι πρόγονοί μας χρησιμοποιούσαν από ανάγκη για να κτίσουν τις κατοικίες τους έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν τις μεταβολές του καιρού, χρησιμοποιούμε και σήμερα για να δημιουργήσουμε ένα εσωτερικό περιβάλλον για άνετη και υγιεινή διαβίωση των

κατοίκων. Παρακάτω αναφέρονται οι βασικότερες αρχές για την επίτευξη σωστού βιοκλιματικού σχεδιασμού:

- Για να σχεδιάσουμε ένα κτίριο με βάση τις βιοκλιματικές αρχές, θα πρέπει αρχικά να μελετήσουμε το κλίμα του τόπου, το φυσικό περιβάλλον, την τοπογραφία, τη θέα, την ετήσια και ημερησία διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, την ηλιακή ακτινοβολία, τους ανέμους και τη σχετική υγρασία της περιοχής.
- Βασική αρχή αποτελεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές του ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν φυσικά συστήματα θέρμανσης αλλά και φωτισμού.
- Σημαντικό για την μέγιστη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών, θα πρέπει, όταν είναι εφικτό, η κύρια όψη καθώς και τα μεγαλύτερα ανοίγματα του κτιρίου, να είναι προσανατολισμένα προς το νότο. Αντιθέτως στις βορεινές πλευρές των κτιρίων θα πρέπει να έχουμε συμπαγείς τοίχους με μικρά ανοίγματα. Επιπλέον η Νότια πλευρά του κτιρίου χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση ενώ η Βόρεια για ανάσχεση της θερμότητας και προστασία από τους ψυχρούς ανέμους.
- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Όλοι οι τοίχοι του κτιρίου θα πρέπει να έχουν μεγάλο όγκο και να είναι από συμπαγή υλικά ώστε να έχουν μεγάλη θερμική αδράνεια και να γίνεται σωστή εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου για εξισορρόπηση των θερμοκρασιακών μεταβολών. Επιπλέον, επιθυμητή είναι η εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του εδάφους τόσο σχεδιάζοντας υπόσκαφα κτίρια , όσο και κτίρια που βρίσκονται σε εδάφη με μεγάλη κλίση.
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο, με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες. Επίσης τα ανοίγματα των κτιρίων θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να προσφέρουν διαμπερή αερισμό.

- Εξασφάλιση επαρκούς φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.
- Περιβάλλουσα βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ηλιοπροστασία, σκιασμό αλλά και προστασία από τους ανέμους, βελτιώνοντας παράλληλα το μικροκλίμα έξω και γύρω από τα κτίρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των εξωτερικών χώρων και, εν γένει του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.
- Τελος, αξίζει να σημειωθεί πως, η βιοκλιματική λειτουργία των κτιρίων εξασφαλίζεται μόνο με το σωστό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δεν είναι πλήρης όταν δεν εξασφαλίζει τη βιοκλιματική λειτουργία των κτιρίων. [50,51,52]

1.3) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ

Το ενεργειακό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους:

- Εξοικονόμηση ενέργειας από την σημαντική μείωση απωλειών λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων
- Παραγωγή θερμικής ενέργειας (θερμότητας) μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου
- Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων όσον αφορά στη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι).
- Διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα υψηλά τον χειμώνα και αντίστοιχα χαμηλά το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα την μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά την χρήση του κτιρίου
- Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ως αποτέλεσμα την μείωση κατανάλωσης ενέργειας με όλα τα επακόλουθα οφέλη-οικονομικά, περιβαλλοντικά με τη μείωση των εκπομπών CO₂, βελτίωση ποιότητας ζωής. Αυτό επιτυγχάνεται με σχεδιαστικούς χειρισμούς και κατασκευαστικές τεχνικές, περιορίζοντας έτσι την εξάρτηση του κτιρίου από μηχανολογικό εξοπλισμό για θέρμανση ψύξη και φωτισμό του κτιρίου. [49,53]

1.4) ΘΕΡΜΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών, γενικότερα, όπως προκύπτει από το βιοκλιματικό σχεδιασμό, επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου-περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία ενός κτιρίου αποτελεί μια δυναμική κατάσταση, η οποία:

- Εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, την βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κλπ.)
- Βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και (κατ' επέκταση) των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από την λειτουργία του κτιρίου. [49]

1.5) ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η απόδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, γεγονός που τον καθιστά ευαίσθητο σε εξωγενείς και μη-τεχνικούς παράγοντες. Για τον λόγο αυτό, βασικά κριτήρια για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να είναι:

- ✓ Η απλότητα χρήσης των εφαρμογών και η αποφυγή πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών.
- ✓ Η μικρή συμβολή του χρήστη του κτιρίου στη λειτουργία των συστημάτων.
- ✓ Η χρήση ευρέως εφαρμοσμένων συστημάτων.
- ✓ Η χρήση τεχνικο-οικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών. [49]

1.6) ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ

1. Χαρακτηριστικά του αστικού μικροκλίματος

Το αστικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από την πυκνότητα της δόμησης, την έλλειψη χώρων πρασίνου, την αυξημένη παραγωγή ρύπων και την απορριπτόμενη θερμότητα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Επίσης, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας είναι τα δομικά υλικά και οι τελικές επιφάνειες των κτιρίων και των οριζόντιων επιφανειών. [54]

Όλοι αυτοί οι παράγοντες συντελούν στη δημιουργία δύο σημαντικών φαινομένων του αστικού μικροκλίματος:

A) Την αστική θερμική νησίδα

Ως αστική θερμική νησίδα χαρακτηρίζεται μια περιοχή όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία των περιοχών που την περιβάλλουν. Η θερμοκρασία του αέρα σε πυκνά δομημένες περιοχές είναι συνήθως υψηλότερη από την θερμοκρασία σε περιαστικές περιοχές. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρείται σε όλες τις πόλεις και μάλλον η πιο έκδηλη από τις επιπτώσεις που προκαλεί η αστικοποίηση. Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις γενικότερες κλιματικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται η πόλη, καθώς και το ανάγλυφο της περιοχής, γι' αυτό και παρουσιάζει συνεχείς μεταβολές στον χρόνο και στον χώρο. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι αποτέλεσμα ενός θερμικού πλεονάσματος, που προκαλεί διαταραχή στο θερμικό ισοζύγιο των πόλεων. [55]

Οι κύριοι παράγοντες που συνεισφέρουν στην εμφάνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι:

- Η γεωμετρία των κτιρίων και των αστικών δρόμων για τον εγκλωβισμό μεγάλου μέρους της ενέργειας που απορροφούν αλλά και που εκπέμπουν.
- Οι οπτικές και θερμικές ιδιότητες πολλών υλικών, που απορροφούν από αυτό μεγάλο μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και την επανακτινοβολούν σαν θερμότητα στην ατμόσφαιρα.
- Η απορριπτόμενη θερμότητα από τις ποικίλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως ο δροσισμός, κλιματισμός, φωτισμός, καύσεις καυσίμων από αυτοκίνητα και σταθερές πηγές.
- Η έλλειψη χώρων πρασίνου και επιφανειών νερού. [54,56]

B) Την αστική χαράδρα

Ένας βασικός παράγοντας στα κλιματολογικά δεδομένα είναι και ο άνεμος, σε ένταση και σε κατεύθυνση. Τα δομικά υλικά και οι επιφάνειες των κτιρίων επηρεάζουν τους ανέμους. Οι συμπαγείς όγκοι των κτιρίων μειώνουν την μέση ταχύτητα του ανέμου και δημιουργούν στρόβιλους. Η μείωση της ταχύτητας περιορίζει τον αερισμό και τον δροσισμό των πόλεων και οι στρόβιλοι τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο άμεσο αστικό περιβάλλον. Ένα φαινόμενο που παρατηρείται στη φύση είναι η αύξηση της έντασης του ανέμου σε χαράδρες και φαράγγια. Στις πόλεις οι συμπαγείς όγκοι που διαμορφώνουν τις πλευρές οδικών αξόνων λειτουργεί με τον ίδιο μηχανισμό, έτσι ώστε η ένταση του ανέμου σε μεγάλους οδικούς άξονες να είναι ισχυρή. Ταυτόχρονα οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται οι κατακόρυφες όψεις των κτιρίων μεταβάλλουν την στρωμάτωση των θερμοκρασιών στους δρόμους που περιβάλλουν και διαφοροποιούν τα ανεμολογικά δεδομένα της

περιοχής όπου βρίσκεται η πόλη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο της αστικής χαράδρας. [55]

2. Επιπτώσεις αστικού μικροκλίματος

Στις επιπτώσεις του αστικού μικροκλίματος συμπεριλαμβάνονται οι υψηλές αστικές θερμοκρασίες που επιδρούν σημαντικά στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό των κτιρίων, αυξάνοντας έτσι την εκπομπή ρυπαντών, συμπεριλαμβανομένων των μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και αιωρούμενων σωματιδίων. Παράλληλα, επιδεινώνονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης στην πόλη. Ειδικότερα, οι αρνητικές συνέπειες του φαινομένου του αστικού μικροκλίματος περιλαμβάνουν:

- Για το εσωτερικό των κτιρίων αύξηση αναγκών δροσισμού και εγκατάστασης κλιματιστικών μηχανημάτων.
- Για την υγεία των ανθρώπων αύξηση θανάτων από θερμοπληξία και θανατηφόρα επεισόδια.
- Για τη θερμική άνεση των ανθρώπων θερμική δυσφορία σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους.
- Για την οικονομία και το περιβάλλον η αύξηση της λειτουργίας κλιματιστικών μηχανημάτων αυξάνει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής (με τα χαρακτηριστικά black out της θερινή περιόδου) και κατά συνέπεια απαιτεί την κατασκευή νέων υποσταθμών παραγωγής ενέργειας.
- Για το αστικό περιβάλλον το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας επηρεάζει τη συγκέντρωση και διανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, επειδή η θερμότητα επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα που οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι σε χώρες με ψυχρό κλίμα, η αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις εξαιτίας του φαινομένου αυτού συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών και κατά συνέπεια σε μικρότερη κατανάλωση συμβατικής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων. [55]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

2.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

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. Ωστόσο, συχνά στο εσωτερικό των κτιρίων εμφανίζονται προβλήματα όσον αφορά στις θερμικές συνθήκες που επικρατούν. Τα αποτελέσματα του προβλήματος έχουν άμεσο αντίκτυπο τόσο στις συνθήκες άνετης διαβίωσης μέσα στα κτίρια όσο και στην υγεία των χρηστών τους. Καθίσταται λοιπόν προφανές ότι η εμφάνιση φαινομένων θερμικής δυσανεξίας των χρηστών των κτιρίων είναι εξ ορισμού αντίθετη με τον λόγο ύπαρξης τους. Εκτός από την αξιολόγηση των θερμικών συνθηκών, αξιολογούνται και άλλοι παράγοντες όπως είναι η ποιότητα εσωτερικού αέρα, ο θόρυβος και ο φωτισμός. Οι συμπληρωματικοί παράγοντες που εισάγονται με τη γενικότερη αυτή θεώρηση επηρεάζουν την υγεία, την άνεση και την απόδοση των κατοίκων του κτιρίου. Τέλος, το ζήτημα της θερμικής άνεσης και γενικότερα του εσωκλίματος εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Η χρήση του κτιρίου από τους κατοίκους του, μπορεί να οδηγήσει είτε σε βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος είτε σε υποβάθμισή του. Στην αξιολόγηση του εσωκλίματος και ιδιαίτερα όσον αφορά στις συνθήκες άνεσης, υποκειμενικά κριτήρια επηρεάζουν το αποτέλεσμα της αξιολόγησης. Οποιαδήποτε μελέτη γύρω από το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τους χρήστες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται διαφορετικά ο καθένας το εσωκλίμα. Επομένως, το ζήτημα της θερμικής άνεσης λαμβάνει και την ανθρώπινη συνιστώσα, ως προς την αξιολόγηση και τη λύση, με ότι αυτό μπορεί να συνεπάγεται για την ευκολία ή δυσκολία αντιμετώπισής του. [37]

2.1.1) ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE , American Society of Heating, Refrigerating And Air Conditioning) ως θερμική άνεση ενός ατόμου ορίζεται “η κατάσταση του μυαλού , η οποία εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες”. Επίσης έχει οριστεί από τον Hensen ως “η κατάσταση στην οποία δεν υπάρχουν ερεθίσματα που οδηγούν στην διόρθωση του περιβάλλοντος από την συμπεριφορά του

ατόμου”. Συγκεκριμένα, η έννοια αυτή στηρίζεται στο γεγονός πως αν μία ομάδα ανθρώπων βρίσκεται την ίδια χρονική στιγμή, στις ίδιες εσωκλιματικές συνθήκες, στον ίδιο χώρο, λόγω των βιολογικών διακυμάνσεων (ηλικία, σωματικό βάρος κλπ.) δεν είναι δυνατό, στο σύνολό της να είναι ικανοποιημένη την ίδια στιγμή. Στο πλαίσιο αυτό, έχουν δημιουργηθεί μέθοδοι που στοχεύουν στην βελτιστοποίηση της θερμικής άνεσης των ανθρώπων. Λαμβάνοντας υπόψη και τους ανωτέρω ορισμούς, η άνεση δεν αποτελεί μία σταθερή κατάσταση, αλλά μία μεταβλητή κατάσταση που επηρεάζεται από το μυαλό και τις ιδιαιτερότητες του κάθε ατόμου. Οι θερμικές αισθήσεις είναι διαφορετικές μεταξύ των ανθρώπων, ακόμα και στο ίδιο περιβάλλον. Πράγματι, παρατηρείται άτομα που διαμένουν σε παρόμοιους χώρους, υποβάλλονται στο ίδιο κλίμα και ανήκουν σε κοινό πολιτισμό, να εκφράζουν διαφορετικές απόψεις όσον αφορά τη θερμική άνεση εξαιτίας του συνδυασμού μεγάλου αριθμού παραγόντων που επηρεάζουν την προσωπική αντίληψη άνεσης. Επομένως, δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος και απόλυτος τρόπος προσδιορισμού με υψηλή ακρίβεια της θερμικής άνεσης. Γενικά η άνεση επιτυγχάνεται όταν οι θερμοκρασίες του σώματος παραμένουν σε στενά εύρη, η υγρασία του δέρματος είναι χαμηλή και η ψυχολογική προσπάθεια ρύθμισης του ατόμου ελαχιστοποιείται. Το 1962, ο Macpherson όρισε του ακόλουθους έξι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική αίσθηση. Συγκεκριμένα, οι παράμετροι αυτοί διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: **τους φυσικούς** (θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα αέρα, σχετική υγρασία, μέση ακτινοβολός θερμοκρασία) και **τους ατομικούς** (μόνωση ρουχισμού, επίπεδο δραστηριότητας-μεταβολικός ρυθμός)[38,39,40].

2.1.2) ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Η ανάγκη επίτευξης της θερμικής άνεσης με οικολογικούς τρόπους (π.χ. άνοιγμα των παραθύρων, άμεση ηλιακή ακτινοβολία) και με μείωση του οικονομικού και περιβαλλοντικού κόστους (π.χ. με εκτενή χρήση κλιματιστικών μονάδων) είναι πλέον αντιληπτή καθώς τις τελευταίες δεκαετίες οι έρευνες που καλύπτουν πτυχές της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους προσελκύσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι έρευνες αυτές, εμπεριέχουν προσαρμοστικά μοντέλα και διεξαγωγή πειραμάτων σε κλιματικούς θαλάμους. Τα πιο σημαντικά ευρήματα των ερευνών αυτών έχουν δημιουργήσει μια βάση δεδομένων μεγάλη αρκετά ώστε να αποτελούν τη βάση των εθνικών και διεθνών προτύπων. Τα παραπάνω ευρήματα επικεντρώθηκαν σε συσχετισμούς για κριτήρια θερμικής άνεσης ή σε θέματα υγείας όπως το ‘Σύνδρομο του ασθενούντος κτιρίου’. Για να καθορίσουν τις κατάλληλες κοινά αποδεκτές συνθήκες θερμοκρασιακής άνεσης δημιούργησαν πρότυπα (π.χ. ASHRAE). Τα πρότυπα καθορίζουν εύρη θερμοκρασίας που θα πρέπει να οδηγήσουν στην θερμική ικανοποίηση τουλάχιστον του 80% των ατόμων σε ένα χώρο. Τα διεθνή πρότυπα άνεσης όπως η ASHRAE και τα Διεθνή πρότυπα οργάνωσης (International Organization for Standardization-ISO) βασίζονται σχεδόν αποκλειστικά σε θεωρητικές αναλύσεις της ανθρώπινης ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον

σε κλιματικές περιοχές της Βόρειας Αμερικής και της Βόρειας Ευρώπης. Αξίζει να σημειωθεί πως τα πρότυπα αυτά, βασίστηκαν κυρίως σε μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν από τον Fanger στη βάση μελετών από πειράματα με ειδικούς ελεγχόμενους κλιματικούς θαλάμους. Επιπλέον, είναι κατάλληλα για στατικές, ομοιόμορφες θερμικές συνθήκες και βασίζονται στην υπόθεση ότι ανεξάρτητα από τη φυλή, την ηλικία και το φύλο τα ανθρώπινα όντα αισθάνονται άνετα σε ένα στενό, καλά προσδιορισμένο εύρος θερμικών συνθηκών . Ο De Dear και ο Brager σημείωσαν ότι τα «υφιστάμενα πρότυπα θερμικής άνεσης και τα μοντέλα που υποστηρίζουν αυτά τα πρότυπα φιλοδοξούν να ισχύουν για όλους τους τύπους κτιρίων, εξαερισμού, πλήθους ατόμων σε ένα χώρο και σε οποιαδήποτε κλιματική ζώνη». [40]

2.1.3) ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει ένα αποτελεσματικό σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας, η οποία διατηρείται περίπου στους 37 °C. Όταν η θερμοκρασία του σώματος αρχίσει να αυξάνεται, είτε λόγω κλιματολογικών συνθηκών είτε λόγω έντονης δραστηριότητας, δύο μηχανισμοί ενεργοποιούνται για την ελάττωσή της. Πρώτον, τα αιμοφόρα αγγεία διαστέλλονται, αυξάνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να αυξηθούν οι απώλειες μέσω αγωγής και ακτινοβολίας και δευτερευόντως αρχίζει η λειτουργία της εφίδρωσης. Η εφίδρωση και το αποτέλεσμα της, η ψύξη μέσω εξάτμισης, είναι ο βασικός μηχανισμός ψύξης του δέρματος. Αύξηση ενός βαθμού στη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, μπορεί να ενεργοποιήσει το μηχανισμό της εφίδρωσης που τετραπλασιάζει τη μετάδοση θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον.

Όταν η θερμοκρασία του ανθρωπίνου σώματος αρχίσει να μειώνεται, τα αιμοφόρα αγγεία συστέλλονται, μειώνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να μειωθεί η απώλεια θερμότητας μέσω αγωγής και ακτινοβολίας. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος αυξάνεται με την αύξηση των εσωτερικών καύσεων, την ενεργοποίηση των μυών και την εμφάνιση ρίγους. Η κίνηση αυτή των μυών αυξάνει τις καύσεις, άρα και την παραγόμενη από το σώμα θερμότητα.

Το σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος λαμβάνει υπόψη εκτός από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και τα αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου. Τα αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου είναι υπεύθυνα για την ενεργοποίηση των μηχανισμών ψύξης του σώματος, όταν η θερμοκρασία του ξεπεράσει τους 37°C. Τα αισθητήρια όργανα του δέρματος ενεργοποιούν τους αμυντικούς μηχανισμούς του σώματος, όταν η θερμοκρασία του μειωθεί κάτω από τους 34°C. Τα αποτελέσματα λοιπόν της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων γίνονται αισθητά από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του δέρματος και το είδος των σημάτων που λαμβάνει ο εγκέφαλος από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος. Ο άνθρωπος θεωρεί το

περιβάλλον του ως θερμικά άνετο όταν δεν υπάρχει κάποιο σήμα από τα αισθητήρια όργανα για πτώση ή άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως θερμική ισορροπία . Έτσι, σε μια τέτοια κατάσταση ένα άτομο δεν αισθάνεται ούτε κρύο ούτε ζέστη.

Σύμφωνα με τη φυσιολογία, η θερμοκρασία του δέρματος είναι ο κατάλληλος δείκτης για τη θερμική αίσθηση του περιβάλλοντος. Η θερμική άνεση όμως είναι μια ολοκληρωτική μονάδα και απεικονίζει τη συνολική θερμική κατάσταση του σώματος. [37]

2.1.4) ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

✓ Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα είναι αναμφισβήτητα καθοριστική παράμετρος όταν αναφερόμαστε στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Επηρεάζει την άνεση με πολλούς τρόπους και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες αποτελεί το κλειδί για το ενεργειακό ισοζύγιο μας, την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος, την άνεση, τη δυσφορία και την αίσθηση της ποιότητας εσωτερικού αέρα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες: **το εξωτερικό περιβάλλον, το σχεδιασμό του κτιρίου και το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.**

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση και άλλων παραγόντων. Το σώμα μας αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία του αέρα (και των άλλων παραμέτρων του θερμικού περιβάλλοντος) από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και του υποθαλάμου ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία του. Πιο αναλυτικά, η θερμοκρασία επηρεάζει το ανθρώπινο σώμα και τις λειτουργίες ανταλλαγής ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας με το περιβάλλον. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα τείνει να μειώσει τις απώλειες θερμότητας με αγωγή και ακτινοβολία, ενώ αυξάνονται οι απώλειες θερμότητας λόγω εφίδρωσης. Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει και τη μέση θερμοκρασία του δέρματος. Το φυσικό αυτό μέγεθος έχει εισαχθεί για την πληρέστερη αξιολόγηση της θερμικής άνεσης.

Έρευνες του P. Horpe που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του μαθηματικού μοντέλου M.E.M.I., κατέληξαν στη συσχέτιση της θερμοκρασίας του αέρα και της

μέσης θερμοκρασίας του δέρματος. Όπως παρατηρήθηκε, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα οδηγεί σε συνεχόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος έως και τους 21°C. Η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης με άμεση συνέπεια την ψύξη του δέρματος. Η μέση θερμοκρασία δέρματος που θεωρείται ως φυσιολογική, σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία ισορροπίας του σώματός μας στους 37,6°C είναι κοντά στους 33,5°C. Για τη διατήρηση αυτής της μέσης θερμοκρασίας δέρματος, η θερμοκρασία του αέρα θα πρέπει να είναι κοντά στους 20°C.

Δύο μεγέθη που επηρεάζουν επίσης ισχυρά τη θερμοκρασία άνεσης είναι ο τύπος του ρουχισμού και η μεταβολική δραστηριότητα.

Η προδιαγραφή της θερμοκρασίας άνεσης γενικότερα είναι δύσκολη εξαιτίας κυρίως του μεγάλου αριθμού παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση μιας θερμοκρασίας σ' ένα χώρο και των παραγόντων που επηρεάζουν την 'καταγραφή' αυτής της θερμοκρασίας ως άνετης ή όχι από το σώμα μας.

✓ Υγρασία

Η υγρασία, μαζί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, αποτελούν τα δυσκολότερα μεγέθη κατά την αξιολόγηση του εσωκλίματος και εκφράζεται με σχετικούς και απόλυτους όρους. Ως ορισμός η υγρασία είναι το ποσό των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα. Η σχετική υγρασία, που χρησιμοποιείται συχνότατα στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης, εκφράζεται ως ποσοστό του κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς. Η σχετική υγρασία επενεργεί στην εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία του δέρματος και επηρεάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. **Συνοπτικά, η υγρασία του αέρα επηρεάζει τους εξής τρεις μηχανισμούς του σώματός μας:**

A) Το μηχανισμό διάχυσης των υγρών υπό τη μορφή αερίων του σώματός μας μέσω του δέρματος.

B) Το μηχανισμό εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος.

Γ) Το μηχανισμό ύγρυνσης του εισπνεόμενου αέρα.

Οι μηχανισμοί της διάχυσης και της εξάτμισης εξαρτώνται άμεσα από τη σχετική υγρασία του αέρα. Αν το περιεχόμενο του αέρα είναι υψηλό σε υδρατμούς (σχετική υγρασία > 60 – 70%) και η θερμοκρασία του αέρα υψηλή, το σώμα μας ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης. Ωστόσο, η εξάτμιση του ιδρώτα είναι αδύνατη σε αέρα με υψηλό περιεχόμενο υδρατμών, και έτσι ο ιδρώτας παραμένει στο δέρμα διαβρέχοντάς το. Η κατάσταση αυτή οδηγεί το σώμα μας να αισθάνεται τον αέρα πιο ζεστό απ' όσο πραγματικά είναι και η ατμόσφαιρα μοιάζει να είναι κολλώδης. Αντίθετα, το μικρό περιεχόμενο υδρατμών του αέρα (σχετική υγρασία < 30%)

καθιστά εφικτή την εξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων υγρών, άρα και του ιδρώτα του δέρματος.

Σε γενικές γραμμές, η ανοσοποιητική ικανότητα του δέρματος μειώνεται όταν το δέρμα δεν υγραίνεται επαρκώς. Απ' την άλλη μεριά το αίσθημα της δυσαρέσκειας εμφανίζεται όταν το δέρμα είναι έντονα βρεγμένο, υπό την παρουσία υψηλών θερμοκρασιών, υψηλής σχετικής υγρασίας και δραστηριότητας εντονότερης της καθιστικής.

Η επίδραση της υγρασίας του αέρα στην αναπνευστική οδό λαμβάνει χώρα για δύο λόγους. Πρώτον, οι βλεννώδεις μεμβράνες της αναπνευστικής οδού ψύχονται κατά την εισπνοή του αέρα. Η ψύξη αυτή παίζει κυρίαρχο ρόλο στην αντίληψη του θερμικού περιβάλλοντος. Δεύτερον, η αναπνευστική οδός δρα ως ένα σύστημα κλιματισμού που ρυθμίζει την υγρασία και τη θερμοκρασία του εισπνεόμενου αέρα, πριν αυτός φτάσει στους πνεύμονες.

Τα αποδεκτά όρια σχετικής υγρασίας του αέρα είναι λιγότερο σαφή από αυτά της θερμοκρασίας και το ανώτερο επιτρεπτό επίπεδο της εξακολουθεί ακόμη να βρίσκεται υπό μελέτη. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα, τα αποδεκτά όρια της σχετικής υγρασίας για την επίτευξη θερμικής άνεσης εξαρτώνται από συνδυασμό παραμέτρων. Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι λοιπόν πολυπαραγοντικό με τη θερμοκρασία του αέρα, ιδιαίτερα, να παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας. Με βάση τη θεωρία της θερμικής άνεσης πολλοί οργανισμοί έχουν εκδώσει οδηγίες και κανονισμούς για τα επιτρεπτά επίπεδα των τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Στη χώρα μας το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) με την τεχνική οδηγία 2425/86 προτείνει ως συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους, τις τιμές που παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 1: συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ
Κατοικίες	22	30-50
Κτίρια γραφείων	21-23	30-35
Βιβλιοθήκες-Μουσεία	20-22	40-50
Νοσοκομεία	24	30
Εστιατόρια	21-23	30-40
Κέντρα διασκέδασης	21-23	30-40

Πίνακας 2: συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το καλοκαίρι σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ
Κατοικίες	25-26	40-50
Κτίρια γραφείων	25-26	40-50
Βιβλιοθήκες-Μουσεία	22	40-55
Νοσοκομεία	22-24	50-60
Εστιατόρια-Κεντρ.διασκεδ	23-26	50-60
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50

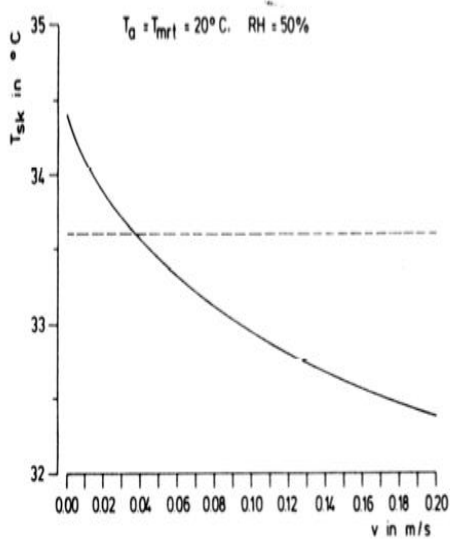
✓ Ταχύτητα του αέρα

Η κίνηση του αέρα συνδέεται με δύο παραμέτρους:

A) Την ταχύτητα του αέρα

B) Τη μορφή της ροής του αέρα, αν είναι στρωτή ή τυρβώδης.

Το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει ειδικά αισθητήρια για την ταχύτητα του αέρα. Αυτή προσδιορίζεται έμμεσα απ' τον ανθρώπινο εγκέφαλο, από τις μεταβολές τις θερμοκρασίες στο δέρμα. Είναι προφανές ότι η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλει τις απώλειες θερμότητας του σώματος. Σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και υψηλής σχετικής υγρασίας, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προσφέρει αυξημένες απώλειες θερμότητας με αποτέλεσμα ισορροπημένο θερμικό ισοζύγιο. Σε αντίθετη περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας, η αυξημένη ταχύτητα αέρα επιταχύνει τις απώλειες θερμότητας από το σώμα, σε σημείο που να προκαλεί την δυσφορία. Οι μεταβολές στη θερμοκρασία του σώματος από την ταχύτητα του αέρα είναι μάλλον απότομες, καθώς ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας δεν είναι γραμμικός. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η σχέση που συνδέει την ταχύτητα του αέρα και τη μέση θερμοκρασία δέρματος. Στις μικρές ταχύτητες, μικρές μεταβολές της ταχύτητας προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας σε σχέση με τις ίδιες μικρές μεταβολές ταχύτητας σε υψηλότερες ταχύτητες αέρα.



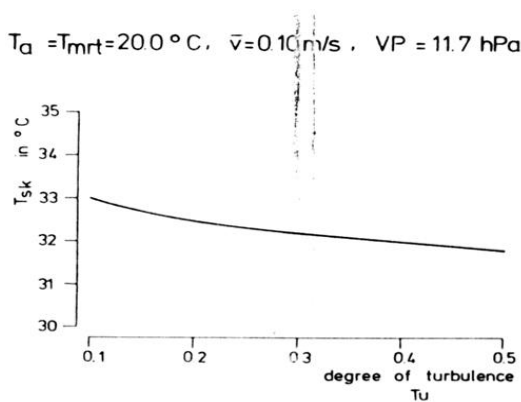
Συνθήκες μετρήσεων: άνδρας 35 ετών, τύπος ρουχισμού=1 clo, καθιστική εργασία, μεταβολικός ρυθμός = 60W, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας $t_{ra}=20^{\circ}\text{C}$ = θερμοκρασία αέρα t_a , σχετική υγρασία RH=50%

Πηγή: Peter Höppe, Ivo Martinac, 1997, Biometeorology, Indoor climate and air quality

Εικόνα 1. Σχέση μεταξύ της ταχύτητας του αέρα v και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος t_{sk} . [37]

Η ταχύτητα του αέρα σε φυσικά αεριζόμενα κτίρια είναι κοντά στα 0,1 m/s. Ενώ στους χώρους όπου διατηρούν μηχανικό αερισμό η ταχύτητα του αέρα εμφανίζεται μεγαλύτερη από τις ταχύτητες του Διαγράμματος.

Η δεύτερη παράμετρος που επηρεάζει καθολικά τις απώλειες θερμότητας από το σώμα είναι ο τύπος της ροής του αέρα. Στα κεντρικά κλιματιζόμενα κτίρια η ροή του αέρα δεν είναι στρωτή καθώς η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλεται με κάποια συχνότητα. Η περιοδικά μεταβαλλόμενη ροή του αέρα προκαλεί συναισθήματα δυσφορίας, συγκρινόμενη με τη στρωτή ροή. Στο Διάγραμμα φαίνεται η επίδραση του τύπου της ροής με σταθερή μέση ταχύτητα $v_m = 0,1 \text{ m/s}$. Ο τύπος της ροής και συγκεκριμένα ο βαθμός της τύρβης επηρεάζει τη θερμοκρασία του δέρματος ακόμη και με τη μέση ταχύτητα του αέρα σταθερή.



Συνθήκες μετρήσεων: άνδρας 35 ετών, τύπος ρουχισμού = 1 clo, καθιστική εργασία, μεταβολικός ρυθμός = 60W, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας $t_{ra}=20^{\circ}\text{C}$ = θερμοκρασία αέρα t_a , μέση ταχύτητα αέρα $v_m=0,1 \text{ m/s}$, σχετική υγρασία RH=50%.

Πηγή: Peter Höppe, 1988, Comfort Requirements in Indoor Climate

Εικόνα 2. Σχέση μεταξύ του βαθμού της τυρβώδους ροής Tu και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος t_{sk} . [37]

Τα παραπάνω συμπεράσματα οδηγούν στη δημιουργία συστημάτων μηχανισμού αερισμού που να παρέχουν τη ροή του αέρα στη ζώνη χρήσης των χώρων με χαμηλές τιμές τύρβης. Αυτή η απαίτηση έρχεται σε σύγκρουση με την απαίτηση επαρκούς ανάμιξης του εξωτερικού αέρα με τον εσωτερικό ώστε να επιτευχθεί αραίωση των ρύπων και ομοιογενή εσωτερική ατμόσφαιρα διότι η στρωτή ροή δεν έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ανάμιξης, σε αντίθεση με την τυρβώδη ροή.

Είναι φανερό ότι για επιτύχουμε ένα συμβιβασμό σε αυτές τις δύο απαιτήσεις, χρειάζεται περαιτέρω μελέτη παραμέτρων και συνδυασμού τους στις οποίες περιλαμβάνονται: η ταχύτητα εξόδου του αέρα από την παροχή του μηχανικού συστήματος, το μέγεθος των παροχών του αέρα του μηχανικού συστήματος και η απόσταση των παροχών του αέρα από τη ζώνη χρήσης των χώρων. [37]

2.2) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Οι διάφορες λειτουργίες της ανθρώπινης όρασης, όπως η ανάγνωση, η χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, η κατασκευή σχεδίων, οι σπιτικές εργασίες ή η παρακολούθηση τηλεόρασης έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε φωτισμό. Ανάλογα λοιπόν με το είδος των εργασιών ή των δραστηριοτήτων που εκτελούνται στο εσωτερικό ενός κτιρίου, απαιτείται και ο σχεδιασμός του κατάλληλου συστήματος φωτισμού (φυσικού, τεχνητού ή συνδυασμού αυτών) ώστε να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα. [41]

2.2.1) ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Στην διαμόρφωση συνθηκών οπτικής άνεσης, υψηλής οπτικής απόδοσης και άρτιου περιβάλλοντος, επιδρούν οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Η φωτεινότητα της πηγής και τα επίπεδα φωτισμού στο χώρο.
- Η ένταση της άμεσης ή έμμεσης θάμβωσης.
- Η κατανομή του φωτός.
- Ο διαχωρισμός και η ανάδειξη των χρωμάτων.
- Το χρώμα της φωτεινής πηγής.
- Η κατεύθυνση του φωτός.
- Η ανάκλαση και διάχυση του φωτός που προκαλείται από τα αντικείμενα του χώρου.

Ένταση φωτισμού είναι η ένταση του φωτισμού σε μία επιφάνεια συγκεκριμένου προσανατολισμού, διηρημένη διά της προβολής της επιφάνειας όπως διακρίνεται από τη συγκεκριμένη διεύθυνση.

Φωτεινή ροή είναι η συνολική ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται από μία σημειακή πηγή. Μετριέται σε lumens.

Φωτεινότητα είναι η φωτεινή ροή που προσπίπτει ανά μονάδα επιφάνειας. Μετριέται σε lux.

Ανακλαστικότητα είναι το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται από μία επιφάνεια ως προς το σύνολο της ακτινοβολίας που έφτασε στην επιφάνεια.

Θάμβωση από τα παράθυρα στα κτίρια παρατηρείται όταν υπερβολικό φως εισέρχεται στο χώρο και είτε προσπίπτει απευθείας είτε μετά από ανάκλαση στον οφθαλμό των ενοίκων. Εναλλακτικά μπορεί να δημιουργηθεί από την υπερβολική φωτεινότητα ενός μεγάλου παραθύρου που είτε δέχεται φως από ανάκλαση, (πχ από μεγάλες γυάλινες επιφάνειες γειτονικών κτιρίων), είτε λόγω άμεσης όρασης του υπερβολικά φωτεινού ουρανο

Οπτική άνεση σε ένα χώρο νοείται όταν εξασφαλίζονται οι παρακάτω συνθήκες στο εσωτερικό των κτιρίων:

- ❖ Τα επίπεδα φωτισμού είναι σύμφωνα με τα αποδεκτά επίπεδα για τον χώρο και τις εργασίες που γίνονται σε αυτόν.
- ❖ Δεν υπάρχει θάμβωση στον χώρο.
- ❖ Υπάρχει οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.
- ❖ Αυτά που υπάρχουν στο οπτικό πεδίο του κατοίκου είναι όμορφα. [41]

2.2.2) ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Στόχος του σχεδιασμού των ανοιγμάτων σε ένα χώρο θα πρέπει να είναι η όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, εκτός εάν οι έντονες αντιθέσεις σε φωτεινότητα αποτελούν βάση της αρχιτεκτονικής σύνθεσης. Τις περισσότερες φορές, η ομοιομορφία στην κατανομή του φυσικού φωτισμού επιτυγχάνεται με την εφαρμογή είτε μεγάλων γυάλινων επιφανειών, είτε αμφίπλευρου φωτισμού, είτε συνδυασμού πλευρικού φωτισμού και φωτισμού οροφής.

Ένας απλός τρόπος για την αποφυγή της θάμβωσης από φυσικό φωτισμό είναι η χρήση ανοιχτόχρωμων κουφωμάτων στα ανοίγματα, ώστε να μειώνεται η αντίθεση μεταξύ φωτεινού ουρανού και κουφώματος. Ένας άλλος τρόπος είναι η αποφυγή των έντονα ανακλαστικών (γυαλιστερών) επιφανειών, οι οποίες προκαλούν έμμεση θάμβωση επαναδημιουργώντας την αρχική φωτεινή πηγή (συνήθως τον ήλιο). Επιπλέον, ο σωστός σκιασμός των ανοιγμάτων είναι σε κάθε περίπτωση

απαραίτητος, ώστε να αποφευχθεί τόσο η θάμβωση, όσο και η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. [42]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα επίπεδα έντασης φωτισμού ανά κατηγορία εργασίας σύμφωνα με το F.A. Party :

Lux	Είδος εργασίας
1200	Πολύ δύσκολες εργασίες,μεγάλης διάρκειας,όπως λεπτό ράψιμο και κόψιμο, δύσκολη γραφική δουλειά.
500-1200	Δύσκολες και μεγάλης διάρκειας εργασίες, όπως διάβασμα χειρογράφων, τυπογραφικών δοκιμών,λεπτοδουλειά σε μηχανές.
240-600	Μέτρια δύσκολες και μεγάλης διάρκειας εργασίες, όπως γραφική δουλειά,διάβασμα,γράψιμο
120-240	Εργασίες μέτριας δυσκολίας και μεγάλης διάρκειας στο γραφείο και στο εργοστάσιο ή μικρής διάρκειας διάβασμα ή εργασία γραφείου.
60-120	Εργασίες που δεν απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και διάκριση λεπτομερειών ή μικρών αντιθέσεων.
10-60	Φωτισμός που δεν επιτρέπει μια καθαρή οπτική αντίληψη, επαρκής για την παρατήρηση μεγάλων όγκων.

Πίνακας 3. Επίπεδα έντασης φωτισμού ανά κατηγορία εργασίας σύμφωνα με το F.A. Party [42]

2.3) ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η ακουστική άνεση ενός κτιρίου είναι η ικανότητά του να προστατεύει τους ενοίκους του από εξωγενείς θορύβους και να παρέχει ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για διαμονή ή για διάφορες δραστηριότητες. **Η ακουστική άνεση ενός χώρου καθορίζεται από ένα σύνολο ηχητικών παραμέτρων, που αφορούν την ηχομόνωση και ηχοπροστασία του χώρου από:**

- ✓ Τον αερόφερτο ήχο που παράγεται σε γειτονικούς χώρους
- ✓ Τον κτυπογενή ήχο, που παράγεται σε γειτονικούς χώρους
- ✓ Τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται από κοινόχρηστες ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις του ίδιου κτιρίου
- ✓ Τον αερόφερτο ήχο, που παράγεται από εξωτερικές πηγές

Τα κτίρια, ανάλογα με τη χρήση τους, υπάγονται σε μία από τις πιο κάτω κατηγορίες ακουστικής άνεσης:

Κατηγορία Α. "υψηλή ακουστική άνεση"

Κατηγορία Β. "κανονιστική ακουστική άνεση"

Κατηγορία Γ. "χαμηλή ακουστική άνεση" [43]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα/άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανό) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, και τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτηρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτήρια. Όταν σε ένα κτήριο η ροή της θερμότητας γίνεται, λοιπόν, με φυσικό τρόπο, δηλαδή μέσω αγωγής, μεταφοράς και ακτινοβολίας και η ηλιακή ενέργεια συνεισφέρει πάνω από το μισό της ολικής εξωτερικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση, το κτήριο θεωρείται σαν ηλιακή παθητική κατασκευή. Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :α) Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, β) Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού, γ) Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού. Τα παθητικά συστήματα συνεισφέρουν θετικά στις θερμικές απαιτήσεις του κτηρίου σε ψυχρό καιρό, ενώ σε θερμές περιόδους, αποτρέπουν τη διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα και περιορίζουν τα εσωτερικά κέρδη, ώστε να εξασφαλίζουν αποδεκτές θερμικές καταστάσεις για τους ενοίκους. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού. Η λειτουργία τους βασίζεται στη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, την οποία αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα. Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρες, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και τα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, πχ από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την προσφέρει στο χώρο αργότερα κι έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. [2,5,77]

3.2) ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της:

Α) Ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Β) Ένα ποσοστό, που είναι τμήμα που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας-φωτεινή ακτινοβολία-διαπερνά τον υαλοπίνακα.

Γ) Ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

Το ποσοστό της ακτινοβολίας που διαπερνά, ανακλάται ή απορροφάται από τον υαλοπίνακα εξαρτάται από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά του: $g+r+a=1$

Όπου g :διαπερατότητα, r :ανακλαστικότητα, a :απορροφητικότητα

Το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που ανάλογα με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, διέρχεται στον εσωτερικό χώρο είναι μικρού μήκους κύματος(0,4-0,8μm). Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και τα αντικείμενα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο και αλλάζοντας μήκος κύματος, μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος). Ο υαλοπίνακας και τα διαφανή εν γένει υλικά είναι αδιαπέραστα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα. Η με αυτόν τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα, δεν μπορεί να διαπεράσει ως θερμική ακτινοβολία τον υαλοπίνακα, εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία ή από ειδικά διαμορφωμένα << αποθήκη θερμότητας >> και πλέον μεταδίδεται στο χώρο με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου. [6]

3.3) ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα παθητικά συστήματα δε χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα η κάποια πρόσθετη παροχή ενέργειας. Ωστόσο, υπάρχουν κατηγορίες τεχνικών συστημάτων θέρμανσης στις οποίες χρησιμοποιούνται μηχανικά μέσα και για το λόγο αυτό, τα τεχνικά συστήματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες, ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν ή όχι μηχανικά μέσα:

- **Παθητικά ηλιακά συστήματα** είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους(τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).
- **Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα** απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων-απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες θερμότητας, εναλλακτές θερμότητας, κτλ)-και απαιτούν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε. Ηλιακοί συλλέκτες που θερμαίνουν νερό ή αέρα, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.
- **Τα υβριδικά** είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στη παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Για παράδειγμα, η προσθήκη ενός ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα, για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό ηλιακό σύστημα σε υβριδικό. [6]

3.4) ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ

Η θέση είναι σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού ενός κτιρίου, με ποικίλες επιδράσεις στην λειτουργία του κτιρίου, στην ποιότητα του περιβάλλοντος και στην ποιότητα ζωής των κατοχών του. **Βασικά κριτήρια για την επιλογή και το σχεδιασμό της θέσης ενός σχολικού κτιρίου είναι:**

A) ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

B) ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΝΟΧΛΗΣΗ

Γ) ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Δ) ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

A) ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Ο προσανατολισμός είναι ίσως το πιο κρίσιμο ζήτημα για τη δημιουργία ενός κτιρίου φιλικού προς το περιβάλλον με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση. Το θέμα του προσανατολισμού γενικά μπορεί να το προσεγγίσει κανείς από δύο κατευθύνσεις. Πρώτον ως προς τον τρόπο με τον οποίο τοποθετεί το κτίριο στο οικοπέδο και δεύτερον ως προς την επιλογή του ίδιου του οικοπέδου. Για τον προσανατολισμό του οικοπέδου μπορούμε να πούμε ότι όσο πιο ευνοϊκός είναι, τόσο βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Σε οικοπέδα με δυσμενή προσανατολισμό μπορούμε να αμβλύνουμε τις επιπτώσεις στο κτίριο με την χωροθέτηση των λειτουργιών στο εσωτερικό του, την διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και τον κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κελύφους του.

Για την τοποθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο εντοπίζονται δύο είδη προσανατολισμών, ο εξωτερικός και ο εσωτερικός:

Ο εξωτερικός προσανατολισμός αφορά το σύνολο του κτιρίου. Το κτίριο θα πρέπει να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο στο οικοπέδο ώστε ο προσανατολισμός των διάφορων χώρων να είναι ο πιο ευνοϊκός για τη χρήση που πρόκειται να φιλοξενήσουν. Αυτό εξαρτάται άμεσα από τις απαιτήσεις που προκύπτουν κάθε φορά από το τοπικό κλίμα. Για παράδειγμα ενώ στις βορειότερες χώρες της Ευρώπης επιδιώκεται έντονος ηλιασμός των αιθουσών διδασκαλίας για μακρύ χρονικό διάστημα της χειμερινής περιόδου αυτό είναι εξαιρετικά ενοχλητικό και ανθυγιεινό στις νότιες χώρες.

Ο εσωτερικός προσανατολισμός αφορά την χωροθέτηση των χρήσεων-λειτουργιών στο εσωτερικό του κτιρίου. Όταν δεν είναι εφικτός ο επιθυμητός προσανατολισμός του συνολικού κτιρίου, μπορούμε να χωροθετήσουμε τις λειτουργίες στο εσωτερικό του ώστε να έχουν το ευνοικότερο δυνατό προσανατολισμό. [57]

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η τοποθέτηση του σχολικού κτιρίου στο οικοπέδο πρέπει να γίνεται με κριτήριο την προέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για τα σχολικά κτίρια πιο συγκεκριμένα, η τοποθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει στις αίθουσες διδασκαλίας να έχουν καλό φωτισμό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, τα μέγιστα ηλιακά κέρδη από την πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων μέσα στους χώρους κατά την διάρκεια του χειμώνα και να εξασφαλίζεται η σκίαση κατά τους θερινούς μήνες, ενώ παράλληλα να διασφαλίζει τον διαμπερή αερισμό των χώρων με βάσει τους επικρατούντες ανέμους στην περιοχή και διαμπερή-αμφίπλευρος φωτισμός ώστε οι αίθουσες να φωτίζονται επαρκώς, να αποφεύγεται το φαινόμενο

της θάμβωσης και την προστασία από την ηχητική όχληση με την μείωση της επίδρασης εξωτερικών θορύβων στις αίθουσες διδασκαλίας.

Ας ξανατονισθεί εδώ ότι ενώ για τη Γερμανία ή την Ελβετία οι θερινοί μήνες λήγουν το αργότερο το Σεπτέμβριο, στη νότια Ελλάδα ή την Κύπρο, με τις διαμορφωμένες κλιματολογικές συνθήκες διαρκούν έως και το Δεκέμβριο.



Εικόνα 3. Η πρόπτωση του ηλίου σε κτίρια το χειμώνα και το καλοκαίρι [57]

Επίσης ο προσανατολισμός του οικοπέδου, αλλά και του κτιριακού όγκου επηρεάζει άμεσα την φύτευση. Τα φυτά πρέπει να επιλέγονται και να τοποθετούνται στον περιβάλλοντα χώρο με κριτήριο την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. [57]

ΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ-ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Οι ιδανικότεροι προσανατολισμοί για τους χώρους διδασκαλίας θεωρούνται:

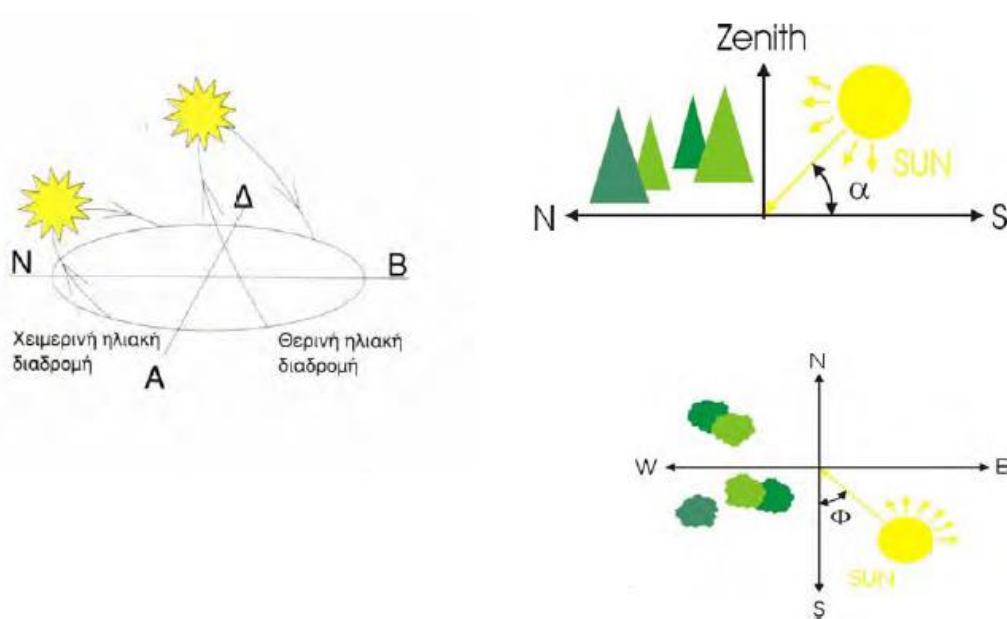
Ο **νότιος** , προσφέρει ιδανικές συνθήκες φωτισμού εφόσον οι χώροι προστατευθούν από τον απευθείας ηλιασμό και ο **βορεινός** που προσφέρει σταθερές συνθήκες έμμεσου-διάχυτου φωτισμού όλη την ημέρα. Ο **ανατολικός** και ο **δυτικός** πρέπει να αποφεύγονται.

Όταν ο ιδανικός προσανατολισμός δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί οι χώροι θα πρέπει να προστατεύονται από την απευθείας πρόπτωση του ηλίου με άλλα μέσα. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι, όσον αφορά το νότιο προσανατολισμό των χώρων,

πολλές παρεξηγήσεις έχουν συμβεί με βάση τις αρχές που έχουν καλλιεργηθεί σε βορειότερες και ψυχρότερες χώρες. Επιπλέον μέσω του προσανατολισμού οι αίθουσες διδασκαλίας θα πρέπει να προστατεύονται από τους **έντονους θορύβους**. [57]

Σύμφωνα με την **Αξαρλη** για τον προσανατολισμο παίρνουμε τα εξής στοιχεία:

Καθοριστικός παράγοντας για τη διάρκεια του ηλιασμού και για το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το κτίριο είναι ο προσανατολισμός των συμπαγών και διαφανών στοιχείων του. Η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους βοηθά στην εξαγωγή- χρήσιμων συμπερασμάτων για το σχεδιασμό των κτιρίων και την τοποθέτηση των χώρων σε σχέση με τις απαιτήσεις ηλιασμού και θέρμανσης.



11

Εικόνα 4. Η τροχιά του ήλιου και η γωνία αζιμουθίου και ύψος ήλιου [58]

- Μια νότια πρόσοψη δέχεται τη μέγιστη τιμή ηλιακής ακτινοβολίας-θερμότητας κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο. Το χειμώνα, η κίνηση του ήλιου σε χαμηλότερη τροχιά έχει σαν αποτέλεσμα καθετότερη πρόσπτωση της ακτινοβολίας στη νότια πρόσοψη και επομένως μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η νότια όψη δέχεται το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ενέργειας από οποιαδήποτε διαφορετικά προσανατολισμένη επιφάνεια του κτιρίου. Αντίθετα το

καλοκαίρι δέχεται το ελάχιστο σε θερμότητα, παρά τη μεγάλη διάρκεια του ηλιασμού της.

- Οι όψεις με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό των κτιρίων δέχονται το μέγιστο του ηλιασμού από το Μάη μέχρι τον Ιούλιο και αντίθετα μικρό ποσό θερμότητας το χειμώνα.
- Οι βορεινές προσόψεις ηλιάζονται μόνο το καλοκαίρι, νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

Συμπερασματικά ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδεώδης για τη διάταξη των ανοιγμάτων σε ένα κτίριο. Το σχήμα του κτιρίου για τη βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να είναι επιμηκυσμένο κατά τον άξονα Α-Δ. Μικρή απόκλιση κατά 20 μοίρες δεν μεταβάλλει ουσιαστικά την απόδοση των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων. Μονώροφα κτίρια με μικρό βάθος, τοποθετημένα με την κύρια όψη τους στο νότο, ή πολυώροφα με νότια πρόσοψη ή κλιμακωτές διατάξεις κτιρίων για να εκμεταλλεύονται το νότιο προσανατολισμό είναι αρχιτεκτονικές συνθέσεις με σωστό <<ενεργειακό>> προβληματισμό. [58]

Σύμφωνα με τη Ν. Χρυσομαλλίδου ισχύουν τα εξής:

- Το γεωγραφικό πλάτος κάθε θέσης καθορίζει την πορεία του ήλιου. Γενικώς στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, όταν δεν υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες, ο άξονας του κτιρίου πρέπει να εκτείνεται κατά την διεύθυνση Ανατολής-Δύσης, και τα κύρια ανοίγματα των αιθουσών να έχουν νότιο προσανατολισμό. Σε κάθε χώρο πρέπει να διασφαλίζεται, ει δυνατόν, η είσοδος του αέρα και του ήλιου από δύο πλευρές.
- Μια απόκλιση της τάξης του +/- 25% από τον άξονα Α-Δ θεωρείται ενεργειακά αποδεκτή. [60]

Σύμφωνα με τον C. Grindley(2000):

Σε μέρη που δεν είναι εφικτός ο νότιος προσανατολισμός για τις κύριες επιφάνειες των ανοιγμάτων, συνιστάται η χρήση κεντρικού αιθρίου. Η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής απαίτησης σχολείων με κεντρικό αίθριο, σε σχέση με τον προσανατολισμό (οι υπολογισμοί έγιναν με βήμα 15 μοιρών) είναι ασήμαντη. Η έρευνα έγινε με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων προμείωσης για σχολεία στη Ν.Δ. περιοχή της Μ.Βρετανίας. [59]

ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ

Για να πετύχουμε τον επιθυμητό προσανατολισμό πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας την τοποθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο. Όταν οι συνθήκες του οικοπέδου περιορίζουν τις επιλογές του μελετητή, πρέπει να επιλέγεται η τοποθέτηση των χώρων στο εσωτερικό του κτιρίου με τέτοιο τρόπο ώστε οι αίθουσες διδασκαλίας να έχουν τον ευνοϊκότερο προσανατολισμό, νότιο ή βόρειο. Ακόμα είναι δυνατόν ο επιθυμητός προσανατολισμός, έστω εν μέρει, να επιτευχθεί με την κατάλληλη διαμόρφωση του δομικού κελύφους, π.χ. μια αίθουσα διδασκαλίας που έχει εξωτερική όψη προς το βορρά και βρίσκεται στον ανώτερο όροφο του κτιρίου είναι δυνατόν, με την κατάλληλη διαμόρφωση της στέγης να δεχθεί ηλιασμό από το νότο, και το αντίθετο.



Εικόνα 5. Εσωτερικός διάδρομος κυκλοφορίας σε εκπαιδευτικό κτίριο [57]

Γενικά λοιπόν είναι επιθυμητός ο προσανατολισμός του διαμήκη άξονα του κτιρίου στον άξονα ανατολής-δύσης, ώστε να μπορούμε να έχουμε τα κύρια ανοίγματα των όψεων στο νότο και το βορρά και να αποφεύγουμε τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα, όπου είναι πιο δύσκολο να χειριστούμε την είσοδο του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό των χώρων. Ο βέλτιστος προσανατολισμός του κτιρίου δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την χρήση του ηλιακού φωτός, της τοπογραφίας του οικοπέδου και της βλάστησης, ώστε να αυξάνονται τα θερμικά κέρδη το χειμώνα και να μειώνονται το καλοκαίρι.

Η ηχητική προστασία των χώρων μπορεί να επιτευχθεί με τον ορθό προσανατολισμό του συνόλου του κτιρίου ή των χώρων μέσα σε αυτό. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου, όπως συμπαγείς τοίχοι και πεζούλια και φύτευση με δένδρα και θάμνου.

Γενικά πάντως μπορούμε να πούμε ότι η γνώση της ηλιακής τροχιάς, της περιοχής, του εδάφους, της βλάστησης και του μικροκλίματος είναι βασικοί παράγοντες για την κατανόηση των ιδιοτήτων του κάθε οικοπέδου ώστε να επιτυγχάνεται ο βέλτιστος προσανατολισμός του κτιρίου και των χώρων του και να μειώνονται δραστικά οι επιπτώσεις ενός δυσμενή προσανατολισμού. [57]

B) ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΝΟΧΛΗΣΗ

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία απαιτείται:

- Εποπτεία της θέσης για εντοπισμό επικίνδυνων υλικών, συμπεριλαμβανομένων βιομηχανικών, αγροτικών και φυσικής προέλευσης ρυπαντών, όπως τα βαρέα μέταλλα και ο αμίαντος.
- Ταυτοποίηση παρακείμενων εγκαταστάσεων για πιθανή εκπομπή ουσιών ή απελευθέρωση αποβλήτων και καθορισμός αν μπορούν να βλάψουν τους μαθητές και το προσωπικό.
- Διαχωρισμός από περιοχές με γραμμές τραίνων, επικίνδυνες σωληνώσεις, υψηλά επίπεδα θορύβου και αποφυγή επιλογής περιοχών ακόμη κοντά σε ενεργά σεισμικά ρήγματα.
- Αποφυγή περιοχής με ύψος μικρότερο από 5ft πάνω από το ανώτερο επίπεδο πλημμύρας που συνέβη τα τελευταία 100 χρόνια. [61]

Γ) ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Προτείνεται:

- Παραχώρηση ενός μέρους των εγκαταστάσεων του σχολείου για κοινή χρήση με κάποιον άλλο κατάλληλο κοινωνικό φορέα.
- Μοίρασμα των πάρκων ή των χώρων αναψυχής με τη δημοτική αρχή ή κάποιο άλλο οργανισμό. [61]

Δ) ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1) Αποφυγή τοποθεσιών με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Παραγωγική καλλιεργήσιμη έκταση
- Περιοχή που παρέχει ενδιαίτημα σε σπάνια και απειλούμενα είδη
- Περιοχή σε απόσταση από υδροβιότοπο μικρότερη από 100ft

- Περιοχή που ήταν πριν δημοτικό πάρκο, εκτός εάν αποδοθεί έκταση ίση ή και μεγαλύτερη σε όμοια χρήση.
- Περιοχή, που δεν έχει μέχρι τώρα αναπτυχθεί, ή έχει αναπλασθεί για χρήση αγροτική, δασική ή ως χώρος πρασίνου. Αν, αντί αυτής, επιλεγεί η ανάπτυξη μιας αστικής περιοχής, μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη χρήση των υπάρχουσών υποδομών και διατηρείται ο ελεύθερος χώρος των μη ανεπτυγμένων περιοχών.

2) Επιλογή περιοχών με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Συστήνεται να προτιμώνται:

- Περιοχές με ελάχιστη πυκνότητα 60000ft²/acre
- Περιοχές, που έχουν χαρακτηριστεί ως επιβαρημένες (brownfields) με εξασφάλιση της απαιτούμενης αποκατάστασης του χώρου.

Ας σημειωθεί ότι: Ο όρος <<brownfield>> περιγράφει ένα χώρο, του οποίου η επέκταση, ανάπτυξη ή επαναχρησιμοποίηση εμπλέεται με την παρουσία ή την πιθανή παρουσία ενός επικίνδυνου, ρυπαντικού ή μολυσματικού παράγοντα.

3) Διαχείριση των αποβλήτων της θέσης:

Συστήνεται:

- Ανακύκλωση, λιπασματοποίηση ή και διάσωση τουλάχιστον του 50% (κατά βάρος) των αποβλήτων που προέκυψαν από τις εργασίες κατεδάφισης, δόμησης και καθαρισμού της θέσης.
- Αυστηρότερο κριτήριο προϋποθέτει ποσοστό 75% [61]

3.5) ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ-ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Οι τεχνικές δροσίσιμου μπορούν να διαιρεθούν σε δύο γενικές κατηγορίες:

- 1) Αυτές που προστατεύουν το κτίριο για περιορισμό των θερμικών κερδών
- 2) Αυτές που επιδιώκουν την απαγωγή θερμικών φορτίων από τον κλιματιζόμενο χώρο στο περιβάλλον [61]

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Ένα σύστημα δροσισμού πρέπει να είναι σε θέση, να απάγει την αισθητή και τη λανθάνουσα θερμότητα, που προσάγεται στο κτίριο. Η ισχύς του υπολογίζεται με βάση τα θερινά ψυκτικά φορτία, τα οποία εξαρτώνται από:

- Εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μέσω διαφανών επιφανειών.
- Μετάδοση θερμότητας μέσω διαφανών και αδιαφανών στοιχείων του κτιρίου.
- Θερμική αδράνεια του κτιρίου.
- Εσωτερικά θερμικά φορτία εκλυόμενα από ανθρώπους και συσκευές.
- Θερμικά κέρδη προκύπτουν από τον αερισμό του χώρου. [61]

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Πριν την εισαγωγή στην διαδικασία κάλυψης των ψυκτικών φορτίων πρέπει να εξασφαλισθεί η κατά το δυνατόν μείωσή τους:

A) Στο στάδιο της μελέτης:

- Ηλιοπροστασία με τεχνητό (περιλαμβάνονται συστήματα σκίασης καθώς και ορθή επιλογή τύπου και υλικών ανοιγμάτων) ή και φυσικό σκιασμό.
- Κτίριο μεγάλης θερμικής αδράνειας και νυκτερινός αερισμός
- Επαρκής αερισμός

B) Με επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο:

- Σκίαση με φύτευση δένδρων καθώς και αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα με χρήση βλάστησης ή και μικρών λιμνών
- Αύξηση της απορροφητικότητας των επιφανειών του περιβάλλοντος χώρου
- Αύξηση της απορροφητικότητας των επιφανειών του κτιρίου

Γ) Με επεμβάσεις εντός του κτιρίου:

Οι πιθανές επεμβάσεις αφορούν σε:

- Βελτίωση της διαχείρισης της λειτουργίας του κτιρίου
- Μείωση των εσωτερικών θερμικών φορτίων
- Βελτίωση των χαρακτηριστικών του κελύφους
- Επεμβάσεις στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις [61]

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Υπάρχουν πέντε κύριες κατηγορίες μηχανισμών δροσισμού με πολλές παραλλαγές:

- 1) ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ
- 2) ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ
- 3) ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΑΜΕΣΗΣ ΕΚΤΟΝΩΣΗΣ (DIRECT EXPANSION)
- 4) ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΜΕ ΨΥΞΗ ΝΕΡΟΥ (CHILLED WATER PLANT)
- 5) ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΜΕ ΓΕΩ-ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ (ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ)

1) ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Ο **φυσικός δροσισμός** επιτυγχάνεται με την απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο με **φυσικό αερισμό**. Ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται με:

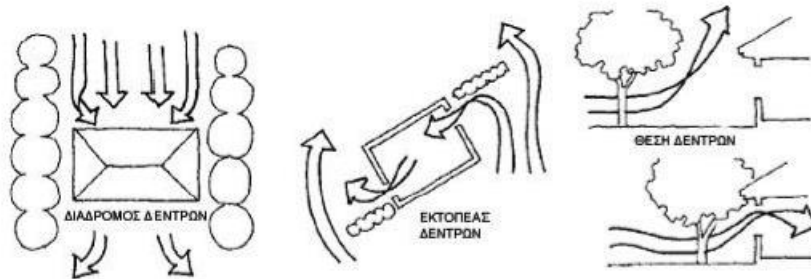
- ✓ ΔΙΑΜΠΕΡΗ ΑΕΡΙΣΜΟ
- ✓ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΛΚΥΣΜΟΥ
- ✓ ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ
- ✓ ΠΥΡΓΟ ΨΗΞΗΣ
- ✓ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΔΩΜΑ
- ✓ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΤΗΣ

ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Η βασική αρχή κίνησης της ροής του ανέμου μέσα στο κέλυφος με διαμπερή αερισμό οφείλεται στις διαφορετικές κατανομές πιέσεων που δημιουργούνται γύρω από το κτίριο. Η εισροή του ανέμου στο κτίριο γίνεται από τα ανοίγματα της προσήνεμης επιφάνειας και εξέρχεται από την υπήνεμη επιφάνεια και την οροφή. Η εφαρμογή αυτή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε ήπια και παράκτια κλίματα. Στις παράκτιες περιοχές η ανάγκη για πρόσθετο σύστημα δροσισμού σχεδόν εξαλείφεται. Στα περισσότερα από τα άλλα κλίματα αρμόζουν υβριδικά συστήματα, ενώ στα υγρά κλίματα υπάρχει λειτουργικό πρόβλημα με την απομάκρυνση της υγρασίας. Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με διαμπερή αερισμό θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

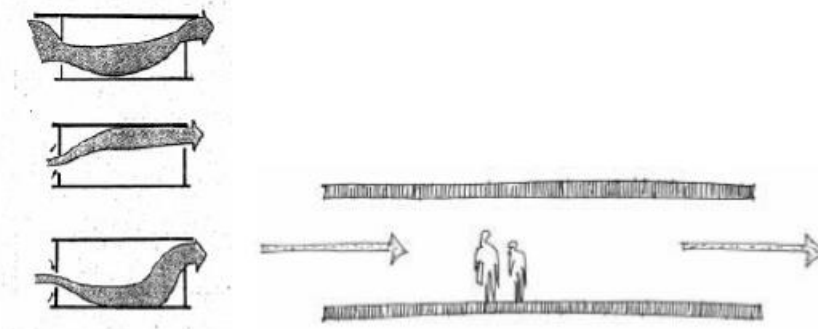
- 1) Τοποθέτηση του κτιρίου κατά τη μέγιστη κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου.
- 2) Τοποθέτηση των ανοιγμάτων εισόδου του αέρα στην προσύνεμη περιοχή και των ανοιγμάτων εξόδου στην απάνεμη περιοχή.

- 3) Διατάξεις πρασινάδας, ανεμοφρακτών, αρχιτεκτονικές προεξοχές, πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα προκειμένου να δημιουργηθούν περιχές θετικών και αρνητικών πιέσεων ευνοώντας τον αερισμό.
- 4) Αποφυγή τοποθέτησης εμποδίων στην είσοδο των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου.



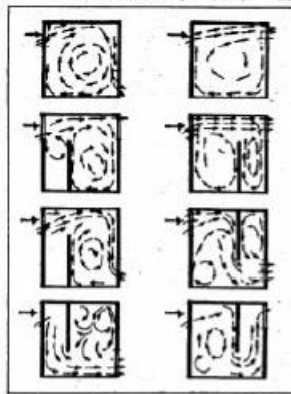
Εικόνα 6. Κίνηση του ανέμου γύρω από το κτίριο [57]

- 5) Η ταχύτητα του ανέμου μέσα στο κλειστό χώρο μεταβάλλεται σε σχέση με την θέση των ανοιγμάτων. Η επικρατέστερη τακτική είναι τα ανοίγματα εισόδου του αέρα και εξόδου να βρίσκονται στους αντικριστούς τοίχους.



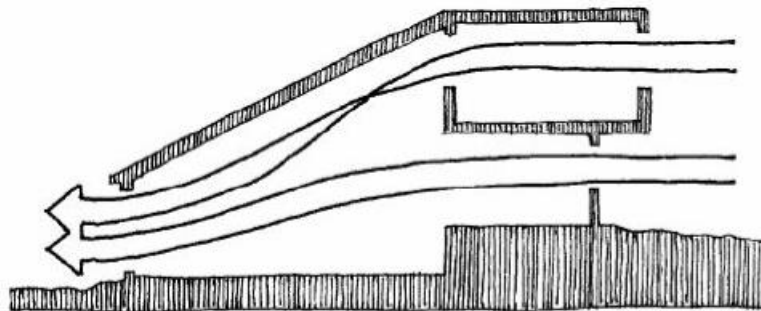
Εικόνα 7. Διαμπερή κίνηση του ανέμου [57]

- 6) Η θέση των ανοιγμάτων εισόδου είναι σημαντικότερη από τη θέση ανοιγμάτων εξόδου. Εάν τα ανοίγματα εισόδου τοποθετηθούν σε πολύ μεγάλο ύψος υπάρχει η πιθανότητα ο αέρας που θα εισαχθεί να οδηγηθεί στο άνω μέρος του χώρου και να προσπεράσει το χώρο συγκέντρωσης των ανθρώπων.
- 7) Για μικρούς χώρους όπου τα ανοίγματα εξόδου του αέρα δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στον αντίκρυ τοίχο, μπορούμε να τοποθετήσουμε το άνοιγμα σε παρακείμενη θέση και να δημιουργηθεί ένα είδος φυσικού αερισμού (η εφαρμογή αυτή γίνεται σε πολύ μικρούς χώρους).



Εικόνα 8. Κίνηση του ανέμου μέσα στους χώρους του κτιρίου [57]

- 8) Κατά το σχεδιασμό του φυσικού αερισμού του κτιρίου καλό είναι να λάβουμε υπόψη μας και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τις νυχτερινές ώρες προκειμένου να επωφεληθούμε από το φυσικό αερισμό τις ώρες αυτές.
- 9) Τα ανοίγματα πρέπει να είναι ευκόλως προσβάσιμα από τους ενοίκους
- 10) Η επιφάνεια εισόδου και η επιφάνεια εξόδου πρέπει να είναι ίσες. Υψηλές ταχύτητες μέσα στον κλειστό χώρο μπορούν να επιτευχθούν εάν αυξήσουμε την επιφάνεια ανοιγμάτων εξόδου κατά 25% σε σχέση με τα ανοίγματα της επιφάνειας εισόδου.
- 11) Σημαντικό είναι να αποφύγουμε τα ανοίγματα να βρίσκονται στην ίδια στάθμη και αντικριστά.
- 12) Οριζόντια φρεατία και διατάξεις μπορούν να οδηγήσουν τον αέρα στο εσωτερικό του χώρου με κάποια ταχύτητα.



Εικόνα 9. Κίνηση του ανέμου μέσα από οριζόντιους χώρους φρεατίων [57]

- 13) Πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας την τοπογραφία, την τοπική αρχιτεκτονική προκειμένου να επαναπροσανατολίσουμε τη ροή του ανέμου και να δημιουργήσουμε τις κατάλληλες συνθήκες έκθεσης στους τοπικούς ανέμους της περιοχής. [57]

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Απομάκρυνση μολυσματικών παραγόντων, καλύτερη ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων.
- ✓ Εύκολη εγκατάσταση και μικρή συντήρηση
- ✓ Στα μέτρια κλίματα καλύπτει το περισσότερο φορτίο με αποπληρωμή της επένδυσης σε 8-10 χρόνια ή 8-12 (πληροφορία από δύο διαφορετικές πηγές)
- ✓ Σύνδεση με το εξωτερικό περιβάλλον και τις καιρικές αλλαγές γεγονός που αυξάνει την ανεκτικότητα σε μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Επειδή εξαρτάται από την ύπαρξη και την διεύθυνση του ανέμου, μειώνεται η αξιοπιστία της.
- Η πιθανή εισαγωγή ρύπων, σκόνης και θορύβου είναι περιοριστικός παράγοντας για ορισμένους χώρους. [64,65]

ΦΥΣΙΚΟΣ ΕΛΚΥΣΜΟΣ

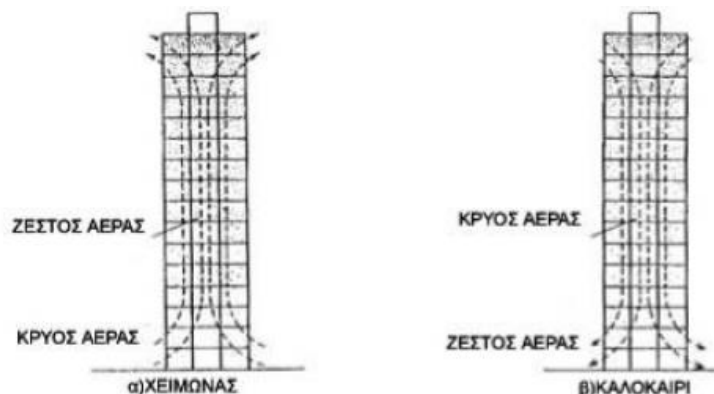
Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ζεστού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου και του ψυχρού αέρα στο εξωτερικό προκαλούν τη συσσώρευση του θερμού αέρα στο υψηλότερο σημείο του δωματίου και την έξοδό του από την οροφή. Ο αέρας θερμαινόμενος από εσωτερικά θερμικά φορτία (ανθρώπους, φώτα, θέρμανση) διαστέλλεται και ανέρχεται. Η μετακίνηση του αέρα δημιουργεί διαβάθμιση της πίεσης και άνοδο του προς τα επάνω. Τα ανοίγματα του κτιρίου κάνουν το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού πιο έντονο. Το βάρος του αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πυκνότητα (ο κρύος αέρας είναι βαρύτερος από τον ζεστό αέρα στις ίδιες συνθήκες).



Εικόνα 10. Κατανομή πιέσεων μέσα στο χώρο [57]

Το φαινόμενο του ελκυσμού έχει εφαρμογή κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η διαφορά θερμοκρασίας, είναι η μέγιστη. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το φαινόμενο του ελκυσμού δεν έχει εφαρμογή γιατί

απαιτεί η εσωτερική θερμοκρασία να είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική, γεγονός αδύνατον κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Κατά τις νυχτερινές ώρες του καλοκαιριού ο αερισμός όμως είναι πολύ σημαντικός και βοηθά στην απόρριψη της θερμότητας που έχει συσσωρευτεί στο κτίριο κατά τις ώρες της ημέρας.



Εικόνα 11. Βασικές αρχές σχεδιασμού φυσικού αερισμού με το φαινόμενο του ελκυσμού [57]

Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με ελκυσμό θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

- 1) Εάν τα ανοίγματα εισόδου και εξόδου έχουν ίσο εμβαδόν, δημιουργείται ισορροπημένος και μέγιστος αερισμός του χώρου.
- 2) Ο λόγος πλάτους-ύψους των ανοιγμάτων πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 1 (τα ανοίγματα πρέπει να τοποθετούνται οριζόντια).
- 3) Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου προκειμένου να δημιουργηθεί το φαινόμενο της καμινάδας είναι 1,5cm. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά ύψους που υπάρχει, τόσο καλύτερη ροή του ανέμου παρατηρείται.
- 4) Κατακόρυφα φρεάτια και ανοιχτά κλιμακοστάσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να αυξηθεί το φαινόμενο της καμινάδας.



Εικόνα 12. Δημιουργία κατακόρυφων διόδων φρεατίων [57]

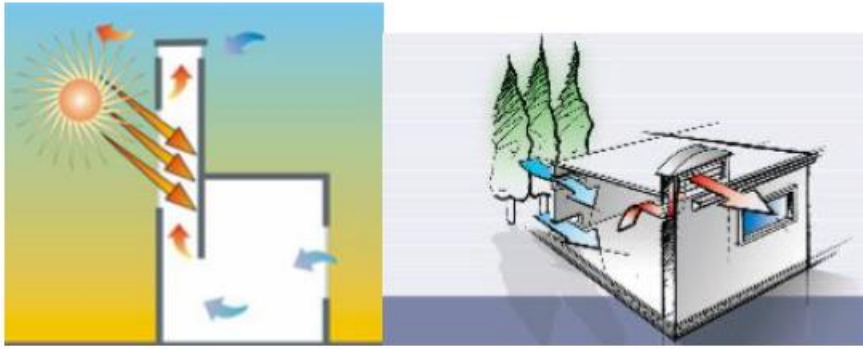
- 5) Τα ανοίγματα πρέπει να χρησιμοποιούνται σωστά ανάλογα με τις θερμοκρασίες του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.
- 6) Κάθε μηχανισμός που υπάρχει στην είσοδο και την έξοδο πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση και καθαρός προκειμένου ο αέρας εισόδου να διατηρεί τις συνθήκες υγιεινής.
- 7) Κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η σωστή λειτουργία του φυσικού αερισμού με τον τεχνητό κλιματισμό του χώρου.
- 8) Τα ανοίγματα που προκαλούν το φυσικό αερισμό πρέπει να παραμένουν κλειστά όταν ο μηχανικός τρόπος κλιματισμού είναι σε λειτουργία.
- 9) Τα ανοίγματα εισόδου του αέρα δεν πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους στάθμευσης. [57]

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Στα μέτρια κλίματα σε συνδυασμό με το διαγώνιο αερισμό μπορεί να καλύψει τα φορτία δροσισμού το μεγαλύτερο διάστημα. Σε πιο ακραία κλίματα μπορεί να λειτουργήσει σε ένα μικτό σύστημα και να μειώσει την απαίτηση αιχμής με δροσισμό τη νυκτερινή περίοδο.
- ✓ Τα ανοίγματα του συστήματος αυτού εξυπηρετούν και το φυσικό φωτισμό
- ✓ Απομάκρυνση ρύπων και μολυσματικών παραγόντων από το χώρο. [64,65]

ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ

Η ηλιακή καμινάδα έχει όμοιες βασικές αρχές λειτουργίας με το φαινόμενο ελκυσμού (φαινόμενο Venturi) κατά συνέπεια ενισχύει τον αερισμό στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Η ηλιακή καμινάδα κατασκευάζεται από υαλοπίνακα στη νότια ή τη νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου. Ο εντός καμινάδας εγκλωβισμένος αέρας υπερθερμαίνεται (σε σχέση με τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου) από την παγίδευση των ηλιακών ακτινών μέσω του υαλοστασίου και οδηγείται από την καμινάδα προς την σχεδιασμένη κορυφή, δημιουργώντας υποπίεση χαμηλότερα.



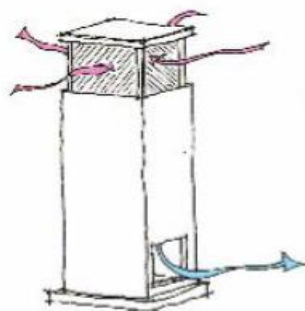
Εικόνα 13. Ηλιακή καμινάδα [57]

Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με ηλιακή καμινάδα θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

- 1) Η ηλιακή καμινάδα βρίσκει εφαρμογή κατά τους θερινούς μήνες. Θερμός αέρας διαφεύγει από την κορυφή της καμινάδας και αντικαθίσταται από τα ανοίγματα εισόδου του αέρα με φρέσκο αέρα.
- 2) Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή υγρασία.
- 3) Κατά τους χειμερινούς μήνες ο ζεστός αέρας που παράγεται στην ηλιακή καμινάδα, μπορεί με κατάλληλη διάταξη ανεμιστήρα να οδηγηθεί μέσα στο κτίριο και να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του χώρου. [57]

ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΠΥΡΓΟΣ ΨΥΞΗΣ)

Ο πύργος ψύξης είναι στοιχείο του κτιρίου που χρησιμοποιεί τη δυναμική του ανέμου. Η μορφή του πύργου είναι συνήθως τετράγωνη, ορθογώνια ή τριγωνική. Τοποθετείται πάνω στην οροφή του κτιρίου ή δίπλα, σαν ξεχωριστή κατασκευή.



Εικόνα 14. Πύργος ψύξης [57]

Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με πύργο ψύξης θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

- 1) Πλευρές του πύργου ψύξης έχουν συνήθως πλάτος 3m και το ύψος είναι 7m.
- 2) Το τελευταίο κομμάτι του πύργου ψύξης είναι ανοιχτό από όλες τις πλευρές του σε όλες τις διευθύνσεις του ανέμου. Κατά συνέπεια εκεί παγιδεύεται η ροή του ανέμου και διαμέσου καναλιού οδηγεί τον εξωτερικό αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.
- 3) Παράλληλα, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιηθεί και σαν καμινάδα. Έτσι, όταν δεν υπάρχουν τοπικοί άνεμοι ο χώρος μπορεί να αεριστεί με το φαινόμενο του ελκυσμού. [57]

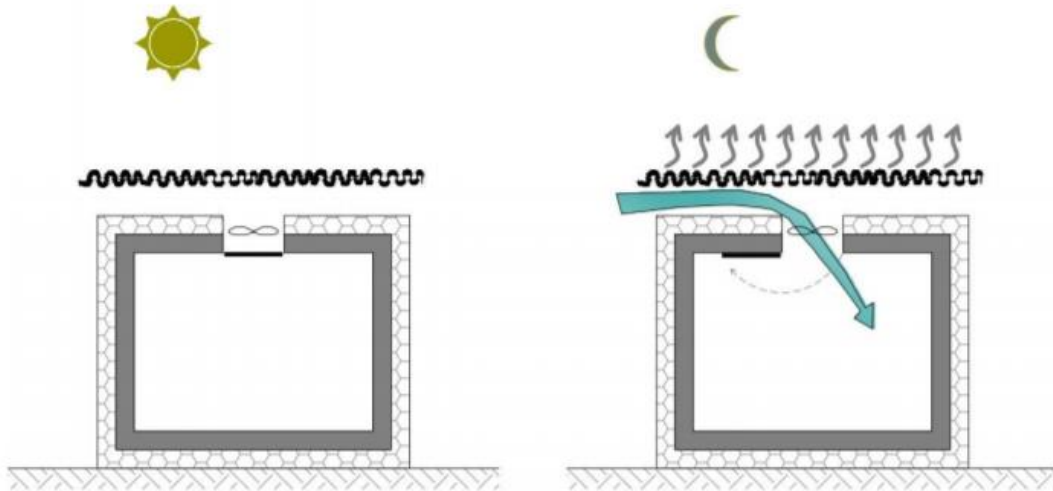
ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΔΩΜΑ

Είναι ένα απλό σύστημα θερμικής προστασίας κατά τη χειμερινή περίοδο και φυσικού δροσισμού το καλοκαίρι. Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή του κτιρίου με τρόπο, που να δημιουργείται ένα ελεύθερο διάστημα 5-7cm με αέρα. Το διάστημα αυτό επικοινωνεί με τον έξω χώρο με θυρίδες στα περιμετρικά στηθαία. Η στρωμάτωση των υλικών (από μέσα προς τα έξω) είναι:

- Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
- Θερμομονωτικό υλικό
- Κενό διάστημα 5-7cm με αέρα
- Πλάκα από αόπλο σκυρόδεμα (με κλίσεις για απορροή ομβρίων)
- Στεγάνωση [66]

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΤΗΣ

Το σύστημα αποτελείται από διπλή μεταλλική αυλακωτή πλάκα με ανακλαστική εξωτερική επιφάνεια, η οποία τοποθετείται στο εξωτερικό της οροφής του κτιρίου. Κάτω από την πλάκα αυτή υπάρχει μονωτικό στρώμα. Κατά τη διάρκεια της νύκτας η μεταλλική πλάκα ακτινοβολεί μεγάλα ποσά θερμότητας προς τον ουρανό και ψύχεται. Ο διερχόμενος μεταξύ των δύο μεταλλικών φύλλων αέρας διοχετεύεται στον εσωτερικό χώρο ψύχοντάς τον. Η διαδικασία αυτή προσπαθεί να μιμηθεί τον τρόπο με τον οποίο ψύχεται η γη ακτινοβολώντας θερμική ενέργεια προς τον ουρανό ιδιαίτερα τις ανέφελες νύκτες. [66]

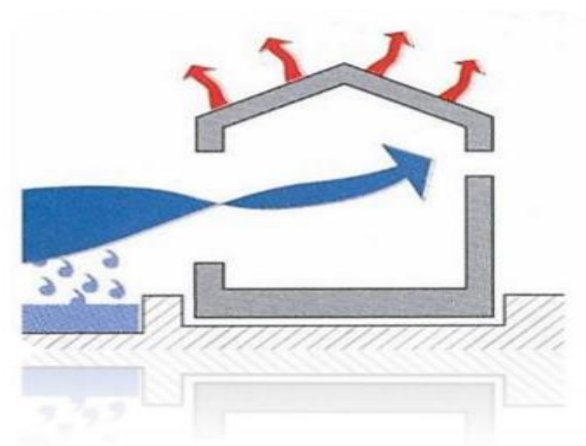


Εικόνα 15. Μεταλλικός ακτινοβολητής[66]

2) ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Είναι μια εναλλακτική λύση δροσίσμου με χαμηλό ενεργειακό κόστος καθώς δεν απαιτείται συμπιεστής παρά μόνο ένας ανεμιστήρας και μία αντλία. Είναι καλή λύση για εκπαιδευτικούς χώρους με υψηλές απαιτήσεις τροφοδοσίας με εξωτερικό αέρα και μπορεί να είναι άμεσος ή έμμεσος. Είναι οικονομικά αποτελεσματικό σε ξηρά κλίματα όπου υψηλότερες θερμοκρασίες είναι αποδεκτές τη θερμή περίοδο.

Άμεσος: Το νερό ρέει σε ένα μέσο σχεδιασμένο να μεγιστοποιεί την επιφάνεια του νερού, που εκτίθεται σε ένα ρεύμα αέρα. Ο αέρας ψύχεται μέσω εξάτμισης του νερού και η αποδοτικότητα του συστήματος αγγίζει το 80-90%.



Εικόνα 16. Άμεσος εξατμιστικός δροσίσμος [66]

ΕΜΜΕΣΟΣ: Δεν είναι τόσο αποτελεσματικός όσο ο άμεσος αλλά δεν προσθέτει υγρασία στον αέρα. Ο αέρας περνάει πάνω και μέσα από μια σείρα ψύξης τροφοδοτούμενη με νερό από ένα μακρινό πύργο ψύξης. Η αποδοτικότητα της διάταξης είναι περίπου 60%.

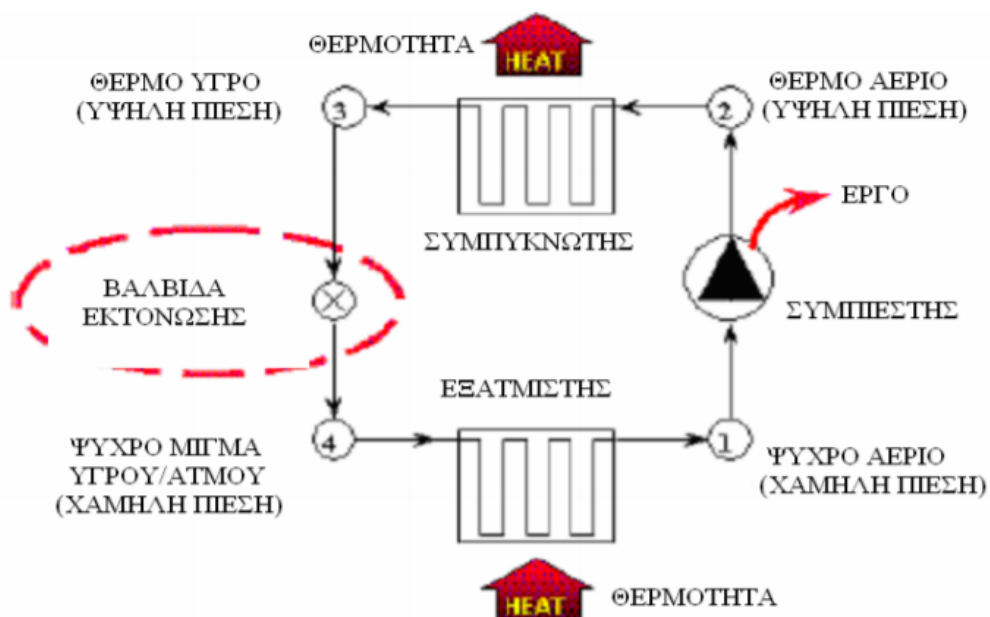
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Χαμηλή σχετικά κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και χαμηλότερο φορτίο αιχμής.
- Τα συστήματα αυτού του είδους χρησιμοποιούν 100% εξωτερικό αέρα για τη διαδικασία του δροσισμού, παρέχοντας καλύτερη ποιότητα αέρα.
- Μικρότερος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Η συντήρηση είναι πιο σημαντική από ότι στα συστήματα δροσισμού με συμπιεστή
- Αυξημένη ενέργεια για ανεμιστήρες
- Αύξηση της κατανάλωσης νερού στη θέση
- Οι απαιτήσεις δροσισμού δεν καλύπτονται σε μερικά κλίματα
- Ο άμεσος εξατμιστικός δροσισμός αυξάνει την υγρασία του χώρου
- Μεγαλύτερο αρχικό κόστος σε σχέση με ένα τυπικό AC [64,65]

3) ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΑΜΕΣΗΣ ΕΚΤΟΝΩΣΗΣ (DIRECT EXPANSION)

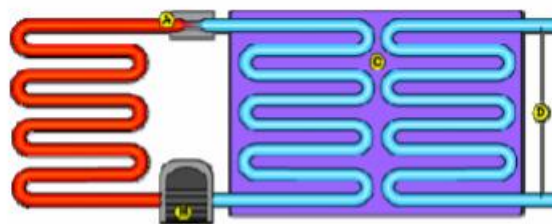


Εικόνα 17. Διάγραμμα ροής του κύκλου δροσισμού άμεσης εκτόνωσης [65]

Χρησιμοποιεί τον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμού, κατά τον οποίο ένα ψυκτικό μέσο μεταφέρει θερμότητα από ένα μέρος του κύκλου στο άλλο. Η ψύξη παράγεται κατόπιν μεγάλης πτώσης πίεσης (εκτόνωσης), που λαμβάνει χώρα μεταξύ των θέσεων 3 και 4. Στη συνέχεια το ψυκτικό μέσο μεταφέρεται στον εξατμιστή για να απορροφήσει θερμότητα από όπου χρειάζεται. Τα DX συστήματα συνδέονται με μονάδες διανομής του παραγόμενου ψυχρού αέρα και συναποτελούν τα λεγόμενα διαιρεμένα συστήματα. Δεν ενδείκνυνται για μεγάλους χώρους και πολυώροφα κτίρια καθώς υπάρχουν λειτουργικά προβλήματα με το συμπιεστή και τη διαχείριση του μεγάλου όγκου των σωληνώσεων [65]

4) ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΜΕ ΨΥΞΗ ΝΕΡΟΥ

Ενδείκνυνται για μεγάλα και πολυώροφα κτίρια. Το όλο σύστημα είναι εγκατεστημένο σε ένα ειδικό χώρο εντός ή και εκτός του κτιρίου και ψύχει νερό σε θερμοκρασίες από 40-45 F(4,4-7,2 C). Δεν υπάρχει πρακτικό όριο για το μήκος των σωληνώσεων, αρκεί να υπάρχει επαρκής μόνωση.

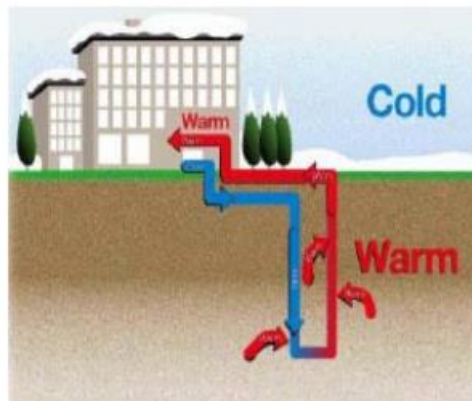


A: Βαλβίδα Εκτόνωσης B: Συμπιεστής
C: Εναλλάκτης Θερμότητας
D: Ψυχρό νερό προς το κτίριο

Εικόνα 18. Διάταξη δροσίσιμου με ψύξη νερού [65]

Το νερό ψύχεται στον εναλλάκτη (C) και στη συνέχεια οδηγείται στο κτίριο. Για την ενίσχυση της αποδοτικότητας της διάταξης συνήθως προστίθεται στη θέση D ένας ψυκτικός πύργος, ο οποίος μπορεί να είναι άμεσος ή έμμεσος. Άμεσος θεωρείται όταν το ρευστό έρχεται σε επαφή με τον αέρα και ψύχεται, ενώ έμμεσος όταν το ρευστό ψύχεται από νερό που περιβάλλει τις σωληνώσεις. [65]

5) ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΜΕ ΓΕΩ-ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ (ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ)



Εικόνα 19. Απεικόνιση λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας [65]

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:

Η όλη διάταξη περιλαμβάνει ένα ρευστό, που μεταφέρεται από ένα υδρονικό σύστημα μέσω μιας Αντλίας Θερμότητας GSHP (Ground Source Heat Pump). Ανάλογα με την εποχή προσάγεται ή απάγεται θερμότητα από το κτίριο. Το σύστημα σωληνώσεων μπορεί να είναι κατακόρυφο σε ένα πηγάδι, ή οριζόντιο μέσα σε μία τάφρο.

ΚΟΣΤΟΣ:

Το κόστος αυτών των συστημάτων είναι περίπου 10-15% μεγαλύτερο από ένα τυπικό σύστημα, ενώ προσφέρει μείωση στο ενεργειακό κόστος κατά 20-50% και στο κόστος συντήρησης κατά 30%. Ο χρόνος αποπληρωμής κυμαίνεται από 5-10 έτη.

ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ:

- **Ανοικτού βρόχου:** Το σύστημα τροφοδοτείται από ένα πηγάδι, λίμνη, πισίνα, ρεύμα ή άλλη υδάτινη μάζα, με νερό, το οποίο αφού αποδώσει ένα μέρος του θερμικού ή ψυκτικού του φορτίου στο κτίριο επιστρέφει στην αρχική του θέση. Η χρήση του είναι περιορισμένη.
- **Κλειστού βρόχου:** σε αυτό το σύστημα ένα ρευστό κυκλοφορεί μέσω ενός υπόγειου βρόχου σωληνώσεων σε μια αντλία θερμότητας. [65]

3.6) ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ - ΣΚΙΑΣΗ

Ο σωστός ηλιασμός των κτιρίων αποτελεί ένα από τα βασικά ζητούμενα του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω κατάλληλου σχεδιασμού των κατασκευών μπορεί να συμβάλλει, πρώτον, στη διασφάλιση αποδεκτών εσωκλιματικών συνθηκών (συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης), και δεύτερον - μέσω της ορθής θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου - στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτή συνεπάγεται (οικονομικά, περιβαλλοντικά λόγω μείωσης των εκπομπών CO₂, ποιότητας ζωής κ.λπ.).

Μέσω του ηλιασμού επιτυγχάνεται αφ' ενός η εξασφάλιση θερμικών κερδών για το κτίριο κατά τη χειμερινή περίοδο και αφ' ετέρου ο φυσικός φωτισμός των χώρων καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Στην αναπτυσσόμενη και υποστηριζόμενη ευρωπαϊκή πολιτική για κτίρια ορθότερης βιοκλιματικής και ενεργειακής απόδοσης, δεν θεωρείται ορθό σε νεοσχεδιαζόμενα κτίρια να υπάρχουν κενά στην ολοκληρωμένη διαχείριση της θερμικής ή φωτεινής ενέργειας με την δικαιολογία της εκ των υστέρων διόρθωσης της κατάστασης με πρόσθετες κατασκευές (π.χ. πέργολες, βιομηχανικά τυποποιημένα σκίαστρα, μηχανικά ενεργοβόρα μέσα, ειδικά κρύσταλλα ή μεμβράνες επί των

κρυστάλλων κ.τ.λ.). Για το λόγο αυτό η μελετητική ομάδα ενός έργου, π.χ. ενός σχολικού κτιρίου, πάντοτε κατά το στάδιο της αρχικής σύνθεσης αυτού, λαμβάνοντας υπόψη τους προσανατολισμούς των χώρων, την λειτουργικότητα αυτών, τη γεωγραφική θέση του κτιρίου και τις τυχόν ιδιαιτερότητες του μικροκλίματος της περιοχής, αποφασίζει και προβλέπει την εκάστοτε επιθυμητή (σε ποσότητα και διάρκεια) υποδοχή στο χώρο, ή αντίθετα, απομόνωση απ' αυτόν, της αμέσου ηλιακής ακτινοβολίας.

Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί μέσω της κατάλληλης διαμόρφωσης και του σχεδιασμού του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου, με την αντίστοιχη εκμετάλλευση των επιλεγόμενων όγκων, μορφών, δομικών συστημάτων και υλικών. [57]

➤ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Τα κτίρια δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία περνάει κυρίως μέσα από τα ανοίγματα (παράθυρα) στους εσωτερικούς χώρους και τους θερμαίνει. Το πιο σημαντικό στοιχείο στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα, αλλά και για αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, είναι ο σωστός προσανατολισμός των ανοιγμάτων. Για την αποτελεσματική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, θα πρέπει να υπάρχουν επαρκείς επιφάνειες ανοίγματα, που να βλέπουν απ' ευθείας τον ήλιο για αρκετές ώρες την ημέρα το χειμώνα.

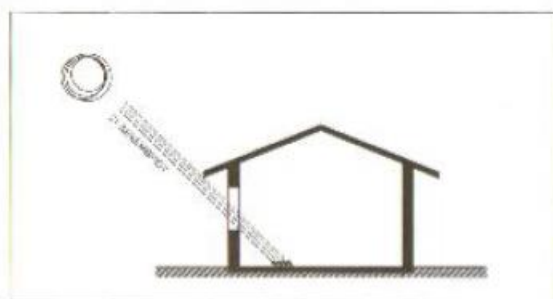
Πρέπει να τονισθεί εδώ, ότι ο ορισμός καλοκαίρι ή χειμώνας, διαφοροποιείται δραματικά από περιοχή σε περιοχή της Ευρώπης. Η έννοια του κρύου χειμώνα με ανάγκη μέγιστης εκμετάλλευσης της ηλιοφάνειας στην Αγγλία ή τη Γερμανία ισχύει από τον Οκτώβριο όταν στην Ελλάδα ακόμα και τον Ιανουάριο παρατηρούνται σε ορισμένες περιπτώσεις θερμοκρασίες που φτάνουν τους 20ο.

Επομένως, σε νότιες περιοχές της Βαλκανικής, ιδιαίτερα με τις ήδη εν εξελίξει 20 κλιματικές αλλαγές, η επιπόλαιη εφαρμογή των οδηγιών για ηλιασμό των χώρων που συντάχθηκαν από βορειότερες ευρωπαϊκές χώρες μπορεί να προκαλέσει το τακτικά παρατηρούμενο αβίωτο, υπερθερμασμένο περιβάλλον αιθουσών νότια προσανατολισμένων σε ελληνικά σχολικά κτίρια, συνήθως χωρίς κάποια ηλιοπροστασία.

Για το λόγο αυτό χρειάζεται να προσδιορίζεται κανείς συγκεκριμένα σε ποια περίοδο του χρόνου είναι επιθυμητό να εισέρχεται το ηλιακό φως στους χώρους του κτιρίου και σε ποια είναι προτιμότερο να ελέγχεται η είσοδος του με τη χρήση των κατάλληλων μέσων σκίασης.

Ανάλογα με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων θα πρέπει να παρατηρήσουμε τα εξής: Τα νότια ανοίγματα εξασφαλίζουν τις περισσότερες ώρες αποτελεσματικού ηλιασμού των κτιρίων κατά τη χειμερινή περίοδο. Το χειμώνα ο ήλιος ανατέλλει και δύει νοτιότερα της ανατολής και της δύσης διαγράφει μικρή τροχιά, κινείται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα και προς την πλευρά του νότου. Το καλοκαίρι ο ήλιος ανατέλλει και δύει βορειότερα της ανατολής και της δύσης, διαγράφει μεγάλη τροχιά, κινείται πάλι προς την πλευρά του νότου, αλλά ψηλά στο στερέωμα.

Από τα παραπάνω προκύπτει πως τα κτίρια ενδείκνυται να είναι στραμμένα προς το νότο, ώστε να δέχονται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία βαθιά στο εσωτερικό τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ταυτόχρονα, όμως, η επιλογή αυτή παρέχει τη δυνατότητα πλήρους σκίασης με μικρές σχετικά οριζόντιες προεξοχές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. [57]



Εικόνα 20. Οριακή γωνία ηλιακής πρόσπτωσης την 21^η Δεκεμβρίου [57]



Εικόνα 21. Οριακή γωνία ηλιακής πρόσπτωσης την 21^η Ιουνίου [57]

➤ ΤΡΟΠΟΙ ΣΚΙΑΣΗΣ

A) ΜΟΝΙΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ

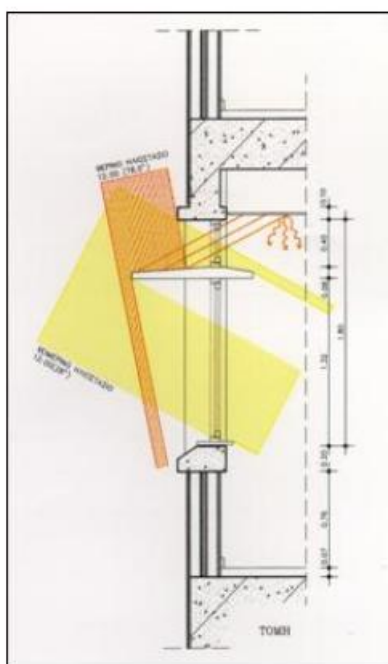
Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. Το μέγεθος του προβόλου αυτού εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τύπου στον οποίο βρίσκεται το κτίριο. Για την Αθήνα, για παράδειγμα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοιγμάτων είναι 55-60 μοίρες. Οι πρόβολοι που εκτείνονται δεξιά και αριστερά των ανοιγμάτων είναι οι πιο αποτελεσματικοί από πρόβολους που καλύπτουν μόνο το πλάτος του παραθύρου.



Εικόνα 22. Οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα [74]

Για τον ακριβή υπολογισμό της θέσης του ήλιου για κάθε μήνα του χρόνου και για κάθε ώρα της ημέρας υπάρχουν τα ηλιακά διαγράμματα ανά γεωγραφικό πλάτος καθώς και υπολογιστικά προγράμματα.

Ένα οριζόντιο σκίαστρο δεν μπορεί να ανακόψει τις ηλιακές ακτίνες που έρχονται χαμηλά από την κατεύθυνση της ανατολής ή της δύσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται τα μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα. [74]



Εικόνα 23. Σχεδιασμός σκίαστρου για χειμερινό ηλιασμό / θερινή ηλιοπροστασία και ενίσχυση του φυσικού φωτισμού [74]

Β) ΚΙΝΗΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ

Γενικά, από ενεργειακής πλευράς, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται τα εξωτερικά σκίαστρα, καθώς είναι πιο αποτελεσματική η εμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας πριν περάσει το περίβλημα του κτιρίου. Εξωτερικά κινητά σκίαστρα μπορεί να είναι πατζούρια, περσίδες, τέντες, ρολά κ.ά.

Για λόγους τεχνικούς ή οικονομικούς μπορεί να είναι προτιμότερα εσωτερικά σκίαστρα, όπως βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά πατζούρια, κουρτίνες κλπ., ή και συνδυασμός εξωτερικής σταθερής σκίασης με εσωτερική. Επιπλέον, υπάρχουν

σκίαστρα, συνήθως περσίδες, εσωτερικά του συστήματος του παραθύρου, ενδιάμεσα από διπλούς υαλοπίνακες. [74]



Εικόνα 24. Κινητό σκίαστρο [74]

Κατά την επιλογή του σκίαστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και τελικά αφήνουν να περάσει, καθώς και η συμβολή τους στα θέματα του φυσικού φωτισμού, θέας και αερισμού. Ένας γενικός οικονομικός συνδυασμός σκιάστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτίρια είναι σταθερά δομικά στοιχεία (οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τον προσανατολισμό) και εσωτερικά βενετικά στόρια, τα οποία επιπλέον μπορούν να συνεισφέρουν και στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού (περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα, μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτίνων προς την οροφή). Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού) και δυνατότητα αερισμού αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα.

Τα κινητά σκίαστρα μπορεί να ελέγχονται χειροκίνητα, μηχανικά ή αυτόματα (π.χ. ανάλογα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική ή εσωτερική θερμοκρασία). Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου.

Γ) ΕΙΔΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Ένας άλλος τρόπος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων των κτιρίων είναι η χρήση ειδικών υαλοπινάκων. Υπάρχουν διάφορα είδη τέτοιων υαλοπινάκων: έγχρωμοι, απορροφητικοί, ανακλαστικοί, ημιδιαφανείς, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί κ.ά. με μεγάλη ποικιλία θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων, κατάλληλοι για εφαρμογή σε κτίρια διαφόρων τύπων. [74]

Δ) ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος ηλιοπροστασίας του κτιρίου και των ανοιγμάτων του είναι και η χρήση βλάστησης είτε με κατάλληλα φυτεμένα φυλλοβόλα ή αειθαλή δέντρα, είτε με άλλα φυτά σε κατάλληλες θέσεις (πέργκολες, μπαλκόνια, κτλ.).



Εικόνα 25. Συνεισφορά βλάστησης στη ηλιοπροστασία [74]

Τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτίριο και έτσι, αποτελούν ιδανική λύση για νότιο προσανατολισμό. Ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα (είτε αειθαλή είτε φυλλοβόλα) σε ανοίγματα με ανατολικό ή/και δυτικό προσανατολισμό.

Εκτός όμως, από τη σκίαση του κτιρίου, η βλάστηση έχει την ιδιότητα να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και συχνά, να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο κατά το δοκούν, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του.

Τέλος, η βλάστηση συντελεί στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η θερμική επιβάρυνση του κτιρίου κατά τις θερμές περιόδους, αλλά και να δημιουργείται ευχάριστη ατμόσφαιρα για την παραμονή των ενοίκων εκτός του κτιρίου για μεγάλες περιόδους του χρόνου. [74]

3.7) ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα ζητούμενα στη βιοκλιματική αντιμετώπιση κατά το σχεδιασμό των κτιρίων αποτελεί η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού μπορεί να μειώσει δραστικά την άσκοπη χρήση τεχνητού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο σημαντικό ποσό από την ενέργεια που απαιτείται για το φωτισμό του κτιρίου (αλλά και για τον κλιματισμό, εφ' όσον μειώνονται τα εσωτερικά θερμικά φορτία) κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

Έχει παρατηρηθεί πως ο φυσικός φωτισμός επηρεάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά τόσο με άμεσους όσο και με έμμεσους τρόπους: όχι μόνο εξασφαλίζει το απαραίτητο φως που χρειάζεται για να βλέπει κανείς στο περιβάλλον όπου ζει και εργάζεται, αλλά δημιουργεί ένα ευχάριστο και ανθρώπινο εσωτερικό περιβάλλον και επίσης προσδιορίζει τον κύκλο της ημέρας και των εποχών και σε βιολογικό επίπεδο διεγείρει τις ορμόνες που ρυθμίζουν τα συστήματα του σώματος και τη διάθεση των χρηστών. [57]

ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ο φυσικός φωτισμός έχει ως στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Έτσι, πραγματοποιείται ο σχεδιασμός με σκοπό την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής και κατάλληλος φωτισμός στο εσωτερικό των κτιρίων, προκειμένου να επιτελεστούν οι λειτουργίες που το κτίριο προορίζεται να φιλοξενήσει. Επιτυγχάνεται με το σχεδιασμό απαραίτητων ανοιγμάτων επί του περιβλήματος του κτιρίου, τα οποία επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους.

Τα πλεονεκτήματα του φυσικού φωτισμού συναντώνται σε περιβαλλοντικό αλλά και ανθρώπινο επίπεδο. Αρχικά να πούμε ότι η χρήση του μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά πλεονεκτήματα εξοικονόμησης ενέργειας, με τον περιορισμό του ψυκτικού φορτίου που δημιουργείται από τον τεχνητό φωτισμό, καθώς και την επακόλουθη ατμοσφαιρική ρύπανση, συμβάλλοντας έτσι σε ένα πιο υγιεινό περιβάλλον διαβίωσης και εργασίας. Επιπλέον, τα πλεονεκτήματα του φυσικού φωτισμού μεταφράζονται σε καλύτερες επιδόσεις των μαθητών στα σχολεία. Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχουν δείξει ότι μαθητές επιτυγχάνουν σημαντικά καλύτερες επιδόσεις στα τεστ σε αίθουσες που έχουν κατάλληλα

επίπεδα φυσικού φωτισμού απ' ότι σε αυτές που δεν έχουν. Έτσι λοιπόν, ο φυσικός φωτισμός αποτελεί σημαντική παράμετρος στην οποία αξίζει να επενδύσει ένας μελετητής για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών κτιρίων. [57]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η επάρκεια του φυσικού φωτισμού και η κατανομή του εξαρτώνται από τη γεωμετρία των ανοιγμάτων και του φωτιζόμενου χώρου, τις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (υφή, χρώμα) και των υαλοπινάκων (ανακλαστικότητα, φωτεινή διαπερατότητα), αλλά και από τη χρήση ανακλαστικών διατάξεων ελέγχου (περσίδες).

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

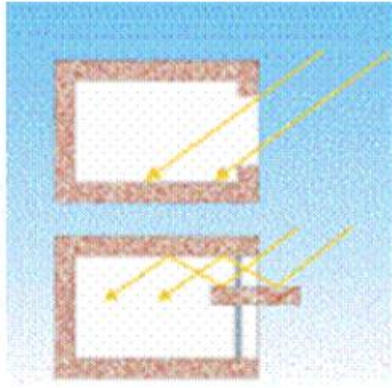
- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί
- Ειδικοί Υαλοπίνακες
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Σκίαστρα [67]

Υπάρχουν διατάξεις που εφαρμόζονται στα ανοίγματα για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός και τη βελτίωση της κατανομής του στο χώρο. Ορισμένες από αυτές είναι συγχρόνως και ηλιοπροστατευτικές διατάξεις.

A) Ράφια φωτισμού

Είναι επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία που τοποθετούνται στα ανοίγματα, πάνω από τη γραμμή όρασης. Συνήθως έχουν στυλπνή την άνω επιφάνειά τους (κατοπτρική επιφάνεια ή επιφάνεια που προκαλεί διάχυση), στην οποία ανακλάται η προσπίπτουσα φωτεινή ακτινοβολία και κατευθύνεται προς την οροφή του χώρου, ή διαχέεται αντίστοιχα, βελτιώνοντας έτσι την κατανομή του φωτισμού. Παράλληλα παρέχουν προστασία από τη θάμβωση, από τη θέαση του ουρανού από το εσωτερικό, και λειτουργούν ως ηλιοπροστατευτική διάταξη για το τμήμα του παραθύρου που βρίσκεται κάτω από αυτά.

Η κάτω πλευρά τους ανακλά επίσης τις φωτεινές δέσμες τις προερχόμενες από το έδαφος και αυξάνει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο χώρο. Τα ράφια φωτισμού κατασκευάζονται στην εσωτερική ή εξωτερική πλευρά ή εκατέρωθεν του υαλοστασίου και αποτελούν συγχρόνως στοιχείο της αρχιτεκτονικής σύνθεσης.

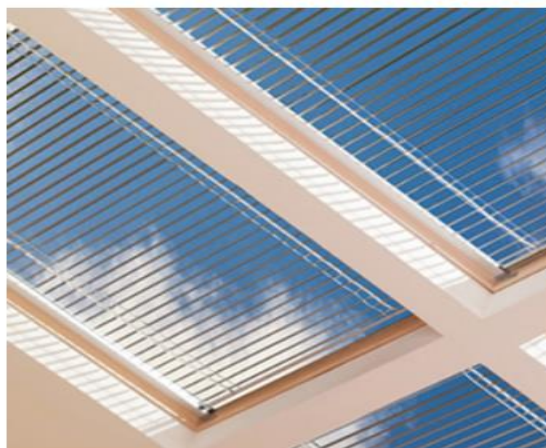


Εικόνα 26. Ράφια φωτισμού [68]

B) Ανακλαστήρες

Εξωτερικές ή εσωτερικές περσίδες με ανακλαστική την άνω παρειά τους αυξάνουν την ποσότητα του φωτός που δέχεται ο χώρος, παρέχοντας συγχρόνως σκιασμό και προστασία από τη θάμβωση. Ωστόσο, δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι το καλοκαίρι ή κατά τη διάρκεια ημερών με μεγάλη ηλιοφάνεια, οι πολύ στυλπνές επιφάνειες των περσίδων μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση.

Επίσης, με τη χρησιμοποίηση ανακλαστήρων στην οροφή ή με τη βαφή της οροφής με υλικό με μεγάλη ανακλαστικότητα αυξάνεται η διείσδυση της απευθείας φωτεινής ακτινοβολίας βαθιά στο χώρο, ενώ με τη χρησιμοποίηση εσωτερικών ανακλαστήρων, που διαχέουν το φως, εξασφαλίζεται καλύτερη κατανομή του φωτός στο χώρο. Εάν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες διατάξεις ακόμη και τα μικρά ανοίγματα παρέχουν ικανοποιητική ποσότητα φυσικού φωτισμού.



Εικόνα 27. Ανακλαστικές περσίδες [68]

Γ) Κανάλια φωτισμού ή φωτεινοί αγωγοί ή φωτοσωλήνες

Είναι απλή σχετικά κατασκευή, η οποία εισάγει φως από την οροφή σε σκοτεινά σημεία των κτιρίων ακόμα και σε χαμηλότερους ορόφους. Πρόκειται για σωλήνα επιστρωμένο στο εσωτερικό του με υλικό μεγάλης ανακλαστικότητας -όπως καθρέφτες, ελάσματα από αλουμίνιο ή είναι βαμμένο με πολύ στιλπνά χρώματα-, που φέρει διαφανή καλύμματα στα δύο άκρα του. Συνήθως οι διαστάσεις του είναι μικρές: από 0.50×0.50μ, έως 2.0×2.0μ. Ο φωτοσωλήνας μπορεί να είναι ενιαίος κατακόρυφος ή να αποτελείται από τμήματα υπό κλίση.

Η απόδοσή του εξαρτάται από την ένταση φωτισμού στο επίπεδο του φωτοσωλήνα εξωτερικά, το ύψος του ήλιου, την ανακλαστικότητα του υλικού στο εσωτερικό του σωλήνα, την ύπαρξη ή όχι γωνιών στο φωτοσωλήνα και από το λόγο του μήκους του προς τη διάμετρό του. Για αυξημένη απόδοση το μήκος του δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 10μ. (Lechner, 1991), δεδομένου ότι όσο αυξάνει το μήκος, μειώνεται σημαντικά η ένταση του φωτισμού. [11]

ΑΜΕΣΟ ΗΛΙΑΚΟ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΟ ΦΩΣ

Στο σημείο αυτό είναι επιβεβλημένο να επισημάνουμε τη διάκριση ανάμεσα στο ηλιακό φως - που εισέρχεται στους χώρους των κτιρίων κυρίως όταν δεν έχει προηγηθεί ολοκληρωμένη μελέτη ανοιγμάτων – και στο φυσικό φως που είναι επιθυμητό. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα δύο αυτά είδη φωτός συναντώνται ως διαφορετικά και περιγράφονται το μεν πρώτο ως sunlight (άμεσο ηλιακό φως), το δε δεύτερο ως daylight (διάχυτο φυσικό φως).

Το άμεσο ηλιακό φως είναι υπερβολικά φωτεινό και πολύ ζεστό και συνεπώς δημιουργεί φαινόμενα θάμβωσης και υπερθέρμανσης των χώρων. Για το λόγο αυτό συνιστάται να χρησιμοποιείται μόνο σε χώρους όπου οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να απομακρυνθούν από αυτό, όπως για παράδειγμα σε χώρους κυκλοφορίας. Αντίθετα, σε χώρους όπου απαιτείται συγκέντρωση και προσοχή, ορθό είναι να επιδιώκεται περισσότερο ήπιος, ομοιόμορφος, διάχυτος φωτισμός. Για να επιτευχθεί ισορροπημένος φωτισμός, το φυσικό φως μπορεί και πρέπει να διαχέεται με διάφορους τρόπους, όπως με τη χρήση προβόλων, σκιάστρων, περσίδων, φωτιστικών ραφιών, και άλλων μέσων σκίασης που είτε διαχέουν το ηλιακό φως, είτε εμποδίζουν την άμεση είσοδο του στο εσωτερικό των χώρων, όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω. [57]

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ

Για να υλοποιηθεί ο στόχος του φυσικού φωτισμού, δηλαδή η παροχή ικανοποιητικής ποσότητας και ποιότητας και η ομαλή κατανομή του φυσικού φωτός στο κτίριο, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες και στρατηγικές σχεδιασμού:

- οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (νέφωση του ουρανού, φωτεινότητα) και το γεωγραφικό πλάτος (γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας)
- οι ανάγκες φωτισμού του χώρου, αναλόγως με τη λειτουργία του
- τα εξωτερικά εμπόδια
- το σχήμα του κτιρίου (βαθύ - ρηχό)
- ο προσανατολισμός, η γεωμετρία του κτιρίου και η οργάνωση των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν
- η θέση και οι οπτικές ιδιότητες των επιφανειών του εσωτερικού χώρου που ανακλούν το φως
- η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου
- ο προσανατολισμός, η θέση, το σχήμα και το μέγεθος των ανοιγμάτων και των εν γένει διαφανών στοιχείων
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μόνιμων ή κινητών στοιχείων που εφαρμόζονται στα ανοίγματα και εν γένει όλων των διατάξεων που ρυθμίζουν την είσοδο και την κατανομή του φωτός
- οι οπτικές ιδιότητες και τα θερμικά χαρακτηριστικά των υαλοστασίων και των διαφανών εν γένει στοιχείων [11]

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Επιχειρώντας να ορίσουμε τι σημαίνει σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο θα λέγαμε πως πρόκειται για το σχεδιασμό που συνδυάζει τα παρακάτω τέσσερα στοιχεία:

- ✓ σχεδιασμό των χώρων με τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιούν το διάχυτο φως από τον ουρανό
- ✓ χρήση φυσικού φωτισμού ως πρωταρχική πηγή φωτός στους χώρους του κτιρίου,
- ✓ χρήση διαφόρων μέσων και τεχνικών για την ελάττωση της θάμβωσης
- ✓ σχεδιασμό του ηλεκτροφωτισμού ως συμπληρωματικού του φυσικού φωτισμού.

A) Αποφυγή της άμεσης εισόδου των ηλιακών ακτίνων στους χώρους διδασκαλίας.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι ηλιακές ακτίνες είναι μια εξαιρετικά δυνατή πηγή φωτός. Το άμεσο ηλιακό φως είναι τόσο φωτεινό και ζεστό που μπορεί να δημιουργήσει έντονη οπτική και θερμική δυσφορία στους χρήστες ενός χώρου. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού πρέπει να στοχεύει στη μεγιστοποίηση της χρήσης του απαλού, διάχυτου φυσικού φωτός και στον περιορισμό της άμεσης εισόδου των ηλιακών ακτίνων στους χώρους διδασκαλίας.

Ένα από τα χαρακτηριστικά του ηλιακού φωτός είναι ότι αλλάζει κατά τη διάρκεια της μέρας και από εποχή σε εποχή. Η ημερήσια και εποχιακή τροχιά του ήλιου είναι η βασική παράμετρος καθορισμού της διαθεσιμότητας του ηλιακού φωτός, ενώ η παρουσία νεφών και υγρασίας στον αέρα επηρεάζουν την ποιότητα και την ένταση του φωτός από τον ουρανό. Είναι σημαντικό για τους μελετητές να γνωρίζουν τις βασικές αρχές του προσανατολισμού του ήλιου, των κλιματικών συνθηκών και των συστημάτων σκίασης προκειμένου να σχεδιάσουν επιτυχώς το φυσικό φωτισμό ενός κτιρίου.

Ο προσανατολισμός ενός κτιρίου είναι καθοριστικός για τη μεγιστοποίηση της χρήσης διάχυτου φωτός και την ελαχιστοποίηση της άμεσης ηλιακής διείσδυσης. Σε ότι αφορά την επιλογή του προσανατολισμού του κτιρίου, γενικά συνιστάται η τοποθέτηση του κατά μήκος του άξονα βοράς-νότος. Η επιλογή αυτή παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε ότι αφορά το φυσικό φωτισμό των χώρων που χωροθετούνται κατά μήκος των μακρών πλευρών του κτιρίου (βόρεια και νότια), αφού ο μεν βόρειος προσανατολισμός δίνει το μέγιστο διάχυτο φως, ο δε νότιος μπορεί εύκολα να σκιαστεί σε όλη τη διάρκεια του χρόνου χωρίς να εμποδίζεται η θέα.

Στην περίπτωση αυτή η ανατολική και δυτική πλευρά του κτιρίου δεν είναι απαραίτητο να έχουν εκτεταμένα ανοίγματα. Αντίθετα, καλό θα ήταν να αποφεύγεται κατά το δυνατό ο προσανατολισμός των κτιρίων κατά μήκος του άξονα ανατολή - δύση και αυτό γιατί το βόρειο και το νότιο άκρο του κτιρίου εξασφαλίζουν πολύ λιγότερο φως στο εσωτερικό σε σχέση με αυτό που δυνητικά θα μπορούσαν να προσφέρουν, ενώ οι μακρές πλευρές (ανατολική και δυτική) τείνουν να εισάγουν πολύ φως και υπερβολική θερμότητα.

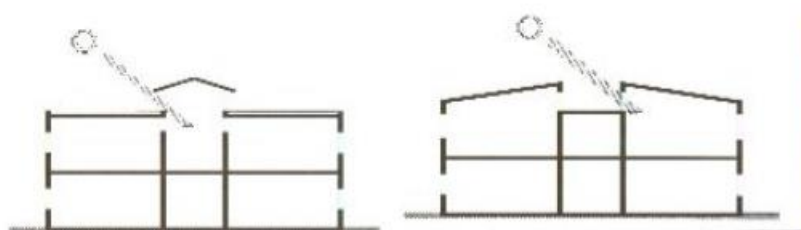
Επίσης, η ανατολική και η δυτική πλευρά απαιτούν πολύπλοκα συστήματα σκίασης, τα οποία συχνά εμποδίζουν τη θέα.

B) Εξασφάλιση απαλού, ομοιόμορφου φωτός σε όλο το χώρο.

Όταν το φως διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο εξασφαλίζεται τόσο η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας όσο και η επιδιωκόμενη οπτική άνεση. Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξασφαλιστεί ένα βασικό επίπεδο φωτισμού σε όλη την έκταση ενός χώρου, δηλαδή διάχυτος φωτισμός. Αυτός είναι συνήθως της τάξης των 220 ως 330 lux. Ο τεχνητός φωτισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επιτελούνται συγκεκριμένες εργασίες που απαιτούν εντονότερο φωτισμό της τάξης των 550 ως 660 lux.

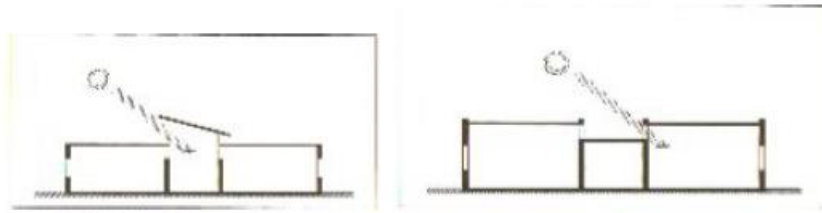
Επειδή συνήθως οι αίθουσες διδασκαλίας έχουν μεγάλα ανοίγματα προς τη μία όψη, παρατηρείται ανομοιογένεια στην κατανομή του φωτός. Για να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού μέσα στις αίθουσες συνιστάται να υπάρχουν αμφίπλευρα ανοίγματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με φεγγίτες ή και μεγαλύτερα ακόμα ανοίγματα προς την πλευρά του διαδρόμου, ή και με ανοίγματα στην οροφή της αίθουσας ή του διαδρόμου στον τελευταίο όροφο. Στην περίπτωση σχολείων με αίθουσες τοποθετημένες αμφίπλευρα του διαδρόμου (προς βορά και νότο) συνιστάται να υπερυψώνεται ή υποβιβάζεται η οροφή του διαδρόμου, ώστε να εξασφαλίζεται ο αμφίπλευρος φωτισμός των τάξεων.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε ισόγειο κτίρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κατασκευών.



Εικόνα 28. Με υπερύψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση πολυώροφου κτιρίου].

Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση πολυώροφου κτιρίου]. [57]

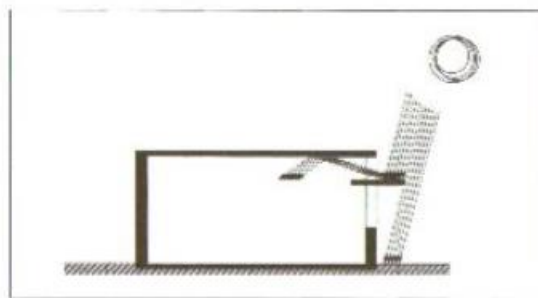


Εικόνα 29. Με υπερέκθεση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση μονώροφου κτιρίου]

Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση μονώροφου κτιρίου] [57]

Τοίχοι, οροφές και άλλες επιφάνειες που μπορούν να αντανακλούν το φως καλό είναι να βάφονται σε λευκούς ή ανοιχτόχρωμους χρωματισμούς. Ακόμα και τα παστέλ χρώματα απορροφούν το 50% του φωτός που προσπίπτει σε αυτές, ελαττώνοντας την ποσότητα του φωτός που αντανακλάται ξανά προς το χώρο. Τα έντονα χρώματα συνιστάται να χρησιμοποιούνται σε μικρότερες επιφάνειες.

Εξωτερικά στοιχεία σκίασης ή στέγαστρα που βρίσκονται κοντά στα ανοίγματα μπορούν έχουν την ικανότητα να αντανακλούν το φυσικό φως προς το εσωτερικό των χώρων λειτουργούν, μάλιστα πιο αποτελεσματικά όταν είναι ανοιχτόχρωμα. Τα φωτιστικά ράφια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατευθύνουν το φυσικό φως βαθύτερα μέσα στο χώρο.



Εικόνα 30. Χρήση φωτιστικών ραφιών για μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός. Περσίδες, στόρια ή άλλες ανακλαστικές επιφάνειες δίπλα σε φωτιστικά ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ομοιόμορφη διασπορά του φωτός σε όλο τον χώρο. [57]

Γ) Αποφυγή του φαινομένου της θάμβωσης.

Το φαινόμενο αυτό προκαλείται όταν υπάρχουν υπερβολικά υψηλές αντιθέσεις στα επίπεδα φωτισμού των επιφανειών (άμεση θάμβωση) ή όταν το φως αντανακλάται σε μια γυαλιστερή επιφάνεια (θάμβωση από αντανάκλαση).

Στις περιπτώσεις που παρατηρείται άμεση θάμβωση, η παρουσία μιας πολύ λαμπρότερης επιφάνειας σε σχέση με τις γειτονικές, μέσα στο οπτικό πεδίο του χρήστη, προκαλεί ενόχληση ή πρόσκαιρη απώλεια της οπτικής του ικανότητας.

Αυτού του είδους η θάμβωση έχει αρνητικές συνέπειες στην απόδοση τόσο των μαθητών όσο και των διδασκόντων. Ο έλεγχος της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας με στοιχεία όπως πρόβολοι, περσίδες, σκιάδια, βενετικά στόρια ή ακόμα και κουρτίνες μπορεί να συμβάλλει στην αποφυγή της θάμβωσης.

Επίσης η τοποθέτηση ανοιχτόχρωμων ανακλαστικών επιφανειών κοντά σε φωτιστικά ανοίγματα (π.χ. φωτιστικά ράφια ή χρήση ανακλαστικών επιφανειών στις οροφές των αιθουσών) βοηθά στη διάχυση του φωτός και στην εξομάλυνση των αντιθέσεων στα επίπεδα φωτισμού τους. Η ελάττωση της αντίθεσης ανάμεσα στα φωτεινά υαλοστάσια και τις άλλες εσωτερικές επιφάνειες του χώρου, τις κάνει να μοιάζουν περισσότερο φωτεινές.

Γενικά η χειρότερη μορφή ανοίγματος ως προς το φαινόμενο της θάμβωσης είναι το άνοιγμα που δεν συνδυάζεται με κανένα στοιχείο ηλιοπροστασίας.

Σε ότι αφορά τη θάμβωση από αντανάκλαση, κατά το σχεδιασμό των ανοιγμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι θέσεις των πολύ γυαλιστερών επιφανειών όπως οθόνες υπολογιστών ή πίνακες, ώστε το φως να μην αντανακλάται άμεσα σε αυτές. Η βέλτιστη θέση της οθόνης του υπολογιστή είναι αυτή όπου η γραμμή οράσεως του χρήστη είναι παράλληλη με το φωτιστικό άνοιγμα ή σχηματίζει γωνία 45ο.

Δ) Σχεδιασμός του συστήματος ηλεκτροφωτισμού έτσι ώστε να λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς το φυσικό φως, και ενίσχυση της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω συστημάτων ελέγχου του φωτισμού.

Ο σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με αυτόν του φυσικού φωτισμού, έτσι ώστε να αλληλοσυμπληρώνονται και να δημιουργούν συνολικά φωτισμό υψηλής ποιότητας. Αυτό απαιτεί κατανόηση του τρόπου με τον οποίο καθένα από τα συστήματα αυτά παρέχουν φως σε ένα χώρο. Ο σχεδιασμός του ηλεκτροφωτισμού πρέπει να είναι τέτοιος που να επιτρέπει να σβήνουν τα

φώτα στις περιοχές των χώρων που το φυσικό φως είναι επαρκές και να ανάβουν εκεί όπου είναι ελλιπές.

Ο έλεγχος της λειτουργίας αυτού του συνδυαστικού συστήματος μπορεί να γίνεται χειροκίνητα ή με χρήση αυτοματισμών (με φωτοευαίσθητους αισθητήρες που καταγράφουν τα επίπεδα φωτός στο χώρο).

Άλλα θέματα που θα πρέπει να λαμβάνει ο μελετητής υπόψη κατά το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού είναι ο φυσικός αερισμός, η οπτική επικοινωνίας, ο έλεγχος του θορύβου, η θερμική άνεση (θερμές και ψυχρές επιφάνειες), η ασφάλεια των μαθητών και του κτιρίου, οι διαρροές αέρα και νερού, η πυρασφάλεια, ο καθαρισμός, συντήρηση και η δυνατότητα αντικατάστασης κάποιων ανοιγμάτων κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. [57]

ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η θέση, ο προσανατολισμός και το μέγεθος των φωτιστικών επιφανειών καθώς και η επιλογή του συστήματος σκίασης τους έχουν εξαιρετική σημασία κατά το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού ενός χώρου. Ανάλογα με τη θέση των ανοιγμάτων στο περίβλημα των κτιρίων θα μπορούσε να διακρίνει κανείς δύο τύπους φωτισμού: Α) το φωτισμό από ψηλά και β) το φωτισμό από το πλάι.

Α) Φωτισμός από ψηλά [φεγγίτες οροφής]

Οι φεγγίτες οροφής, υπό την προϋπόθεση ότι έχουν το κατάλληλο μέγεθος, είναι αποτελεσματικοί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ανεξάρτητα από το αν έχει ηλιοφάνεια ή συννεφιά και ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό του κτιρίου. Ο φωτισμός από ψηλά μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε μονώροφα κτίρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κτιρίων. Τα ανοίγματα οροφής επιτρέπουν ομοιόμορφη διανομή του φυσικού φωτός στο χώρο και ταυτόχρονα η χρήση τους μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης φαινομένων θάμβωσης.

Αν και στη διεθνή βιβλιογραφία προτείνονται ως ιδιαίτερα αποτελεσματικοί, στην Ελλάδα ο μελετητής οφείλει να είναι εξαιρετικά προσεκτικός.

Τα ανοίγματα οροφής σκόπιμο είναι να χρησιμοποιούνται μόνο εφ' όσον έχει εξασφαλιστεί ότι δεν θα λειτουργήσουν επιβαρυντικά για το θερμικό ισοζύγιο του

κτιρίου, αφού σε περιοχές με έντονη και παρατεταμένη ηλιοφάνεια είναι πιθανό να συμβάλλουν στη δημιουργία φαινομένου του θερμοκηπίου μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας. Στην Ελλάδα οι φεγγίτες οροφής πρέπει να έχουν κατακόρυφη (και όχι οριζόντια ή επικλινή) θέση και κατά προτίμηση να στρέφονται προς τον βοριά.

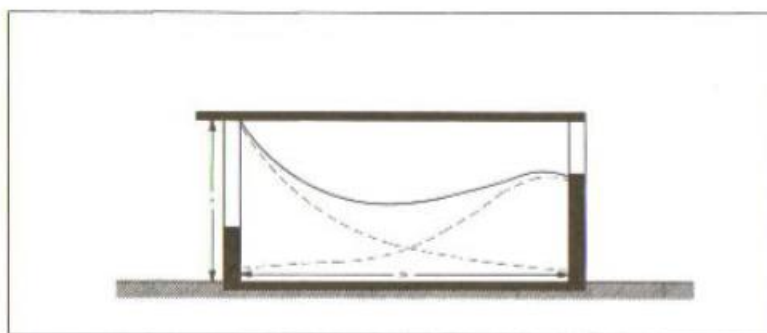
B) Φωτισμός από το πλάι [παράθυρα - φεγγίτες]

Η περισσότερο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος φυσικού φωτισμού είναι μέσω φωτιστικών ανοιγμάτων σε έναν ή περισσότερους τοίχους του χώρου.

Ο φωτισμός από τα πλάγια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλους τους ορόφους του κτιρίου. Βέβαια, το φαινόμενο της θάμβωσης δεν είναι απολύτως ελέγξιμο χωρίς χρήση συστημάτων σκίασης και η διείσδυση του φωτός δεν είναι πλήρης γιατί το επίπεδο φωτισμού πέφτει απότομα καθώς αυξάνεται η απόσταση από τη φωτιστική επιφάνεια.

Ένας απλός και χρήσιμος κανόνας για τον υπολογισμό του χρήσιμου φωτός που εισέρχεται στο χώρο από κατακόρυφα ανοίγματα είναι πως η διείσδυση του φωτός ισούται περίπου με το 1,5 ως 2 φορές το ύψος του πρεκτιού του παραθύρου.

Από την παρατήρηση αυτή προκύπτει το συμπέρασμα πως για να επιτευχθεί ο βέλτιστος φωτισμός τα φωτιστικά ανοίγματα στους τοίχους πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν ψηλότερα. [ωστόσο, για να εξασφαλιστεί η θέα προς τον εξωτερικό χώρο είναι απαραίτητα ανοίγματα στο ύψος του ματιού. Εφ' όσον οι δύο αυτές απαιτήσεις έρχονται σε αντίθεση η μελέτη φυσικού φωτισμού θα πρέπει να διαφοροποιεί τις λειτουργίες τις θέας και του φωτισμού, παρέχοντας ενδεχομένως και διαφορετικά παράθυρα για καθεμία από αυτές. [57]



Εικόνα 31. Η διείσδυση του φωτός ισούται περίπου με το 1,5 ως 2 φορές το ύψος του πρεκτιού του παραθύρου. Για ομοιόμορφο φωτισμό της αίθουσας διδασκαλίας ενδείκνυται οι συνδυασμοί ανοιγμάτων σε αντιδιαμετρικές πλευρές της. [57]

3.8) ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Σε γενικές γραμμές, τα αρχιτεκτονικά και δομικά στοιχεία που ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου είναι: α) Τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους, β) Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης που λειτουργούν ως συλλέκτες θερμότητας, γ) Τα προσαρτημένα θερμοκήπια, δ) Οι προσαρτημένες ηλιακές καμινάδες, ε) Η εφαρμογή κατάλληλης γεωμετρίας σκιάστρων, ζ) Η δημιουργία ενεργειακής σκεπής, η) Τα κατάλληλα δομικά στοιχεία (μονώσεις, χρώματα, κονιάματα, υαλοπίνακες, στοιχεία τοιχοποιίας), θ) Η διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντος χώρου (βλάστηση)

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική άποψη, χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- ✓ **Συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους:** 1) Κατάλληλη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), σε συνδυασμό με συστήματα θερμικής προστασίας (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία για τους καλοκαιρινούς μήνες 2) Κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα
- ✓ **Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους:** 1) Ηλιακοί τοίχοι οι οποίοι αποτελούνται από τοιχοποιία συνδυαζόμενη με υαλοστάσιο που τοποθετείται εξωτερικά Μπορεί να πρόκειται για αμόνωτο τοίχο-τοίχος ηλιακής συλλογής και θερμικής αποθήκευσης- ή θερμομονωμένο τοίχο με θυρίδες –θερμοσιφωνικό πανέλο. Στην κατηγορία αυτή είναι: α) Τοίχος μάζας Trombe, β) Τοίχος Barra Constantini, γ) Τοίχος νερού, δ) θερμοσιφωνικό πανέλο, ε) οροφή νερού. 2) Στα συστήματα αυτά ανήκουν και οι χώροι θερμικής αποθήκευσης: α) θερμοκήπια προσαρτημένα στη νότια όψη του κτιρίου, β) ηλιακά αίθρια
- ✓ **Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους,** όπου η συλλέκτρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας, διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Πρόκειται για μικτά συστήματα που ονομάζονται υβριδικά και βασίζονται στη φυσική ροή κάποιου ρευστού (π.χ. του αέρα). Σε αυτά τα συστήματα, χρησιμοποιούνται κάποια απλά μηχανικά μέσα για την μεταφορά της θερμότητας (π.χ. ανεμιστήρες). [7,8,9]

3.8.1) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Ως σύστημα άμεσου κέρδους ορίζεται το σύστημα το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια, η οποία συλλέγεται από ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού για θέρμανση των χώρων. Εκτός από τα ανοίγματα το σύστημα αποτελείται από την απαιτούμενη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), την κατάλληλη θερμική προστασία (μόνωση του περιβλήματος, διπλοί υαλοπίνακες, νυχτερινή μόνωση) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από τους υαλοπίνακες και μέρος αυτής αποδίδεται

σε μορφή θερμότητας άμεσα στον αέρα του χώρου, ενώ μέρος αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου (τοιχοί, δάπεδα, οροφές, όταν αυτά έχουν επαρκή θερμοχωρητικότητα) και αποδίδεται στο χώρο με χρονική υστέρηση.

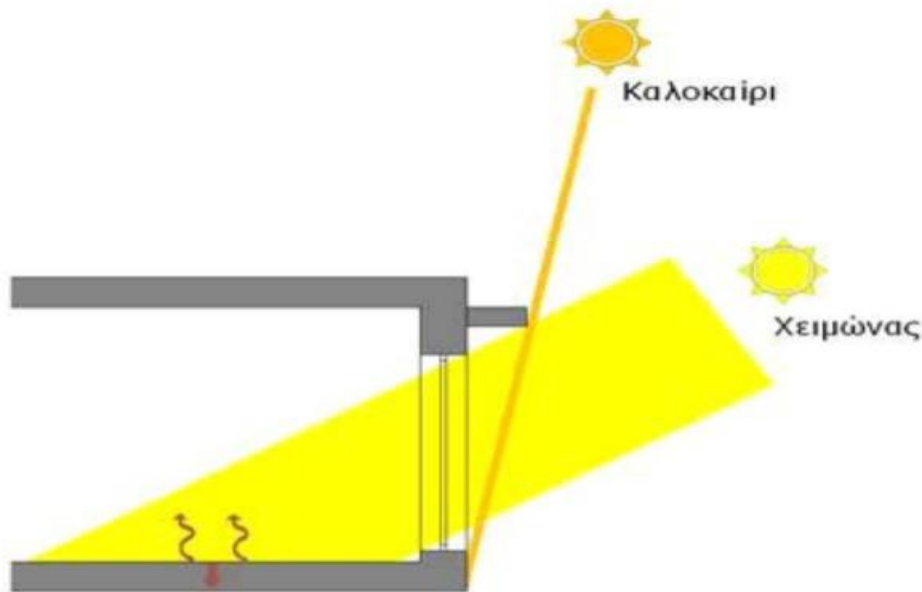
Η απαιτούμενη ηλιοπροστασία για αποφυγή της θερινής υπερθέρμανσης εξασφαλίζεται από τη σκίαση των ανοιγμάτων από σταθερά ή κινητά σκίαστρα. Κατά τη χειμερινή περίοδο, για αποφυγή των θερμικών απωλειών απαιτείται νυχτερινή προστασία των ανοιγμάτων με κινητά θερμομονωτικά παντζούρια ή κουρτίνες. Ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, το μέγεθος και τον προσανατολισμό του ανοίγματος, το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου και τη χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας, η εξοικονόμηση σε θερμαντική ενέργεια μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως 100%, καθώς ένα σωστά σχεδιασμένο νότιο άνοιγμα μπορεί να αποδώσει πολύ περισσότερη ηλιακή θερμική ενέργεια απ' ό,τι ένας καλός συλλέκτης ενεργητικού συστήματος με την ίδια επιφάνεια συλλογής.

Οι παράγοντες που καθορίζουν τη λειτουργία του συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος είναι οι εξής:

- Οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στη νότια πρόσοψη.
- Η λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου, με κύρια οργάνωση προς το νότο.
- Η μεγάλη θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε να απορροφάται και να αποθηκεύεται η θερμότητα.
- Η θερμική προστασία στην εξωτερική πλευρά του κελύφους.
- Ο εξοπλισμός των ανοιγμάτων με νυχτερινή μόνωση, με τη χρήση κινητών μονωτικών παντζουριών, ώστε να επιτυγχάνεται η μείωση των θερμικών ανταλλαγών μέσα από τα ανοίγματα.

Τα κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα των συστημάτων <<άμεσου ηλιακού κέρδους>> αφορούν:

- Στη θέση και τη διανομή των στοιχείων αποθήκευσης.
- Στο υλικό της θερμικής αποθήκης.
- Στο μέγεθος της επιφάνειας και το πάχος της θερμικής αποθήκης. [9,10,11]



Εικόνα 32 .Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους [11]

3.8.2) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Τα συστήματα που εκμεταλλεύονται με έμμεσο τρόπο την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων, ονομάζονται συστήματα έμμεσου κέρδους. Οι διατάξεις αυτές συνδυάζουν τις διαδικασίες συλλογής, συσσώρευσης και διανομής της ηλιακής θερμότητας σε ένα μέρος του περιβλήματος του κτιρίου που περικλείει τους χώρους διαβίωσης.

Τα σημαντικότερα από αυτά τα συστήματα είναι τα εξής:

- ❖ Ηλιακοί τοίχοι ή τοίχοι θερμικής αποθήκευσης
- ❖ Θερμοκήπια ή ηλιακοί χώροι
- ❖ Ηλιακά αίθρια [11]

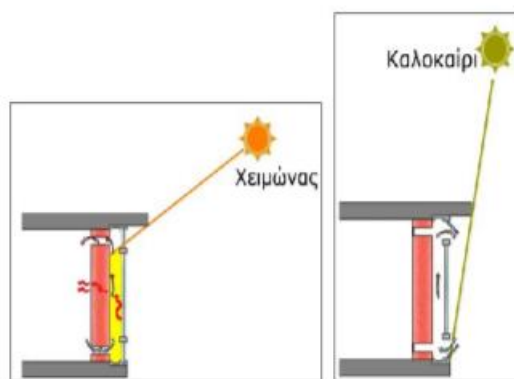
3.8.2.1) ΤΟΙΧΟΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Ηλιακοί τοίχοι μάζας-τοίχος Trombe

Σε παλαιότερες εποχές τα κτίρια κατασκευάζονταν με τοίχους μεγάλου πάχους από πλίνθους ή από πέτρα ώστε να δεσμεύουν την ηλιακή θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδίδουν αργά και ομαλά τη νύκτα. Οι τοίχοι αυτοί ονομάζονται <<τοίχοι μάζας>>. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται από τα παθητικά ηλιακά κτίρια ακόμη και σήμερα, προσθέτοντας στους τοίχους αυτούς ένα τζάμι μπροστά από αυτούς, καθώς και θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα τους, ώστε να επιτρέπεται η άμεση ροή θερμού αέρα προς εσωτερικό του χώρου. Ο θερμός αυτός αέρας βρίσκεται στο διάκενο μεταξύ του τοίχου και του τζαμιού και με φυσικό ελκυσμό μεταφέρεται μέσω της άνω θυρίδας στο εσωτερικό του χώρου. Στο

εσωτερικό του χώρου, ο κρύος αέρας μεταφέρεται μέσω της κάτω θυρίδας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και τζαμιού, όπου και θερμαίνεται ώστε να συνεχιστεί η κυκλική αυτή διαδικασία. Ο τοίχος αυτός ονομάζεται τοίχος Trombe, από το όνομα του Γάλλου φυσικού Felix Trombe. Ο τοίχος εφαρμόζεται στις νότιες όψεις των κτιρίων, στις οποίες η επίδραση του ήλιου είναι άμεση. Το πάχος του κυμαίνεται από 25 έως 40 εκατοστά και αποτελείται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως σκυρόδεμα και βαριές πέτρες. Η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα και η εσωτερική με ανοιχτό χρώμα. Η τακτική αυτή εφαρμόζεται ώστε το μεν σκούρο χρώμα στην εξωτερική επιφάνεια να συντελεί στην απορρόφηση σχεδόν του συνόλου του ορατού φάσματος και το ανοιχτό χρώμα στην εσωτερική επιφάνεια έχει μεγάλη ανακλαστικότητα, ώστε να εγκλωβίζεται η θερμότητα στο εσωτερικό του χώρου. Επίσης, λόγω υλικού του τοίχου, απορροφάται και το σύνολο σχεδόν της υπεριώδους ακτινοβολίας. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση του τοίχου. Η απόσταση του τοίχου από το γυάλινο πέτασμα είναι τουλάχιστον 15 εκατοστά. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο τοίχος συλλέγει θερμότητα στη μάζα του και την αποδίδει στο εσωτερικό, μέσω αγωγής. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του τοίχου, τόσο μικρότερη είναι η διακύμανση της θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο και τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αγωγή της θερμότητας από τη μια πλευρά του τοίχου στην άλλη. Επίσης, οι θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα του τοίχου, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ενισχύουν την απόδοση του συστήματος την ημέρα αλλά και τη νύκτα, μέσω μεταφοράς ψυχρού αέρα από τη θυρίδα στη βάση του τοίχου, ο οποίος στη συνέχεια θερμαίνεται και συνεχίζεται η κυκλική αυτή διαδικασία.

Για το καλοκαίρι, θα πρέπει να προβλεφθεί ηλιοπροστασία και να ανοίγουν τμήματα του υαλοστασίου (φεγγίτες ή θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του υαλοστασίου) για να επιτρέπεται η διαφυγή του θερμού αέρα, που υπάρχει στο χώρο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου, προς το εξωτερικό περιβάλλον και να εξασφαλίζεται αποφόρτιση της θερμότητας και δροσισμός του τοίχου. Επίσης, όταν πρόκειται για τοίχο Trombe, πρέπει να κλείνουν οι εσωτερικές θυρίδες προς το χώρο, ώστε να μη λειτουργεί το σύστημα και μεταφέρει θερμό αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. [12,13]



Εικόνα 33. Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michelle) [11]

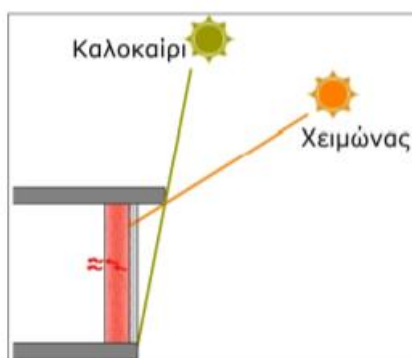
Τοίχος νερού

Μια μορφή τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι οι τοίχοι νερού, που είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό, πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια νοτίου προσανατολισμού. Η επιλογή του νερού βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα, δηλαδή στη ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του και να θερμαίνεται ή να ψύχεται εύκολα σε σχέση με άλλα υλικά. Έτσι απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου, σε σχέση με άλλους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που είναι κατασκευασμένοι από μπετόν, πέτρα, τούβλο, κ.λ.π. Η εσωτερική επιφάνεια του τοίχου μπορεί να έρχεται κατευθείαν σε επαφή με ένα από τους χώρους του κτηρίου, ή να διαχωρίζεται από αυτούς, με ένα λεπτό τοίχο, ή με ένα στρώμα μόνωσης. Μειονέκτημα τους είναι το γεγονός ότι η μάζα του νερού θερμαίνεται ομοιόμορφα και παρουσιάζεται έτσι η ίδια θερμοκρασία και στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, με αποτέλεσμα να απαιτείται οπωσδήποτε νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά, για να αποφευχθεί η ακτινοβολία θερμότητας προς τα έξω κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης, όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Ένα ακόμη μειονέκτημα του είναι ότι δεν επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον εξωτερικό χώρο. [7]

Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 30 μοίρες, με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα. Η εξωτερική παρειά του τοίχου

βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται μεν ο συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών του διαφανούς θερμομονωτικού υλικού (μικρότερος σε σχέση με εκείνον του καθαρού γυαλιού), αλλά καθώς ο τοίχος είναι πλέον θερμομονωμένος, αυξάνουν τα καθαρά κέρδη, σε σχέση με τον τοίχο μάζας. Η διαφανής μόνωση είναι θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής. Λόγω της δομής της, επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να διαπεράσει τη μάζα της, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται ηλιακά κέρδη, μικρότερα σε σχέση με τα ηλιακά κέρδη καθαρού τζαμιού, με πολύ μικρότερες όμως θερμικές απώλειες. Έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρότερους μήνες και δεν απαιτεί αυτοματισμούς ή τη συμμετοχή του χρήστη για την ορθή θερμική λειτουργία του συστήματος. Τη θερινή περίοδο πρέπει οπωσδήποτε να σκιάζεται εξωτερικά είτε με προεξοχές είτε με κατακόρυφα, εξωτερικά σκίαστρα, προκειμένου να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου. Ως προς τη χειμερινή του λειτουργία, δε χρειάζεται νυχτερινή θερμική προστασία. Η ενέργεια που αποδίδεται από το αδιαφανές στοιχείο με διαφανή μόνωση στο εσωτερικό του κτηρίου εξαρτάται από τα εξής: α) Τον προσανατολισμό και τη σκίαση του τοίχου από τον περιβάλλοντα χώρο, β) προεξοχές του κτηρίου ή/και εξωτερικά σκίαστρα, γ) Το διαφανές υλικό και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του (συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, συντελεστής θερμικών ηλιακών απολαβών), δ) Το εμβαδόν της συλλεκτικής επιφάνειας του τοίχου, την απορροφητικότητα και την θερμοπερατότητα. [11]



Εικόνα 34. Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση [11]

Ηλιακή στέγη-στέγη θερμικής αποθήκευσης

Η λειτουργία της στέγης θερμικής αποθήκευσης είναι παρόμοια με του τοίχου θερμικής αποθήκευσης, με τη διαφορά ότι η θερμική μάζα για την αποθήκευση της θερμότητας βρίσκεται στη στέγη του κτιρίου. Ως θερμοσυσσωρευτική μάζα

χρησιμοποιούνται πλαστικά δοχεία PVC με νερό τοποθετημένα σε μαύρη στέγη. Από πάνω υπάρχουν κινητά θερμομονωτικά στοιχεία που είναι ανοιχτά τις χειμερινές ημέρες. Τις χειμερινές νύχτες κλείνει η μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται από την οροφή στο χώρο. Τις καλοκαιρινές νύχτες ανοίγει η μόνωση και η θερμότητα ακτινοβολείται στο περιβάλλον. Έτσι ανάλογα με την εποχή μπορεί να λειτουργήσει είτε ως σύστημα θέρμανσης, είτε ως σύστημα ψύξης. [11]

3.8.2.2) ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ Ή ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτήριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Ευνόητο είναι ότι οι γυάλινες όψεις του θερμοκηπίου πρέπει να έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό για τη μεγιστοποίηση της συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, το θερμοκήπιο μπορεί να ενσωματωθεί στο κτήριο, ώστε να έχει τρεις κοινούς τοίχους και έναν υάλινο τοίχο προς το Νότο.

Για να χαρακτηριστεί ένας χώρος ως θερμοκήπιο, πρέπει να μην είναι θερμαινόμενος, να προσαρτάται στο κτήριο και να διαθέτει μεγάλα υαλοστάσια με ευνοϊκό προσανατολισμό (προς το Νότο, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$), διανεμημένα στις εξωτερικές του επιφάνειες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο χώρος του θερμοκηπίου θερμαίνεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργεί όπως το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους». Συγχρόνως η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον πίσω συμπαγή τοίχο του θερμοκηπίου ή/και το δάπεδο, μετατρέπεται σε θερμότητα και ένα ποσοστό μεταφέρεται στο κτήριο. Από αυτή την άποψη, το προσαρτημένο θερμοκήπιο είναι ένα εκτεταμένο σύστημα τοίχου θερμικής αποθήκευσης, με τη μόνη διαφορά ότι το υαλοστάσιο είναι τοποθετημένο σε αρκετή απόσταση από τον τοίχο, ώστε να δημιουργείται κατοικήσιμος χώρος για την ημέρα ή ένας χώρος όπου καλλιεργούνται φυτά.

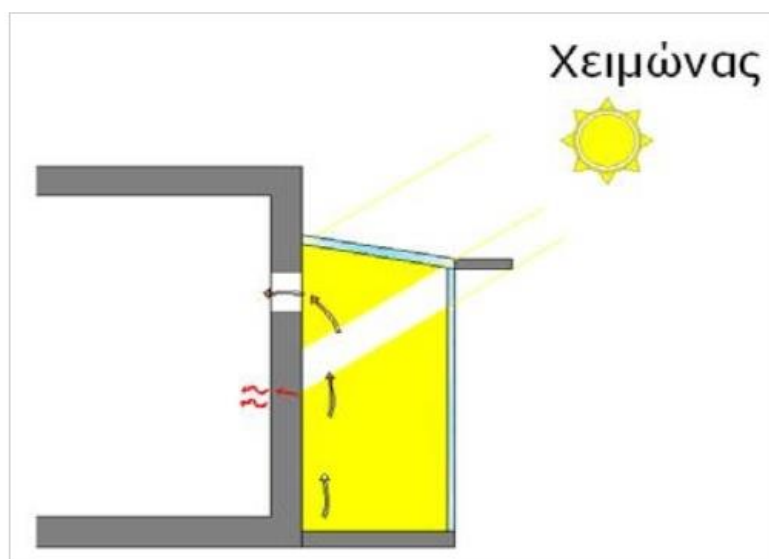
Το θερμοκήπιο χαρακτηρίζεται από έντονη θερμική διαστρωμάτωση, με τις πιο θερμές μάζες του αέρα να ανυψώνονται προς την ανώτατη στάθμη του. Έτσι, τοποθέτηση θυρίδων στα υψηλότερα σημεία του στοιχείου που συνδέει το θερμοκήπιο με το κτήριο είναι ικανές να προσάγουν θερμό αέρα στους θερμαινόμενους χώρους του κτηρίου.

Επίσης, το θερμοκήπιο-ηλιακός χώρος μειώνει τις θερμικές απώλειες από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει, επειδή η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι σχεδόν για όλες τις ώρες της ημέρας υψηλότερη από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

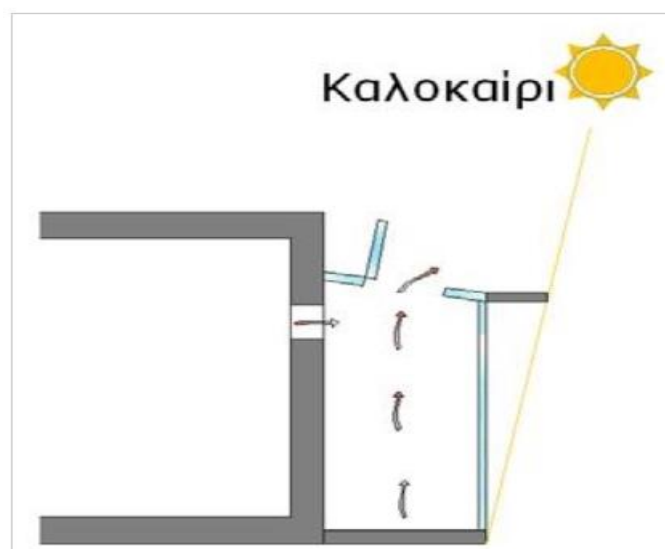
Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες όπως και στο σύστημα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης: από το μέγεθος του υαλοστασίου, τον προσανατολισμό, την κλίση και τις ιδιότητες του υαλοστασίου του ηλιακού χώρου κι από την επιφάνεια, το πάχος, το υλικό κατασκευής και το χρώμα του διαχωριστικού τοίχου.

Για την αποδοτική λειτουργία του θερμοκηπίου, ανεξάρτητα από τον τρόπο θερμικής του σύνδεσης με το κτήριο, πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση, η οποία εύκολα μπορεί να προκύψει ακόμη και το χειμώνα, λόγω της μεγάλης επιφάνειας των υαλοστασίων. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης απαιτείται ηλιοπροστασία το καλοκαίρι και συνιστάται να προβλέπονται αποσπώμενες γυάλινες επιφάνειες.

Η απόδοσή του θερμοκηπίου είναι συγκρίσιμη και πολλές φορές καλύτερη από την απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης, που έχει την ίδια επιφάνεια υαλοστασίου. Υπολογίζεται ότι κατά τους χειμερινούς μήνες 10% έως 30% από την θερμότητα που προέρχεται από τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας από έναν ηλιακό χώρο μεταφέρεται στους παρακείμενους χώρους του κτηρίου. [11]



Εικόνα 35. Χειμερινή λειτουργία θερμοκηπίου [6]



Εικόνα 36. Θερινή λειτουργία θερμοκηπίου [6]

3.8.2.3) ΗΛΙΑΚΑ ΑΙΘΡΙΑ

Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτηρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός. [14]



Εικόνα 37. Ηλιακό αίθριο [15]

3.8.2.4) ΟΡΟΦΗ ΝΕΡΟΥ-ΗΛΙΑΚΗ ΛΙΜΝΗ

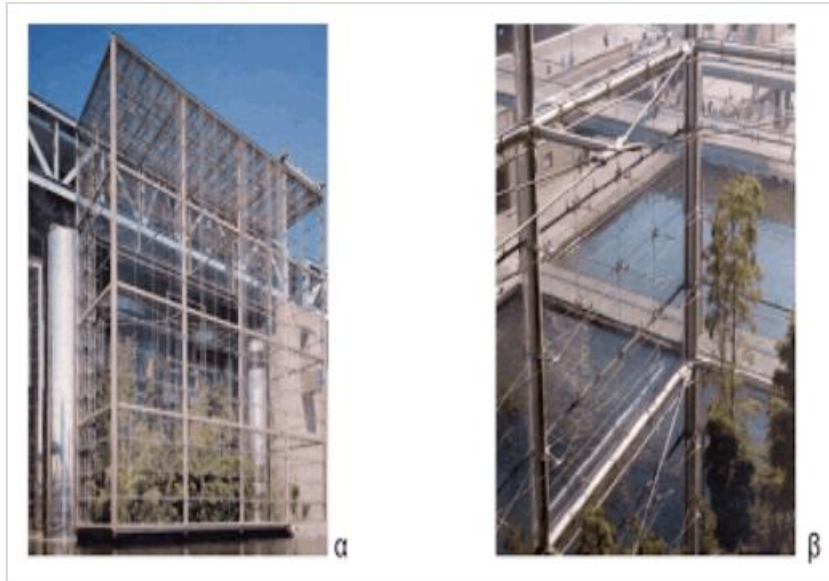
Παραλλαγή του συστήματος θερμικής αποθήκευσης στη μάζα του νερού αποτελεί η οροφή νερού. Πρόκειται για πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν διαπερνούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, οι οποίοι περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου. Η «ηλιακή λίμνη», έχει βάθος περίπου 5 εκατοστά και για καλύτερη απόδοση επιλέγεται εξαιρετικά αγώγιμο υλικό για το δώμα πάνω στο οποίο θα κατασκευασθεί. Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το νερό απορροφάει και αποθηκεύει θερμότητα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η οροφή νερού καλύπτεται-προστατεύεται με εξωτερική μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο. Το καλοκαίρι, την ημέρα, η οροφή νερού καλύπτεται με το μονωτικό κάλυμμα για να αποφευχθεί το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες, απορροφάει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου και την αποβάλλει είτε με ακτινοβολία προς τον ουρανό, είτε μέσω φυσικής συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα, με την προϋπόθεση να έχει αφαιρεθεί η εξωτερική μόνωση. Το σύστημα αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό σε περιοχές χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες δίχως σύννεφα. Σε θερμά και ήπια κλίματα με χαμηλό ποσοστό κατακρημνίσεων, η κατασκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως ταβάνι του κτηρίου, επιτυγχάνοντας έτσι απευθείας θέρμανση ή ψύξη του χώρου. Επίσης μπορεί να ψύξει ένα κτίριο λόγω εξάτμισης του νερού. Σε ψυχρότερα κλίματα, όπου οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, το σύστημα αποδίδει αν τοποθετηθεί στη σοφίτα, κάτω από την κεκλιμένη στέγη, σε συνδυασμό με υαλοστάσιο νοτίου προσανατολισμού, ώστε να υπάρχει μέγιστο ηλιακό κέρδος και επιπροσθέτως αν η οροφή βαφεί ή επενδυθεί με ανακλαστικά χρώματα και υλικά. Στα πλεονεκτήματα της ηλιακής λίμνης συγκαταλέγεται το γεγονός ότι όλα τα δωμάτια του χώρου κάτω από την οροφή νερού λαμβάνουν θερμότητα από ακτινοβολία, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους. Μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής, οι στατικές επιβαρύνσεις του κτηρίου, καθώς επίσης και η μειονεκτική διαστρωμάτωση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ζεστό νερό βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης και όχι στο πυθμένα που γειτνιάζει με τον εσωτερικό χώρο και έτσι οι απώλειες θερμότητας είναι αυξημένες, πράγμα όμως που αποδεικνύεται πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού διότι το ψυχρό νερό βρίσκεται στη βάση της λίμνης, άρα κοντά στον εσωτερικό χώρο. Επίσης δέντρα, κτήρια και τοίχοι του περιβάλλοντος χώρου μπορούν να μειώσουν το βαθμό ψύξης, μειώνοντας την ακτινοβολία προς το νυχτερινό ουρανό. Τα περιβάλλοντα αυτά στοιχεία, μπορούν επίσης να απορροφήσουν θερμική ενέργεια τη μέρα και να την ακτινοβολήσουν στην λίμνη κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης η ύπαρξη σύννεφων μπορεί να μειώσει την αποδοτικότητα της καλοκαιρινής ψύξης. Για το λόγο αυτό, το σύστημα είναι λιγότερο αποδοτικό σε παράκτιες περιοχές, που εμφανίζονται σύννεφα και ομίχλη. [16,17]

3.8.3) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια ηλιοσυλλογής δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε. Μεταξύ αυτής της επιφάνειας και του χώρου διαβίωσης θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας. Έτσι με την απομόνωση του κτιρίου της συλλογής της ηλιακής ενεργείας και της αποθήκευσης μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό και στη διαχείριση. Γενικά ένα σύστημα απομονωμένου κέρδους περιλαμβάνει την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για μεταφορά της θερμότητας με παθητικό τρόπο από ή προς το χώρο διαβίωσης χρησιμοποιώντας ένα ρευστό όπως νερό ή αέρα με φυσική ή εξαναγκασμένη συναγωγή. [18]

Θερμοσιφωνικό πανέλο

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe - Michel, αλλά δίχως την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του θερμοσιφωνικού πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομονωτικής (συνήθως μεταλλικής) επικάλυψης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται αποκλειστικά με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου και όχι με ακτινοβολία. Ο αέρας μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο, πάλι μέσω θυρίδων ή αγωγών. Σε αυτό το σύστημα, έχουμε ένα νότιο τοίχο από συμβατικά υλικά (μπετόν, τούβλα κ.λ.π.), σε συνδυασμό με υαλοστάσιο, ο οποίος πρέπει να είναι καλά μονωμένος εξωτερικά. Ένα στοιχείο ηλιακής συλλογής είναι τοποθετημένο μπροστά από τον τοίχο (μεταλλική επιφάνεια). Το χειμώνα, λόγω του μονωμένου τοίχου δεν έχουμε απώλειες θερμότητας, ενώ το καλοκαίρι αποφεύγουμε ηλιακά κέρδη. Ο ζεστός αέρας, εισρέει από άνω θυρίδες, κυκλοφορεί και διαπερνάει αρχικά οριζοντίως το κτήριο, μέσα από κανάλια ενσωματωμένα στο ταβάνι και έπειτα κυκλοφορεί γύρω από τοίχους και το πάτωμα, πριν επιστρέψει προς τα έξω μέσω των κάτω θυρίδων. Κατά αυτόν τον τρόπο θερμαίνονται ακόμα και τα βορινά δωμάτια. Έτσι έχουμε καλή διανομή θερμότητας σε όλο το κτήριο. Αντίστοιχα, κατά την θερινή περίοδο, ο κρύος νυχτερινός αέρας μπορεί να εισέλθει μέσω των κάτω θυρίδων, παρέχοντας δροσισμό. [19]



Εικόνα 38. Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου [6]

3.9) ΥΛΙΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

Α) Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Πρόκειται για διαφανή υλικά, διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι :

- Οι θερμοφυσικές ιδιότητες (διαπερατότητα, απορροφητικότητα, ανακλαστικότητα, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητα).
- Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγων για τη διαμόρφωση των όψεων του κτιρίου και η οποία συνδέεται με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού.
- Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.
- Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.
- Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται οικονομικά η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά) και η διαφανής θερμομόνωση.

B) Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων. Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι το σκυρόδεμα, η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι, τα κεραμικά πλακίδια, το νερό και τα υλικά αλλαγής φάσης (πχ τα εύτηκτα άλατα). Τα πρώτα (σκυρόδεμα, πέτρες κλπ) είναι συγχρόνως υλικά του φέροντος οργανισμού και έχουν και μεγάλη θερμοχωρητικότητα (σκυρόδεμα). Το νερό έχει μεν τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά είναι κατασκευαστικώς δύσκολο να χρησιμοποιηθεί σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές που ενσωματώνονται σε δομικά στοιχεία (πχ σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας) ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία. Τα υλικά αλλαγής φάσης είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζοντας φυσική κατάσταση αποθηκεύουν θερμότητα την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση. [2,5,20]

3.10) ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η επιλογή του παθητικού ηλιακού συστήματος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη λειτουργικότητα του κτηρίου και τα αναμενόμενα ενεργειακά αποτελέσματα, όπως θα προκύψουν μετά από τους σχετικούς υπολογισμούς, σε συνδυασμό με το κόστος και την απόσβεση της επί πλέον δαπάνης. Συνήθης πρακτική είναι να συνυπάρχει το σύστημα του άμεσου κέρδους, το οποίο είναι απαραίτητο και για το φυσικό φωτισμό του χώρου, μαζί με κάποιο από τα άλλα παθητικά συστήματα. Στη συνέχεια αναφέρονται συνοπτικά ορισμένα από τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των παθητικών συστημάτων που συσχετίζονται με την απόδοση, το κόστος, την απλότητα της κατασκευής και την επίδρασή τους στη λειτουργία του κτηρίου. [11]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Πλεονεκτήματα

- Το χαμηλό κόστος: τα υαλοστάσια είναι ένας σχετικά οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη
- Η ευκολία κατασκευής: Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή χωροθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης, για συμμετοχή έως 25% της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του χώρου. Ο έως σήμερα τρόπος κατασκευής των κτηρίων στην Ελλάδα παρέχει την απαραίτητη θερμική μάζα για τη λειτουργία του συστήματος.
- Τα συνδυασμένα οφέλη: Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες, επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο κτήριο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Μειονεκτήματα

- ❖ Ο κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- ❖ Η είσοδος υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αλλοιώσει υφάσματα και αντικείμενα.
- ❖ Οι σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας που εμφανίζονται εάν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- ❖ Η μείωση της ιδιωτικότητας.
- ❖ Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- ❖ Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για τη μείωση των θερμικών απωλειών. [11]

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Πλεονεκτήματα

- Θάμβωση και κίνδυνος αλλοίωσης υφασμάτων από υπεριώδη ακτινοβολία δεν υπάρχει.
- Οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι σχετικά μικρές (μικρότερες από ό, τι στο σύστημα άμεσου κέρδους).

- Η μεγάλη χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας, που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν είναι περισσότερο απαραίτητη.

Μειονεκτήματα

- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης, εάν απαιτείται.
- Η καθημερινή λειτουργία των θυρίδων, όταν πρόκειται για τοίχο Trombe.
- Η απαίτηση καθαρισμού του υαλοστασίου.

Προσαρτημένο θερμοκήπιο

Πλεονεκτήματα

- ❖ Δημιουργείται πρόσθετος κατοικήσιμος χώρος με μικρό κόστος.
- ❖ Δημιουργείται χώρος για την καλλιέργεια φυτών.
- ❖ Λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- ❖ Ενσωματώνεται εύκολα σε υφιστάμενα κτήρια.
- ❖ Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο είναι μικρές.

Μειονεκτήματα

- Η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί.
- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού.

Θερμοσιφωνικό πανέλο

Πλεονεκτήματα

- Προσαρμόζεται εύκολα και σε υφιστάμενα κτήρια με νότιο προσανατολισμό.
- Αποδίδει άμεσα θερμότητα στους χώρους, αποφεύγοντας τη θάμβωση.
- Τη θερινή περίοδο μπορεί εύκολα να αποκοπεί θερμικά από το κτήριο, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Μειονεκτήματα

- Όταν τοποθετείται με κλίση είναι σχετικά δύσκολη η αισθητική του εναρμόνιση με το κτήριο.
- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.

Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Πλεονεκτήματα

- Έχει μεγαλύτερη απόδοση, σε σχέση με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης.
- Δεν απαιτείται επιπλέον νυχτερινή μόνωση.
- Τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται στον τοίχο θερμικής αποθήκευσης

Μειονεκτήματα

- ❖ Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
 - ❖ Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.
- [11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ενεργητικά συστήματα απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων – απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, ανεμιστήρες κτλ.) και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε.

Τα πλέον διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι οι Ηλιακοί Συλλέκτες για παραγωγή θερμού νερού χρήσης και τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος. Εφαρμογές ενεργητικών συστημάτων συναντάμε επίσης σε εξαερισμό αιθουσών διδασκαλίας με αισθητήρες CO₂ αλλά και σε αυτόματο σύστημα ελέγχου ηλεκτρικών εγκαταστάσεων έξυπνα κτήρια). [57,58]

4.2) ΤΥΠΟΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και την αποθήκευση ενέργειας διακρίνονται σε συστήματα υγρού και συστήματα αέρος.

1. Ηλιακά συστήματα νερού

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων υγρού βασίζεται στην κυκλοφορία υγρού (συντά νερού ή διαλύματος νερού) διαμέσου αγωγών από και προς έναν ηλιακό συλλέκτη.

Διακρίνονται δύο κατηγορίες των ηλιακών συστημάτων ανάλογα με την θερμότητα:

A) Συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας

Στα συστήματα αυτά ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες οι οποίοι είναι συσκευές που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας στο νερό, τον αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό.

Υπάρχουν τρία είδη ηλιακών συλλεκτών:

- Επίπεδοι, συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες
- Ηλιακοί συλλέκτες κενού
- Ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, όπου πρόκειται για επίπεδες απορροφητικές μεταλλικές επιφάνειες, συνήθως μαύρες, που καλύπτονται με διαφανές κάλυμμα (γυάλινο ή πλαστικό) και τοποθετούνται σε ταράτσες ή στέγες κτιρίων. Οι επιφάνειες αυτές απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, έπειτα η θερμότητα που συλλέγεται, μεταφέρεται στο ρευστό που περιέχεται σε λεπτούς σωλήνες που βρίσκονται σε επαφή με τις απορροφητικές επιφάνειες. Τέλος, το θερμαινόμενο ρευστό διοχετεύεται με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές) σε μία μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης.

Επιπλέον, οι ηλιακοί συλλέκτες διαθέτουν ηλεκτρικά και πρόσθετα στοιχεία για θέρμανση του νερού τις νύχτες ή τις μέρες με συννεφιά. Ο προσανατολισμός και η κλίση του ηλιακού συλλέκτη παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοσή του και συγκεκριμένα, η μέγιστη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας συλλέγεται όταν ο συλλέκτης είναι προσανατολισμένος προς το Νότο με κλίση 30 – 60 μοίρες ως προς τον ορίζοντα.

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από κοίλες επιφάνειες, ο άξονας των οποίων είναι απαραίτητως στραμμένος προς τον ήλιο, χρησιμοποιούνται δε σε εφαρμογές όπου απαιτούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 180 C σε περιοχές με μικρή ηλιοφάνεια.

Οι συλλέκτες κενού αποτελούνται από δύο σωλήνες, έναν εξωτερικό γυάλινο ο οποίος επιτρέπει στη ηλιακή ακτινοβολία να διέλθει και έναν εσωτερικό (που περιβάλλεται από τον πρώτο) μαύρο και τραχύ ώστε να απορροφά την ακτινοβολία. Ανάμεσα στους δύο σωλήνες υπάρχει κενό αέρος που δεν επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας προς τα έξω. Η θερμότητα αυτή απάγεται με νερό. Οι συλλέκτες αυτοί είναι ευρέως διαδεδομένοι στις βόρειες χώρες της Ευρώπης εξαιτίας του γεγονότος ότι επιτυγχάνουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες (άνω των 100C).

Τέλος, οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε κολυμβητικές δεξαμενές, όπου η επιθυμητή θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή (25C). Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός, όπως για παράδειγμα μονάδα αποθήκευσης ή εναλλάκτες θερμότητας, που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό. [69,70,71]

B) Συστήματα υψηλής θερμοκρασίας

Τα ενεργητικά συστήματα υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούν κάτοπτρα για να συγκεντρώσουν σε μια σημειακή ή γραμμική εστία την ηλιακή ενέργεια που πέφτει

πάνω τους, ώστε να αναπτυχθεί σε αυτή υψηλή θερμοκρασία. Πάνω στην εστία τοποθετούνται σωλήνες μέσα στους οποίους περνάει κάποιο ρευστό, το οποίο θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις επιθυμητές εφαρμογές όπως τήξη μετάλλων, ηλεκτροπαραγωγή κ.α. Ειδικά για την αύξηση των κατόπτρων σημειακής εστίας χρησιμοποιούνται διατάξεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου.

Τα συστήματα αυτά δηλαδή, μπορούμε να πούμε ότι χρησιμοποιούν ηλιακούς λέβητες, αλλά για να χρησιμοποιηθούν πρακτικά πρέπει να συνοδεύονται είτε από σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας, ώστε αυτή να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί τις ώρες που δεν έχουμε ηλιοφάνεια, είτε από εναλλακτικό σύστημα παροχής ενέργειας, δηλαδή λέβητα συμβατικών καυσίμων που θα εξασφαλίζει τότε την απαιτούμενη ενέργεια. [70]

2. Ηλιακά συστήματα αέρος

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων αέρος βασίζεται στην κυκλοφορία θερμού αέρα διαμέσου αγωγών από και προς τον ηλιακό συλλέκτη. Η παραγόμενη θερμότητα αποθηκεύεται σε κατάλληλα αποθηκευτικά συστήματα. Τα συστήματα αέρος προσφέρονται για θέρμανση χώρων, καθώς ο αέρας διοχετεύεται κατευθείαν στην κατανάλωση χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών θερμότητας. Πλεονεκτήματά τους είναι ότι δεν χρειάζονται αντιψυκτική προστασία και έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας. Ωστόσο, παρουσιάζουν μία σειρά τεχνικών δυσκολιών στη μεταφορά και διανομή του αέρα, οι οποίες όμως αντιμετωπίζονται με το συνδυασμό των ηλιακών με συμβατικά συστήματα διανομής θερμού αέρα. [69]

4.3) ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Με τον γενικό όρο Φωτοβολταϊκά ονομάζεται η βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε μία σειρά. Στην ουσία πρόκειται για τεχνητούς ημιαγωγούς (συνήθως από Πυρίτιο) οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν μια Ηλεκτρική τάση. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται "Φωτοβολταϊκό φαινόμενο". Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στη κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). [72]

Φωτοβολταϊκή διάταξη

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια.

Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays). [72]



Εικόνα 39. Φωτοβολταϊκή συστοιχία [76]

Εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων

Σήμερα η ενέργεια που παράγεται από Φωτοβολταϊκά συστήματα εξυπηρετεί ανθρώπους στις πιο απομακρυσμένες περιοχές στον πλανήτη μας όπως και στα κέντρα των πόλεων.

Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Απλό ή ανεξάρτητο Φωτοβολταϊκό σύστημα
- Φωτοβολταϊκό σύστημα με αποθήκευση σε μπαταρίες
- Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο στον οργανισμό κοινής ωφελείας
- Φωτοβολταϊκό σύστημα σε επίπεδο εργοστασίου παραγωγής ενέργειας
- Μικτά / Υβριδικά συστήματα

Η ενέργεια παράγεται όπου και όταν χρειάζεται και το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι απλό σε όλα του τα στάδια - από την καλωδίωση, την αποθήκευση του έως και τα κέντρα ελέγχου του. Τα μικρά συστήματα (έως 500W) έχουν χαμηλό βάρος και είναι πολύ εύκολα στην μεταφορά και στην εγκατάστασή τους.

Φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες

Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες είναι μία πολύ αξιόπιστη λύση για την ηλεκτροδότηση ενός χώρου ή μηχανήματος 24 ώρες το 24ωρο, με βροχή ή λιακάδα.

Μπορούν να προμηθεύουν με ηλεκτρικό τις οικιακές συσκευές, διακόπτες, τηλέφωνα, ακόμα και μηχανολογικό εξοπλισμό βαρέως τύπου.

Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με τη ΔΕΗ

Σε μέρη όπου ήδη υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα είναι εφικτή η σύνδεσή του με το Φωτοβολταϊκό μας σύστημα, συμπληρώνοντας έτσι τις ανάγκες μας σε ενέργεια και αντικαθιστώντας την χρήση των μπαταριών.

Ένας χρήστης φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο μπορεί να:

- πουλήσει ρεύμα στην ΑΗΚ.
- μετατροπέας που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγει το Φωτοβολταϊκό σύστημα σε εναλλασσόμενο του δικτύου

Υβριδικά Φωτοβολταϊκά συστήματα

- Συνδυάζουν ηλεκτρικό ρεύμα που προέρχεται από πετρελαιογεννήτριες, ανεμογεννήτριες, μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες και Φωτοβολταϊκά συστήματα, ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες που υπάρχουν, αξιοποιώντας τα γεωγραφικά πλεονεκτήματα της περιοχής.
- ιδανικά συστήματα για εφαρμογές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπως τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και αναμεταδότες, στρατιωτικές εγκαταστάσεις και παραμεθόρια χωριά.

Στόχοι και Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στοχεύει:

- Στη μείωση της παραγόμενης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο από ορυκτά καύσιμα
- Στα σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, με τον περιορισμό των εκπεμπόμενων αερίων

- Στην οικονομικότερη παραγωγή ενέργειας

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού:

- Συμβαδίζουν αρμονικά με τοπία κάθε μορφής
- Δεν αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για παράλληλες χρήσεις της γης
- Τα μόνα ορατά τους τμήματα αποτελούν οι Φωτοβολταϊκές γεννήτριες και οι βάσεις τους.
- Ταχύτατη εγκατάσταση
- Το χαμηλό τους ύψος
- Συντεταγμένη τοποθέτησή τους σε συμμετρικές συστοιχίες και γεωμετρικά πρότυπα
- Πλήρης ανυπαρξία θορύβων ή δονήσεων
- Σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (25 χρόνια)
- Ευελιξία στις εφαρμογές, εφόσον λειτουργούν άριστα, τόσο ως αυτόνομα συστήματα όσο και ως υβριδικά συστήματα, όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

Εκτιμάται ότι το κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, έχει απόσβεση σε 10 χρόνια, όταν η συνολική διάρκεια ζωής του είναι 25 χρόνια. [73]

4.4) ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ CO₂

Η υψηλή συγκέντρωση CO₂ προκαλεί αρνητικές επιδράσεις τόσο σε επίπεδο υγείας όσο και σε επίπεδο απόδοσης, μαθητών και καθηγητών. Για την αποφυγή του προβλήματος αυτού, τοποθετούνται αισθητήρες στις αίθουσες διδασκαλίας, οι οποίοι ενεργοποιούνται όταν καταγράφεται υπέρβαση των 1.001ppm, θέτουν σε λειτουργία σύστημα αερισμού και έτσι ανανεώνεται ο αέρας της αίθουσας. Παράλληλα μειώνονται οι συσσωρεύσεις μικροσωματιδίων PM10 καθώς επίσης και λοιπών ρύπων (CO, NOX κλπ). [57]

4.5) ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (ΕΞΥΠΝΑ ΚΤΙΡΙΑ)

Είναι γνωστό ότι στα σχολικά κτίρια το 70% της ενέργειας καταναλώνεται για θέρμανση και το 30% για φωτισμό. Μέσω ειδικού συστήματος που συνεκτιμεί τον υπάρχοντα ηλιακό φωτισμό, καθώς και την ύπαρξη ή μη μαθητών στις τάξεις, θα μειώνεται ή δε θα χρησιμοποιείται ο φωτισμός μέσω λαμπτήρων. Πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό σύστημα ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης κτιρίων, το

οποίο αφ' ενός θα παρέχει τις καλύτερες δυνατές περιβαλλοντικές συνθήκες – λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές προδιαγραφές και ιδιαιτερότητες κάθε κτιρίου και αφετέρου θα εξοικονομεί ενέργεια από μονάδες θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού. Τα «έξυπνα κτίρια», προτείνουν την εγκατάσταση αυτοματοποιημένων μηχανισμών που θα εξασφαλίζουν στους χρήστες των κτιρίων τις καλύτερες δυνατές περιβαλλοντικές συνθήκες όσον αφορά τη θερμική άνεση, το φωτισμό και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί θα προσαρμόζονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις κάθε κτιρίου, ενώ θα ενοποιούνται με σύγχρονο λογισμικό ηλεκτρονικής διαχείρισης. Το σύστημα θα έχει επίσης τη δυνατότητα να αξιολογεί την ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση του κτιρίου και να προτείνει μεθόδους βελτίωσής της. Το σύστημα αυτό ανταποκρίνεται στην ευρύτερη πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω του ορθολογικού σχεδιασμού και της διαχείρισης των κτιρίων, καθώς και σε συγκεκριμένη Οδηγία που ωθεί τα κράτη μέλη στη θέσπιση αυστηρότερων προδιαγραφών για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. [57]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

5.1) ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

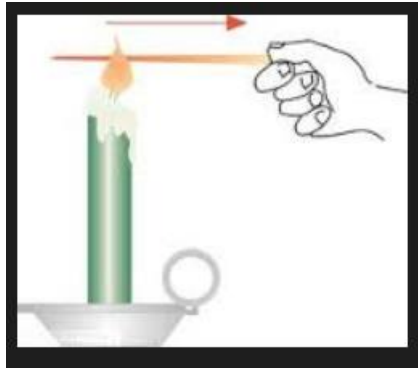
Η θερμότητα ορίζεται ως η μορφή ενέργειας που μεταδίδεται μέσα από το όριο ενός θερμοδυναμικού συστήματος συγκεκριμένης θερμοκρασίας προς ένα άλλο σύστημα-ή στο περιβάλλον-που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία, λόγω ακριβώς αυτής της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο συστημάτων. Η θερμότητα μεταδίδεται πάντα από σύστημα υψηλότερης προς σύστημα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η μοναδική αιτία αυτής της μεταφοράς ενέργειας είναι η διαφορά θερμοκρασίας. Η ροή θερμότητας εμφανίζεται μέχρι να επέλθει θερμοκρασιακή ισορροπία στα δύο συστήματα. [21]

5.2) ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί με τους οποίους πραγματοποιείται αυτή η μεταφορά ενέργειας. Ο πρώτος μηχανισμός αναφέρεται σε ακίνητο μέσο(στερεό, υγρό ή αέριο) και ονομάζεται αγωγή. Ο δεύτερος μηχανισμός αναφέρεται στη μετάδοση θερμότητας μεταξύ μιας στερεής επιφάνειας κι ενός κινούμενου ρευστού κι ονομάζεται συναγωγή. Ο τρίτος μηχανισμός στηρίζεται στο γεγονός ότι κάθε σώμα πεπερασμένης θερμοκρασίας εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Έτσι, μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας θα υπάρχει μετάδοση θερμότητας, χωρίς την ανάγκη παρουσίας κάποιου ενδιάμεσου σώματος, με την εφαρμογή του τρίτου μηχανισμού, της θερμικής ακτινοβολίας. [21]

5.2.1) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΓΩΓΗ

Η θερμότητα από μόριο προς μόριο του υλικού, μέσα σε ένα στερεό σώμα. Επίσης, από ένα στερεό σώμα προς ένα άλλο που βρίσκονται σε επικοινωνία με το πρώτο. Ακόμη, από ένα στερεό προς ένα ακίνητο ρευστό (υγρό ή αέριο). Παράδειγμα μεταφοράς με αγωγή είναι η μεταφορά θερμότητας από ένα αναμμένο κερι σε μία ράβδο που κρατάμε με το χέρι μας. Η θερμότητα μεταδίδεται από μόριο προς μόριο της ράβδου μέχρι να φτάσει στο χέρι μας. [22]



Εικόνα 40. Μετάδοση θερμότητας με αγωγή [22]

5.2.2) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ

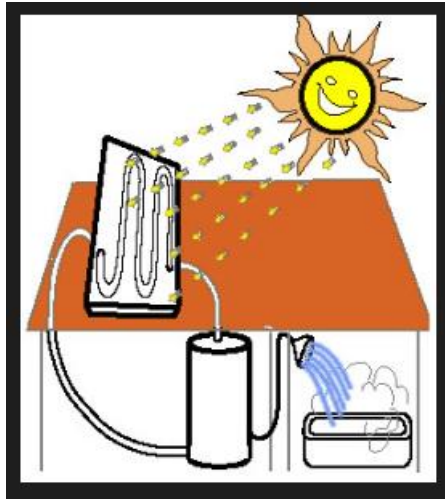
Η θερμότητα μεταδίδεται από ένα θερμό στερεό σώμα σε ένα κινούμενο ρευστό(υγρό ή αέριο). Επίσης, από ένα κινούμενο ρευστό προς ένα στερεό. Παράδειγμα μεταφοράς με συναγωγή είναι η μεταφορά θερμότητας από το καλοριφέρ στον συνεχώς κινούμενο αέρα που βρίσκεται γύρω του. [22]



Εικόνα 41. Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή [22]

5.2.3) ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η θερμότητα ακτινοβολείται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και απορροφάται από άλλα σώματα που βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους, ακόμα κι όταν υπάρχει ανάμεσά τους απόλυτο κενό. Παράδειγμα μεταφοράς θερμότητας με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η μετάδοση της θερμότητας από τον ήλιο στη γη μέσω του διαστήματος (κενό). [22]



Εικόνα 42. Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία [22]

5.3) ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

5.3.1) Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ)

Θερμική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα ενός υλικού να επιτρέπει τη διάδοση της θερμότητας μέσα από τη μάζα του. Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) είναι η ποσότητα θερμότητας (σε Watt) που περνά από τις απέναντι πλευρές ενός υλικού, πάχους ενός μέτρου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με ένα βαθμό Κέλβιν 1°K . Ο συντελεστής (λ) ενός υλικού μετριέται σε βατ ανά μέτρο και βαθμό Κέλβιν (W/mK) επηρεάζεται από τη φύση του ίδιου του υλικού, τη δομή του, τη θερμοκρασία, την υγρασία, το πορώδες, το μέγεθος των πόρων και την πίεση. Η θερμική αγωγιμότητα είναι υψηλή στα υλικά τα οποία αποκαλούνται *θερμικά αγωγά*, όπως είναι τα μέταλλα και είναι χαμηλή στα υλικά που αποκαλούνται *θερμομονωτικά*, γι αυτό όσο μικρότερος είναι ο συγκεκριμένος συντελεστής ενός υλικού τόσο καλύτερη θερμομόνωση έχει. [24]

5.3.2) Συντελεστής θερμοπερατότητας (U)

Είναι η ποσότητα θερμότητας (σε Watt) που περνά μέσα από ένα τετραγωνικό ενός δομικού στοιχείου, ορισμένου πάχους d σε ορισμένο χρονικό διάστημα μίας ώρας, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν. Μετρά δηλαδή με πόση ευκολία διαπερνά η θερμότητα ένα υλικό ή σύστημα μέσα στα πλαίσια που αναφέρθηκαν. Ο συντελεστής U -value μετριέται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν ($\text{W/m}^2\text{K}$) και μαθηματικά εκφράζεται με τον τύπο $U=1/R$ όπου R είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης που θα δούμε παρακάτω. Όσο μικρότερος είναι ο συγκεκριμένος συντελεστής ενός δομικού

στοιχείου, υλικού ή στρώσεων υλικών, τόσο καλύτερη θερμομόνωση έχουμε. Ο συγκεκριμένος συντελεστής επηρεάζεται από το πάχος σε συνδυασμό με το συντελεστή (λ) των υλικών ενός συστήματος. [24]

5.3.3) Συντελεστής θερμικής αντίστασης (R)

Είναι το αντίστροφο του συντελεστή θερμοπερατότητας. Μετρά δηλαδή με πόση δυσκολία (αντίσταση των μετρούμενων στοιχείων) περνά η θερμότητα, διαμέσου ενός υλικού ή στρώσεων υλικών (σύστημα) με διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του ίση με ένα βαθμό Κέλβιν. Ο συντελεστής R μετριέται σε τετραγωνικά μέτρα επί βαθμούς Κέλβιν ανά βατ ($m^2 K/W$) και μαθηματικά εκφράζεται με τον τύπο $R = d/\lambda$ όπου d το πάχος του υλικού και λ ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Όσο μεγαλύτερος (αντίστροφα με τους προηγούμενους συντελεστές) είναι ο συντελεστής R ενός υλικού, τόσο καλύτερη θερμομόνωση έχει.

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{λ}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενική σχέση:

$R_{\lambda} = \sum R_j = \sum (d_j/\lambda_j)$ για τιμές του j από $j=1$ μέχρι $j=n$ όπου n αριθμός των στρώσεων και R_j η αντίσταση που προβάλλει στη ροή της θερμότητας η κάθε στρώση.

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$R_{0\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_N + R_a$ όπου

R_i = η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

R_a = η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Όπου n : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου και

$R_{0\lambda}$ = η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή της θερμότητας το δομικό στοιχείο

Επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ισούται με : $U = 1/R_{0\lambda}$ ή αλλιώς : $1/U = R_{0\lambda} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_N + R_a$ [11,24]

5.3.4) Θερμοχωρητικότητα (C) :

Είναι η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύει ένα δομικό στοιχείο ενός χώρου που θερμαίνεται (ή κλιματίζεται) όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι πάντα ίση με 1°C. Η ποσότητα της θερμότητας, η οποία αποθηκεύεται, αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του στοιχείου της κατασκευής και του αέρα που το περιβάλλει και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα και η μάζα του στοιχείου. Στην περίπτωση όπου η θερμοχωρητικότητα είναι αυξημένη, ο ρυθμός θέρμανσης και ψύξης του χώρου είναι αργός και τις ζεστές ημέρες παρατηρείται ελαττωμένη θέρμανση του χώρου. Η αυξημένη θερμοχωρητικότητα συντελεί στην εξισορρόπηση της θερμοκρασίας κατά τις απότομες εναλλαγές θερμότητας-ψύχους.

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους. Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του. Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης πλησιέστερα προς την εξωτερική επιφάνεια αυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του.

Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της θερμικής του μάζας. [11,24]

5.3.5) Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (ε)

Είναι η αναλογία εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ενός σώματος προς την θερμική ακτινοβολία μελανού σώματος (τιμές από 0 έως 1).

Το καλύτερο μέσο μέτρησης για την θερμομονωτική απόδοση ενός υλικού είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης R. Για την σύγκριση υλικών ή συστημάτων κάνουμε την απλή πράξη διαίρεσης d/λ. [24]

5.4) ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Το κέλυφος ενός κτιρίου ορίζει το φυσικό σύνορο μεταξύ του εσωτερικού χώρου (όπου οι άνθρωποι περνούν τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους) και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Αποτελείται από τοιχοποιία, συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, οροφή, υαλοπίνακες, πλαίσια και θερμογέφυρες. [25]

5.5) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος.

Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων.

Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη).

Εν γένει, συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων.

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει εν γένει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

Εκτός από τα αδιαφανή σημεία του κελύφους (τοιχούς, οροφές, δάπεδα) θα πρέπει να εξασφαλίζεται η θερμική προστασία των ανοιγμάτων, με τη χρήση διπλών (ή τριπλών για πολύ ψυχρές περιοχές, γενικά δεν συνιστώνται για τις Ελληνικές κλιματικές συνθήκες), είτε απλών είτε βελτιωμένων υαλοπινάκων, θερμομονωτικών κουφωμάτων και, σε πολλές περιπτώσεις, με τη χρήση κινητής νυκτερινής μόνωσης (π.χ. θερμομονωτικά ρολά ή παντζούρια, θερμοκουρτίνες, κ.α).

Αν αναλύσουμε τις ευθύνες των δομικών στοιχείων στη θερμοδιαρροή σε ένα μέσο κτίριο παρατηρούμε ότι:

- Το 20% της θερμικής απώλειας οφείλεται στη σκεπή
- Το 25% της θερμικής απώλειας οφείλεται στους τοίχους
- Το 20 % της θερμικής απώλειας οφείλεται στο δάπεδο
- Το 35% της θερμικής απώλειας οφείλεται στα παράθυρα

Αθροίζοντας όλα τα παραπάνω εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο ευκολότερος οικονομικότερος, αλλά και αποδοτικότερος τρόπος μείωσης των απωλειών θερμότητας, και συνεπώς εξοικονόμησης χρημάτων για ψύξη και θέρμανση, επιτυγχάνεται με την μείωση των απωλειών από τα παράθυρα, δηλαδή με την αλλαγή των υαλοπινάκων, ενώ ακολουθεί η μείωση των απωλειών από τους εξωτερικούς τοίχους μέσω της θερμομόνωσης. [26,27]



Εικόνα 43. Ποσοστά θερμικών απωλειών από τα δομικά στοιχεία της κατασκευής [27]

5.6) Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ

Ως θερμογέφυρες ή θερμικές γέφυρες χαρακτηρίζονται τα επιμέρους τμήματα, περιοχές ή σημεία του εξωτερικού κελύφους ενός κτιρίου, η θερμική αντίσταση (βαθμός θερμομόνωσης) των οποίων υπολείπεται σημαντικά των δομικών στοιχείων του περιβλήματος. Το φαινόμενο αυτό συναντάται συνήθως σε σημεία ασυνέχειας της στρώσης της θερμομόνωσης (ανεπαρκής ή μηδενική θερμομόνωση) λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίζονται κατά την κατασκευή και σε σημεία αλλαγής της γεωμετρίας της διατομής τους. Στη θέση μιας θερμογέφυρας η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία είναι χαμηλότερη σε σχέση με τις περιμετρικές θέσεις, για το λόγο αυτό τείνει να πλησιάσει την εξωτερική θερμοκρασία, να «γεφυρώσει» με άλλα λόγια, τη θερμοκρασία μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Η δημιουργία των θερμογεφυρών οφείλεται σε ποικίλα και διάφορα αίτια, όπως σε κατασκευαστικές αδυναμίες, κακοτεχνίες, αστοχίες αμέλεια και παραλείψεις, άγνοια ή αλόγιστη και φθορές, οφειλόμενες στο πέρασμα του χρόνου. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις η κοινή συνισταμένη αναδεικνύεται να είναι η μειωμένη θερμομονωτική προστασία του κελύφους στη θέση εκείνη.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στις θέσεις που συναντάμε θερμογέφυρες, έχουμε μειωμένη θερμομονωτική προστασία και οι ροές θερμότητας εμφανίζονται δυσανάλογα αυξημένες σε σύγκριση με τις ροές θερμότητας στο υπόλοιπο κτιριακό

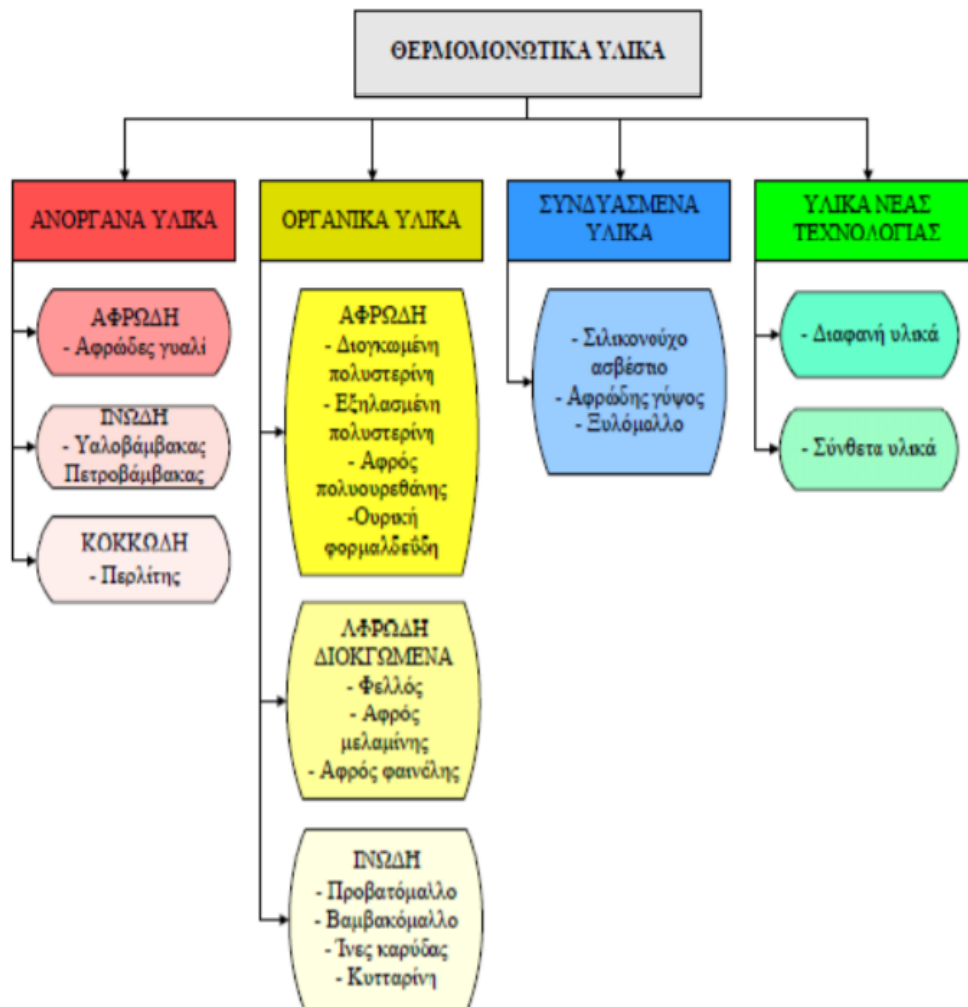
κέλυφος. Για το λόγο αυτό ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-factor) στη θέση της θερμογέφυρας αποκλίνει πολλές φορές κατά τιμή διπλάσια ή και πολλαπλάσια της τιμής που παρουσιάζει στο υπόλοιπο δομικό στοιχείο ή στα γειτονικά του με αποτέλεσμα οι θερμογέφυρες να αποτελούν τα «ασθενή» σημεία του κτιριακού κελύφους και να λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική προστασία ενός κτιρίου. [28]

5.6.1) Ευάλωτα μέρη και δομικά στοιχεία ενός κτιρίου, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία

Τα στοιχεία του κτιρίου που είναι ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή και εμφανίζουν θερμογέφυρες είναι τα μη θερμομονωμένα στοιχεία του ξυλότυπου του κτιρίου (δοκάρια, κολόνες και τοιχία), τα σημεία επαφής της τοιχοποιίας, με αυτά, όπου παρά τη θερμομόνωσή τους δεν μπορεί κατασκευαστικά να επιτευχθεί η συνέχεια θερμομονωτικών στρώσεων, οι γωνίες μεταξύ τοίχου-τοίχου και τοίχου-οροφής, οι περιοχές γύρω από τα κουφώματα, τα πρέκια και τα σενάζ. Παράλληλα με τα παραπάνω, ευάλωτα στη θερμοδιαφυγή εμφανίζονται τα σημεία όπου οι θερμομονωτικές πλάκες τοποθετούνται έτσι ώστε να μένουν αρμοί μεταξύ τους, οι τομές των πλακών και των εσωτερικών τοίχων με το εξωτερικό περίβλημα, οι ταράτσες και τέλος τα μπαλκόνια. Τα μέρη και δομικά στοιχεία του κτιρίου, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία είναι εκείνα τα στοιχεία του κτιριακού κελύφους που χωρίζουν τους θερμαινόμενους από τους μη θερμαινόμενους χώρους ή από το περιβάλλον, όπως η οροφή ή η στέγη του κτιρίου (η οποία επηρεάζεται περισσότερο τις καιρικές συνθήκες), η εξωτερική τοιχοποιία, τα ανοίγματα (τα οποία βρίσκονται σε όλες τις όψεις ενός κτιρίου), το κατώτερο δώμα-δάπεδο του κτιρίου, τα μπαλκόνια και οι προεξοχές της πλάκας. [28]

5.7) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

5.7.1) ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



Εικόνα 44. Θερμομονωτικά υλικά[29]

5.7.2) ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα θερμομονωτικά υλικά παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς τη μορφή, την προέλευση και τις μονωτικές τους δυνατότητες. Κοινά χαρακτηριστικά τους αποτελεί η μικρή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που συνήθως αναφέρεται σε θερμοκρασίες φυσικού περιβάλλοντος και σε υλικά στεγνά. Όμως κάθε μονωτικό έχει ειδικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προκαθορίζουν τα όρια σωστής εφαρμογής τους. Τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν τη μονωτική τους ιδιότητα, κατά κύριο λόγο σε μεγάλο αριθμό πολύ μικρών κυψελίδων που περιέχουν παγιδευμένο αέρα. Ο ακίνητος αέρας παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή θερμικής αγωγιμότητας. Η παρουσία σημαντικού αριθμού κυψελίδων αέρα στο εσωτερικό ενός υλικού, έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρού φαινομένου

βάρους που είναι ένα δεύτερο κοινό χαρακτηριστικό των θερμομονωτικών υλικών. Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός υλικού επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Ειδικά η υγρασία αποτελεί σημαντικό πρόβλημα γιατί εκτοπίζοντας τον αέρα μπορεί να γεμίσει τους πόρους του μονωτικού υλικού καταστρέφοντας προσωρινά ή οριστικά τις μονωτικές του ιδιότητες. Όταν δηλαδή ένα τοίχωμα επιτρέπει την διείσδυση υγρού αέρα από τους εσωτερικούς χώρους, παρατηρείται συμπύκνωση υδρατμών στο εσωτερικό του. Το συμπύκνωμα αυτό μένει μέσα στο υλικό σαν νερό, που η ποσότητα του συνεχώς αυξάνει, γιατί κάθε τόσο διεισδύει νέα ποσότητα αέρα άρα και υγρασίας. Συνήθως το νερό αυτό συγκεντρώνεται στην περιοχή του μονωτικού. Αν η θερμοκρασία στο τοίχωμα γίνει μικρότερη των 0°C σχηματίζεται στο μονωτικό υλικό πάγος και ολοκληρώνει την καταστροφή του μονωτικού δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα και στο σύνολο της δομικής κατασκευής. Όσον αφορά τη θερμοκρασία είναι λάθος να χρησιμοποιείται ένα μονωτικό υλικό σε θερμοκρασία πάνω από 60°C ή κάτω από 0°C χωρίς να εξεταστεί η ειδική συμπεριφορά του σε κάθε περίπτωση. Αυτό συμβαίνει, γιατί κατά τη χρήση θερμομονωτικών υλικών στις οριακές τους θερμοκρασίες παρατηρείται αλλοίωση της υφής του υλικού, θραύση των κυψελών αέρα, συρρίκνωση των ινών και μείωση της θερμικής αντίστασης. Κοινό χαρακτηριστικό των θερμομονωτικών υλικών για υψηλές θερμοκρασίες είναι ότι αυξάνει ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας όσο αυξάνει η θερμοκρασία. Τέλος **οι ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:**

- ✓ Σε φυσικές ιδιότητες που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες
- ✓ Σε περιβαλλοντικές ιδιότητες που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού. [30,31,32]

5.7.3) ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ

5.7.3.1) ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας αποτελείται από συνδεδεμένες λεπτές ίνες, διαμέτρου <5μm. Οι ιδιότητες του πετροβάμβακα είναι οι ακόλουθες:

- Φυσικό προϊόν (οικολογικό – ανακυκλώσιμο).
- Έχει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,0315-0,040 \text{ W/mK}$).
- Παρουσιάζει καλή ηχομόνωση λόγω του πορώδους και της μορφής του υλικού.
- Έχει εξαιρετική πυραντοχή.

- Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά.
- Είναι χημικά αδρανές υλικό.
- Οι ιδιότητες του διατηρούνται αμετάβλητες στο χρόνο, αν και μπορεί να παρουσιαστεί ελαφριά αύξηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ.
- Λόγω της ινώδους υφής του παρουσιάζει χαμηλή πρόσφυση.
- Είναι ακατάλληλος για απευθείας χρήση σε ξυλοτύπους.

Ο πετροβάμβακας προσφέρει θερμομόνωση-ηχομόνωση και πυροπροστασία.

Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την θερμο-ηχομόνωση τοιχοποιίας, δαπέδων, κεραμοσκεπών και ξηράς δόμησης. Επιπλέον, η δυνατότητα παραγωγής προϊόντων με επικαλύψεις αλουμινίου συνδυάζει θερμομονωτικό υλικό και φράγμα υδρατμών. Άλλες εφαρμογές του πετροβάμβακα συναντώνται στη βιομηχανία-ιδανική λύση για τις μονώσεις σωληνώσεων, αεραγωγών, φούρνων, λεβήτων και δεξαμενών.

Υαλοβάμβακας-Υαλόμαλλο

Ο υαλοβάμβακας προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες και ανήκει στα ανόργανα ινώδη υλικά. **Οι ιδιότητες του υαλοβάμβακα είναι οι ακόλουθες:**

- Παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά.
- Πρέπει να προστατεύεται από τη διείσδυση της υγρασίας.
- Η αντοχή στον εφελκυσμό και το όριο θραύσης κρίνονται ικανοποιητικές.
- Παρουσιάζει μικρή αντοχή σε συμπίεση.
- Δεν προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά ούτε από χημικές ενώσεις με εξαίρεση το υδροχλωρικό οξύ.

Ο υαλοβάμβακας χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία από τον κατασκευαστικό κλάδο και εμπορικά τον συναντάμε σε πάπλωμα,ρολά,πλάκες αλλά και χύδην για πλήρωση με ειδικό φυσητήρα. Στα σπίτια η μόνωση με υαλοβάμβακα μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα μέρη του κελύφους του κτιρίου,σε τοιχοποιία, σε δάπεδα και πατώματα και σε στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Το χρώμα του μπορεί να είναι ροζ,κίτρινο,λευκό ή πράσινο, ανάλογα με τον κατασκευαστή του και έχει σπογγώδη αίσθηση. [33]

Διογκωμένος περλίτης

Ο φυσικός περλίτης δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε θερμοκρασίες που προσεγγίζουν τους 800°C γιατί διογκώνεται και θραύεται. Αυτή η ιδιότητά του αποτελεί τη βάση της επεξεργασίας του περλίτη που προορίζεται για μονώσεις. Με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 900- 1000°C το πέτρωμα του περλίτη διογκώνεται από 10 μέχρι 25 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους μικρών διαμέτρων 0,1 μέχρι 5 mm. Οι κόκκοι αυτοί είναι κενοί στο εσωτερικό τους, δηλαδή περιέχουν αέρα, και αποτελούν πολύ καλό μονωτικό υλικό με $\lambda=0,034$ μέχρι $0,048$ Kcal/m³*h*°C. Πλεονεκτήματα του διογκωμένου περλίτη αποτελούν η γενικότερη

χημική του αδράνεια και ειδικά ότι δεν προσβάλλει τα μέταλλα, αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς και δεν προσβάλλεται από την υγρασία και παρουσιάζει σημαντικές ηχομονωτικές ικανότητες.

Ο φυσικός περλίτης χρησιμοποιείται σαν αδρανές υλικό ή υλικό πλήρωσης στην κατασκευή θερμομονωτικών τοιχωμάτων, δαπέδων και ταρατσών. Επίσης, τοποθετείται σε στρώσεις κάτω από κολυμπητά δάπεδα. Ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται στην παρασκευή μονωτικών λεπτοκονιαμάτων και μονωτικών χονδροκονιαμάτων. Επίσης, ο διογκωμένος περλίτης, σε διάφορες κοκκομετρίες, χρησιμοποιείται και σε ανάμιξη με τσιμέντο, νερό και ορισμένα πρόσμικτα για κατασκευή περλιτοδεμάτων και περλιτο-επιχρισμάτων. Τέλος, οι ποιότητες Perlomin B και C χρησιμοποιούνται σαν μονωτικά πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.

Κίσσηρι

Είναι φυσικό προϊόν με αφρώδη ιστό, μικρό φαινόμενο βάρος, μεγάλης σκληρότητας, χρώματος λευκού προς το υποκίτρινο και μεγάλης θερμομονωτικής και ηχομονωτικής ικανότητας. Οι κισσηρόλιθοι έχουν άριστη θερμική και ηχητική μόνωση, αλλά η μηχανική αντοχή τους σε τριβή και πίεση είναι πολύ μικρή.

Η κίσσηρι χρησιμοποιείται για την κατασκευή ελαφρών τούβλων (κισσηρόλιθοι), ελαφρών σκυροδεμάτων (κισσηρομπετόν) και για θερμική μόνωση ταρατσών.

Ορυκτές ίνες

Οι ορυκτές ίνες αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες, παρουσιάζουν φαινόμενη πυκνότητα $180 \sim 220 \text{ Kg/m}^3$ και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,38 \text{ Kcal/m}^*\text{h}^*\text{°C}$.

Οι ορυκτές ίνες βρίσκουν κύρια εφαρμογή στις βιομηχανίες.

Ίνες αμιάντου

Ο αμιάντος της οικοδομής είναι σερπεντίτης ή κεροσίλβη σε μορφή ινών. Χαρακτηριστικό του αμιάντου είναι η αντοχή σε φωτιά και σε επίδραση οξέων και παρουσιάζει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,067 \text{ W/m}^*\text{K}$. Ο αμιάντοςβάλλεται ως καρκινογόνος και πλέον δεν χρησιμοποιείται. Παλιότερα χρησιμοποιούνταν σε μορφή εύκαμπτων πιλημάτων για θερμομονωτικές και άκαυστες επενδύσεις. Περισσότερο χρησιμοποιούνταν σαν αμιαντομπετόν. [30,31,32]

5.7.3.2) ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη είναι αφρώδες πλαστικό υλικό, με δομή πυκνών μικρών κλειστών πολυεδρικών κυψελίδων ($d=0,05-0,50$ mm). Το τελικό προϊόν αποτελείται κατά 3-4% του όγκου του από στερεά ύλη, που αποτελούν τα τοιχώματα των κυψελίδων και κατά το υπόλοιπο 96-97% από αέρα. Παράγεται από θερμοπλαστική πολυστυρόλη, η οποία με μια διαδικασία πολυμερισμού και διαρκούς εξέλασης, παίρνει τη μορφή πλακών. Αποτελείται από 88 μέχρι 93% κατά βάρος από πολυστυρόλη, η οποία είναι ένα θερμοπλαστικό συνδετικό υλικό που αποτελείται από άνθρακα και υδρογόνο. Περιέχει επίσης από 0,5 έως 5% κατά βάρος πρόσθετα, όπως ανόργανους και οργανικούς σταθεροποιητές, χρωστικές ουσίες, επιβραδυντικά φωτιάς και βοηθητικές ύλες. Στη διάρκεια της παραγωγής προστίθενται μέχρι 12% κατά βάρος προωθητικά αέρια. **Οι ιδιότητες της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι οι ακόλουθες:**

- ✓ Είναι άοσμο υλικό, κυρίως γαλάζιου και πράσινου χρώματος, του οποίου το ειδικό βάρος κυμαίνεται από 26 – 40 kg/m³.
- ✓ Χαρακτηρίζεται από σταθερότητα διαστάσεων και όγκου.
- ✓ Προσβάλλεται από έντομα, τρωκτικά καθώς και από ποικιλία διαλυτών.
- ✓ Πρέπει να αποφεύγεται η έκθεσή της στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- ✓ Δεν απορροφά υγρασία και δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι και παγωνιά.
- ✓ Έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,027-0,035$ W/mK (10oC).

Οι χρήσεις της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι οι εξής:

- Στον πυρήνα εξωτερικών τοιχοποιιών κτιρίων/κατοικιών.
- Σε δοκούς, υποστυλώματα, τοιχία με τοποθέτηση είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά.
- Σε περιμετρικά τοιχία υπογείου καθώς και σε δάπεδα σε επαφή με το έδαφος.
- Σε δώματα & στέγες.

Πολυουρεθάνη

Η πολυουρεθάνη διατίθεται στο εμπόριο σε μορφή αφρού, σε μορφή σκληρών πλακών και ως μορφοποιημένα «κοχύλια» που βρίσκουν εφαρμογή στη μόνωση σωληνώσεων. **Οι βασικότερες ιδιότητες της πολυουρεθάνης είναι οι ακόλουθες:**

- Αποτελεί το θερμομονωτικό υλικό με τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,02$ W/(mK).
- Πρόκειται για ένα αδιάβροχο υλικό.
- Παρουσιάζει πολύ κακή συμπεριφορά στην πυρκαγιά.

- Επηρεάζεται αν μείνει εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς το υλικό θρυμματίζεται.
- Διαθέτει ιδιαίτερα καλές συγκολλητικές ιδιότητες.

Διογκωμένη πολυστερίνη

Η διογκωμένη πολυστερίνη στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες. **Οι ιδιότητες της διογκωμένης πολυστερίνης είναι οι ακόλουθες:**

- Ικανοποιητική θερμομονωτική ικανότητα.
- Καλή αντοχή στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας.
- Χαμηλή αντοχή στον εφελκυσμό και στη συμπίεση.
- Ανήκει στα εύφλεκτα υλικά.
- Προσβάλλεται από έντομα, τρωκτικά και ποικιλία χημικών διαλυτών.
- Είναι ευαίσθητη στην ηλιακή ακτινοβολία.

5.7.3.3) ΦΥΤΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ξύλο

Θεωρείται μέτριο μονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,12\sim 0,18 \text{ Kcal/m}^*\text{h}^*\text{C}$.

Χρησιμοποιείται σε μορφή δομικών πλακών για εσωτερική ή εξωτερική μόνωση. Μπορούν ακόμα να υποκαταστήσουν τους ξυλότυπους του μπετόν. Τέλος, πλάκες από ίνες ξύλου χωρίς συνδετική ύλη και πλάκες από ροκανίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν θερμομονωτικά και ηχομονωτικά υλικά.

Άχυρο

Τα άχυρα σίκαλης παρουσιάζουν διάρκεια ζωής μέχρι 25 χρόνια, δεν επιτρέπουν την διέλευση βροχής και χιονιού και παρουσιάζουν εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες. Το διαμορφωμένο άχυρο σε μορφή επίπεδων ελαφρών πλακών αποτελεί άριστα μονωτικό υλικό χαμηλού κόστους, με παράλληλες ηχομονωτικές δυνατότητες. Οι πλάκες από άχυρο παρουσιάζουν φαινόμενο βάρος $220\text{-}250 \text{ Kg/m}^3$ και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,042 \text{ Kcal/m}^*\text{h}^*\text{C}$.

Λόγω του ότι περιέχει στο εσωτερικό του αέρα χρησιμοποιείται για την παρασκευή ωμόπλινθων, ενώ τα άχυρα σίκαλης χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση στέγης σε αγροτικούς οικίσκους.

Καλάμια

Οι πλάκες καλαμιών έχουν φαινόμενο βάρος 260 Kg/m^3 και συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,040 \text{ Kcal/m}^*\text{h}^*\text{°C}$ και εξασφαλίζουν σε μικρότερο ποσοστό θερμομόνωση και σε μεγαλύτερο ηχητική μόνωση των χώρων.

Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οροφών σε αγροτικούς οικίσκους ή στάβλους ως στηρίγματα του κονιάματος αφού καρφωθούν σε ξύλινα δοκάρια. Τέλος, οι πλάκες καλαμιών χρησιμοποιούνται για εσωτερικές διακοσμητικές επενδύσεις τοιχωμάτων.

Ο φελλός

Ο φελλός είναι πολύ ελαφρύς, έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και παρουσιάζει σημαντική αντοχή στη σήψη. Δεν καίγεται αλλά απανθρακώνεται. Τις μονωτικές του ιδιότητες ο φελλός τις οφείλει σε μικρούς πόρους που αποτελούν κλειστούς χώρους αέρα που έχουν πολύ στερεά τοιχώματα, δύσκολα διαπερατά από νερό και κυκλοφορούντα αέρα. Πρόσθετο προσόν του φελλού στις οικοδομές αποτελεί η ηχομονωτική ικανότητα του.

Οι πλάκες επεξεργασμένου φελλού χρησιμοποιούνται για μονώσεις ψύχους σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης ή κατάψυξης σε παγοποιία και απλούς θαλάμους επαγγελματικής ή οικιακής χρήσης. Στις οικοδομές οι πλάκες φελλού χρησιμοποιούνται για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων και ταρατσών. Επίσης, χρησιμοποιείται, λόγω της ηχομονωτικής του ικανότητας, εσωτερικά σε χώρους παραμονής ή κέντρα διασκεδάσεως διότι συνδυάζει καλό αισθητικό αποτέλεσμα, θερμομόνωση και αποτελεσματική ηχομόνωση.

Διογκωμένοι αφροί

Ο λευκός αφρός κλειστής κυψελικής δομής παρουσιάζει ομοιόμορφη και συνεχή κυψελική δομή και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ισούται με $\lambda = 0,027 \text{ Kcal/m}^*\text{h}^*\text{°C}$, ο οποίος ελάχιστα επηρεάζεται από την υγρασία και τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Από τη στιγμή της στερεοποίησης του παρουσιάζει σταθερό σχήμα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από θερμοκρασίες -200 °C μέχρι και $+150 \text{ °C}$. Η πυκνότητα του είναι μικρότερη των 12 Kg/m^3 και πρέπει να χρησιμοποιείται σε θέσεις που δεν υφίσταται μηχανικές καταπονήσεις.

Το αφρώδες θερμομονωτικό υλικό χρησιμοποιείται μεταξύ δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν διάκενα και μπορεί να τοποθετηθεί ακόμη και σε κτίρια που ήδη κατοικούνται. Οι σκληροί αφροί από συνθετικά υλικά σε πλάκες χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση των δομικών κατασκευών. [30,31,32]

5.7.3.4) ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

Κισσηρομπετόν-Σκωριομπετόν

Το κισσηρομπετόν έχει φαινόμενη πυκνότητα από 800 μέχρι 1200 Kg/m³, συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από 0,25 μέχρι 0,40 Kcal/m*h*°C. Σε κισσηρομπετόν αποκλείεται η ενσωμάτωση σιδηρού οπλισμού γιατί η κίσηρη συγκρατεί νερό και καταστρέφει ταχύτατα τα σίδερα. Το σκωριομπετόν παρουσιάζει φαινόμενο βάρους από 1200 μέχρι 1500 Kg/m³ και ασθενείς θερμομονωτικές ιδιότητες. Και τα σκωριομπετά είναι ακατάλληλα για κατασκευές με σιδηρό οπλισμό γιατί περιέχουν θείο.

Περλομπετόν

Ζυγίζει από 300 μέχρι 600 Kg/m³, παρουσιάζει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από 0,070 μέχρι 0,170 Kcal/m*h*°C ανάλογα με την αναλογία του σε τσιμέντο. Περιέχει τσιμέντο, νερό και αερακτικό το οποίο δημιουργώντας απειράριθμες αεροκυψέλες συμβάλλει στη μείωση της πυκνότητας, στην αύξηση της απόδοσης και την επίτευξη βελτιωμένου συντελεστή θερμοαγωγιμότητας.

Οι εφαρμογές του περλομπετόν είναι πολυάριθμες σε τaráτσες και δάπεδα, κάτω από κεραμοσκεπές και σε κεκλιμένες στέγες, πάνω από γαλβανισμένες πτυχωτές λαμαρίνες και πάνω από άλλα μονωτικά υλικά για δημιουργία κλίσεων, για εξομαλύνσεις και αλφαιδιάσματα κ.λ.π. Επίσης εφαρμογή έχουμε στη θερμομόνωση δαπέδων και ταρατσών με επικάλυψη μωσαϊκού και στη θερμομόνωση δαπέδων και ταρατσών με επικάλυψη πλακών και πλακιδίων. Τέλος έχουμε εφαρμογή στη θερμομόνωση μη βατών στεγών.

Αμιαντομπετόν

Παρουσιάζει φαινόμενο βάρους πάνω από 150 Kg/m³. Ζαν συνδετική ύλη χρησιμοποιείται τσιμέντο και νερό. Οι πλάκες από αμιαντομπετόν παρουσιάζουν θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες παράλληλα με τη γνωστή αντιπυρική προστασία που προσφέρουν.

Το αμιαντομπετόν όπως έχουμε προαναφέρει ήδη και για τις ίνες αμιάντου δεν χρησιμοποιείται πλέον γιατί βάλλεται ως καρκινογόνο. Παρόλα αυτά, όμως, παλιότερα χρησιμοποιούνταν για θερμομόνωση, ηχομόνωση και πρόσφερε και αντιπυρική προστασία.

Ελαφρομπετόν

Στα αεριομπετά το υδρογόνο δημιουργεί φυσαλίδες που μετά τη σκλήρυνση του μπετόν, που συντελείται σε αυτόκλειστα υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης, δημιουργούν κενά και εξασφαλίζουν θερμομονωτικές δυνατότητες. Την ανάπτυξη

φυσαλίδων επιτυγχάνει η υδρύαλος. Το ελαφρομετόν δεν προσβάλλει τον οπλισμό και αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. [30,31,32]

5.7.4) ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η επιλογή του κατάλληλου θερμομονωτικού υλικού γίνεται λαμβάνοντας υπόψιν τις παρακάτω παραμέτρους:

- **Τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών, τα οποία είναι τα εξής :**
 - Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ καθώς και η εξάρτησή του από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Η τιμή του λ αυξάνει σημαντικά με τη συμπύκνωση των υδρατμών μέσα στη μάζα του και αν διαβραχεί όλη η μάζα του τότε παύει να υπάρχει θερμομονωτική δράση.
 - Η ειδική θερμοχωρητικότητα.
- **Τους τρόπους εφαρμογής τους, όπως για παράδειγμα:**
 - Προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επι τόπου.
 - Απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα (για προστασία από μηχανικές βλάβες ή δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις).
 - Δυνατότητα ελέγχου κατά την κατασκευή.
- **Τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών, οι οποίες είναι οι εξής:**
 - Αντοχή σε θλίψη, κάμψη και δονήσεις.
 - Αλλοιώσεις με το χρόνο (γήρανση).
 - Πυκνότητα.
 - Ελαστικότητα, ευθραυστότητα.
- **Τη χημική συμπεριφορά και την ανθεκτικότητα των υλικών, όπως:**
 - Η αντίσταση στη διάβρωση, στους μικροοργανισμούς, έντομα κτλ.
 - Η συμπεριφορά στην υγρασία (τυχόν μεταβολή των διαστάσεων, διαπερατότητα στους υδρατμούς, απορροφητικότητα νερού).
 - Η συμπεριφορά στη φωτιά και οι μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας.
 - Ο βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλύτες ή το θαλασσινό νερό κλπ.
- **Διάφορα οικονομικά στοιχεία, όπως:**
 - Το επιπρόσθετο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης.

- Ο χρόνος απόσβεσης δαπάνης.
- Το ποσοστό προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή.

5.8) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ-ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων είναι οι ακόλουθοι:

Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στον πυρήνα
- Χρήση θερμομονωτικών τούβλων

Στις περιπτώσεις θερμομόνωσης τοίχου, σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει:

- Να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες.
- Να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

Θερμομόνωση Δοκών - Υποστυλωμάτων:

- ✓ Θερμομόνωση στην εσωτερική παρειά
- ✓ Θερμομόνωση στην εξωτερική παρειά [34,35]

5.8.1) ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ-ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Η εσωτερική θερμομόνωση τοποθετείται σε κτίρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης χωρίς χρονική καθυστέρηση, και δεν μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή, παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία, κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας κ.λπ.

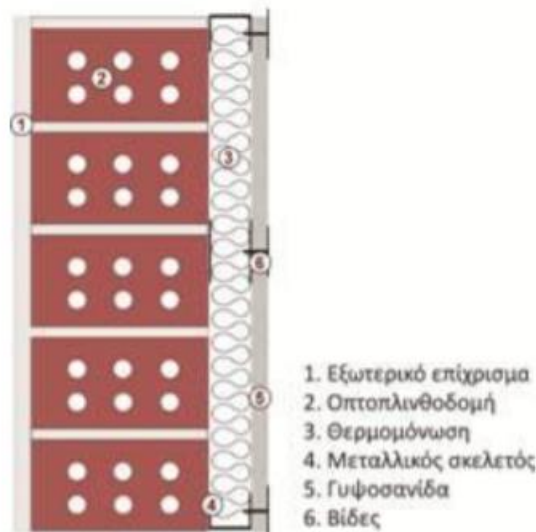
Τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Απλή και γρήγορη κατασκευή

- Οικονομικότερη κατασκευή σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση
- Άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης
- Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.)

Τα μειονεκτήματά της είναι:

- ❖ Πρόβλημα θερμογεφυρών (κυρίως στα σημεία όπου υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων).
- ❖ Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
- ❖ Αδυναμία προστασίας δομικών στοιχείων από συστολές - διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- ❖ Πιθανότητα δημιουργίας επιφανειακής υγρασίας από συμπύκνωση υδρατμών που για να αποφευχθεί απαιτείται η τοποθέτηση φράγματος υδρατμών (φύλλα αλουμινίου, ασφαλτόπανο, νάιλον κ.λπ.) μπροστά από το μονωτικό υλικό και προς την κλιματιζόμενη πλευρά του χώρου.
- ❖ Δυσκολία, όχι αξιόπιστα, στο να κρεμαστούν ράφια, πίνακες κ.λπ. μεγάλου βάρους και τοποθέτηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων
- ❖ Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια εμποδίζει την ομαλή λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του. [35]



Εικόνα 46. Στρώσεις εσωτερικής θερμομόνωσης [75]

5.8.2) ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ-ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα

δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή σε κατοικίες μόνιμης διαμονής, νοσοκομεία κ.λπ. Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης.

Τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης:

- ✓ Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων.
- ✓ Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στα νότια κυρίως δομικά στοιχεία από τον ήλιο εφόσον εξασφαλίζεται η απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα με την κατασκευή τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων επαρκούς πάχους.
- ✓ Προστασία εξωτερικών επιφανειών τοίχων από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- ✓ Ελαχιστοποίηση έως μηδενισμός των θερμογεφυρών.
- ✓ Σε περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο εμβαδόν του.
- ✓ Προστασία από καιρικές συνθήκες.

Τα μειονεκτήματά της είναι:

- ❖ Αυξημένο κόστος κατασκευής.
- ❖ Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή (ορθή επιλογή υλικών, ορθή τοποθέτηση) για αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στην όψη.
- ❖ Δυσκολία/ Αδυναμία εφαρμογής σε κτίρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις. [35]



Εικόνα 47. Στρώσεις εξωτερικής θερμομόνωσης [75]

5.8.3) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΠΥΡΗΝΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Πλεονεκτήματα:

- Προσφέρει μεγαλύτερη ευκολία στην τοποθέτηση των θερμομονωτικών υλικών
- Διατηρεί ανεπηρέαστη τη θερμομόνωση από τη βροχή
- Συνδυάζει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου (έστω και μερικής) με την ελευθερία αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης των όψεων).

Μειονεκτήματα:

- Απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα για τη σύνδεση των δύο κελυφών (απαιτήσεις αντισεισμικής συμπεριφοράς).
- Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως αλλά μόνο μερικώς τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας.
- Δεν επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση της υγρασίας, αν το θερμομονωτικό υλικό είναι ευπρόσβλητο και προσβληθεί από αυτήν, είτε το αίτιο είναι η βροχή είτε η υγρασία εδάφους είτε συμπύκνωση λόγω διάχυσης των υδρατμών.
- Επιτρέπει το σχηματισμό θερμογεφυρών στην επαφή με τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού. [34]



Εικόνα 48. Τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα [34]

5.8.4) ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΤΟΥΒΛΩΝ

Στις περιπτώσεις αυτές δεν τοποθετούνται μονωτικά υλικά καθότι τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της τοιχοποιίας είναι ειδικά

τούβλα που εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες (τούβλα από κυψελωτό σκυρόδεμα, ειδικά θερμομονωτικά τούβλα), ή τούβλα που περιλαμβάνουν στην εργοστασιακή κατασκευή τους θερμομονωτικά υλικά. Δοκοί και υποστυλώματα μονώνονται εσωτερικά ή εξωτερικά.

Πλεονεκτήματα:

- ✓ Παρουσιάζει πολύ καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά.
- ✓ Δεν απαιτείται η κατασκευή περιδεσμων ενίσχυσης (σενάζ) πέραν των απαιτούμενων σε κάθε τοιχοποιία.
- ✓ Εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα.
- ✓ Ευνοεί τη <<διαπνοή>> του τοίχου και δυσχεραίνει το σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης υδρατμών.
- ✓ Κατασκευάζεται ταχύτερα και με λιγότερα εργατικά.

Μειονεκτήματα:

- ❖ Παρουσιάζει μικρότερη θερμοχωρητικότητα συγκριτικά με τις άλλες συμβατικές τοιχοποιίες.
- ❖ Αναπτύσσει ελαφρώς χαμηλότερες εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες
- ❖ Για συνήθη πάχη τοιχοποιίας παρείχε οριακά σύμφωνα με τον παλαιό κανονισμό την απαιτούμενη θερμική προστασία.
- ❖ Προσβάλλεται από την υγρασία της βροχής, αλλά εξίσου εύκολα αποβάλλει το νερό με την εξάτμιση. Όσο όμως η τοιχοποιία είναι υγρή, παρέχει μειωμένη θερμομονωτική προστασία. [34,35]



Εικόνα 49. Χρήση θερμομονωτικών τούβλων [34]

5.9) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Τα κουφώματα είναι παρειές του κτιρίου και μέσα επαφής με το περιβάλλον, άρα στοιχεία από τα οποία μπορεί να διαφύγει ενέργεια. Επομένως, ο ρόλος τους στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων είναι σημαντικός. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα στον εσωτερικό χώρο από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών κουφωμάτων. Τα κουφώματα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και σκελετούς με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες οι οποίες μπορούν να φέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε παλαιά κτίρια ή κτίρια κακής κατασκευής. Υπάρχουν κουφώματα ξύλινα, μεταλλικά, αλουμινίου και συνθετικά πλαστικά σε διάφορες τυπολογίες ανοίγματος (επάλληλα, συρόμενα εσωτερικά σε τοίχο ή εξωτερικά, ανοιγόμενα, περιστρεφόμενα περί οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα) και σταθερά. Από ενεργειακής πλευράς καλό είναι να αποφεύγονται τα εσωτερικά σε τοίχο συρόμενα κουφώματα λόγω αυξημένων θερμικών απωλειών.

Πλαίσια:

Από πλευράς υλικού κατασκευής των πλαισίων των κουφωμάτων, τα πλαίσια αλουμινίου έχουν τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Τα ξύλινα και συνθετικά πλαστικά πλαίσια παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και ως εκ τούτου εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας.

Παντζούρια:

Τα παντζούρια που χρησιμοποιούνται στα παράθυρα, όποτε χρησιμοποιούνται, είναι ομοίως ξύλινα, αλουμινίου και πλαστικά συνθετικά σε τυπολογίες όπως εξωτερικά ή εσωτερικά ανοιγόμενα, συρόμενα και ρολά. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στη θέση τους σε σχέση με το πάχος της τοιχοποιίας. Έτσι προτιμώνται παράθυρα τα οποία βρίσκονται σε συνέχεια με το θερμομονωτικό υλικό των τοίχων.

Υαλοστάσια:

Η χρήση των διπλών υαλοστασίων με ή χωρίς χαμηλό συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ή/ και με θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο, προσφέρουν εκτός από θερμομόνωση και ηχοπροστασία. [35]

5.10) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ

Η θερμομόνωση της οροφής αποτελεί μια από τις πιο αποτελεσματικές παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο. Το δώμα αποτελεί το πιο ευπαθές δομικό στοιχείο σε ένα κτίριο. Καταπονείται από τον ήλιο, τον άνεμο, τη

βροχή και το χιόνι. Επίσης το δώμα πρέπει να θερμομονώνεται και για έναν πρόσθετο λόγο, αυτόν της προστασίας της πλάκας οροφής από τη διάβρωση και τις καιρικές μεταβολές που σταδιακά την αποσαθρώνουν. Με την προσθήκη θερμομόνωσης σε μια μη μονωμένη οροφή, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου μειώνεται κατά 50-70%.

Το θερμομονωτικό υλικό μπορεί να τοποθετηθεί:

- Κάτω από την πλάκα
- Πάνω από την πλάκα

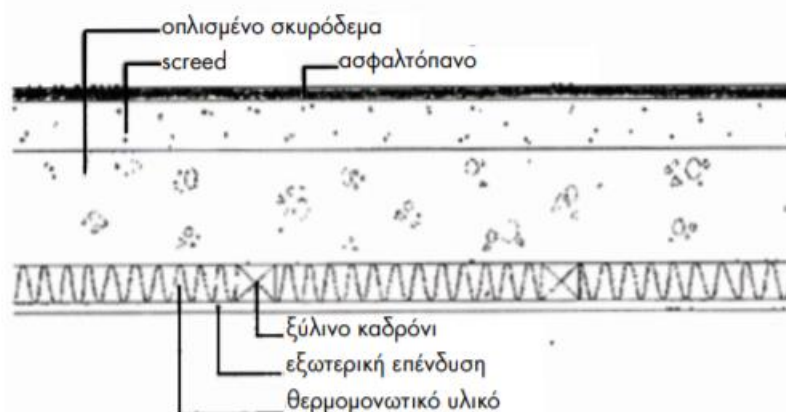
Η θερμομόνωση **κάτω από την πλάκα** τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα κ.λπ.).

Πλεονεκτήματα:

- ✓ Άμεση απόδοση συστήματος κλιματισμού.
- ✓ Τα μονωτικά υλικά δεν χρειάζονται προστασία από εξωτερικές επιδράσεις (άνεμοι, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).

Μειονεκτήματα:

- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή της θέρμανσης.
- Πιθανότητα δημιουργίας υγρασίας και μούχλας στις γωνίες λόγω συμπύκνωσης των υδρατμών. [36]



Εικόνα 50. Θερμομόνωση επίπεδης οροφής κάτω από την πλάκα οπλισμένου Σκυροδέματος [35]

Η θερμομόνωση **πάνω από την πλάκα** τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η

απόδοση από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού. Το θερμομονωτικό υλικό, ανάλογα με τη συμπεριφορά του στην υγρασία, τοποθετείται κάτω από την στεγάνωση (περίπτωση κλασσικής μόνωσης) ή πάνω από αυτήν (ανεστραμμένη μόνωση). Στην πρώτη περίπτωση όποιο στεγανωτικό και να χρησιμοποιηθεί απαιτείται φράγμα υδρατμών πάνω από την πλάκα.

Πλεονεκτήματα:

- ❖ Διατήρηση της θερμότητας στο χώρο και μετά τη διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας της πλάκας.
- ❖ Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μικρότερης χρονικά χρήσης του συστήματος κλιματισμού, εξαιτίας της αποθήκευσης ενέργειας στην πλάκα.
- ❖ Προστασία εξωτερικής επιφάνειας πλάκας από συστολές και διαστολές λόγω εξωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών.
- ❖ Στην περίπτωση που εφαρμοστεί σε υφιστάμενα κτίρια αφενός μεν δεν εμποδίζει τη λειτουργία του εσωτερικού χώρου κατά την κατασκευή και αφετέρου δεν μειώνει το ωφέλιμο ύψος του.

Μειονεκτήματα:

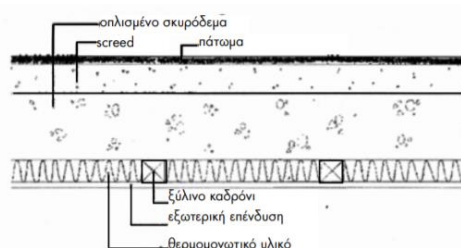
- ❖ Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή σε συνδυασμό με τη στεγάνωση. [35]

5.11) ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΩΝ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- Θερμομόνωση στην κάτω πλευρά της πλάκας

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού (μόνιμες κατοικίες, νοσοκομεία κ.λπ.).

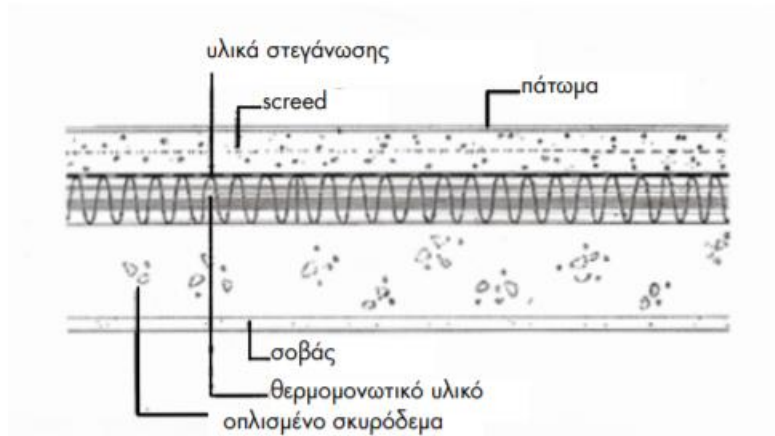
Το μονωτικό υλικό τοποθετείται είτε πριν την σκυροδέτηση είτε μετά. Καλύπτεται κυρίως με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος.



Εικόνα 51. Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην κάτω πλευρά της πλάκας [35]

- Θερμομόνωση στην πάνω πλευρά της πλάκας

Η θερμομόνωση αυτή τοποθετείται σε περιπτώσεις κτιρίων στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού (εξοχικές κατοικίες, γραφεία, καταστήματα ημερήσιας χρήσης κ.λπ.). [35]



Εικόνα 52. Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην πάνω πλευρά της πλάκας [35]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

6.1) ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΤΙΣ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η υγρασία αποτελεί έναν από τους πιο διαβρωτικούς παράγοντες στις κτιριακές κατασκευές και οι φθορές που προκαλεί δημιουργούν πολλές φορές σοβαρά προβλήματα τα οποία απαιτούν ειδική αντιμετώπιση για την επίλυσή τους. Η υγρασία αρχικά κάνει αισθητή την παρουσία της υπό μορφή κηλίδων, εξανθημάτων, αποχρωματισμών η και μυκήτων (μούχλας) σε επιφάνειες τοίχων, οροφών η δαπέδων. Αν δεν αντιμετωπιστεί στο αρχικό στάδιο εμφάνισής της είναι σχεδόν βέβαιο ότι το πρόβλημα θα ενταθεί. Πέρα από τις φυσικές, μηχανικές και χημικές αλλοιώσεις που προκαλεί στα δομικά υλικά των κτιρίων, μειώνει σε μεγάλο βαθμό τις θερμομονωτικές ιδιότητες των υλικών και συμβάλει στη δημιουργία-ανάπτυξη φυτικών και ζωικών οργανισμών (μούχλα) με άμεσο αντίκτυπο στην υγεία των ενοίκων (ιδιαίτερα σε ανθρώπους που αντιμετωπίζουν αναπνευστικά προβλήματα).

Το νερό έχει την ιδιότητα να ακολουθεί διάφορες διαδρομές μέσα από τα υλικά και να κάνει την εμφάνισή του σε περιοχές αρκετά μακριά από εκεί που ξεκίνησε. Λόγω αυτού παραπλανούμαστε εύκολα και οδηγούμαστε σε λάθος συμπεράσματα. Έτσι διορθώνοντας τοπικά το αποτέλεσμα δεν έχουμε λύσει το αίτιο που το προκαλεί και κάποια στιγμή το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Η ορθή διάγνωση αποτελεί το Α και το Ω για την αποτελεσματική αντιμετώπιση ενός προβλήματος υγρασίας. Για όλους τους παραπάνω λόγους ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης της υγρασίας στις κτιριακές κατασκευές είναι η πρόληψη, που σημαίνει λήψη προστατευτικών μέτρων έναντι της υγρασίας στη φάση της μελέτης και της κατασκευής ενός κτιρίου. [44]

6.2) ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ-ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Επειδή η προέλευση της υγρασίας και οι μορφές με τις οποίες παρουσιάζεται ποικίλουν, μπορεί σε μια κτιριακή κατασκευή να εμφανιστεί πρόβλημα υγρασίας πρακτικά σε όλους τους χώρους. Έτσι υγρασία μπορεί να έχουμε στο υπόγειο, στο ισόγειο, σε όροφο αλλά και στην οροφή.

Υγρασία στο υπόγειο

Κύρια αιτία εμφάνισης υγρασίας σε υπόγειους χώρους είναι η υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή το υπόγειο ύψος των υδάτων. Το νερό εισχωρεί από

τα παλαιά εδάφη που έρχονται σε επαφή με το τοίχιο του υπογείου διότι ασκεί υδροστατική πίεση (πίεση που ασκεί το νερό στην κατασκευή λόγω του ότι αυτή είναι βυθισμένη μέσα στο νερό), φαινόμενο που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα να πλημμυρήσει ο υπόγειος χώρος της κατασκευής. Ο εμποτισμός των εδαφών και χωρίς την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα γίνεται βεβαίως και μέσω επιφανειακής απορροής λόγω των βροχοπτώσεων, των δραστηριοτήτων των ενοίκων (πλούσιμο αυτοκίνητο, αυλής κ.λπ), όπου τα αποτελέσματα δεν είναι μεγάλης έκτασης και δημιουργούν φαινόμενα τοπικού χαρακτήρα.

Άλλη αιτία εμφάνισης υγρασίας σε υπόγειους τοίχους μπορεί να είναι η ανιούσα υγρασία η οποία οφείλεται σε ανύψωση της υγρασίας από τα θεμέλια μέσω των τριχοειδών αγγείων των δομικών υλικών που αποτελούν τον τοίχο (μπετό, τούβλα, σοβάς). Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει επειδή τα περισσότερα δομικά υλικά περιέχουν μικροσκοπικούς πόρους, που «απορροφούν» το νερό από το έδαφος και αναγκάζουν την υγρασία να ανέλθει, όπως ακριβώς το πετρέλαιο ανέρχεται μέσω του φυτλίου σε μια λάμπα πετρελαίου.

Επίσης θα πρέπει να εξετασθούν οι περιπτώσεις διαρροής κάποιου αγωγού (με σημάδια τοπικά, συνήθως έντονα στο σημείο διαρροής και προοδευτικά σε μια ακτίνα γύρω από αυτό) και συμπύκνωσης υδρατμών επάνω στις επιφάνειες των τοίχων που συνήθως συμβαίνουν σε χώρους που αερίζονται ελάχιστα (με σημάδια επιφανειακής υγρασίας κυρίως σε γωνίες και εμφάνιση μυκήτων – μούχλας).

Υγρασία σε ισόγειο-όροφο

Εδώ τα φαινόμενα υγρασίας μπορούν να οφείλονται σε ανιούσα υγρασία (μόνο στο ισόγειο), σε συμπύκνωση υδρατμών οπουδήποτε σε εξωτερικούς τοίχους (ακόμη και στο πάτωμα πάνω από πυλωτή που δεν έχει θερμομονωθεί), σε εισχώρηση του νερού βροχής (όταν π.χ. το εξωτερικό επίχρισμα είναι σε κακή κατάσταση) και σε διαρροή κάποιου αγωγού – σωλήνα ύδρευσης ή αποχέτευσης.

Υγρασία σε στέγες-δώματα

Οι στέγες (σκεπές) και τα δώματα (ταράτσες) είναι τα πιο εκτεθειμένα τμήματα ενός κτιρίου στην επίδραση των καιρικών φαινομένων (βροχή, χαλάζι, χιόνι). Κάθε σημείο της στέγης αποτελεί πιθανή πύλη υγρασίας. Στα δώματα τα προβλήματα παρουσιάζονται πολύ συχνότερα λόγω της έλλειψης κλίσης και απορροής των υδάτων καθώς και της ελλιπούς υδατοστεγανότητας της εκτεθειμένης πλάκας μπετού. Προβλήματα υγρασίας μπορούν να δημιουργηθούν από στάσιμα νερά (λιμνάζοντα νερά) στην επιφάνεια του δώματος λόγω ελλιπούς κλίσης, από φραγμένες υδρορροές, από παλιούς τοίχους των οποίων το επίχρισμα έχει υποστεί ζημιές και από συμπυκνώσεις υδρατμών στις εσωτερικές επιφάνειες ή στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων. [44]

6.3) ΕΙΔΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

- **Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών**

Συμπύκνωση υδρατμών σε κτιριακές κατασκευές, ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο ένα μέρος των υδρατμών που περιέχει ο εσωτερικός αέρας μεταβαίνουν από την αέρια στην υγρή φάση όταν έρχονται σε επαφή με επιφάνειες που παρουσιάζουν αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία από το μέσο όρο των υπολοίπων επιφανειών του ίδιου χώρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του φαινομένου είναι το θόλωμα των υαλοπινάκων (τζαμιών) κατά τους χειμερινούς κυρίως μήνες σε χώρους με αυξημένη παρουσία υδρατμών όπως οι κουζίνες και τα λουτρά. Για να εμφανιστεί το φαινόμενο της συμπύκνωσης υδρατμών πρέπει να υπάρξουν οι κατάλληλες συνθήκες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας του χώρου αλλά και της επιφάνειας πάνω στην οποία συντελείται η συμπύκνωση (υγροποίηση). Η επαναλαμβανόμενη δημιουργία υδρατμών σε επιφάνειες τοίχων με ελλειπή ανακύκλωση του αέρα (γωνίες οροφής-τοίχου, χώροι πίσω από έπιπλα-ντουλάπες) μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη μυκήτων-μούχλας (μαύρισμα της επιφάνειας), κάτι που συναντάται πολύ συχνά σε παλαιά αλλά και καινούρια κτίρια.

- **Υγρασία του εδάφους**

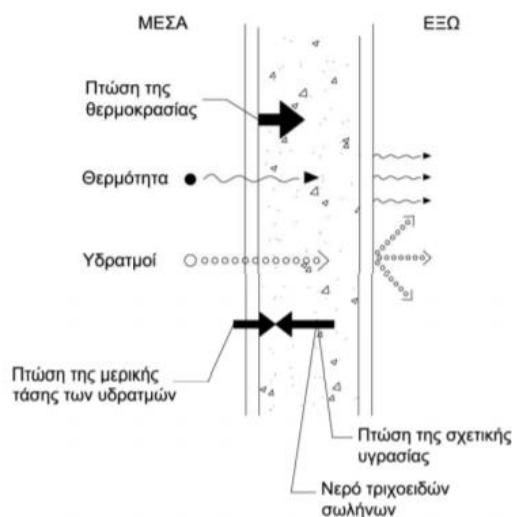
Οφείλεται σε υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα, τόσο στάσιμα όσο και τρεχούμενα. Τα ύδατα αυτά ανεβαίνουν από τα θεμέλια του κτιρίου και προσβάλλουν τους τοίχους σε όλο τους το πάχος.

- **Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών**

Πέρα από τη ροή θερμότητας μεταξύ κτιρίου και περιβάλλοντος, λαμβάνει χώρα και μία ροή υδρατμών, μη αντιληπτή από τους ενοίκους, αντιληπτή όμως στο κέλυφος του κτιρίου. Η ροή των υδρατμών, όπως και η ροή θερμότητας, γίνεται από το περιβάλλον με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία προς εκείνο με τη μικρότερη – με δεδομένα ίδια ποσοστά σχετικής υγρασίας. Εάν υπάρχουν διαφορές τόσο στη θερμοκρασία όσο και στα ποσοστά σχετικής υγρασίας, τότε η ροή των υδρατμών γίνεται από το περιβάλλον με τη μεγαλύτερη υγρασία προς εκείνο με τη χαμηλότερη. Η ροή των υδρατμών συνοδεύεται από αντίστροφη ροή ξηρού αέρα διαμέσου του κελύφους. Η πίεση της ατμόσφαιρας παραμένει σταθερή, καθώς ο ξηρός αέρας καταλαμβάνει τη θέση των υδρατμών. Η απλή ροή των υδρατμών δεν είναι ενοχλητική. Εάν όμως οι υδρατμοί συναντήσουν μέσα στο κέλυφος μία περιοχή η οποία έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου του αέρα,

μετατρέπονται σε νερό και σχηματίζουν την υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης. Η υγρασία

εσωτερικής συμπύκνωσης εισχωρεί στους πόρους των υλικών και τους καταστρέφει. [44]



Εικόνα 53. Μετάδοση θερμοκρασίας και διακίνηση υγρασίας μέσα στην κατασκευή [45]

6.4) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Μία από τις σημαντικότερες απειλές στις οικοδομικές κατασκευές είναι η απαξίωση των δομικών υλικών που μπορεί να προέλθει από τη διείσδυση υγρασίας στη μάζα τους. Η προκαλούμενη ζημιά μπορεί να έχει απλά οικονομικό κόστος, όπως στην περίπτωση διάβρωσης του θερμομονωτικού υλικού ή του επιχρίσματος. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να συντρέχουν λόγοι ασφάλειας, με χαρακτηριστική περίπτωση τη διάβρωση του σκυροδέματος. Αν η υγρασία εισχωρήσει στο σκυρόδεμα, μπορεί να μεταβληθεί η στατική αντοχή του και να μειωθεί σημαντικά η σεισμική αντοχή τους. Επίσης, μπορεί να μειώσει σε πολύ μεγάλο βαθμό και τη θερμομονωτική τους ικανότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια να αυξάνεται το κόστος θέρμανσης και ταυτόχρονα η θέρμανση να μην είναι απόλυτα επαρκής. Επομένως, η υγροπροστασία πρέπει να αποτελεί ένα από τα κυριότερα μελήματα του μελετητή/μηχανικού.

Η υγρασία μπορεί να διεισδύσει στα δομικά υλικά με δύο τρόπους:

- Άμεσα, ως διαβροχή από τα νερά της βροχής και του χιονιού, αλλά και ως συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα.
- Έμμεσα, είτε από τον υδροφόρο ορίζοντα που σχηματίζεται από τις μεγάλες βροχοπτώσεις και την τήξη του χιονιού ή από τα υπόγεια νερά που

ανέρχονται μέσω τριχοειδών ρηγματώσεων, κινούμενα αντίθετα προς τη βαρύτητα και ανερχόμενα σε αρκετό ύψος. [46]

6.5) ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ

Οι κυριότερες μέθοδοι υγρασιμότητας ανά μορφή υγρασίας είναι:

- **Υγρασία του εδάφους:**

Η παρεμπόδιση της ανόδου της υγρασίας στους τοίχους του κτιρίου γίνεται με τις εξής μεθόδους:

- ❖ Τοποθέτηση ενός οριζόντιου φράγματος υγρασίας σε ολόκληρο το πάχος του τοίχου.
- ❖ Μείωση της επιφάνειας απορρόφησης.
- ❖ Κατασκευή μίας εξωτερικής περιμετρικής τάφρου.
- ❖ Τοποθέτηση εξωτερικής στεγανωτικής στρώσης.
- ❖ Επιπλέον, μία τεχνική είναι και η διαμόρφωση ενός στραγγιστηρίου με χαλίκια περιμετρικά του κτιρίου και η κατασκευή ενός πεζοδρομίου από άοπλο ή ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα με επίστρωση πλακών πεζοδρομίου.

- **Υγρασία επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών**

Η υγρασιμότητα σε αυτήν την περίπτωση επιτυγχάνεται με τη σωστή θερμομόνωση των τοίχων και με το σωστό αερισμό και τη σωστή θέρμανση των εσωτερικών χώρων.

- **Υγρασία εσωτερικής συμπύκνωσης υδρατμών**

Η προστασία των τοίχων από αυτό το είδος υγρασίας γίνεται με την τοποθέτηση ενός φράγματος υδρατμών, καθώς και με τη χρήση υδρατμοπερατού εξωτερικού επιχρίσματος, το οποίο ευνοεί την «αναπνοή» των τοίχων. Το φράγμα υδρατμών μπορεί να είναι ένα χρώμα αλουμινίου ή ασφαλτικό, γαλβανισμένη λαμαρίνα, φύλλο αλουμινίου ή φύλλο πλαστικού. Παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στη διέλευση των υδρατμών και η τοποθέτησή του γίνεται στη θερμότερη πλευρά του τοίχου. Εάν από τη μελέτη υγρασιμότητας προκύψει πως η παραγόμενη από τους υδρατμούς ποσότητα νερού είναι μεγαλύτερη από 0,5kg/m³ ανά μήνα, τότε το φράγμα υδρατμών είναι απαραίτητο. [46]



Εικόνα 54. Τοποθέτηση φράγματος υδρατμών σε στέγη [47]

6.6) ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Η προστασία των δομικών στοιχείων των κατασκευών από την υγρασία, εξασφαλίζεται με τη χρήση των υγρομονωτικών ή στεγανοποιητικών-στεγανωτικών (όπως συνηθίζουν να λέγονται) υλικών. Στο εμπόριο διατίθεται μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων υγρομόνωσης για πολλές και διαφορετικές χρήσεις. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα από αυτά:

➤ Επαλειφόμενα υγρομονωτικά υλικά

Μια κατηγορία υγρομονωτικών υλικών με μεγάλο εύρος χρήσεων είναι τα επονομαζόμενα «Επαλειφόμενα Υγρομονωτικά-Στεγανωτικά υλικά». Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανάλογα με την χημική κυρίως σύνθεσή τους, όλα όμως έχουν μεταξύ τους έναν κοινό παρονομαστή. Εφαρμόζονται με επάλειψη (βούρτσα, ρολό) επάνω στις επιφάνειες προς στεγανοποίηση. Λόγω της ρευστής τους κατάστασης κατά την εφαρμογή, μπορεί να επιλεγεί και ο ψεκασμός αντί της επάλειψης ο οποίος όμως απαιτεί εξειδικευμένα εργαλεία. Τα Ε.Υ.Υ. μετά την εφαρμογή τους στερεοποιούνται και δημιουργούν μια μονολιθική στρώση – επιφάνεια η οποία είναι αδιαπέραστη από το νερό. Η επιφάνεια αυτή έχει πολύ μικρό πάχος, από κλάσματα του χιλιοστού μέχρι μερικά χιλιοστά. Εφαρμόζονται επάνω σε οριζόντιες, κεκλιμένες ή κάθετες επιφάνειες από τούβλα, μπετό, επιχρίσματα, μέταλλο κ.λπ.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των επαλειφόμενων υγρομονωτικών υλικών σε σχέση με τις έτοιμες μεμβράνες, είναι η εύκολη εφαρμογή τους χωρίς την απαραίτητη χρήση κάποιου ειδικού εξοπλισμού και χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένου συνεργείου. Μεγάλο πλεονέκτημα επίσης αποτελεί το γεγονός ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιασδήποτε μορφής επιφάνεια ακολουθώντας την μορφολογία της (ανωμαλίες, εξογκώματα κ.λπ.).

➤ Ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα)

Οι ασφαλτικές μεμβράνες διατίθενται σε μορφή προκατασκευασμένων φύλλων, πάχους μερικών χιλιοστών, συσκευασμένων συνήθως σε ρολά πλάτους 1 m και μήκους 10 m. Είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία στεγανωτικών μεμβρανών με μεγάλο εύρος εφαρμογών σε κτιριακά έργα όσο και σε έργα υποδομής. Η εύκαμπτη μάζα αυτών των υλικών αποτελείται από μείγματα ασφάλτου, έναν εσωτερικό οπλισμό για σταθεροποίηση και ενίσχυση, και δυο επικαλύψεις στην άνω και κάτω επιφάνεια.

Οι ασφαλτικές μεμβράνες εφαρμόζονται με επικόλληση, συνήθως επάνω σε επιφάνειες σκυροδέματος (μπετού), μπορούν όμως να επικολληθούν και σε άλλες επιφάνειες όπως ξύλο, μέταλλο κ.λπ. με τη χρήση του κατάλληλου ασταριού ή της κατάλληλης κόλλας. Εφαρμόζονται σε οριζόντιες, κατακόρυφες ή και καμπύλες επιφάνειες.

Ενδεικτικά, οι ασφαλτικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται για υγρομόνωση σε:

Α) Δώματα και στέγες οικοδομικών και βιομηχανικών κτιρίων.

Β) Τοιχεία και δάπεδα υπογείων χώρων

Γ) Φυτεμένα δώματα

Δ) Δεξαμενές (εξωτερικά)

Ε) Έργα υποδομής (γέφυρες, σήραγγες, αρδευτικά κανάλια)

Οι ασφαλτικές μεμβράνες ως Υγρομονωτικά-Στεγανωτικά υλικά εφαρμόζονται εδώ και πολλά χρόνια και προστατεύουν τις κατασκευές με μεγάλη επιτυχία. Απαιτούν όμως ιδιαίτερη προσοχή κατά την εφαρμογή τους και πρέπει να τοποθετούνται μόνο από εξειδικευμένα συνεργεία που διαθέτουν εκτός από τον κατάλληλο εξοπλισμό, κυρίως την εμπειρία και την προσοχή στην λεπτομέρεια. [44]



Εικόνα 55. Υγρομόνωση δώματος με ασφαλτόπανο [48]

➤ **Μεμβράνες κεραμοσκεπών**

Οι μεμβράνες κεραμοσκεπών είναι προκατασκευασμένα φύλλα συσκευασμένα σε μορφή ρολού με συνήθεις διαστάσεις 1-1,5m πλάτος και 30-50m μήκος. Είναι πολύ λεπτές (< 1mm) και έχουν βάρος από 100gr/m² μέχρι 700gr/m². Όπως μαρτυράει και το όνομά τους, οι μεμβράνες κεραμοσκεπών έχουν αποστολή να προσφέρουν μια επιπλέον προστασία (εκτός εκείνης που προσφέρουν τα κεραμίδια) στις σκεπές των κτιρίων. Τα κεραμίδια σε συνδυασμό με την κλίση της σκεπής οδηγούν στην απορροή των υδάτων της βροχής. Δεν προσφέρουν όμως πλήρη στεγανότητα στη σκεπή. Έτσι, ο σκελετός της σκεπής (συνήθως ξύλινος), η ενδεχόμενη θερμομονωτική στρώση, ο χώρος κατοικίας κάτω από τη σκεπή (σοφίτα), αλλά ακόμη και η πλάκα σκυροδέματος του τελευταίου ορόφου είναι εκτεθειμένες σε περίπτωση που τα καιρικά φαινόμενα είναι έντονα (π.χ. βροχή με δυνατό άνεμο) ή σε περίπτωση που έχουν υποστεί κάποια ζημιά τα κεραμίδια. Με την τοποθέτηση μιας μεμβράνης κεραμοσκεπών κάτω από τη στρώση των κεραμιδιών εξασφαλίζεται η επιπλέον προστασία της κατασκευής.

Οι μεμβράνες κεραμοσκεπών τοποθετούνται κατά κανόνα με μηχανική στερέωση (κάρφωμα), με τη χρήση πλατυκέφαλων ανοξείδωτων καρφιών, επάνω στους αμείβοντες (κάθετες υπό κλίση δοκοί) ή στα σανίδια του πετώματος του σκελετού. Ξετυλίγονται οριζόντια ξεκινώντας από το χαμηλότερο σημείο της σκεπής (παράλληλα στην υδρορροή) και τοποθετούνται με αλληλοεπικάλυψη των διαδοχικών στρώσεων κατά 10-20cm ανάλογα με την κλίση της σκεπής. Πάνω από

την μεμβράνη τοποθετούνται οι τεγίδες (πηχάκια) πάνω στις οποίες θα στερεωθούν τα κεραμίδια.

➤ **Μεμβράνες αποστράγγισης**

Είναι μεμβράνες οι οποίες έχουν ως βάση το HDPE (High Density Polyethylene), δηλαδή το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, και χρησιμεύουν αφ' ενός ως μέρος ενός συστήματος αποστράγγισης των υπόγειων υδάτων μιας κατασκευής και αφ' ετέρου ως προστατευτική στρώση των υλικών στεγανοποίησης. Τοποθετούνται περιμετρικά των τοιχίων του υπογείου αφού έχουν εφαρμοστεί τα υλικά υγραμόνωσης ή κάτω από τα θεμέλια πριν την σκυροδέτηση των θεμελίων (ως αντικατάσταση του μπετόν καθαριότητας). Προστατεύουν τα υλικά στεγανοποίησης (επαλειφόμενη στρώση στεγανοποίησης ή μεμβράνη στεγανοποίησης) από τραυματισμούς κατά την επίχωση (μπάζωμα) του υπογείου, αποτρέπουν την άμεση επαφή των εδαφών (ρίζες φυτών, δέντρων κ.λπ.) με το κτίριο κατά τη διάρκεια ζωής του και συνεισφέρουν στην απομάκρυνση-αποστράγγιση των υπόγειων υδάτων σε περίπτωση που έχει προβλεφθεί σύστημα αποστράγγισης. [44]

**Μέρος 2: Πειραματική αξιολόγηση βιοκλιματικής και
ακουστικής συμπεριφοράς αιθουσών διδασκαλίας στο ΕΜΠ.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν 7 πανεπιστημιακοί χώροι διδασκαλίας, 3 αίθουσες και 4 αμφιθέατρα. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν πειραματικές επιτόπιες μετρήσεις για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της υγρασίας μέσα σε αυτές. Οι μετρήσεις διήρκησαν 3-4 μέρες για κάθε αίθουσα και πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 2-9 Ιουνίου του 2016.

Παράλληλα στο διάστημα αυτό, μετρήθηκαν τα επίπεδα φυσικού φωτισμού σε διάφορες θέσεις των υπό μελέτη αιθουσών. Αναλυτικότερη περιγραφή και παρουσίαση των προαναφερθέντων μετρήσεων ακολουθεί στα επόμενα δύο κεφάλαια (κεφ. 8,9).

Στην συνέχεια καταγράφονται οι διάφορες κατηγορίες τυπικών σφαλμάτων (κεφ.10), όσον αφορά τον ακουστικό σχεδιασμό πανεπιστημιακών αιθουσών διδασκαλίας. Η καταγραφή αυτή γίνεται αποκλειστικά από αναφορά σε υπάρχουσα βιβλιογραφία[1] στην οποία γίνεται ανάλυση του ακουστικού σχεδιασμού στους υπό μελέτη χώρους διδασκαλίας.

Μετά την ανάλυση των συνολικών πειραματικών μετρήσεων που προέκυψαν, ακολούθησε η συλλογή των πληροφοριών που απαιτούνταν για την προσομοίωση των αιθουσών με την χρήση Η/Υ και συγκεκριμένα με το ενεργειακό πρόγραμμα energy plus. Σκοπός της προσομοίωσης ήταν η αποτύπωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των υπό μελέτη χώρων διδασκαλίας και των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που επικρατούν σε αυτές. Αναλυτικότερη επεξήγηση για την λειτουργία του προγράμματος και των παραμέτρων που υπεισέρχονται στον σχεδιασμό γίνεται στο κεφάλαιο 11.

Μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (κεφ.12), ακολουθεί σύγκριση των πειραματικών επιτόπιων μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το energy plus (κεφ13).

Επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή βελτιωτικών παρεμβάσεων σε κάθε χώρο διδασκαλίας ξεχωριστά, ανάλογα με τις ανάγκες του και τα χαρακτηριστικά του με στόχο την ενεργειακή αναβάθμισή του και την βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του (κεφ.14).

Στο κεφάλαιο 15 γίνεται παρουσίαση των επιπέδων φυσικού φωτισμού μέσω διαγραμμάτων τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση των χώρων όσο και για μετά τις βελτιωτικές παρεμβάσεις.

Στο τελευταίο κεφάλαιο (κεφ.16), εξήχθησαν συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν στα διάφορα στάδια της εργασίας. **Σκοπός των συμπερασμάτων ήταν:** α) η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης των υπό μελέτη χώρων ως προς τις συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης καθώς και της ενεργειακής τους συμπεριφοράς, β) η εύρεση κοινών αρχών όσον αφορά τον ακουστικό και ενεργειακό σχεδιασμό, γ) Γενικές παρατηρήσεις ως προς την αξιοπιστία τόσο των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης αλλά και γενικότερα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, καθώς και δ) η αξιολόγηση των βελτιώσεων που εφαρμόστηκαν στους υπό μελέτη χώρους και ο τρόπος αλληλεπίδρασης των διαφόρων παραμέτρων που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό τους.

7.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστούν όλοι οι υπό μελέτη χώροι διδασκαλίας. Αρχικά, θα αναφερθούν πληροφορίες οι οποίες θα αφορούν το προσανατολισμό των ανοιγμάτων τους, τις διαστάσεις τους, τη γειτνίαση των διαφόρων επιφανειών τους είτε με χώρους του υπόλοιπου κτιρίου, είτε με εξωτερικό περιβάλλον, είτε με το έδαφος. Αφού αναφερθούν όλες οι παραπάνω πληροφορίες για όλους τους υπό μελέτη χώρους, στη συνέχεια θα παρουσιαστούν κατάλληλες κατόψεις, τομές, φωτογραφίες αλλά και τοπογραφικά, έτσι ώστε να αποτυπωθεί η θέση τους στην Πολυτεχνειούπολη της περιοχής Ζωγράφου. Επιπλέον στις κατόψεις αποτυπώνεται και η θέση των υγρομέτρων που τοποθετήθηκαν για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας.

Επισημαίνεται ότι επιπλέον πληροφορίες για τους χώρους διδασκαλίας, όπως τα υλικά κατασκευής των αιθουσών, η κατανομή των χρηστών στο εσωτερικό τους κατά τη διάρκεια του έτους αλλά και στοιχεία για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό τους θα αναφερθούν στο κεφάλαιο 11.

Αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών

Η αίθουσα 5 των Πολιτικών Μηχανικών βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Πολυτεχνειούπολης, στην σχολή Πολιτικών Μηχανικών κοντά στην πύλη Ζωγράφου, στον όροφο του κτιρίου αιθουσών διδασκαλίας των Νέων κτιρίων των Πολιτικών Μηχανικών. Έχει διαστάσεις κάτοψης 9,95*17,74 τ.μ. και καθαρό ύψος 3,25μ. Διαθέτει έξι νοτιοδυτικά ανοίγματα και ένα ανατολικό. Στη βόρεια επιφάνειά της συνορεύει με διάδρομο του κτιρίου, στη δυτική με άλλη αίθουσα διδασκαλίας και

στην ανατολική και νότια με εξωτερικό περιβάλλον. Στην οροφή της έχει δώμα και κάτω από το δάπεδό της υπάρχει άλλη αίθουσα διδασκαλίας.

Δίδυμα Αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών

Τα δίδυμα αμφιθέατρα βρίσκονται κι αυτά στα Νέα κτίρια των πολιτικών μηχανικών. Η διατομή του είναι σύνθετη 11 πλευρών και η μορφή και οι διαστάσεις των επιφανειών του αποτυπώνεται πιο καθαρά σε κάτοψη που ακολουθεί. Δεν διαθέτει κανένα άνοιγμα και όλες οι πλευρές του επικοινωνούν με το εξωτερικό περιβάλλον. Στην οροφή έχει δώμα και το πάτωμά του βρίσκεται στο έδαφος.

Αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας

Το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας βρίσκεται στο κτίριο Ηχοτεχνίας το οποίο ανήκει στην σχολή Πολιτικών Μηχανικών και είναι στην δυτική πλευρά της Πολυτεχνειούπολης. Έχει διαστάσεις κάτοψης 12,28*5,75 τ.μ. και καθαρό ύψος 3,21μ. Διαθέτει 4 ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό. Η νότια και δυτική επιφάνειά του συνορεύει με εξωτερικό περιβάλλον, η βόρεια με εσωτερικό διάδρομο και η ανατολική με αίθουσα. Στην οροφή του έχει δώμα και το πάτωμα του είναι στο έδαφος.

Αμφιθέατρο 1 κτίριο ΒΕΗ

Το αμφιθέατρο 1 όπως δηλώνει και το όνομά του βρίσκεται στο κτίριο ΒΕΗ, στη σχολή Τοπογράφων Μηχανικών, το οποίο, όπως η αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών και τα δίδυμα αμφιθέατρα, βρίσκεται στην νότια πλευρά της Πολυτεχνειούπολης και κοντά στην πύλη Ζωγράφου. Έχει διαστάσεις κάτοψης 16,85*10,90 τ.μ. , καθαρό ύψος 3,82μ. και διαθέτει έξι ανοίγματα βορειοανατολικού προσανατολισμού. Η νότια και ανατολική επιφάνειά του συνορεύει με εσωτερικό διάδρομο, η βόρεια με εξωτερικό περιβάλλον ενώ η δυτική επιφάνεια είναι σύνθετη καθώς ένα μέρος βρίσκεται σε εσωτερικό διάδρομο και το υπόλοιπο σε εξωτερικό περιβάλλον κάτι που αποτυπώνεται και στην κάτοψη της αίθουσας. Η οροφή της συνορεύει με άλλη αίθουσα του κτιρίου και το πάτωμά της βρίσκεται στο έδαφος.

Αίθουσα 20 κτιρίου Λαμπαδαρίου

Η αίθουσα 20 βρίσκεται στο κτίριο Λαμπαδάριο, στη σχολή Τοπογράφων Μηχανικών, το οποίο είναι απέναντι από το κτίριο ΒΕΗ που όπως προαναφέρθηκε είναι νότια της Πολυτεχνειούπολης κοντά στην πύλη Ζωγράφου. Έχει διαστάσεις κάτοψης 12,45*10,11 τ.μ., καθαρό ύψος 3,88μ και διαθέτει τρία ανοίγματα βορειοανατολικού προσανατολισμού. Η ανατολική και δυτική επιφάνεια συνορεύουν με άλλες αίθουσες διδασκαλίας του κτιρίου, η νότια με εσωτερικό διάδρομο ενώ η βόρεια με εξωτερικό περιβάλλον. Η οροφή της έχει δώμα και το πάτωμά της είναι στο έδαφος.

Αμφιθέατρο 015 Λαμπαδαρίου

Το αμφιθέατρο 015 βρίσκεται και αυτό στο ίδιο κτίριο με την προαναφερθείσα αίθουσα 20 δηλαδή στο κτίριο Λαμπαδάριο και συνορεύουν με τον ίδιο διάδρομο. Έχει διαστάσεις κάτοψης 17,37*13,53 τ.μ., καθαρό ύψος 5,48μ και διαθέτει 4 ανοίγματα νοτιοδυτικού προσανατολισμού. Η βόρεια και ανατολική επιφάνειά του συνορεύουν με εσωτερικό διάδρομο ενώ η νότια και δυτική με εξωτερικό περιβάλλον. Η οροφή του έχει δώμα και το πάτωμα είναι στο έδαφος.

Αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών

Η Αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών βρίσκεται στο κεντρικό κτίριο της σχολής των Χημικών Μηχανικών, δίπλα στο εστιατόριο της Πολυτεχνειούπολης και απέναντι από την ΣΕΜΦΕ. Η τοπογραφική του θέση είναι κεντρικά της Πολυτεχνειούπολης και λίγο ανατολικά αυτής. Έχει διαστάσεις κάτοψης 15,57*9,47 τ.μ. , καθαρό ύψος 3,47μ και διαθέτει 10 ανοίγματα δυτικού προσανατολισμού. Η νότια επιφάνειά της συνορεύει με αίθουσα διδασκαλίας, η ανατολική με εσωτερικό διάδρομο ενώ η βόρεια και δυτική με εξωτερικό περιβάλλον. Η οροφή της έχει δώμα και το πάτωμά της είναι πάνω από άλλη αίθουσα διδασκαλίας.

7.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Οι υπό μελέτη χώροι επιλέχθηκαν με βάση τα παρακάτω **κριτήρια** :

A) Είδος χρήσης

Βασικό κριτήριο επιλογής αποτέλεσε η χρήση των χώρων ως αίθουσες διδασκαλίας, αφού οι συγκεκριμένοι χώροι απαιτούν κατάλληλο βιοκλιματικό σχεδιασμό σε συνδυασμό και με ακουστικό.

B) Ποικιλία προσανατολισμού και διαστάσεων

Αναλυτικότερα, στο σύνολο των υπό μελέτη χώρων συναντώνται ανοίγματα με διαφορετικούς προσανατολισμούς. Επίσης, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία διαστάσεων τόσο σε επιφάνεια όσο και σε όγκο.

Γ) Υπάρχουσες μελέτες

Σε όλες τις υπό μελέτη αίθουσες έχουν διεξαχθεί μετρήσεις πάνω στην ακουστική των χώρων από προηγούμενη διπλωματική εργασία.

Στο **«ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'»** στο τέλος της εργασίας, παρατίθενται αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, τομές) υπό κλίμακα για όλους τους υπό μελέτη χώρους διδασκαλίας, καθώς και τοπογραφικά για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης τους μέσα στην Πολυτεχνειούπολη. Επίσης, στο ίδιο παράρτημα παρουσιάζεται φωτογραφικό υλικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να καταφέρουμε να μετρήσουμε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε όλες τις υπό μελέτη αίθουσες, χρειαζόμασταν την προσκόμιση κάποιων οργάνων. Γι' αυτό το λόγο δανειστήκαμε από το εργαστήριο μεταλλικών κατασκευών του ΕΜΠ, 5 θερμουγρόμετρα.



Θερμουγρόμετρα

Τα θερμουγρόμετρα είναι όργανα τα οποία μετράνε τη διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα μέσω του αισθητήρα τους, τα οποία καθορίζονται από τον χρήστη. Τα όργανα αυτά, πριν την τοποθέτησή τους στον υπό μελέτη χώρο, συνδέονται με ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου γίνεται ρύθμιση της ώρας καθώς και της συχνότητας των μετρήσεων κι έπειτα ενεργοποιούνται μέσω του προγράμματος Tinytag. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η συχνότητα των μετρήσεων είναι 15 λεπτά, δηλαδή κάθε ένα τέταρτο τα όργανα καταγράφουν μία μέτρηση θερμοκρασίας και σχετικής του χώρου στον οποίο βρίσκονται. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη και στο τέλος των μετρήσεων τα όργανα συνδέονται ξανά με ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου τα αποτελέσματα των μετρήσεων εμφανίζονται σε μορφή Excel ή με τη μορφή διαγραμμάτων, με τη χρήση του προγράμματος Tinytag.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν 7 αίθουσες σε διάφορες σχολές και περιοχές του ΕΜΠ. Επομένως, σε κάθε μία αίθουσα τοποθετήθηκαν θερμουγρόμετρα, στις περισσότερες τοποθετήθηκε ένα θερμουγρόμετρο ενώ σε μία στην οποία κρίθηκε δυνατό, τοποθετήθηκαν δύο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ο αριθμός των οργάνων που τοποθετήθηκαν σε κάθε αίθουσα καθώς και η θέση τοποθέτησης των οργάνων αναλύονται παρακάτω με διάφορους πίνακες και διαγράμματα. Οι

μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την περίοδο του Ιουνίου και τα θερμογρόμετρα έμειναν τοποθετημένα στις αίθουσες περίπου 3 – 4 μέρες. Αναλυτικά, οι ημερομηνίες έναρξης και λήξης φαίνονται στον πίνακα παρακάτω.

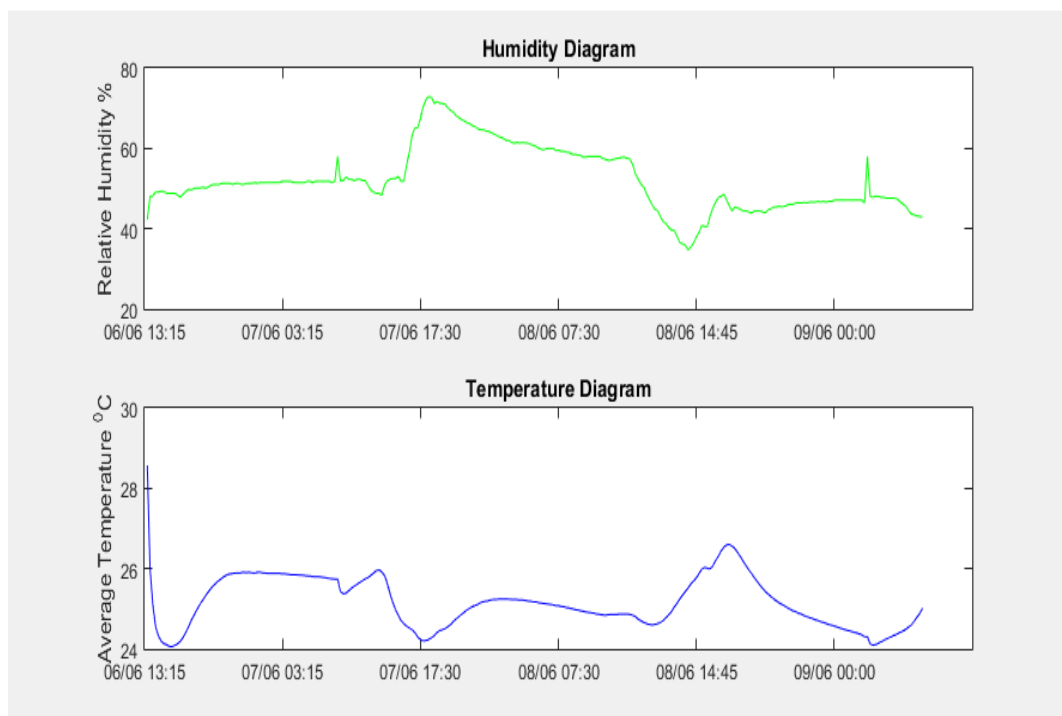
Αίθουσα	Κωδικός συσκευής	Ημερομηνία - ώρα	
		Έναρξη μετρήσεων	Λήξη μετρήσεων
Δίδυμα Αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών	553910	6/6/2016 13:25	9/6/2016 11:31
Αίθουσα 5 Νέα Κτίρια Πολιτικών Μηχανικών	553930	2/6/2016 15:45	6/6/2016 13:40
Αίθουσα 020 Κτιρίου Λαμπαδαρίου	553935	2/6/2016 16:11	6/6/2016 15:30
Αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών	553611	2/6/2016 17:00	6/6/2016 10:10
Αμφιθέατρο Κτιρίου Ηχοτεχνίας	553611	7/6/2016 9:40	9/6/2016 12:10
Αμφιθέατρο 015 Κτιρίου Λαμπαδαρίου (Στάθμη Α)	553912	2/6/2016 16:20	6/6/2016 11:30
Αμφιθέατρο 015 Κτιρίου Λαμπαδαρίου (Στάθμη Β)	553910	2/6/2016 16:35	6/6/2016 11:30
Αμφιθέατρο 1 Κτιρίου ΒΕΗ	553912	6/6/2016 15:20	9/6/2016 11:20

Συνοπτική παρουσίαση χρονοδιαγράμματος κατά την περίοδο των μετρήσεων

8.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις και δίνουν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του χώρου που ήταν τοποθετημένο το όργανο. Ακολουθεί ανάλυση των μετρήσεων και αποτύπωση αυτών πάνω στο διάγραμμα θερμικής άνεσης για κάθε αίθουσα.

ΔΙΔΥΜΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

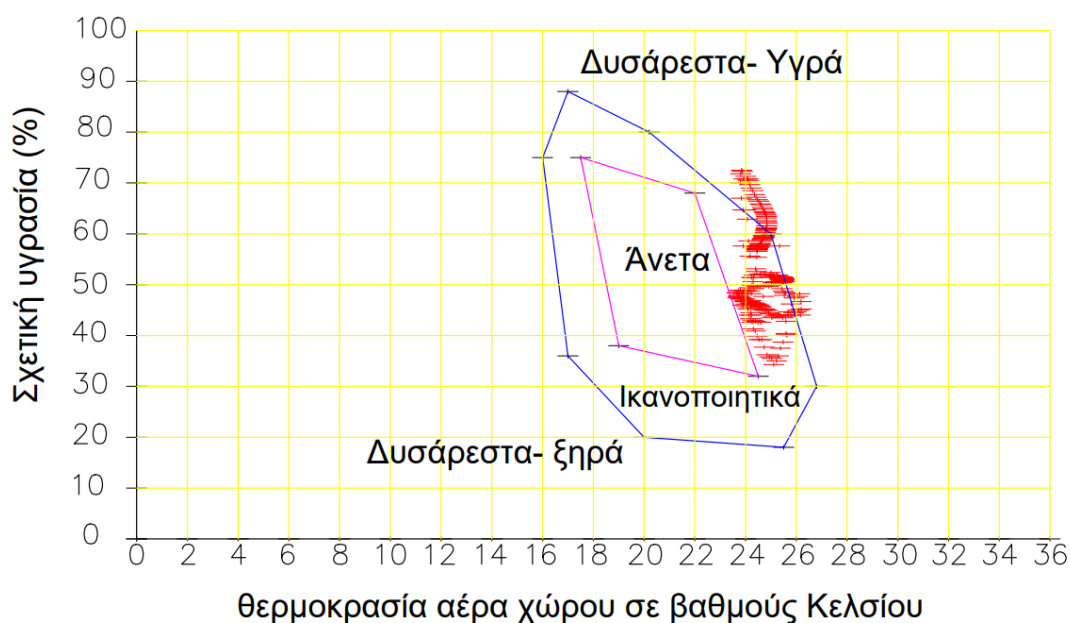


Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στα δίδυμα αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών

Στα δίδυμα αμφιθέατρα κτιρίου Πολιτικών Μηχανικών δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας σε αντίθεση με τα ποσοστά σχετικής υγρασίας όπου η διακύμανση είναι πολύ μεγάλη. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 24,06 C, και 26,60 C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 34,70% και 72,90%.

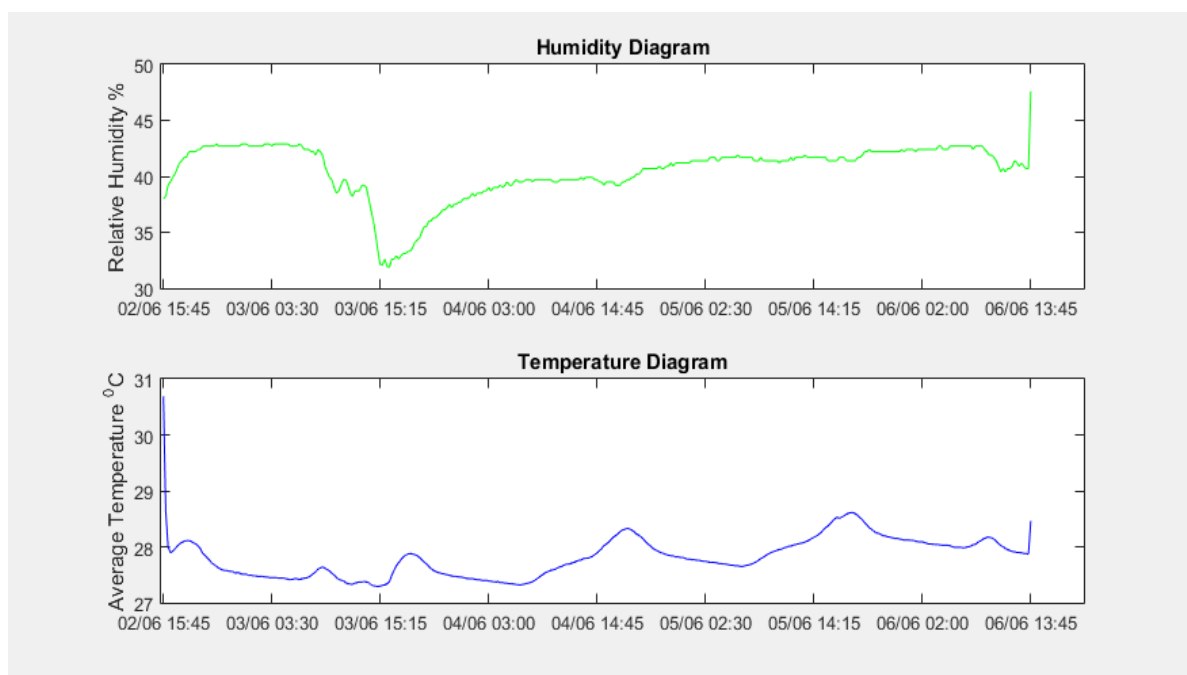
Ενδιαφέρον παρατηρείται στις μετρήσεις της σχετικής υγρασίας καθώς υπάρχει μεγάλη διακύμανση αυτής ενώ οι τιμές της θερμοκρασίας παραμένουν σχετικά σταθερές. Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη μέρα των μετρήσεων 6/6/16 και ώρα 13.30 έως την επόμενη μέρα 7/6/16 και ώρα 11.00, η σχετική υγρασία παραμένει σταθερή μεταξύ 48% και 52% με εξαίρεση στις 6.30 όπου το ποσοστό ανέβηκε στιγμιαία στο 58%. Από το σημείο αυτό έως και την επόμενη μέρα 8/6/16 και ώρα 14.30 παρατηρείται μεγάλη διακύμανση της σχετικής υγρασίας η οποία παρουσιάζει άνοδο αγγίζοντας το μέγιστο ποσοστό της 72.9% στις 15.00 (7/6/16) και στην συνέχεια ακολουθεί σταδιακή κάθοδός της έως ότου αγγίξει το ελάχιστο ποσοστό της στο 34,7% στις 14.15 (8/6/16). Από εκείνο το σημείο κι έπειτα έως το τέλος των μετρήσεων στις 11.30 (9/6/16) , η διακύμανση παραμένει σε σταθερά ποσοστά μεταξύ 40% και 48% με εξαίρεση πάλι στις 6.30 όπου παρατηρήθηκε στιγμιαία μέτρηση στο 58%.

Από το διάγραμμα θερμικής άνεσης μπορούμε να πούμε ότι παρά την μεγάλη διακύμανση της σχετικής υγρασίας τα επίπεδα θερμικής άνεσης βρίσκονται ως επί το πλείστον μέσα σε ικανοποιητικά επίπεδα.



Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

ΑΙΘΟΥΣΑ 5 ΣΤΑ ΝΕΑ ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

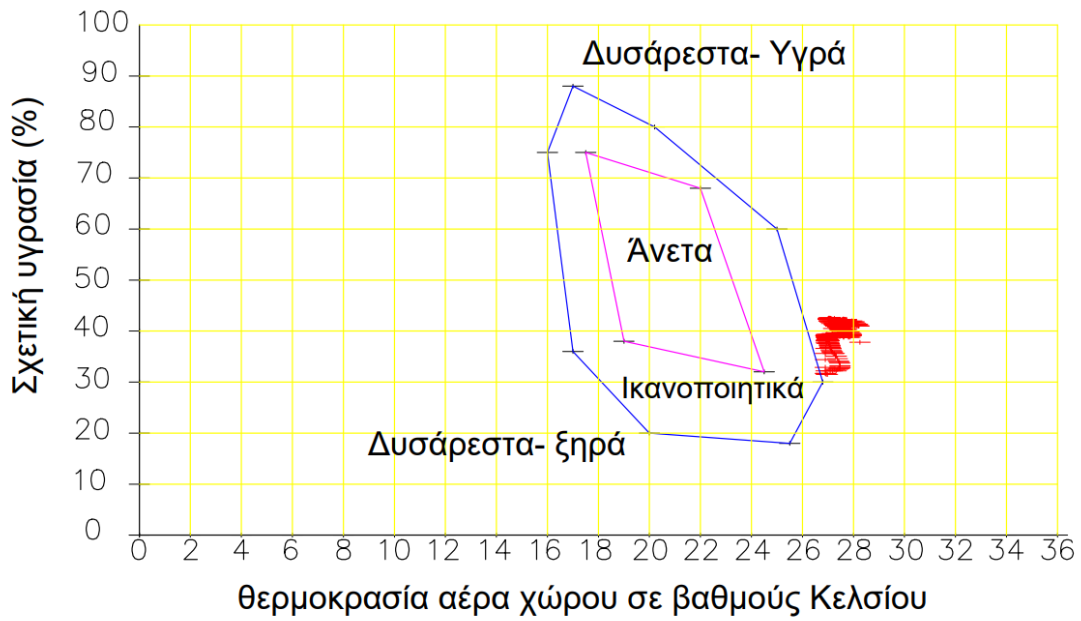


Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στην αίθουσα 5 στα νέα κτίρια Πολιτικών Μηχανικών

Στην αίθουσα 5 στα νέα κτίρια πολιτικών μηχανικών οι τιμές της θερμοκρασίας είναι σταθερές και κυμαίνονται μεταξύ 27,29 C και 28,65 C όπως και η διακύμανση της σχετικής υγρασίας που παραμένει σταθερή μεταξύ 31,90% και 42,90%.

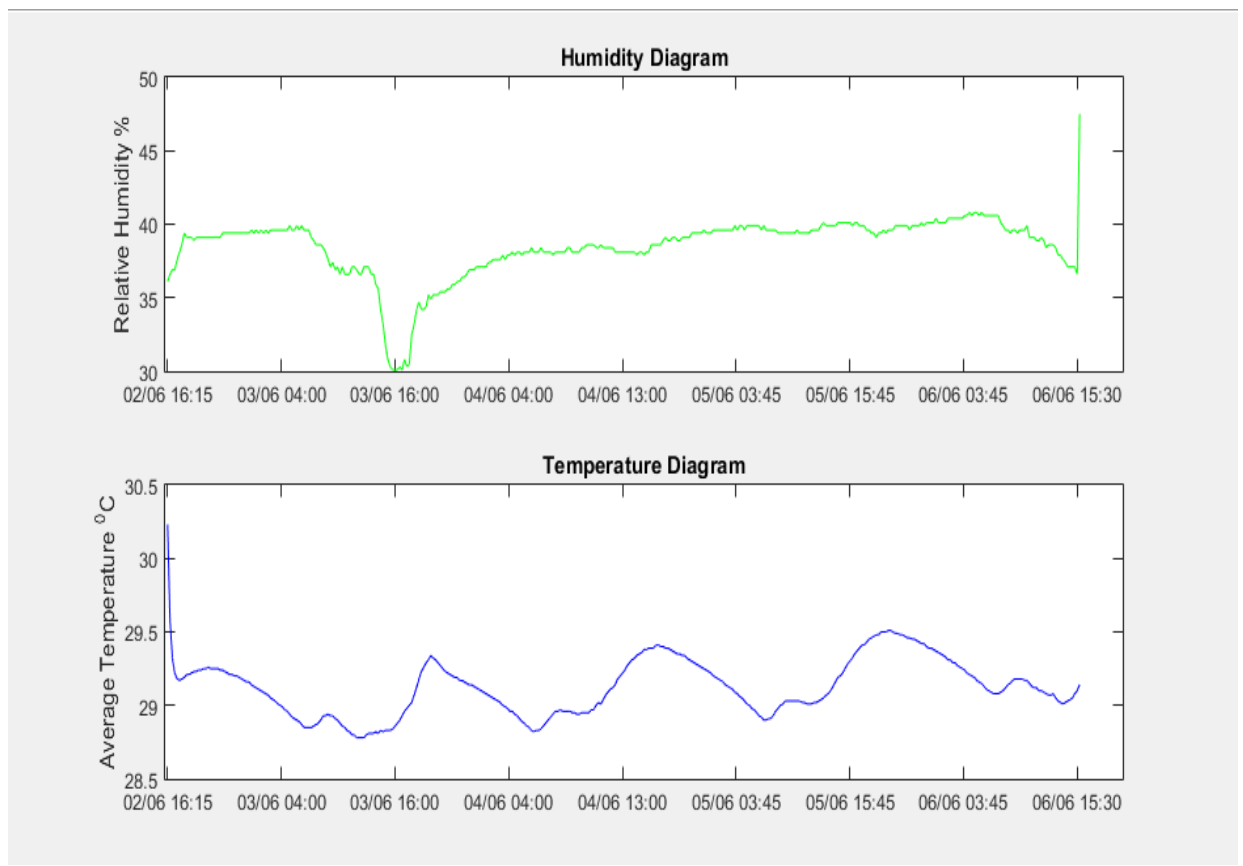
Η μικρή διακύμανση της θερμοκρασίας οφείλεται στη χρήση κλιματιστικού στο μεγαλύτερο διάστημα της μέρας. Απ' τις μετρήσεις της σχετικής υγρασίας παρατηρείται πως για κάθε μέρα περίπου απ' τις 9.00 – 10.00 το πρωί έως τις 17.00 – 18.00 το απόγευμα έχουν τις μικρότερες τιμές τους, ενώ από εκείνο το σημείο έως την επόμενη μέρα το πρωί υπάρχει άνοδος αυτών με τις μέγιστες τιμές να εμφανίζονται κατά την διάρκεια της νύχτας.

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκονται πολύ κοντά σε ικανοποιητικά επίπεδα όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

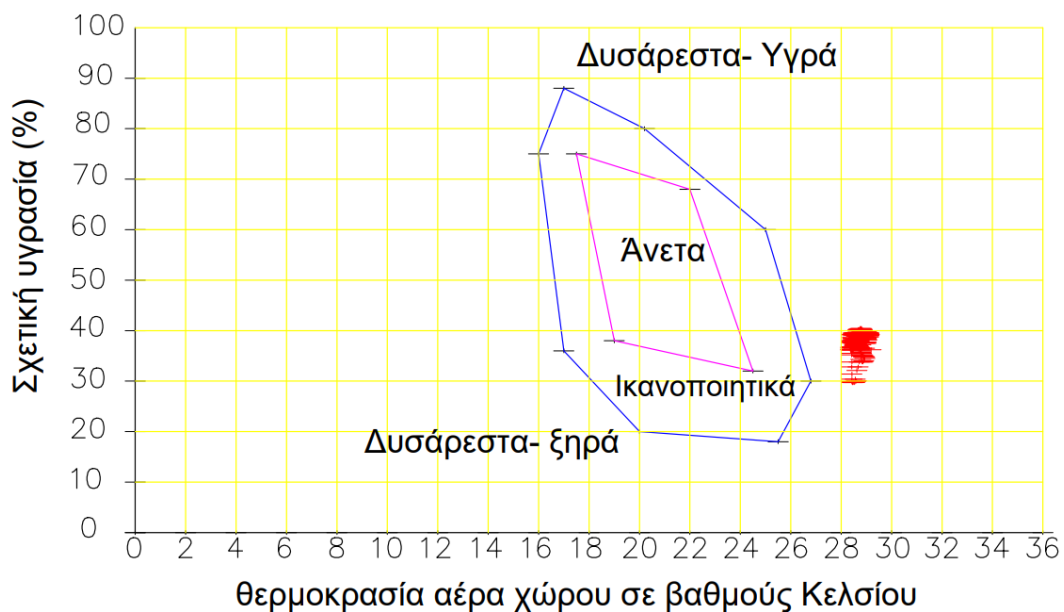
ΑΙΘΟΥΣΑ 020 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ



Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στην αίθουσα 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου

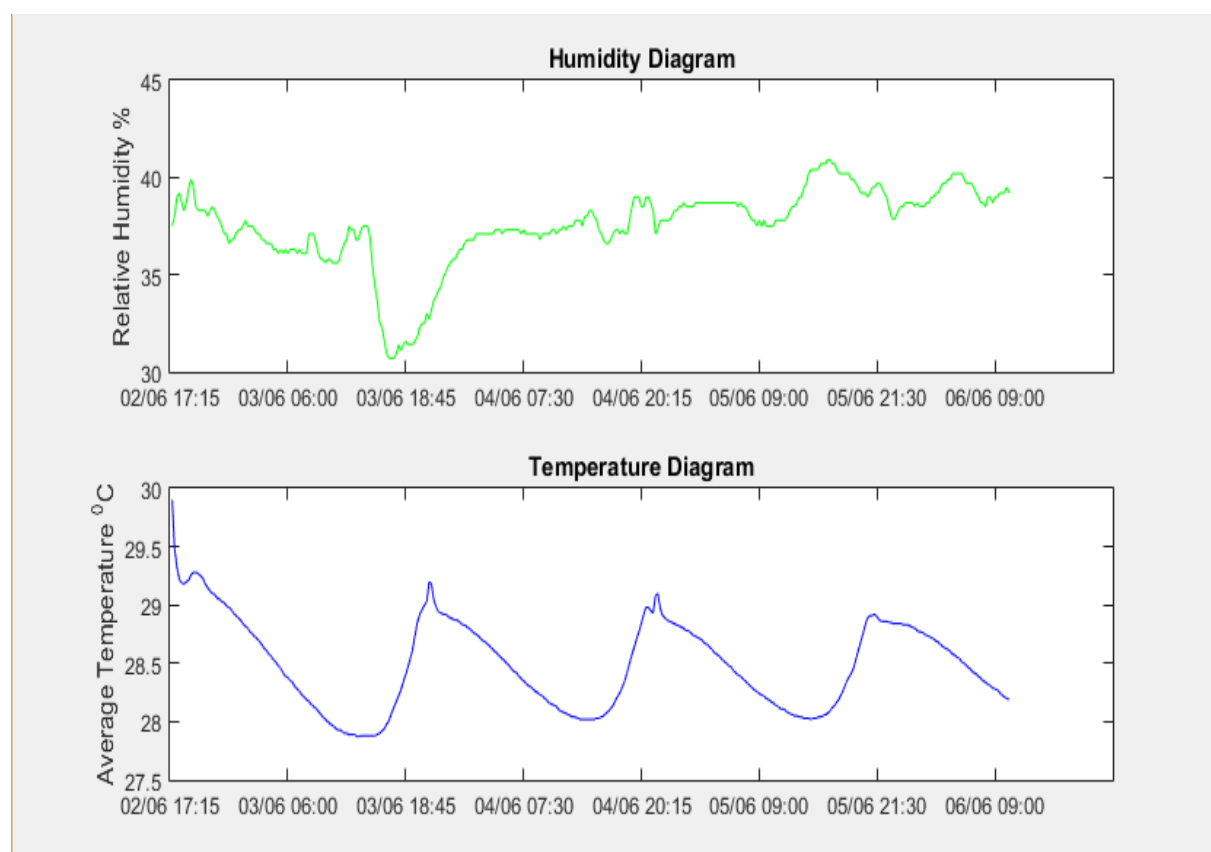
Στην αίθουσα 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 28,78 C και 29,51 C ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 30,10% και 40,80%. Η διακύμανση και των δύο μετρήσεων είναι ιδιαίτερα σταθερή, ειδικά της θερμοκρασίας η οποία έχει εύρος μικρότερο του ενός βαθμού κελσίου. Όμως και το ποσοστό της σχετικής υγρασίας είναι αρκετά σταθερό. Αυτό φαίνεται και από τις μετρήσεις όπου στις 3 από τις 4 ημέρες η σχετική υγρασία παραμένει σταθερή στο ίδιο ποσοστό καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας ενώ για μία μόνο μέρα (3/6/16) υπάρχει μικρή διαφοροποίηση της τάξης 7% με τα μικρότερα ποσοστά να εμφανίζονται κατά την διάρκεια της ημέρας και αύξηση αυτών από το απόγευμα έως αργά τη νύχτα.

Γενικά το επίπεδο θερμικής άνεσης βρίσκεται θερμικής άνεσης βρίσκεται αρκετά έξω από τα ικανοποιητικά επίπεδα σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

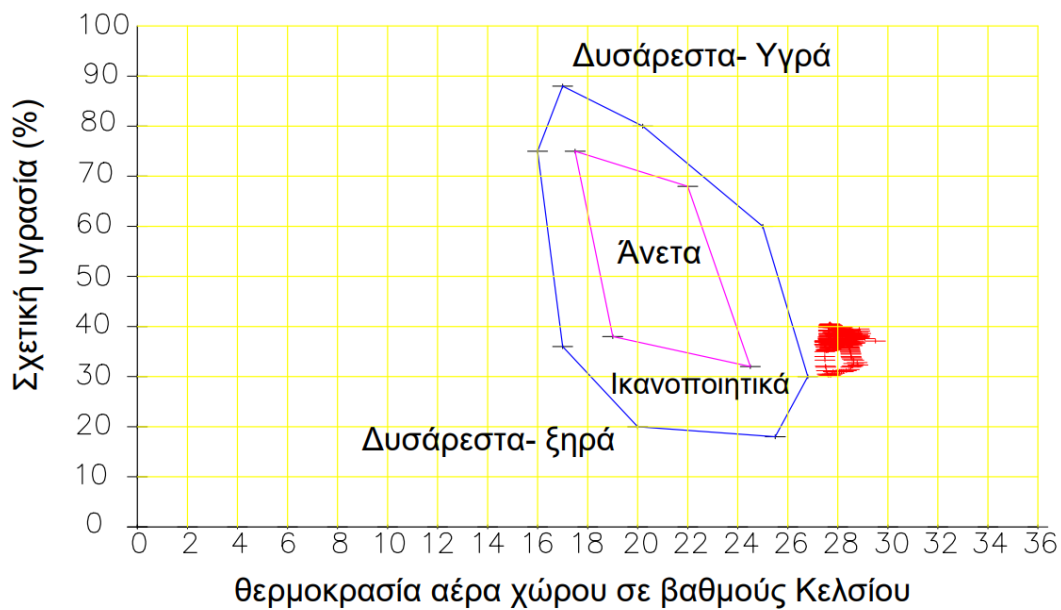
ΑΙΘΟΥΣΑ 26 ΚΤΙΡΙΟΥ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στην αίθουσα 26 κτιρίου Χημικών Μηχανικών

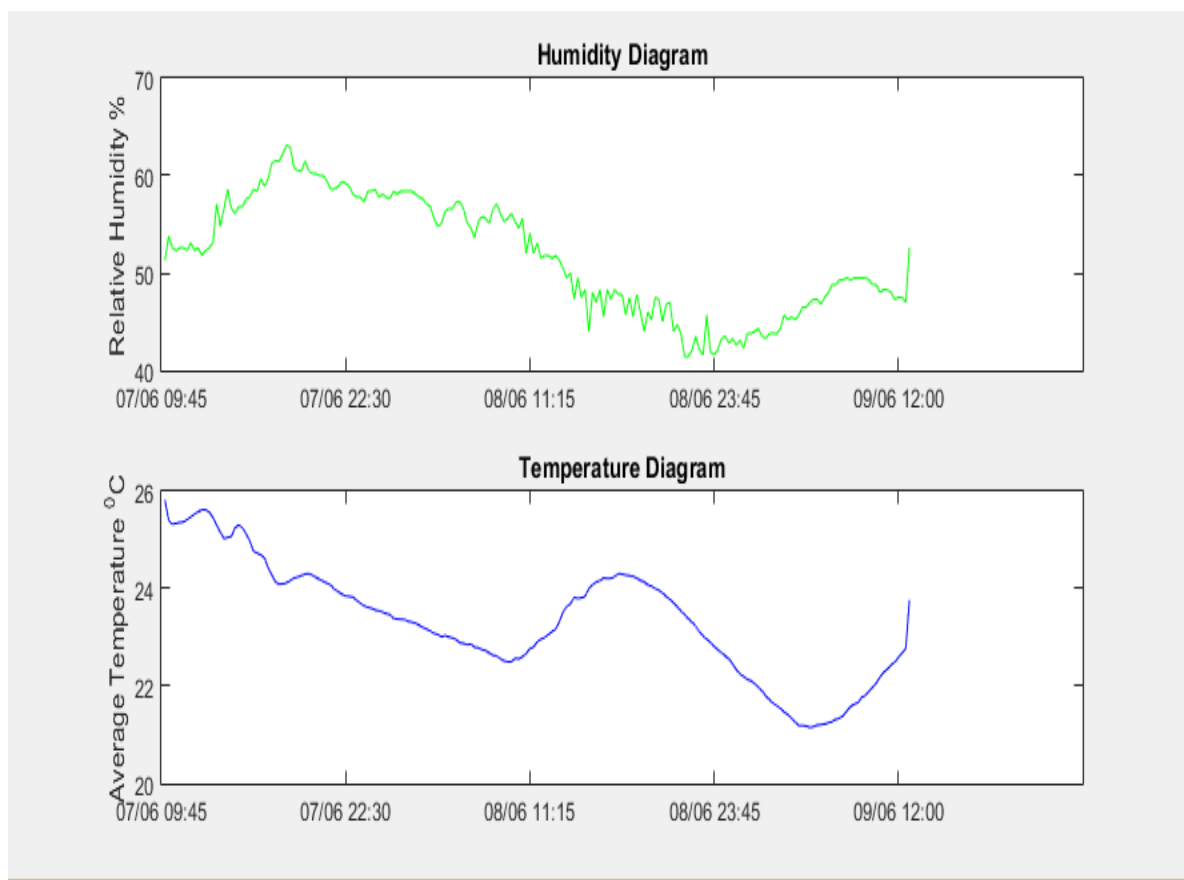
Για την αίθουσα 26 του κτιρίου Χημικών Μηχανικών παρατηρούμε απ' ευθείας πως η συμπεριφορά των μετρήσεων και η διακύμανση της θερμοκρασίας και του ποσοστού σχετικής υγρασίας είναι σχεδόν ίδια με αυτή της αίθουσας 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Οι μετρήσεις έγιναν τις ίδιες μέρες για τις δύο αίθουσες και παρατηρείται ίδια σταθερότητα και στις δύο παραμέτρους (θερμοκρασία, σχετική υγρασία) καθώς και η μικρή διαφοροποίηση της σχετικής υγρασίας στις 3/6/16 από το μεσημέρι έως αργά τη νύχτα.

Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 27,87 C και 29,49 C και το ποσοστό σχετικής υγρασίας μεταξύ του 30,70% και 40,90%. Το επίπεδο θερμικής άνεσης με βάση το παρακάτω διάγραμμα βρίσκεται λίγο έξω από τα ικανοποιητικά επίπεδα.



Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΚΤΙΡΙΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

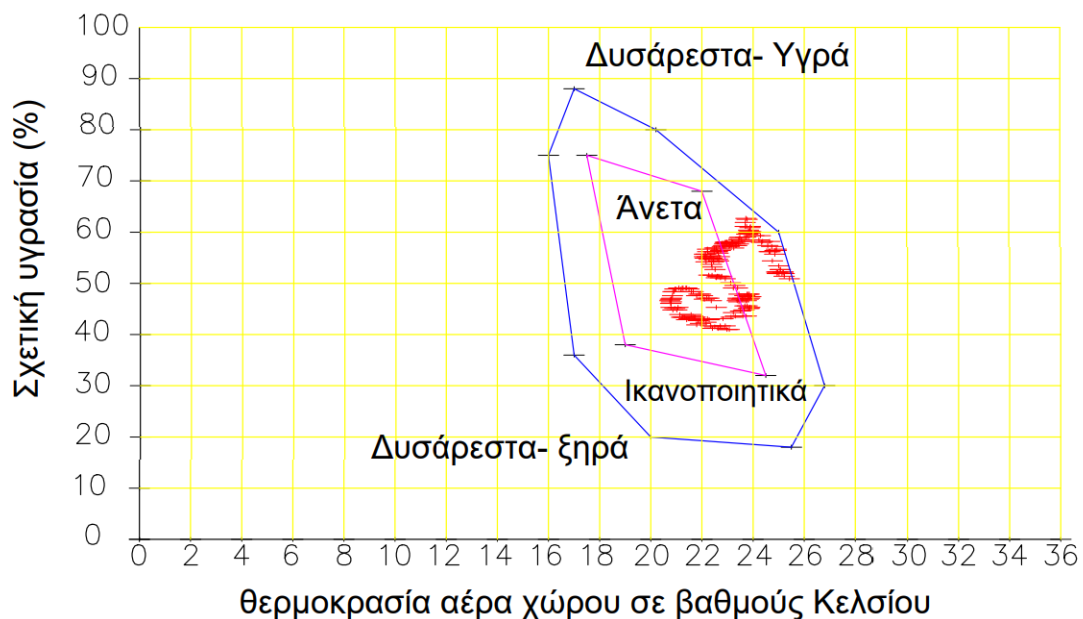


Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στο αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας

Στο αμφιθέατρο κτιρίου Ηχοτεχνίας οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 21,15 C και 25,62 C ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 41,40% και 63,10%.

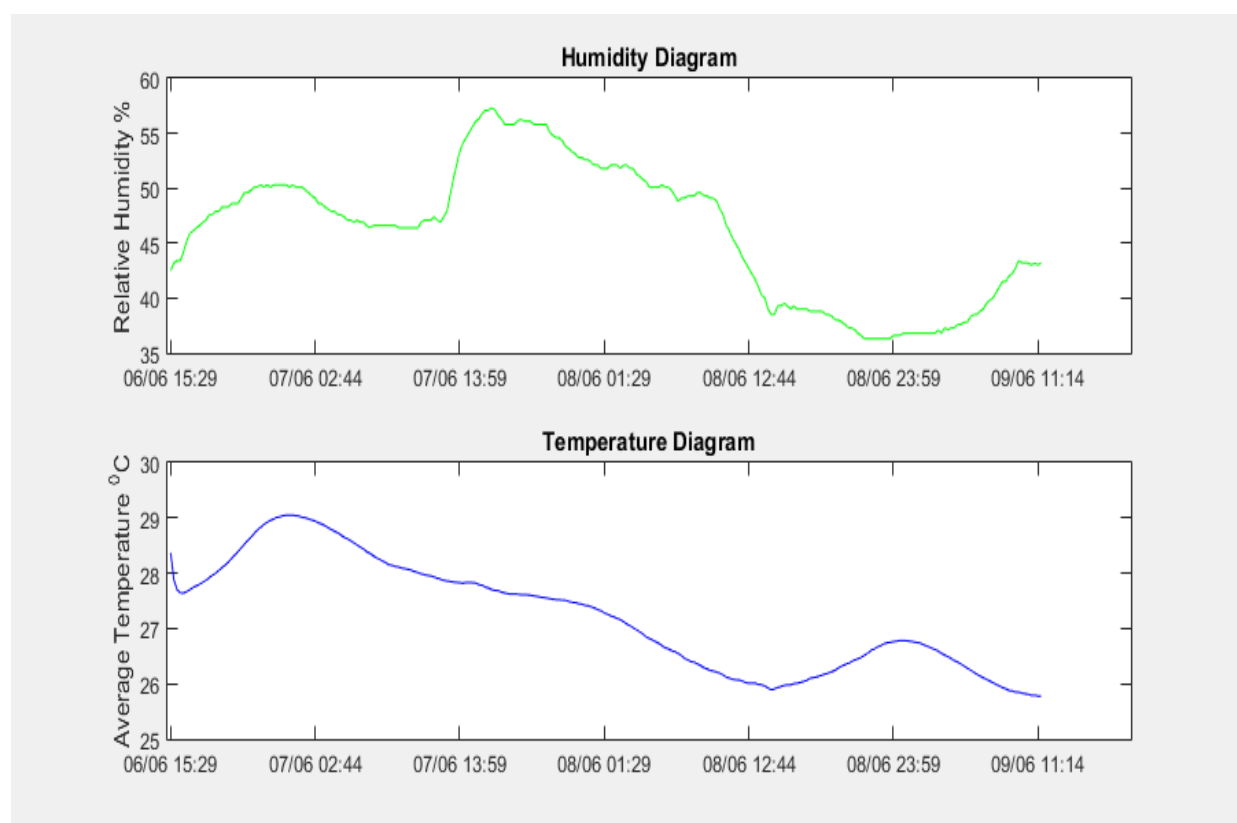
Λόγω δυσκολίας πρόσβασης στο αμφιθέατρο, οι μετρήσεις έγιναν μόνο για δύο ημέρες, ωστόσο μπορούμε να βγάλουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα από αυτές. Η διακύμανση της θερμοκρασίας είναι σχετικά σταθερή και σε ικανοποιητικά επίπεδα για την εποχή με τις ελάχιστες τιμές της να εμφανίζονται κατά την διάρκεια της νύχτας και τις μέγιστες τις μεσημεριανές ώρες. Αντίθετα, το ποσοστό σχετικής υγρασίας παρουσιάζει μεγαλύτερη διακύμανση. Πιο συγκεκριμένα κατά την διάρκεια της πρώτης μέρας (7/6/16 έως 8/6/16) εμφανίζονται υψηλά ποσοστά υγρασίας (>58%) τα οποία μειοδοποιούνται τις απογευματινές ώρες και διατηρούνται έως την επόμενη μέρα το μεσημέρι. Ωστόσο κατά την διάρκεια της δεύτερης ημέρας η διακύμανση είναι σχετικά σταθερή (44% - 49%) και μέσα στα επιθυμητά όρια θερμικής άνεσης έως και την λήξη των μετρήσεων (9/6/16).

Ίσως αν κρατούσαν λίγο παραπάνω οι μετρήσεις να καταλήγαμε σε πιο ασφαλή συμπεράσματα, από τα υπάρχοντα όμως είμαστε αναγκασμένοι να υποθέσουμε πως οι τιμές θερμικής άνεσης είναι ικανοποιητικές έως άνετες.



Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ

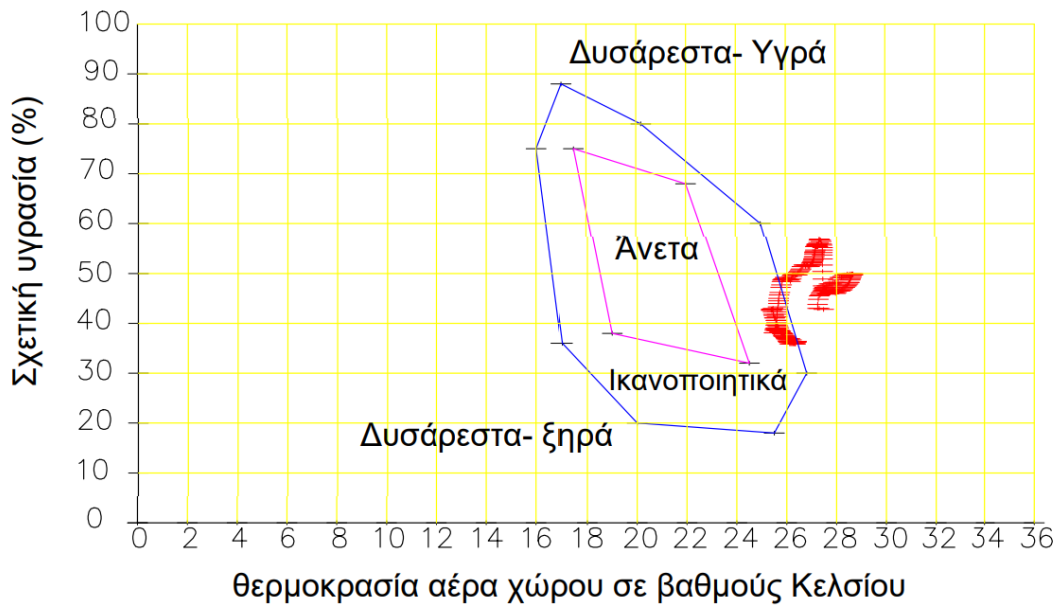


Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στο αμφιθέατρο 1 κτιρίου ΒΕΗ

Στο αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 25,78 C και 29,05 C και το ποσοστό σχετικής υγρασίας μεταξύ του 36,30% και 57,30%.

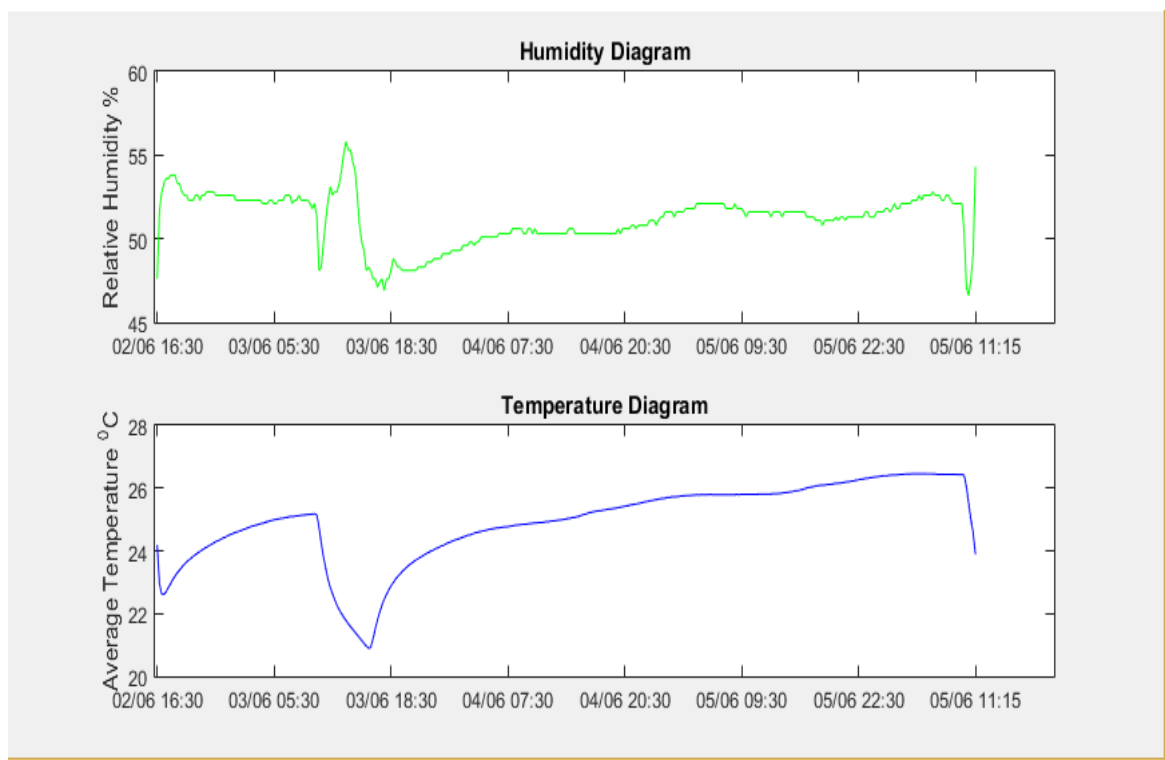
Η διακύμανση της θερμοκρασίας είναι σχετικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων ενώ η διακύμανση της σχετικής υγρασίας είναι λίγο μεγαλύτερη. Γενικά το επίπεδο θερμικής άνεσης βρίσκεται έστω και οριακά μέσα στα επίπεδα θερμικής άνεσης και κάποιες ώρες λίγο έξω από αυτά.

Συγκριτικά για το αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ με τα δίδυμα αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών και του αμφιθέατρου του κτιρίου Ηχοτεχνίας, μπορούμε να κάνουμε μια αξιολογημένη παρατήρηση. Στις 7/6/16 όπου έγιναν μετρήσεις και στις τρεις αίθουσες παρατηρήθηκε τις απογευματινές ώρες αισθητή αύξηση της υγρασίας, ωστόσο μόνο το αμφιθέατρο 1 κτιρίου ΒΕΗ παρουσίασε μικρότερη διακύμανση αυτής, ενώ τα δίδυμα αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών παρουσίασαν την χειρότερη συμπεριφορά.

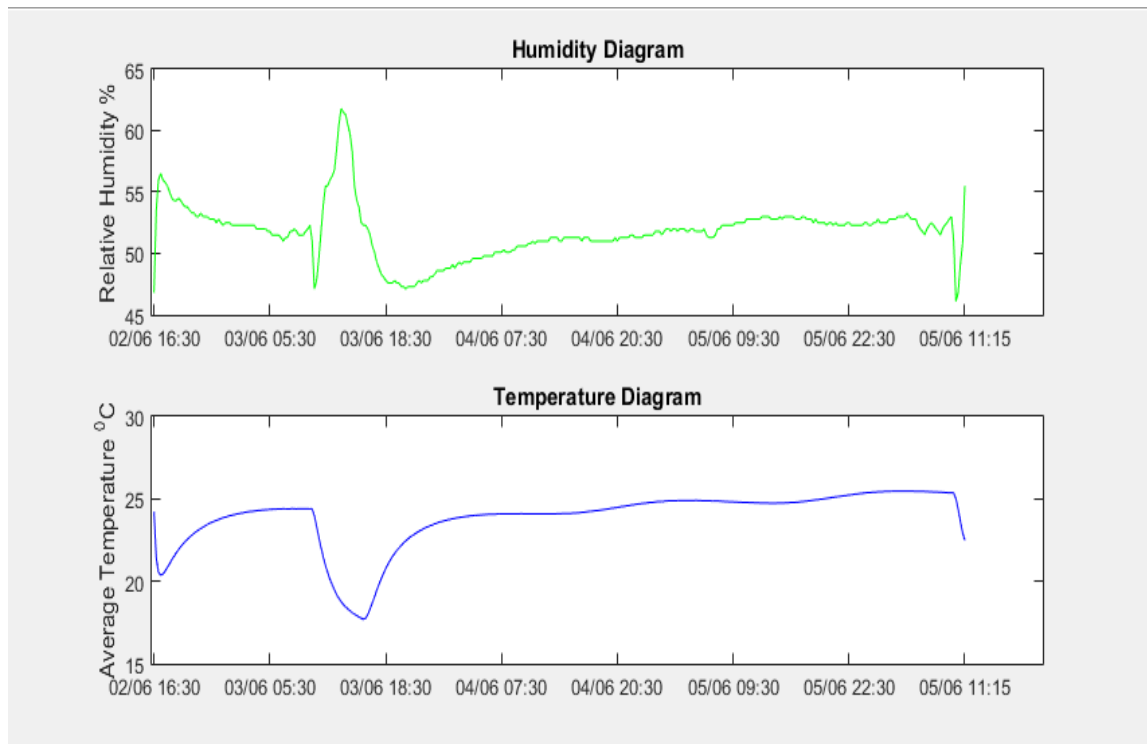


Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 015 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ



Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στη στάση Α του αμφιθέατρου 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου



**Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας στη στάθμη Β του αμφιθέατρου 015 κτιρίου
Λαμπαδαρίου**

Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή του κεφαλαίου, στο αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου ήταν δυνατό και κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθούν δύο θερμουγρόμετρα. Με αυτό τον τρόπο μέσω των μετρήσεων και την μεταξύ τους σύγκριση έχουμε μεγαλύτερη και πληρέστερη εικόνα για την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία της αίθουσας. Στην συνέχεια θα γραφτούν τα συμπεράσματα ως στάθμη Α και στάθμη Β του αμφιθέατρου 015.

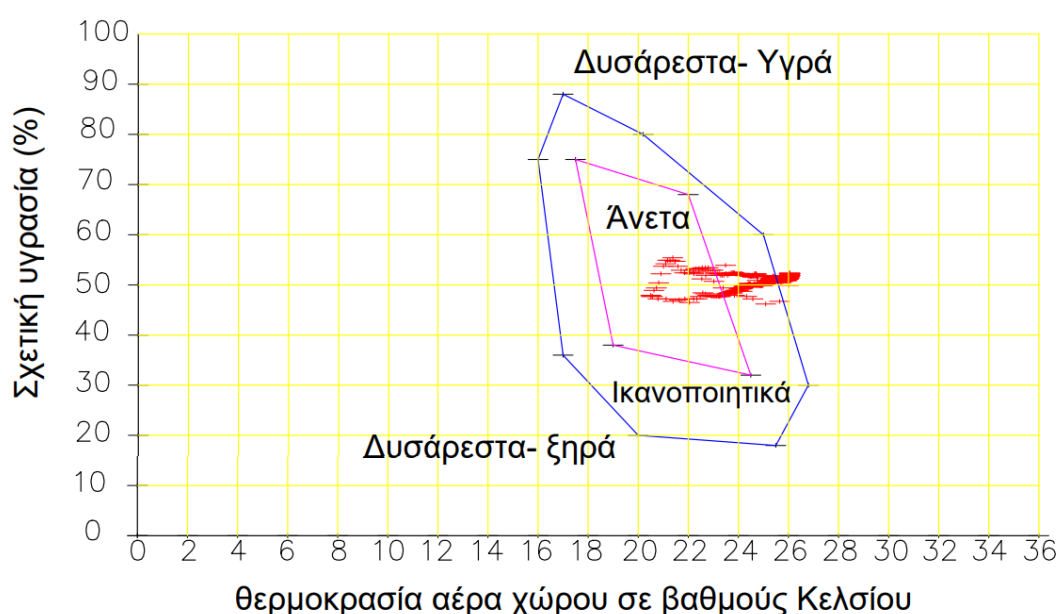
Αρχικά να αναφέρουμε ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο οι μετρήσεις της θερμοκρασίας όσο και αυτές της σχετικής υγρασίας. Λόγω της χρήσης κλιματιστικού στην αίθουσα τις δύο πρώτες ημέρες και της μη χρήσης αυτού τις δύο τελευταίες λόγω σαββατοκύριακου, υπάρχει μία διαφοροποίηση στην συμπεριφορά η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

Στάθμη Α

Στην στάθμη Α οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 20,90 C και 26,46 C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 46,90% και 55,80%. Η σχετικά μεγαλύτερη διακύμανση της θερμοκρασίας σε σύγκριση με τις προηγούμενες αίθουσες που αναλύθηκαν, οφείλεται όπως προαναφέρθηκε λόγω της χρήσης κλιματιστικού στις δύο πρώτες μέρες των μετρήσεων. Πιο συγκεκριμένα αυτές τις μέρες οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν κυμαίνονται μεταξύ 20,90 C και 22,60 C από τις

10.00 το πρωί έως τις 17.00 το απόγευμα, δηλαδή τις ώρες περίπου που λειτουργεί το κλιματιστικό. Στην συνέχεια υπάρχει μια μικρή σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του απογεύματος και της νύχτας η οποία όμως είναι πολύ μικρή και όχι παραπάνω από 3 C. Τις μέρες του σαββατοκύριακου παρατηρείται μία μικρή άνοδος της θερμοκρασίας όχι μεγαλύτερη όμως των 2 C η οποία κυμαίνεται στο κατάλληλο επίπεδο για την εποχή (περίπου 26 C).

Ως προς την σχετική υγρασία επίσης τα συμπεράσματα είναι θετικά. Η διακύμανση είναι σχετικά μικρή καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων και μέσα στα επιθυμητά όρια για την εποχή. Συμπερασματικά η στάθμη A βρίσκεται σε απολύτως ικανοποιητικά επίπεδα θερμικής άνεσης.



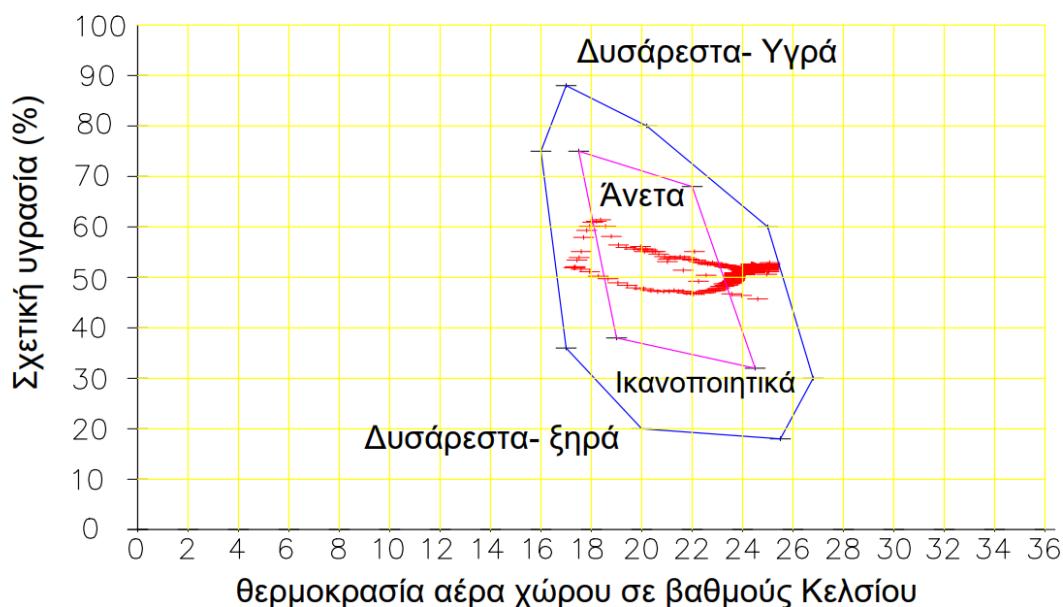
Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

Στάθμη B

Στην στάθμη B οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 17,71 C και 25,47 C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 46,10% και 61,80%. Είναι εμφανές η μεγαλύτερη διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε σύγκριση με την στάθμη A. Το γεγονός αυτό σίγουρα οφείλεται στο ότι η στάθμη B βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο από την στάθμη A αλλά επίσης και στο γεγονός ότι βρίσκεται πιο κοντά στο πεδίο δράσης του κλιματιστικού.

Γενικά η συμπεριφορά της θερμοκρασίας αλλά και της σχετικής υγρασίας είναι σχεδόν ίδια με αυτή της στάθμης A με μόνη βασική διαφορά το κατώτατο όριο θερμοκρασίας (17,71 C) και το ανώτατο όριο υγρασίας (61,80%). Αυτό και μόνο όμως είναι αρκετό να ισχυριστούμε ότι στην στάθμη B το επίπεδο θερμικής άνεσης

δεν βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι αυτό συμβαίνει κατά την διάρκεια λειτουργίας του κλιματιστικού τις μεσημεριανές ώρες έως και την παύση αυτού νωρίς το απόγευμα (12.00 – 17.00). τις υπόλοιπες ώρες αλλά και μέρες που δεν έχουμε λειτουργία του κλιματιστικού, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία βρίσκονται σε απολύτως ικανοποιητικά επίπεδα.



Διάγραμμα θερμικής άνεσης επιτόπιων μετρήσεων

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 015

Συμπερασματικά είναι ασφαλές να υποθέσουμε πως η θερμική άνεση του αμφιθεάτρου 015 είναι σε ικανοποιητικά και άνετα επίπεδα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ελάχιστες, οι μέγιστες και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που σημειώθηκαν στις διάφορες αίθουσες.

Αίθουσα	Θερμοκρασία [C]			Υγρασία %		
	Min	Max	μέση	Min	Max	Μέση
Δίδυμα Αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών	24,06	26,6	25,14	34,7	72,9	52,17
Αίθουσα 5 Νέα Κτίρια Πολιτικών Μηχανικών	27,29	28,65	27,80	31,9	42,9	40,47
Αίθουσα 020 Κτίριου Λαμπαδαρίου	28,78	29,51	29,13	30,1	40,8	38,46
Αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών	27,87	29,49	28,49	30,7	40,9	37,53
Αμφιθέατρο Κτιρίου Ηχοτεχνίας	21,15	25,62	23,33	41,4	63,1	51,76
Αμφιθέατρο 015 Κτιρίου Λαμπαδαρίου (Στάθμη Α)	20,9	26,46	24,93	46,9	55,8	51,14
Αμφιθέατρο 015 Κτιρίου Λαμπαδαρίου (Στάθμη Β)	17,71	25,47	23,84	46,1	61,8	51,77
Αμφιθέατρο 1 κτιρίου ΒΕΗ	25,78	29,05	27,23	36,3	57,3	46,19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μετρήσεις φυσικού φωτισμού είναι μετρήσεις οι οποίες γίνονται με ένα ειδικό φωτόμετρο χειρός και οι οποίες αποσκοπούν στην αξιολόγηση των οπτικών συνθηκών άνεσης στις υπό μελέτη αίθουσες. Στόχος ήταν η μέτρηση του φυσικού φωτισμού σε 7 αίθουσες, όπου τελικά μετρήθηκαν οι 6 από αυτές αφού το αμφιθέατρο των Πολιτικών Μηχανικών είχε πλήρη απουσία φυσικού φωτισμού.



Φωτόμετρο

Όλες οι αίθουσες μετρήθηκαν την ίδια ημέρα στις 3/6/2016. Η μέρα αυτή επιλέχθηκε καθώς τότε επικρατούσαν συνθήκες πλήρης ηλιοφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις σε κάθε αίθουσα ήταν τρεις, μία πρωινή μία μεσημεριανή και μία απογευματινή. Οι πρωινές μετρήσεις έγιναν μεταξύ 09.00 – 10.00, οι μεσημεριανές μεταξύ 12.00 – 13.00 και οι απογευματινές μεταξύ 16.00 – 17.00.

9.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Αρχικά, έπρεπε να υπολογισθεί το πλήθος των σημείων που θα τοποθετούνταν το ειδικό φωτόμετρο σε κάθε αίθουσα. Δηλαδή, έπρεπε να υπολογισθεί ο αριθμός των μετρήσεων φυσικού φωτισμού σε κάθε αίθουσα. Για τον υπολογισμό αυτών χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$R = (a \cdot b) / ((a + b) \cdot (H - h))$$

Όπου:

R, δείκτης (Room Index)

a, το μήκος του χώρου

b, το πλάτος του χώρου

H, το καθαρό ύψος της αίθουσας από πλάκα σε πλάκα

h, το ύψος στο οποίο τοποθετείται το φωτόμετρο μετρούμενο από το δάπεδο

Έτσι ανάλογα με την τιμή του δείκτη R απαιτούνται:

- 4 σημεία μέτρησης, για $R < 1$
- 9 σημεία μέτρησης, για $1 < R < 2$
- 16 σημεία μέτρησης, για $2 < R < 3$
- 24 σημεία μέτρησης, για $R > 3$

Στη συνέχεια όλες οι αίθουσες χωρίσθηκαν σε κάρναβο, ανάλογα με τον απαιτούμενο αριθμό σημείων της κάθε μίας. Επομένως, ήταν πλέον γνωστές όλες οι ακριβείς θέσεις τοποθέτησης του ειδικού φωτόμετρου σε κάθε αίθουσα.

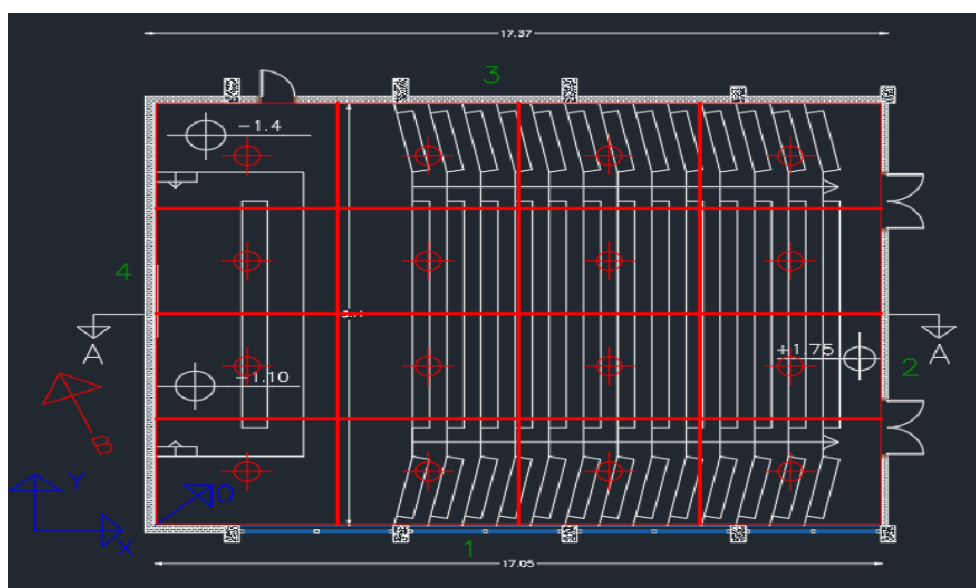
Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε ύψος 80cm από το δάπεδο του χώρου, ύψος το οποίο βρίσκεται αρκετά κοντά στο ύψος εργασίας.

Αναλυτικά για κάθε αίθουσα έχουμε τα εξής:

Αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου:

Διαστάσεις: 14*17, άρα

$2 < R = 2,34 < 3$, άρα απαιτούνται 16 σημεία μέτρησης φυσικού φωτισμού και σχεδιάζεται κάρναβος 4*4

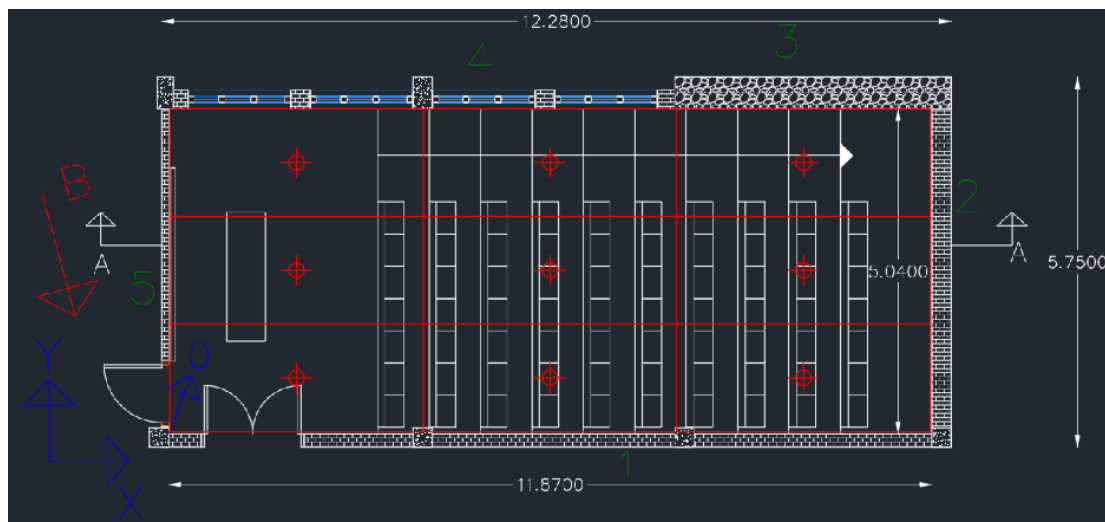


Κάρναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου

Αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας

Διαστάσεις: 5,0*11,9, άρα

$1 < R=1,98 < 2$, άρα απαιτούνται 9 σημεία μέτρησης φυσικού φωτισμού και σχεδιάζεται κάναβος 3*3

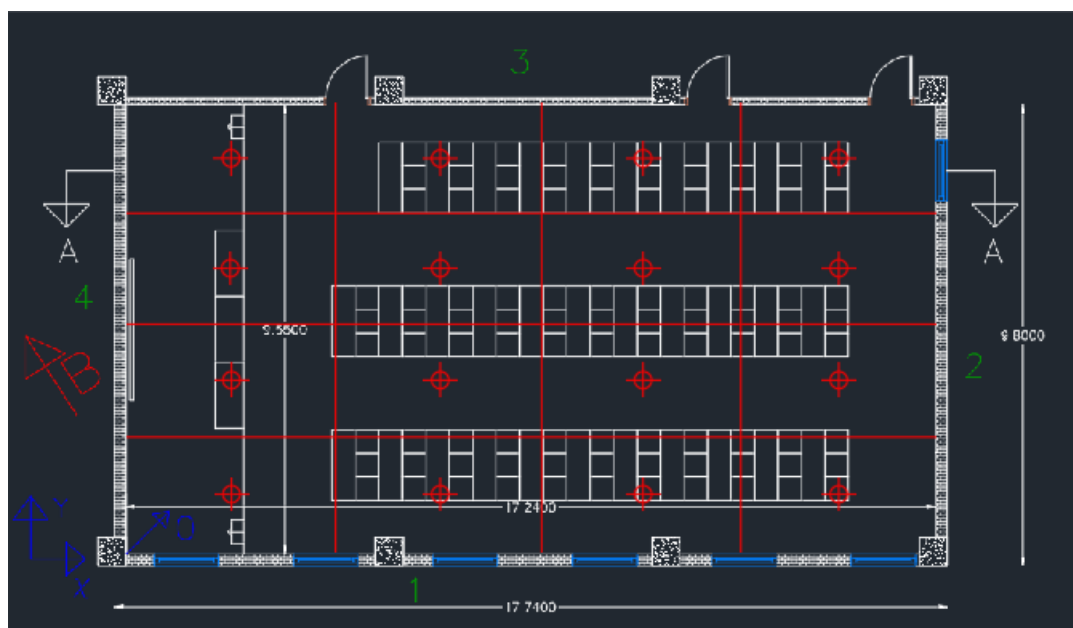


Κάναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας

Αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών

Διαστάσεις: 9,55*17,24, άρα

$2 < R=2,56 < 3$, άρα απαιτούνται 16 σημεία μέτρησης φυσικού φωτισμού και σχεδιάζεται κάναβος 4*4

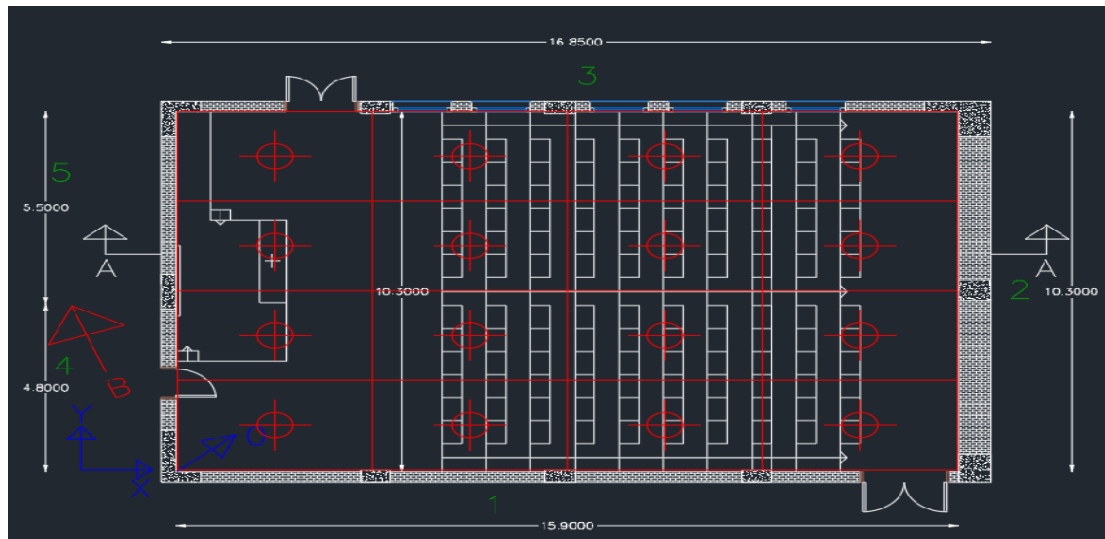


Κάναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στην αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών

Αμφιθέατρο ΒΕΗ

Διαστάσεις: 10,0*15,0, άρα

$2 < R=2,85 < 3$, άρα απαιτούνται 16 σημεία μέτρησης φυσικού φωτισμού και σχεδιάζεται κάναβος 4*4

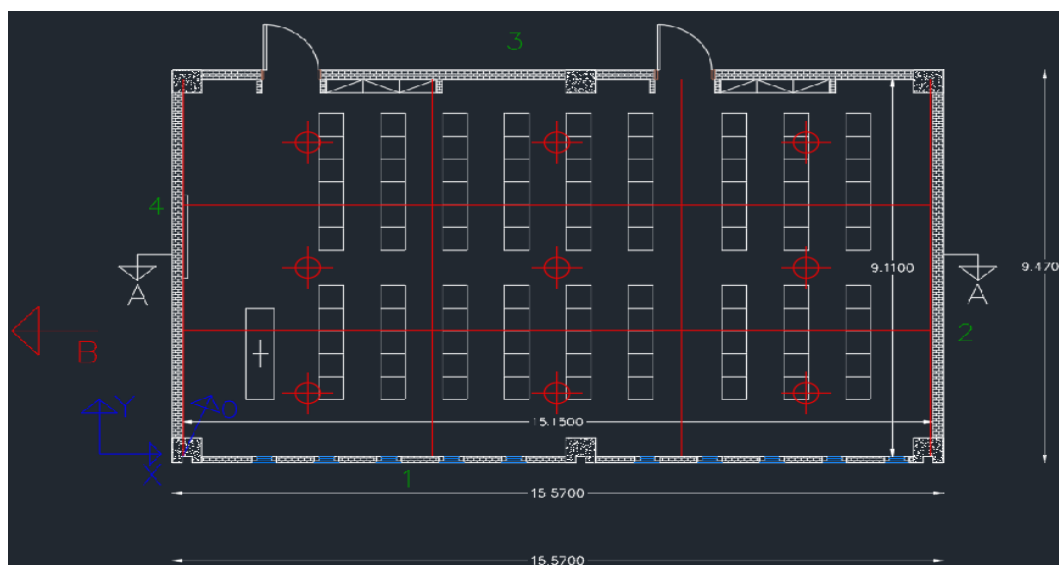


Κάναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο αμφιθέατρο 1 κτιρίου ΒΕΗ

Αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών

Διαστάσεις: 6,40*15,20, άρα

$1 < R=1,70 < 2$, άρα απαιτούνται 9 σημεία μέτρησης φυσικού φωτισμού και σχεδιάζεται κάναβος 3*3

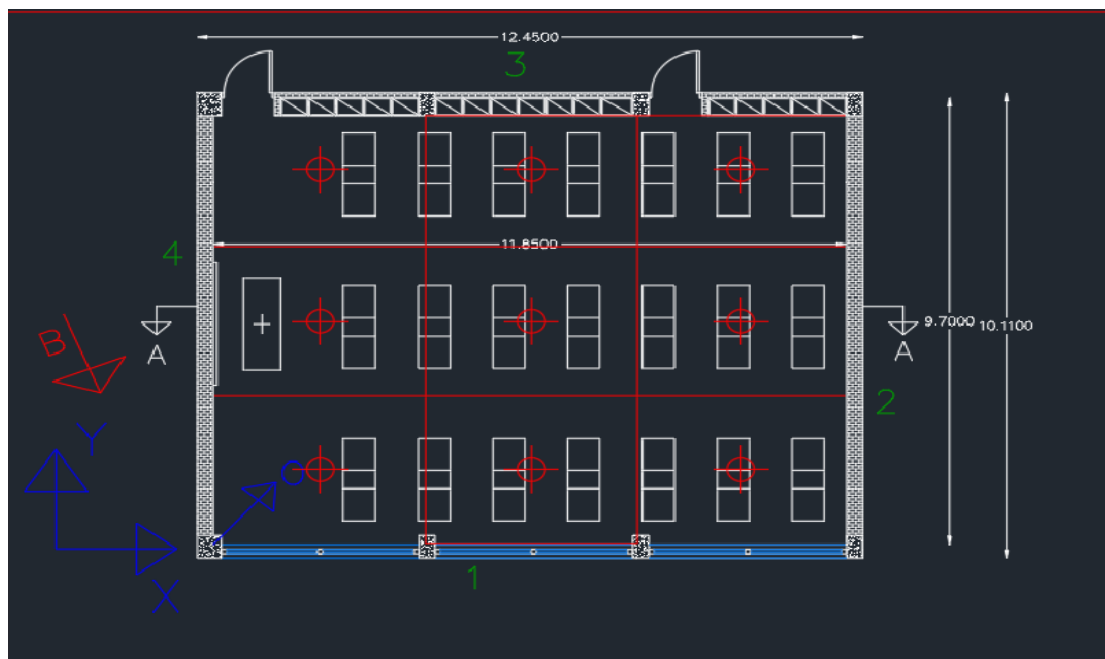


Κάναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στην αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών

Αίθουσα 020 κτιρίου Λαμπαδαρίου

Διαστάσεις: 9,45*11,80, άρα

$1 < R=1,72 < 2$, άρα απαιτούνται 9 σημεία μέτρησης φυσικού φωτισμού και σχεδιάζεται κάναβος 3*3

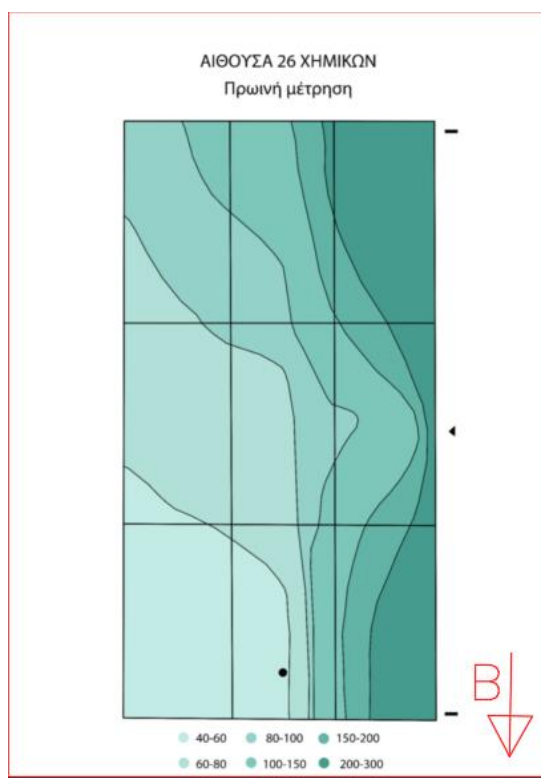


Κάναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στην αίθουσα 020 κτιρίου Λαμπαδαρίου

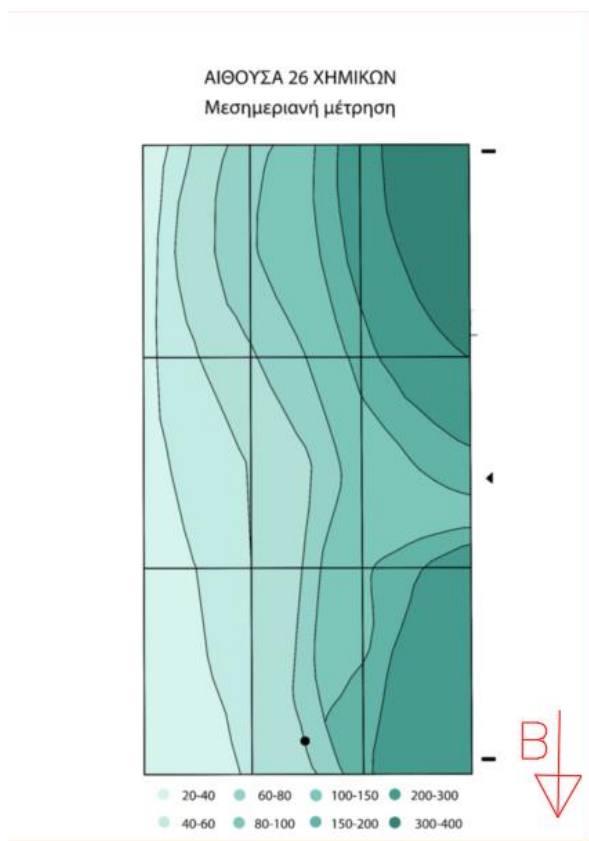
9.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Από τις μετρήσεις που έγιναν και με γραμμική παρεμβολή των σημείων δημιουργήθηκαν οι ισόφωτες καμπύλες που δείχνουν τον φυσικό φωτισμό στο χώρο. Στη συνέχεια ακολουθεί η παρουσίαση των φωτομετρικών καμπύλων για τον κάθε αντιπροσωπευτικό χώρο.

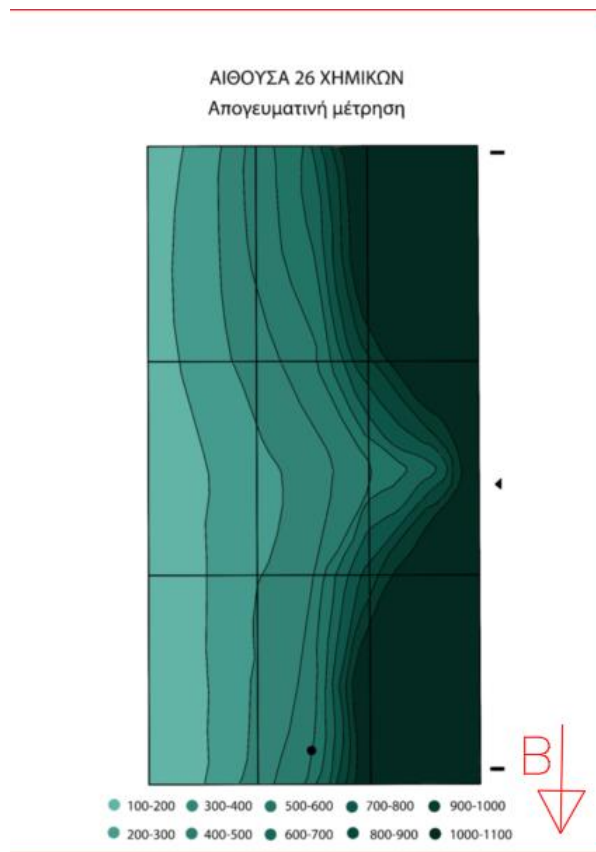
ΑΙΘΟΥΣΑ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών κατά την πρωινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών κατά την μεσημεριανή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών κατά την απογευματινή μέτρηση

Η αίθουσα 26 των Χημικών Μηχανικών έχει τα παράθυρα στην δυτική πλευρά της, τα οποία έχουν τοποθετηθεί λοξά ώστε να έχουν βορειοδυτικό προσανατολισμό. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η ενδεχόμενη θάμβωση που θα προκαλούταν από τα δυτικά προσανατολισμένα παράθυρα και επιτυγχάνεται ομαλότερη κατανομή του φωτός που εξασφαλίζει ο βόρειος προσανατολισμός.

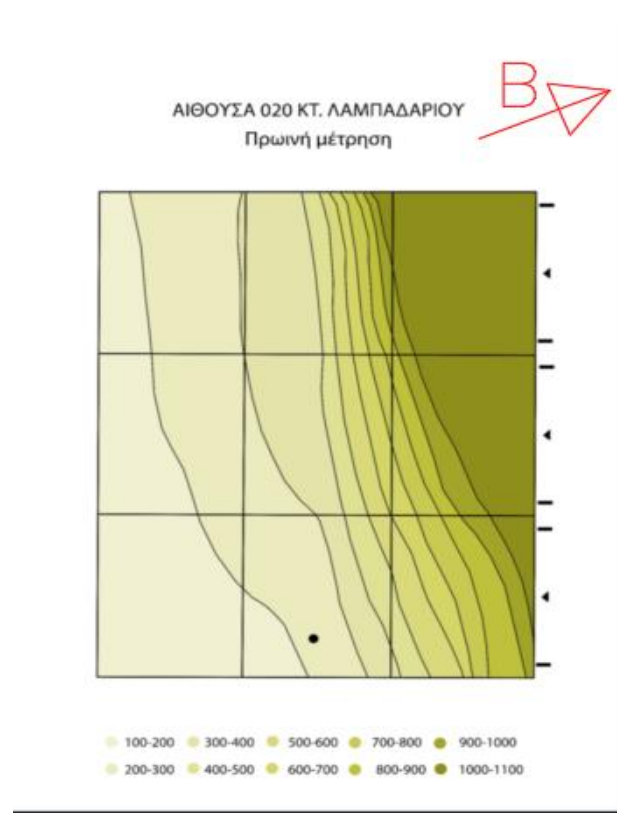
Από τις φωτομετρικές καμπύλες παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή της κάθε μέτρησης εμφανίζεται στη νοτιοδυτική γωνία της αίθουσας, κοντά στα παράθυρα και είναι 290 lux, 331 lux για πρωινή και μεσημεριανή μέτρηση αντίστοιχα. Επίσης παρατηρούμε ότι για την απογευματινή μέτρηση η μέγιστη τιμή εμφανίζεται για την βορειοδυτική γωνία στα 1990 lux με μικρή διαφορά από την νοτιοδυτική (1920 lux) και οι ενδείξεις του φωτισμού για όλη την αίθουσα είναι πολύ μεγαλύτερες σε σύγκριση με αυτές των πρωινών και μεσημεριανών μετρήσεων.

Οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στην ανατολική – βορειανατολική πλευρά της αίθουσας και εμφανίζονται κατά την μεσημεριανή μέτρηση. Αυτό εξηγείται από το γεγονός όπως προαναφέρθηκε ότι ο βορειοδυτικός προσανατολισμός των παραθύρων μειώνει τον εισερχόμενο φωτισμό, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται

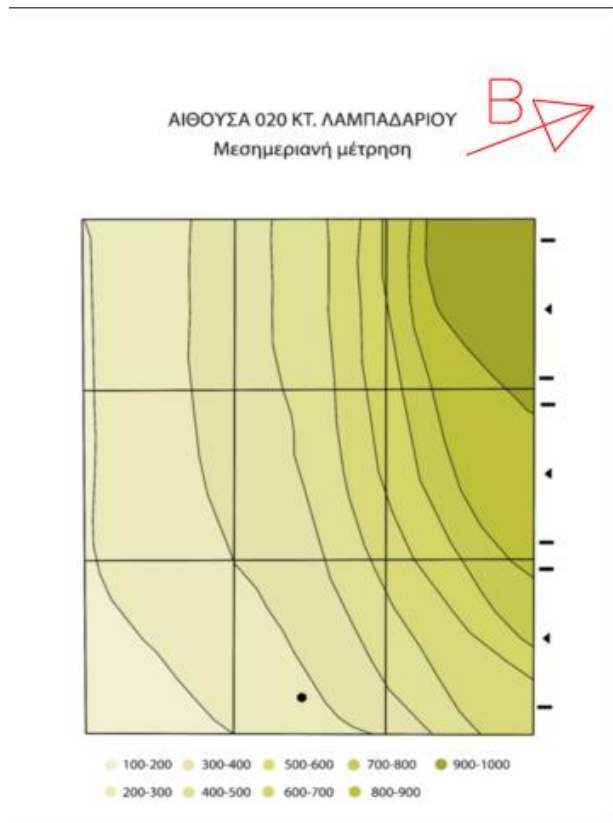
χαμηλότερες τιμές φωτισμού στο βάθος της αίθουσας από ότι θα είχαμε κατά την ίδια μέτρηση με τον δυτικό προσανατολισμό.

Συμπεραίνουμε ότι το επίπεδο οπτικής άνεσης είναι με μεγάλη διαφορά μεγαλύτερο τις απογευματινές ώρες στο σύνολο της αίθουσας με βάση τις μετρήσεις που έγιναν. Γενικά όμως μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το επίπεδο οπτικής άνεσης είναι χαμηλό καθώς στο μεγαλύτερο κομμάτι της ημέρας ο φωτισμός της αίθουσας είναι μικρότερος από 500 lux και το απόγευμα που ο φωτισμός είναι μεγαλύτερος, το κεντρικό και το ανατολικό κομμάτι της αίθουσας εξακολουθεί να έχει φωτισμό μικρότερο από 500 lux.

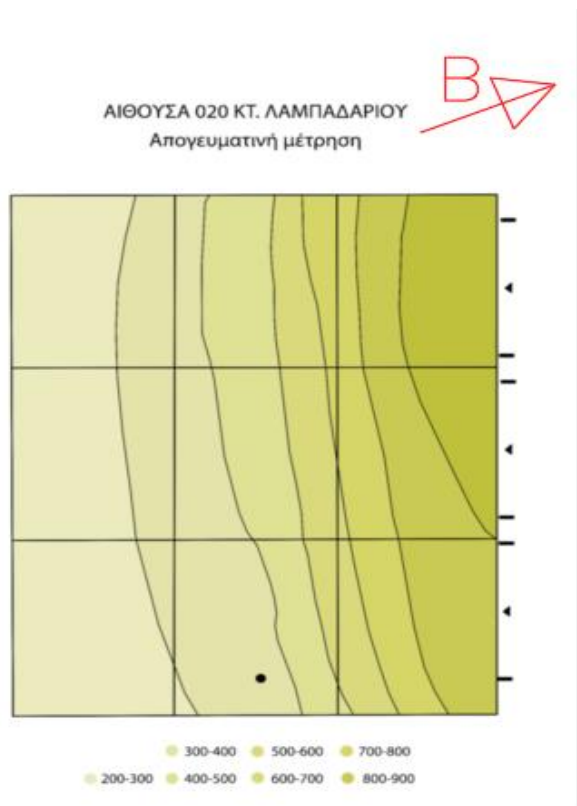
ΑΙΘΟΥΣΑ 20 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 20 κτιρίου Λαμπαδαρίου κατά την πρωινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 20 κτιρίου Λαμπαδαρίου κατά την μεσημεριανή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 20 κτιρίου Λαμπαδαρίου κατά την απογευματινή μέτρηση

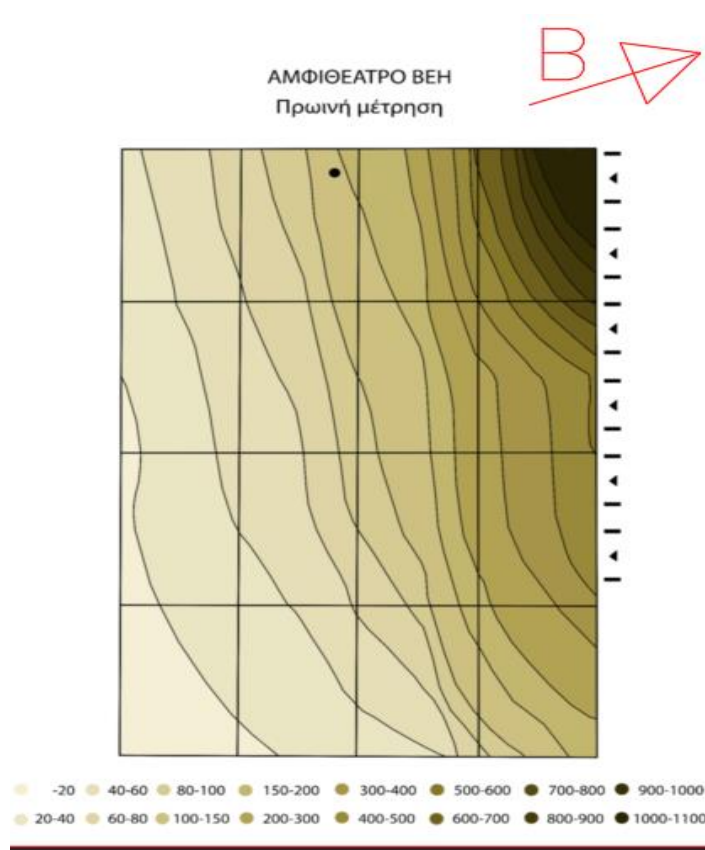
Τα παράθυρα της αίθουσας 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου έχουν κυρίως βόρειο με βορειοανατολικό προσανατολισμό. Από αυτό λοιπόν και από τις ενδείξεις των μετρήσεων, συμπεραίνουμε αμέσως τα πλεονεκτήματα που αποφέρει ο συνδυασμός βόρειου και ανατολικού προσανατολισμού.

Λόγω του ανατολικού προσανατολισμού η αίθουσα έχει φωτισμό και ηλιασμό μεγαλύτερο κατά τις πρωινές ώρες. Αυτό φαίνεται στις μετρήσεις καθώς η μέγιστη τιμή φωτισμού παρατηρείται κατά την πρωινή μέτρηση στα 1565 lux στην βορειοδυτική πλευρά της αίθουσας όπως είναι φυσιολογικό καθώς αυτή είναι περισσότερο εκτεθειμένη στον ήλιο. Γενικά παρατηρείται μεγαλύτερος φωτισμός κοντά στα παράθυρα και μικρότερος στην πλευρά που είναι μακριά από αυτά με μικρότερη μέτρηση να σημειώνεται πάλι το πρωί στα 153 lux στην νοτιοανατολική πλευρά της αίθουσας.

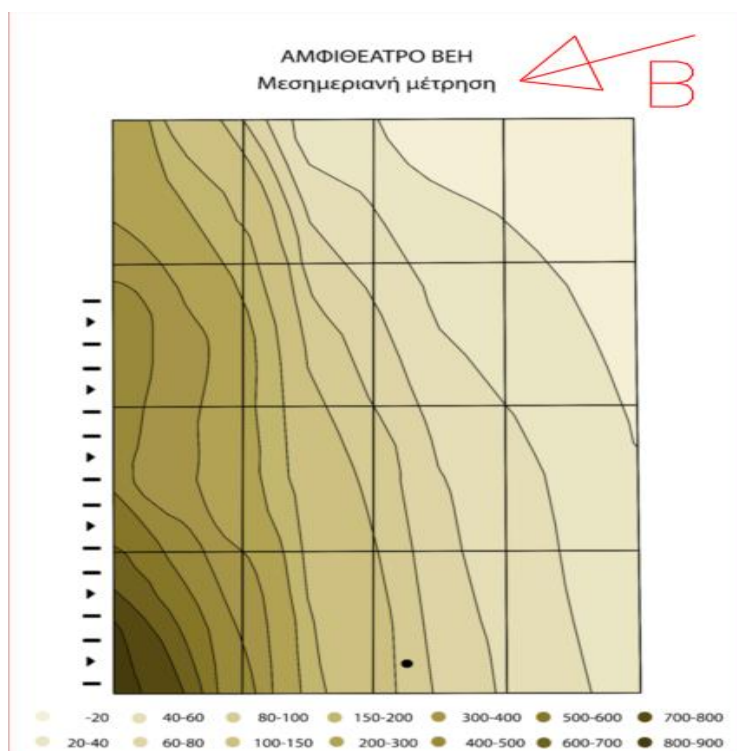
Μετά το πέρασμα της μέρας παρατηρείται μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας όπως είναι φυσιολογικό και πιο συγκεκριμένα 918 lux το μεσημέρι και 854 lux το απόγευμα. Αξιοσημείωτο όμως είναι ότι την ίδια στιγμή αυξάνεται η τιμή του ελάχιστου φωτισμού από 153 lux σε 200 lux το μεσημέρι και 250 lux το απόγευμα. Αυτό οφείλεται στον βορινό προσανατολισμό της αίθουσας ο οποίος το μεγαλύτερο πλεονέκτημα που προσφέρει είναι σταθερό διάχυτο φωτισμό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό φαίνεται και από τις φωτομετρικές καμπύλες όπου στην απογευματινή μέτρηση τείνουν να γίνουν πιο ομοιόμορφες στον χώρο και με μικρότερη διακύμανση μέγιστης και ελάχιστης φωτεινότητας.

Τελικά, παρατηρούμε ότι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ένα μεγάλο κομμάτι της αίθουσας και πιο συγκεκριμένα από την πλευρά των παραθύρων έως και το μέσον της περίπου, φωτίζεται με περισσότερο από 500 lux και ένα άλλο μικρό κομμάτι κοντά στο μέσον της, οριακά λίγο κάτω από 500 lux, ένα εύρος τιμών που αποτελούν καλό επίπεδο οπτικής άνεσης. Επειδή όμως υπάρχει ένα σεβαστό κομμάτι που φωτίζεται με λιγότερο από 300 lux, προτείνεται η υποστήριξη τεχνητού φωτισμού στην αίθουσα.

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΒΕΗ



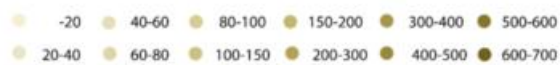
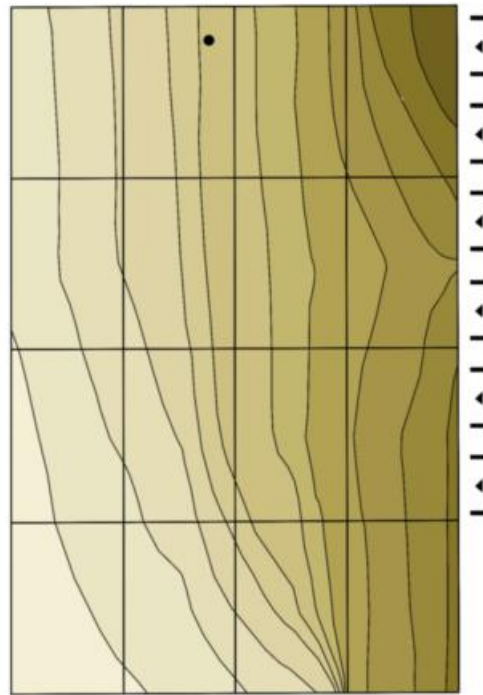
Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο ΒΕΗ κατά την πρωινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο ΒΕΗ κατά την μεσημεριανή μέτρηση



ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΒΕΗ
Απογευματινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο ΒΕΗ κατά την απογευματινή μέτρηση

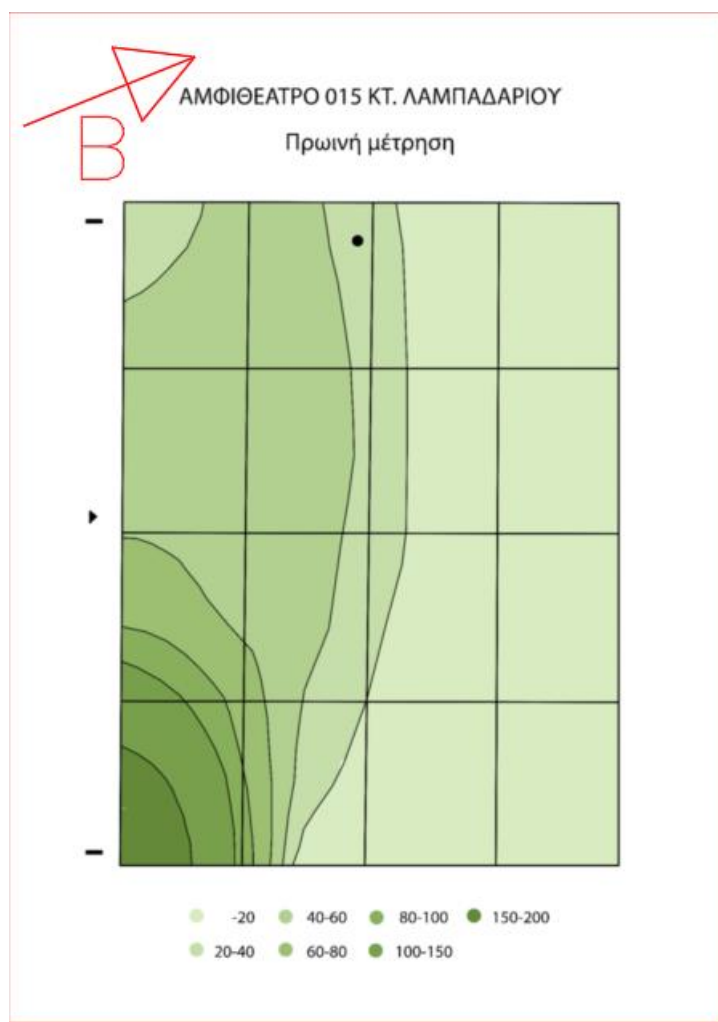
Το αμφιθέατρο ΒΕΗ αποτελεί παρόμοια περίπτωση με την αίθουσα 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου καθώς είναι παράλληλα γεωγραφικά διαμορφωμένες. Τα παράθυρα έχουν βόρειο – βορειοανατολικό προσανατολισμό. Οι μέγιστες τιμές φωτισμού παρουσιάζονται κοντά στα παράθυρα και πιο συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή εμφανίζεται όπως είναι αναμενόμενο, κατά την πρωινή μέτρηση στα 826 lux, στην βορειοδυτική πλευρά της αίθουσας, ενώ οι ελάχιστες τιμές παρουσιάζονται μακριά από τα παράθυρα και συγκεκριμένα 13 lux στην νοτιοανατολική πλευρά της αίθουσας, πάλι κατά την πρωινή μέτρηση.

Κάνοντας μία σύγκριση του αμφιθεάτρου ΒΕΗ και της αίθουσας 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου παρατηρούμε πολλά κοινά στοιχεία μεταξύ τους, καθώς η συμπεριφορά της διακύμανσης των μέγιστων τιμών είναι ίδια και στις δύο αίθουσες δηλαδή μετά το πέρας του πρωινού πέφτει σημαντικά και από το μεσημέρι και μετά τείνει να σταθεροποιηθεί στα ίδια επίπεδα. Επίσης, λόγω του βορινού προσανατολισμού σε όλο τον χώρο της αίθουσας μακριά από τα παράθυρα, παρατηρούμε πολύ μικρή διακύμανση των μετρήσεων φωτισμού καθώς όπως

προαναφέρθηκε, ο βόρειος προσανατολισμός προσφέρει σταθερό διάχυτο φωτισμό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Τέλος, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα επίπεδα φωτισμού στο αμφιθέατρο είναι μικρότερα από αυτά της αίθουσας 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Αυτό οφείλεται στη θέση που κατέχει το αμφιθέατρο μέσα στο κτίριο, αφού εξ αιτίας γειτονικών κομματιών του κτιρίου αλλά και της εξωτερικής βλάστησης, αποκόπτεται εν μέρει ο άμεσος ηλιασμός και φωτισμός του.

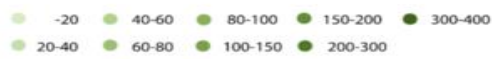
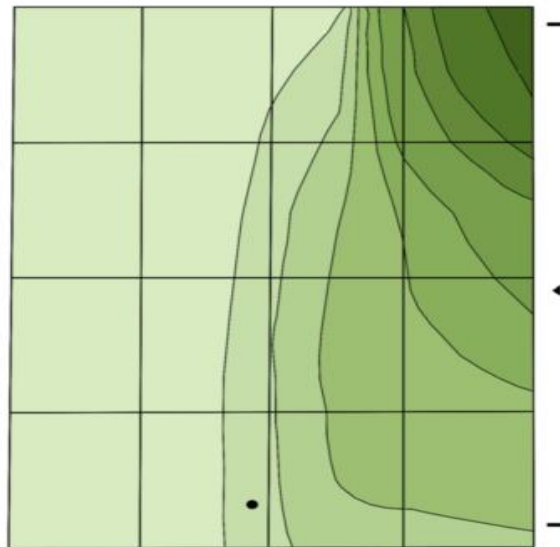
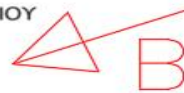
Κρίνοντας απ' τις τιμές φωτισμού μπορούμε να πούμε ότι το επίπεδο οπτικής άνεσης στο αμφιθέατρο δεν είναι καλό αφού μακριά από τα παράθυρα οι τιμές βρίσκονται διαρκώς κάτω από 300 lux και κατ' επέκταση κάτω από 500 lux που είναι το επιθυμητό όριο. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η χρήση τεχνητού φωτισμού.

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 015 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ



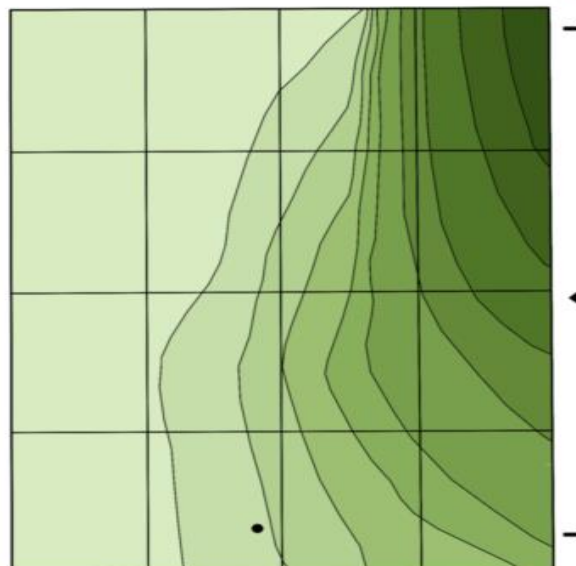
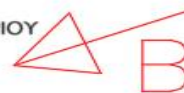
Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου κατά την πρωινή μέτρηση

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 015 ΚΤ. ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ
Μεσημεριανή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου κατά την μεσημεριανή μέτρηση

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 015 ΚΤ. ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ
Απογευματινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου κατά την απογευματινή μέτρηση

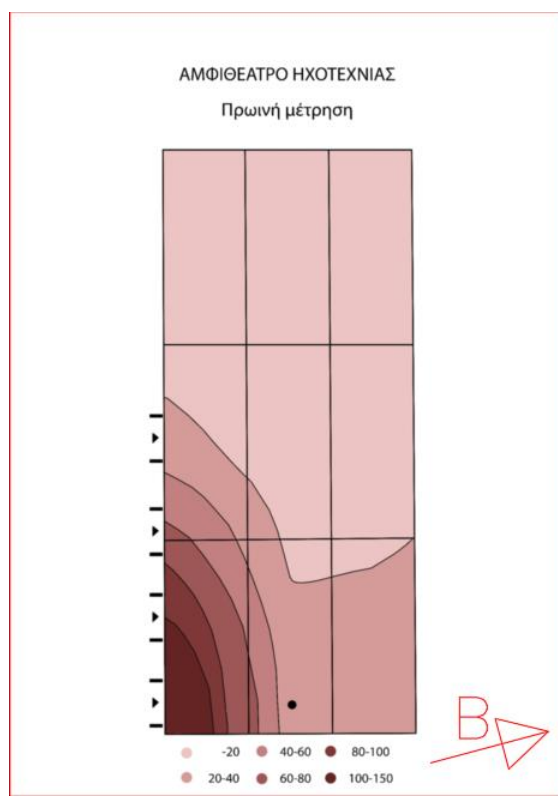
Το αμφιθέατρο 015 του κτιρίου Λαμπαδαρίου συνδέεται με τον ίδιο διάδρομο της αίθουσας 20 του ίδιου κτιρίου της οποίας έγινε ανάλυση προηγουμένως και στην αντίθετη πλευρά από αυτή. Αρχικά να πούμε ότι η αίθουσα έχει παράθυρα μικρού ύψους (0,60μ) και δεδομένου του όγκου της οι τιμές φυσικού φωτισμού είναι πολύ μικρές στο μεγαλύτερο κομμάτι του χώρου καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Κάτι τέτοιο ασφαλώς φαίνεται κα από τις μετρήσεις που έγιναν τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω.

Το πλεονέκτημα του νότιου προσανατολισμού σε σύγκριση με τον βόρειο είναι ότι φωτίζει τους χώρους του κτιρίου για περισσότερες ώρες κατά την διάρκεια της ημέρας. Κάτι τέτοιο όμως δεν εκμεταλλεύεται η συγκεκριμένη αίθουσα λόγω του μικρού ύψους των παραθύρων της και σε συνδυασμό με τον δυτικό της προσανατολισμό, αμέσως παρατηρούμε ότι πρωινές ενδείξεις φυσικού φωτισμού είναι και οι μικρότερες. Συγκεκριμένα η μικρότερη τιμή σημειώνεται κατά την πρωινή μέτρηση και είναι μηδενική, στην βορειοανατολική πλευρά του αμφιθεάτρου και παραμένει σε μηδενικά επίπεδα καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας.

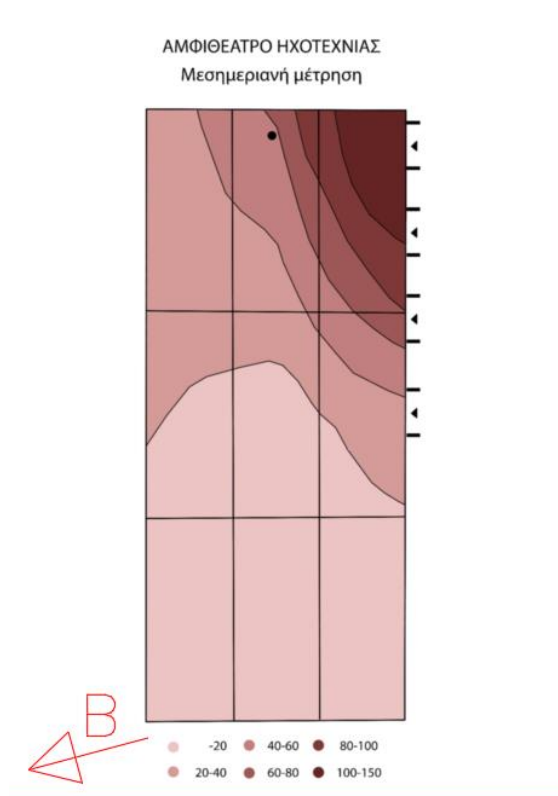
Τις μεγαλύτερες τιμές φυσικού φωτισμού τις εντοπίζουμε κατά την απογευματινή μέτρηση όπως είναι λογικό από νοτιοδυτικό προσανατολισμό και συγκεκριμένα 336 lux στη νοτιοανατολική πλευρά της αίθουσας. Θα περιμέναμε μεγαλύτερες τιμές στη νοτιοδυτική πλευρά της αίθουσας οι οποίες δεν ξεπερνούν τα 100 – 150 lux. Τέλος, παρατηρείται σταδιακά αύξηση του φυσικού φωτισμού με το πέρασμα της ημέρας κάτι που προσφέρει φυσιολογικά ο νοτιοδυτικός προσανατολισμός.

Είναι ασφαλές και απαραίτητο να κρίνουμε το επίπεδο οπτικής άνεσης πολύ φτωχό και η λειτουργία του μπορεί να επιτευχθεί μόνο με υποστήριξη τεχνητού φωτισμού.

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ



Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας κατά την πρωινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στο αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας κατά την απογευματινή μέτρηση

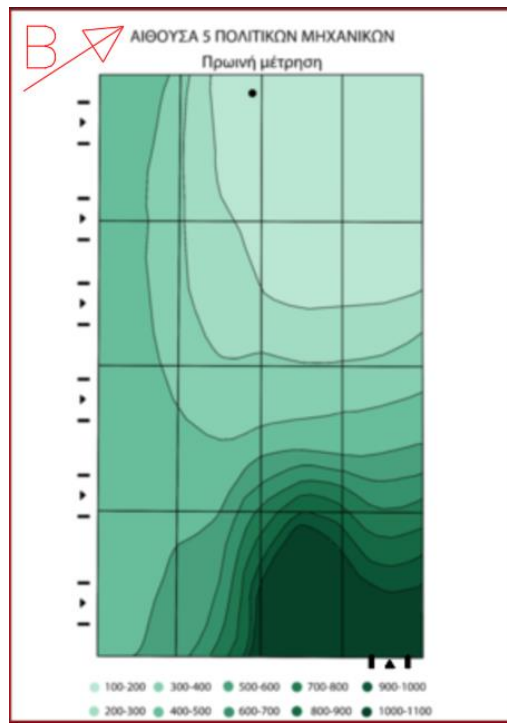
Το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας έχει κυρίως νότιο προσανατολισμό με ελαφρώς νοτιοδυτικό. Αρχικά πρέπει να αναφέρουμε ότι λόγω δυσκολίας πρόσβασης στην αίθουσα την περίοδο των μετρήσεων, ήταν εφικτό να πραγματοποιηθούν μόνο οι δύο πρωινές μετρήσεις, η πρωινή και η μεσημβρινή.

Δεν χρειάζεται να γίνει κάποια ιδιαίτερη ανάλυση των μετρήσεων του αμφιθέατρου καθώς η συμπεριφορά των μετρήσεων είναι παρόμοια αυτής του αμφιθέατρου 015 του κτιρίου Λαμπαδαρίου που έχει σχεδόν ίδιο προσανατολισμό. Οι μέγιστες τιμές φυσικού φωτισμού παρουσιάζονται κοντά στα παράθυρα και τείνουν να γίνουν μέγιστες με το πέρασμα της ημέρας λόγω του δυτικού προσανατολισμού. Επίσης, λόγω του νότιου προσανατολισμού με το πέρασμα της ώρας, σημειώνεται αύξηση του φυσικού φωτισμού στο σύνολο της αίθουσας.

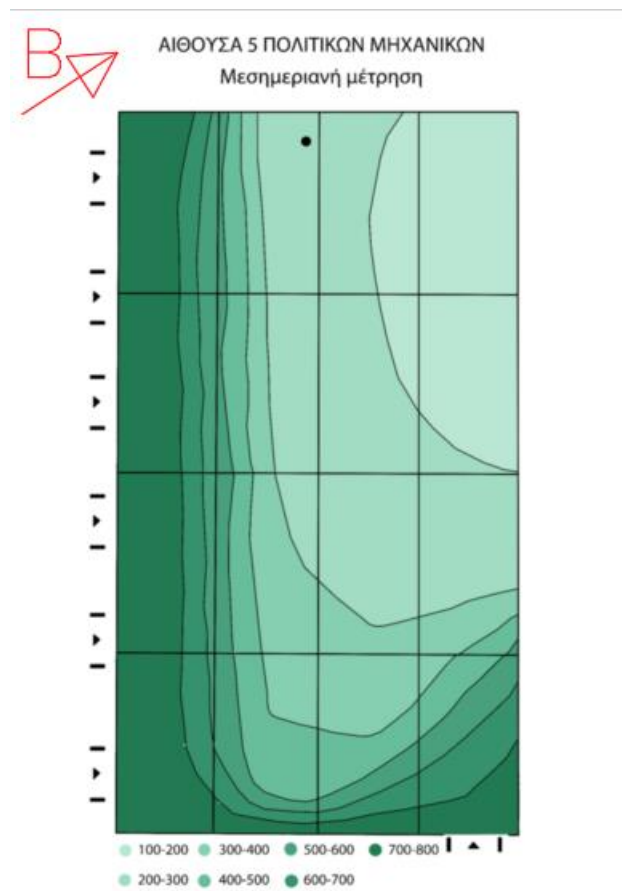
Η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται νοτιοανατολικά της αίθουσας στα 98 lux κατά την μεσημβρινή μέτρηση και ασφαλώς αν υπήρχε απογευματινή, τότε θα ήταν μεγαλύτερη. Η ελάχιστη τιμή φωτισμού σημειώνεται στο σύνολο της δυτικής πλευράς της αίθουσας που είναι μηδενική σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι Α) δεν υπάρχουν παράθυρα από την άκρη της δυτικής πλευράς της αίθουσας έως και την μέση αυτής, ώστε να προσθέσουν παραπάνω φωτισμό και στο ότι Β) τα δύο πιο δυτικά παράθυρα (τέσσερα στο σύνολο) εντοπίστηκαν μισόκλειστα με χαλασμένα στόρια, κάτι που ασφαλώς δυσκολεύει κατακόρυφα την διέλευση φυσικού φωτός στην δυτική πλευρά και κατ' επέκταση σε ολόκληρη την αίθουσα.

Παρά την έλλειψη απογευματινής μέτρησης δεν είναι δύσκολο να πούμε ότι το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας έχει πολύ κακό επίπεδο οπτικής άνεσης και ότι χρειάζεται επιπλέον τεχνητό φωτισμό για την λειτουργία του.

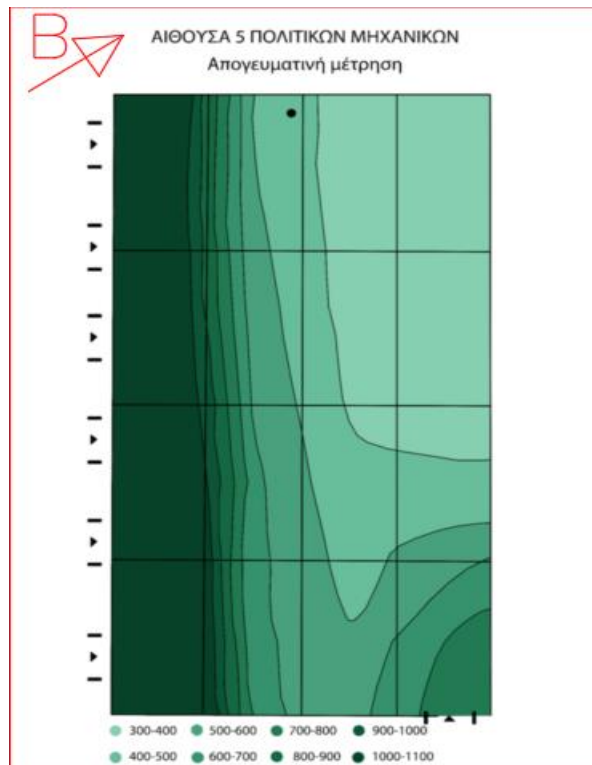
ΑΙΘΟΥΣΑ 5 ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών κατά την πρωινή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών κατά την μεσημεριανή μέτρηση



Φωτομετρικές καμπύλες στην αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών κατά την απογευματινή μέτρηση

Η αίθουσα 5 στα νέα κτίρια Πολιτικών Μηχανικών είναι η πιο σύνθετη περίπτωση για την ανάλυσή της στο σύνολο των αιθουσών. Διαθέτει έξι μεγάλα παράθυρα ύψους 2,20 μέτρων στην μεγάλη νοτιοδυτική πλευρά της και ένα ίδιο παράθυρο στην μικρή νοτιοανατολική πλευρά της. Οπότε συνδυάζει κατά το μέγιστο νοτιοδυτικό προσανατολισμό με ένα μικρό κομμάτι ανατολικού προσανατολισμού παραθύρων.

Αρχικά να πούμε ότι η αίθουσα επωφελείται του πλεονεκτήματος του νότιου προσανατολισμού, δηλαδή να έχει καλό φωτισμό πολλές ώρες της ημέρας. Μέγιστες τιμές φυσικού φωτισμού παρουσιάζονται σε δύο φάσεις των μετρήσεων: 1) 1404 lux στο ανατολικό κομμάτι της αίθουσας κατά την πρωινή μέτρηση λόγω του νοτιοανατολικού παραθύρου και 2) 1460 lux στο νοτιοανατολικό κομμάτι της αίθουσας εξ' αιτίας των νοτιοδυτικών παραθύρων κατά την απογευματινή μέτρηση. Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται μόνο κατά την πρωινή μέτρηση στο βορειοδυτικό κομμάτι της αίθουσας στα 162 lux.

Γενικά, με το πέρασμα της ημέρας σημειώνεται μια μικρή πτώση στην ανατολική και βόρεια πλευρά της αίθουσας από το πρωί προς το μεσημέρι και στη συνέχεια σταδιακή αύξηση αυτού από το μεσημέρι προς το απόγευμα. Στη νότια και δυτική πλευρά της αίθουσας λόγω το νοτιοδυτικού προσανατολισμού υπάρχει μόνο σταδιακή αύξηση του φωτισμού που κορυφώνεται τις απογευματινές ώρες.

Κρίνοντας το επίπεδο οπτικής άνεσης μπορούμε να πούμε ότι κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Ο φωτισμός κοντά στα παράθυρα σχεδόν όλες τις ώρες είναι πάνω από 500 lux ή τείνει να τα φτάσει, ενώ μόνο κατά τις πρωινές ώρες σε κάποια κομμάτια του χώρου δεν παρέχεται αρκετός φυσικός φωτισμός που είναι της τάξης των 200 lux που όμως με το πέρασμα της ημέρας αυξάνεται σε όλο το χώρο πάνω από 300 lux. Συνετό είναι να γίνεται χρήση τεχνητού φωτισμού όποτε κρίνεται απαραίτητο. Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η αίθουσα 5 παρουσιάζει την καλύτερη συμπεριφορά φυσικού φωτισμού απ' όλες τις προηγούμενες.

ΔΙΔΥΜΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή στην συγκεκριμένη αίθουσα δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις φυσικού φωτισμού λόγω έλλειψης παραθύρων και σχεδόν ολοκληρωτικής απουσίας φυσικού φωτισμού ακόμη και από τις πόρτες των αμφιθεάτρων. Ο φωτισμός βρίσκεται στο κατώτατο επίπεδο οπότε απαιτείται η χρήση τεχνητού φωτισμού σε όλη τη διάρκεια χρήσης της αίθουσας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

10.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι κατηγορίες τυπικών σφαλμάτων που παρατηρήθηκαν στις υπό μελέτη αίθουσες και αμφιθέατρα και οι οποίες πρέπει να αποφεύγονται κατά τον ακουστικό σχεδιασμό χώρων διδασκαλίας. Επίσης, θα αναλυθούν συνοπτικά οι λόγοι για τους οποίους πρέπει να αποφεύγονται αυτά τα τυπικά σφάλματα.

Πριν ξεκινήσει η ανάλυση των τυπικών σφαλμάτων σημειώνεται ότι οι αναφορές που ακολουθούν σε αποτελέσματα και συμπεράσματα των μετρήσεων ακουστικής, έχουν καταγραφεί στη διπλωματική εργασία της Γεωργίας Χρυσανθακοπούλου (πηγή 1 στην βιβλιογραφία). Στο σημείο αυτό πρέπει να οριστούν κάποιες έννοιες που αφορούν τις ιδιότητες του ήχου, οι οποίες αναφέρονται στην παρουσίαση των τυπικών σφαλμάτων:

Α) Ο Χρόνος Αντήρησης είναι δείκτης που εκφράζει το χρόνο για τον οποίο ο ήχος παραμένει ζωντανός μετά τη γένεσή του εντός του χώρου και είναι άμεσα εξαρτώμενος από τη δυνατότητα απορρόφησης που έχουν τα ενσωματωμένα στην κατασκευή επιφανειακά υλικά.

Β) Τα ηχοαπορροφητικά υλικά είναι υλικά που χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτείται αυξημένη ηχοαπορρόφηση εντός ενός χώρου. Η ευεργετική επίδραση της αύξησης της ηχοαπορρόφησης σε ένα χώρο οδηγεί στη μείωση του χρόνου αντήρησης αυτού του χώρου.

Γ) Διάχυση είναι το φαινόμενο το οποίο συμβαίνει όταν ένα ηχητικό κύμα προσκρούει σε μία επιφάνεια με ακανόνιστες διαστάσεις, με αποτέλεσμα να προκύπτουν πολλές μικρότερες ενεργειακά και με διαφορετικές κατευθύνσεις ανακλάσεις.

Δ) Ανάκλαση του ήχου είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος συναντά λείες και σκληρές επιφάνειες με αποτέλεσμα να αλλάζει κατεύθυνση.

Ε) Ηχώ είναι μια καθυστερημένη ανάκλαση του ήχου.

Ζ) Θόρυβος βάθους μιας περιοχής ορίζεται ως ο συνολικός θόρυβος που υπάρχει στην περιοχή όταν η ηχητική πηγή που μας ενδιαφέρει δε λειτουργεί.

Η) **Ως ένταση ήχου** ορίζεται η ισχύς του ηχητικού κύματος ανά μονάδα επιφάνειας ή αλλιώς η ενέργεια που μεταφέρει το ηχητικό κύμα ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου.

Επίσης, ένα αρχικό γενικό σχόλιο που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι στα αμφιθέατρα, λόγω του κεκλιμένου επιπέδου διάταξης των ακροατών, εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη πορεία του απ' ευθείας ήχου, που σημαίνει ότι αυξάνει το ποσό του ήχου που αντιστοιχεί σε κάθε ακροατή, σε σχέση με την αίθουσα, όπου λόγω του οριζόντιου επιπέδου διάταξης του ακροατηρίου, μέρος του ήχου απορροφάται από τον προηγούμενο ακροατή.[1]

10.2) ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Παρατηρώντας τους χώρους διδασκαλίας και σύμφωνα με ανάλυση ακουστικών μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί σε αυτές, οι κατηγορίες των τυπικών σφαλμάτων όσον αφορά τον ακουστικό σχεδιασμό, που προκύπτουν σε αυτές είναι οι εξής:

- ❖ **Επένδυση οροφής με ηχοαπορροφητικά υλικά**, που παρατηρείται:
 - Στο αμφιθέατρο του κτιρίου Ηχοτεχνίας, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στο αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στην αίθουσα 5 στα νέα κτίρια των Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη.
- ❖ **Έλλειψη ηχοαπορροφητικών υλικών**, που παρατηρείται:
 - Στο αμφιθέατρο 015 του κτιρίου Λαμπαδαρίου, Πολυτεχνειούπολη
 - Στην αίθουσα 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στην αίθουσα 26 του κτιρίου Χημικών Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη.
- ❖ **Εγκάρσιες δοκοί στην οροφή**, που παρατηρείται:
 - Στην αίθουσα 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου, Πολυτεχνειούπολη.
- ❖ **Υπέρμετρος όγκος χώρου**, που παρατηρείται:
 - Στα δίδυμα αμφιθέατρα των Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στην αίθουσα 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου, Πολυτεχνειούπολη.

- ❖ **Παρουσία μη κατάλληλων ηχοανακλαστικών επιφανειών, οι οποίες δημιουργούν το φαινόμενο της ηχούς, που παρατηρείται:**
 - Στην αίθουσα 5 στα νέα κτίρια των Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στην αίθουσα 020 του κτιρίου Λαμπαδαρίου, Πολυτεχνειούπολη.

- ❖ **Έλλειψη μέτρων ηχοπροστασίας, που παρατηρείται:**
 - Στο αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στα δίδυμα αμφιθέατρα των Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη.
 - Στην αίθουσα 5 στα νέα κτίρια των Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη.[1]

10.3) ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

➤ **Επένδυση οροφής με ηχοαπορροφητικά υλικά**

Στην περίπτωση που για ένα συγκεκριμένο όγκο η εισαχθείσα ηχοαπορρόφηση είναι σχετικά μεγάλη, δηλαδή ο χρόνος αντήχησης ταπεινώνεται κάτω από τα επιθυμητά όρια, η μετρηθείσα απόσβεση του ήχου είναι σχετικά αυξημένη.

Επιπλέον, η τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών στην οροφή, σύμφωνα με τη standard γνώση, δεν ενδείκνυται σε χώρους ακρόασης ομιλίας, διότι στερούνται από το ακροατήριο οι ευεργετικές πρώτες ανακλάσεις της οροφής. Αυτό ισχύει υπό την προϋπόθεση ότι, η οροφή του χώρου βρίσκεται σε τέτοιο ύψος, ώστε να μη δημιουργείται το πρόβλημα της ηχούς. Παρατηρούμε ότι η έλλειψη των πρώτων ανακλάσεων οδηγεί σε μετρηθείσα απόσβεση του ήχου σχετικά αυξημένη.

Ακόμη και όταν η ηχοαπορρόφηση σε σχέση με τον όγκο του χώρου οδηγεί σε επιθυμητές τιμές χρόνου αντήχησης, η επένδυση της οροφής με ηχοαπορροφητικά υλικά οδηγεί σε ελλιπείς πρώτες ανακλάσεις και συνεπώς σε μετρηθείσα απόσβεση του ήχου σχετικά αυξημένη.

➤ **Έλλειψη ηχοαπορροφητικών υλικών**

Η έλλειψη ηχοαπορροφητικών υλικών σε ένα χώρο, ανεξάρτητα από τον όγκο ανά άτομο, οδηγεί σε πολύ μεγαλύτερο χρόνο αντήχησης από τον επιθυμητό.

Επίσης, η μείωση της συνολικής στάθμης του ήχου ακόμα και στην πιο απομακρυσμένη από την πηγή θέση, λαμβάνει σχετικά μικρές τιμές. Αυτό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι, σε τέτοιους χώρους η παρουσία πρώτων ανακλάσεων κατά κανόνα δεν ακυρώνεται και συνεπώς, αυτό αποθαρρύνει τη μείωση της συνολικής στάθμης του ήχου.

➤ **Εγκάρσιες δοκοί στην οροφή**

Οι βαθιές εγκάρσιες δοκοί προκαλούν ηχητική σκιά. Προφανώς, η εν λόγω σκίαση αφορά στις πρώτες ανακλάσεις. Εντούτοις, σύμφωνα με τις υπάρχουσες μετρήσεις ευρέθησαν σχετικά μειωμένες τιμές και της συνολικής στάθμης του ήχου στα πίσω καθίσματα. Αυτό συμφωνεί με τα συμπεράσματα από την πρώτη κατηγορία τυπικών σφαλμάτων, ότι δηλαδή ανεπαρκείς πρώτες ανακλάσεις οδηγούν σε σχετικά αυξημένη μείωση της συνολικής στάθμης του ήχου.

Οι εγκάρσιες δοκοί με μικρή κρέμαση δημιουργούν το φαινόμενο της διάχυσης του ήχου, με αποτέλεσμα και σε αυτή τη περίπτωση η μετρηθείσα συνολική στάθμη του ήχου στις πίσω θέσεις να είναι σχετικά αυξημένη. Αυτό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι η παρατηρούμενη διάχυση στην οροφή αναχαιτίζει τις κατοπτρικές πρώτες ανακλάσεις.

➤ **Υπέμετρος όγκος χώρου**

Ο υπέρμετρος όγκος του χώρου χωρίς την απαραίτητη ποσότητα ηχοαπορροφητικών υλικών οδηγεί σε σχετικά μεγάλο χρόνο αντήχησης.

Όταν με σκοπό να ελεγχθεί ο σχετικά μεγάλος χρόνος αντήχησης, εισάγεται σχετικά αυξημένη ηχοαπορρόφηση στο χώρο, αυτό ευρέθη ότι οδηγεί σε σχετικά αυξημένη μείωση της συνολικής στάθμης του ήχου, το οποίο είναι επιζήμιο για την καλή ακρόαση.

➤ **Παρουσία μη κατάλληλων ηχοανακλαστικών επιφανειών που δημιουργούν το φαινόμενο της ηχούς.**

Η παρουσία μη κατάλληλων ηχοανακλαστικών επιφανειών στο χώρο δύναται να οδηγήσει στη δημιουργία του φαινομένου της ηχούς. Από τους χώρους διδασκαλίας που μελετήθηκαν, το εν λόγω πρόβλημα εντοπίστηκε σε αίθουσες κι όχι σε αμφιθέατρα. Η ηχώ σε αυτές τις αίθουσες δημιουργείται εξ' αιτίας του πίσω τοίχου

τους, ο οποίος είναι ανακλαστικός, σε συνδυασμό με το βάθος τους, το οποίο ικανοποιεί το κριτήριο για τη δημιουργία ηχούς.

➤ **Έλλειψη μέτρων ηχοπροστασίας**

Στο αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ και στα δίδυμα αμφιθέατρα του κτιρίου των Πολιτικών Μηχανικών δημιουργείται πρόβλημα από τα φώτα και τον κλιματισμό. Στην αίθουσα 5 στα νέα κτίρια των Πολιτικών Μηχανικών ο κλιματισμός οδηγεί σε υψηλότερη, από την επιθυμητή, στάθμη θορύβου βάθους.[1]

10.4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο στόχος του ακουστικού σχεδιασμού είναι η δημιουργία κατάλληλου ακουστικού περιβάλλοντος για τους ακροατές και τον ομιλητή. Οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το αποτέλεσμα του σχεδιασμού είναι οι εξής:

- ✓ **Ο Χρόνος αντήχησης**
- ✓ **Η στάθμη εντάσεως του ήχου**
- ✓ **Ο θόρυβος βάθους**
- ✓ **Το κλάσμα των πρώτων ανακλάσεων**

Οι παραπάνω παράγοντες πρέπει να πληρούν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια ώστε να επιτευχθούν οι καλύτερες δυνατές ακουστικές συνθήκες, τόσο από πλευράς ευκρίνειας του ήχου ομιλίας όσο και από πλευράς ποιότητας του ήχου ομιλίας.

Τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν μετά την παρατήρηση και την ανάλυση των τυπικών σφαλμάτων στον ακουστικό σχεδιασμό των υπό μελέτη αιθουσών είναι τα εξής:

- Η τάση επένδυσης της οροφής με ηχοαπορροφητικά υλικά είναι απορριπτέα διότι, όχι μόνο μειώνεται η ευκρίνεια του ήχου, αλλά επιπλέον, σε περίπτωση που η οροφή καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια σε σχέση με τον υπόλοιπο χώρο, αμαυρώνεται η ποιότητα του ήχου, αφού καθίσταται ιδιαίτερα βουβός και χάνει τον πλούτο του.
- Η ακραία τακτική της παντελούς έλλειψης ηχοαπορροφητικών υλικών από το χώρο οδηγεί σε ανεπιθύμητα μεγάλους χρόνους αντήχησης, με αποτέλεσμα τη μείωση της ευκρίνειας του ήχου.
- Η ύπαρξη ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο είναι απαραίτητη. Βέβαια, δεν πρέπει να τοποθετούνται ανεξέλεγκτα, γιατί η θέση και η ποσότητά τους στο χώρο παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο. Η προτιμότερη επιφάνεια τοποθέτησής τους είναι η επιφάνεια του πίσω τοίχου. Σε περίπτωση που ο πίσω τοίχος της αίθουσας διδασκαλίας είναι τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή αλλιώς **τοίχος Trombe**, η τοποθέτηση του ηχοαπορροφητικού υλικού πρέπει

να αποφεύγεται στη συγκεκριμένη επιφάνεια, έτσι ώστε να μην στερηθεί ο χώρος τα θερμικά οφέλη που του προσδίδει ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης.

- Η κατασκευή εγκάρσιων δοκών στην οροφή, ανεξάρτητα από την κρέμασή τους, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ευκρίνειας του ήχου, οπότε πρέπει να αποφεύγεται.
- Η κατασκευή χώρων με υπέρμετρο όγκο, δεν ωφελεί όχι μόνο λόγω αυξημένου κόστους, αλλά και λόγω της μείωσης της ευκρίνειας του ήχου που επιφέρει. Επίσης, στην περίπτωση κατά την οποία προσπαθήσουμε σε ένα χώρο με μεγάλο όγκο, να έχουμε τον επιθυμητό χρόνο αντήχησης με την τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών, θα έχουμε σχετικά αυξημένη απόσβεση του ήχου, γεγονός που είναι ανεπιθύμητο.
- Το ύψος και το μήκος των χώρων, σε περίπτωση που η οροφή και/ή ο πίσω τοίχος είναι ανακλαστικές επιφάνειες, δεν πρέπει να ξεπερνά τα 7 μέτρα, επειδή στην αντίθετη περίπτωση θα δημιουργηθεί το φαινόμενο της ηχούς.
- Η λήψη των κατάλληλων μέτρων ηχοπροστασίας είναι αναγκαία, έτσι ώστε ο θόρυβος βάθους τόσο από εξωτερικούς όσο και από εσωτερικούς παράγοντες να μην καθιστά προβληματική την ακουστική του χώρου.[1]

**Μέρος 3: Προσομοίωση και ενεργειακή ανάλυση των αιθουσών
με χρήση του προγράμματος energy plus**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENERGY PLUS

11.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENERGY PLUS

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς για ολόκληρη την κατασκευή ενός οικοδομήματος που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί, οι αρχιτέκτονες και οι ερευνητές για να μοντελοποιούν την κατανάλωση ενέργειας - για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό, φορτία συσκευών και τη χρήση νερού σε κτίρια. Μερικά από τα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά και δυνατότητες του Energy Plus είναι:

A) Ολοκληρωμένη, ταυτόχρονη λύση των συνθηκών της θερμικής ζώνης και της απόκρισης του συστήματος HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning), που δεν προϋποθέτει ότι το σύστημα HVAC μπορεί να ικανοποιήσει τα φορτία της ζώνης και μπορεί να προσομοιώνει τους μη κλιματιζόμενους και τους υποβαθμισμένους χώρους.

B) Θερμική ισορροπία, που βασίζεται στη λύση φαινομένων ακτινοβολίας, συναγωγής και αγωγής, θερμική άνεση και υπολογισμούς συμπύκνωσης.

Γ) Υπό-ωριαία, χρονικά βήματα, καθορισμένα από το χρήστη για αλληλεπίδραση μεταξύ θερμικών ζωνών και περιβάλλοντος. Με αυτόματα διαφορετικά χρονικά βήματα για αλληλεπιδράσεις μεταξύ θερμικών ζωνών και συστημάτων HVAC. Αυτά επιτρέπουν στο Energy Plus να μοντελοποιεί 37 συστήματα με γρήγορη δυναμική, ενώ ταυτόχρονα δεν εμποδίζει την ταχύτητα προσομοίωσης για ακρίβεια.

Δ) Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που αντιπροσωπεύει την κίνηση του αέρα μεταξύ ζωνών.

Ε) Προηγμένα μοντέλα κουφωμάτων, συμπεριλαμβανομένων των ελεγχόμενων περσίδων των παραθύρων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων και θερμικής ισορροπίας layer by layer που υπολογίζουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα παράθυρα.

Ζ) Υπολογισμοί φωτεινότητας και αντανάκλασης για την αναφορά των συνθηκών οπτικής άνεσης και οδήγησης φωτισμού.

Η) Συστήματα Θέρμανσης, Ψύξης και Αερισμού (συστήματα HVAC) που υποστηρίζει τόσο τυποποιημένες όσο και νέες διαμορφώσεις συστημάτων.

Θ) Παρουσία μεγάλου αριθμού ενσωματωμένων στρατηγικών HVAC, ελέγχου του φωτισμού και ένα εκτενές σύστημα εκτέλεσης προγραμμάτων για έλεγχο που ορίζει ο χρήστης.

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα που βασίζεται σε κονσόλα, διαβάζει την είσοδο και γράφει την έξοδο σε αρχεία κειμένου. Έχει ένα πλήθος προγραμμάτων κοινής ωφέλειας, συμπεριλαμβανομένου του IDF Editor, για τη δημιουργία αρχείων εισόδου χρησιμοποιώντας ένα απλό περιβάλλον εργασίας τύπου spreadsheet, το EP Launch για τη διαχείριση αρχείων εισόδου και εξόδου και την εκτέλεση παρτίδων προσομοιώσεων και το EPCompare για τη σύγκριση γραφικών των αποτελεσμάτων δύο ή περισσότερων προσομοιώσεων.

Το Energy Plus είναι δωρεάν, ανοικτού κώδικα και crossplatform - λειτουργεί με λειτουργικά συστήματα Windows, Mac OS X και Linux. Η ανάπτυξή του χρηματοδοτείται από το Γραφείο Τεχνικών Τεχνολογιών (BTO: Building Technologies Office) του Υπουργείου Ενέργειας (DOE: Department Of Energy) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής . Μαζί με το Open Studio, το Energy Plus αποτελεί μέρος του χαρτοφυλακίου του προγράμματος BTO για την ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων. **(Πηγή: κεντρική ιστοσελίδα Energy Plus)**

11.2) ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν οι βασικότερες δυνατότητες και λειτουργίες του προγράμματος και θα γίνει μία συνοπτική αλλά ουσιαστική ανάλυση των περισσότερων επιλογών οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Εδώ, πρέπει να τονιστεί πως στην παρούσα διπλωματική μελετήθηκαν 7 αίθουσες οι οποίες ανήκουν σε διαφορετικά κτίρια, είτε όλες είτε κάποιες από αυτές, οπότε η διαδικασία που θα περιγραφεί παρακάτω επαναλήφθηκε επτά φορές, μία φορά για κάθε αίθουσα. Επομένως, κατά την επεξήγηση της λειτουργίας του προγράμματος παρακάτω, θα αναφερθεί η γενική διαδικασία λειτουργίας του προγράμματος και στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι υπό μελέτη αίθουσες και θα αναφερθούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μίας.

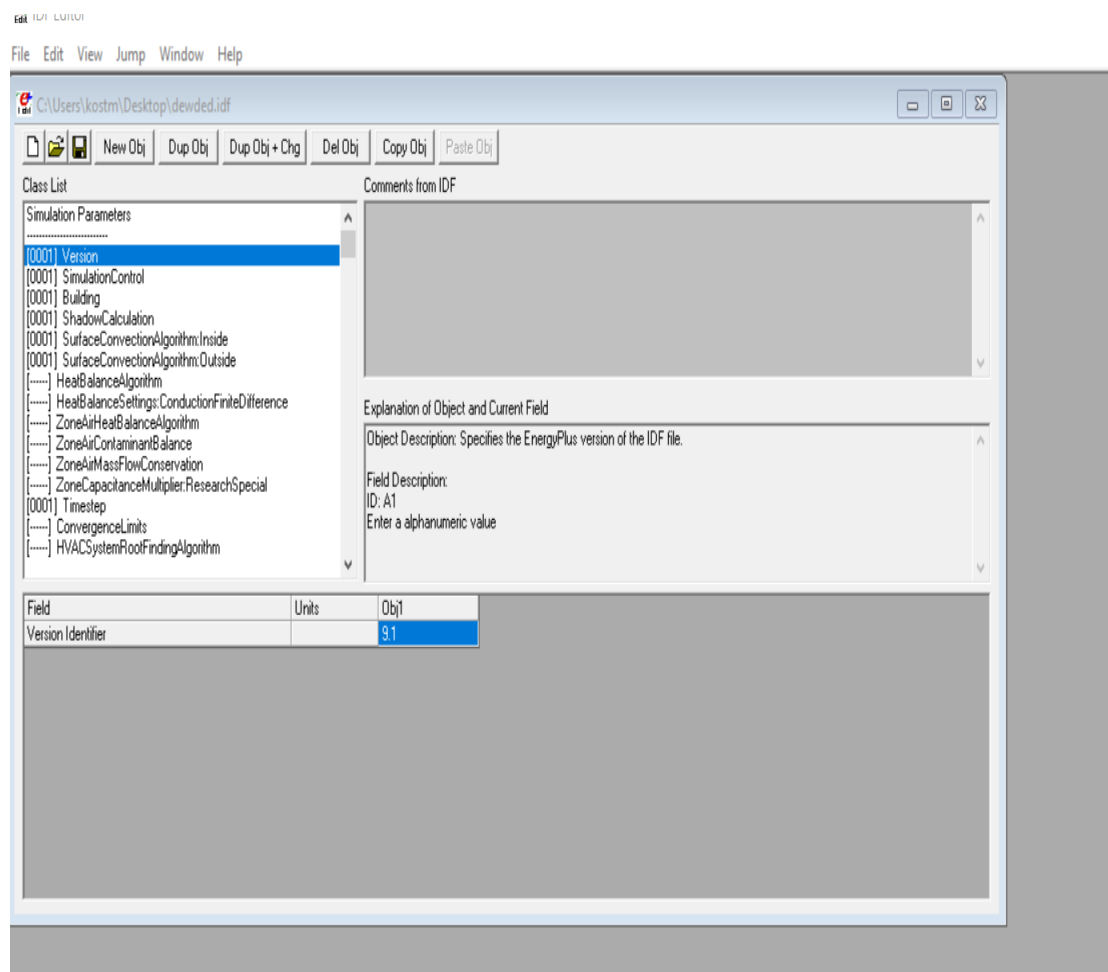
11.3) ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Τα δύο βασικότερα εργαλεία του energy plus είναι το **IDFEDITOR** και το **EP-LUNCH**. Το **IDFEDITOR** είναι η εφαρμογή με την οποία γίνεται η μελέτη όπου εισάγονται όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα λοιπόν, εφόσον έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή και ο καθορισμός

όλων των παραμέτρων που αφορούν το υπό μελέτη κτίριο, εξάγονται ανοίγοντας την εφαρμογή **EP-LUNCH**.

Ανοίγοντας από το μενού έναρξη την εφαρμογή **IDFEDITOR** εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο:

Version



Στην αριστερή πλευρά της οθόνης εμφανίζονται τα πεδία τα οποία πρέπει να συμπληρωθούν. Στο πεδίο με την ονομασία “Version” εισάγεται η έκδοση του προγράμματος η οποία χρησιμοποιείται από το χρήστη.

Building

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left has 'Building' selected. The 'Comments from IDF' pane on the right shows the 'Explanation of Object and Current Field' for the selected object. Below the panes is a table of fields for the 'Building' object.

Field	Units	Obj1
Name		classroom_Politikwr
North Axis	deg	0
Terrain		Urban
Loads Convergence Tolerance Value		0.1
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0.1
Solar Distribution		FullInteriorAndExteri
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Στη συνέχεια, στο πεδίο "building", εισάγεται αυθαίρετα ένα όνομα από το μελετητή, στην επιλογή "name".

Στην επιλογή "north axis" εισάγεται η γωνία με την οποία πρέπει να στραφεί ο επιλεγμένος από το μελετητή "άξονας γ" ώστε ο τελευταίος να ταυτιστεί με τη διεύθυνση του βορρά, θεωρώντας ως θετική φορά την αντιωρολογιακή. Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι στην επιλογή αυτή υπάρχει η δυνατότητα να αφήσουμε την προεπιλεγμένη τιμή, δηλαδή το "0" και να εισαχθεί η διεύθυνση του βορρά σε μετέπειτα πεδίο που θα αναλυθεί στη συνέχεια. Η επιλογή αυτή θα ήταν καλύτερα να συμπληρωθεί αφού εισαχθεί η γεωμετρία του κτιρίου, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω.

Η επιλογή "terrain" σχετίζεται με την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο, οπότε διαλέγουμε μία από τις προεπιλογές, ανάλογα με το αν το κτίριο βρίσκεται σε παραθαλάσσια περιοχή, σε αστική, στα προάστια κτλ.

Οι επιλογές **“Loads Convergence Tolerance Value”** και **“Temperature Convergence Tolerance Value”** παίρνουν τιμές από 0.1 έως 0.5 και σχετίζονται με την ακρίβεια με την οποία θα γίνουν οι υπολογισμοί από το λογισμικό του προγράμματος. Μεγαλύτερη τιμή σημαίνει μεγαλύτερη ακρίβεια.

Timestep

Εδώ, στο **“number of timesteps per hour”** που είναι κι η μοναδική επιλογή του πεδίου αυτού, εισάγεται ο αριθμός των μετρήσεων θερμοκρασίας κι υγρασίας που λαμβάνουν τα θερμογρόμετρα σε μία ώρα. Επομένως, εάν τα θερμογρόμετρα επαναλαμβάνουν τις μετρήσεις κάθε 20 λεπτά, στη συγκεκριμένη επιλογή εισάγεται ο αριθμός 3 ($60/20=3$)

RunPeriod

Field	Units	Obj1
Name		annual
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
Begin Year		
End Month		12
End Day of Month		31
End Year		
Day of Week for Start Day		Monday
Use Weather File Holidays and Special Days		Yes
Use Weather File Daylight Saving Period		Yes
Apply Weekend Holiday Rule		No
Use Weather File Rain Indicators		Yes
Use Weather File Snow Indicators		Yes
Treat Weather as Actual		No

Στο πεδίο αυτό εισάγονται ημερομηνίες και στοιχεία που αφορούν την έναρξη και τη λήξη της περιόδου μελέτης, την χρονική διάρκεια δηλαδή για την οποία το λογισμικό του προγράμματος θα κάνει υπολογισμούς για να εξάγει αποτελέσματα. Οι τιμές δηλαδή που θα εξαχθούν από το πρόγραμμα όταν ολοκληρώσει τους

υπολογισμούς, θα αφορούν τη χρονική περίοδο που του εισήγαγε ο χρήστης. Επίσης, συμπληρώνονται με yes ή no, επιλογές που αφορούν στη χρησιμοποίηση ή όχι από το πρόγραμμα αρχείου καιρού.

Site: Ground Temperature: Building surface

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left contains the following items:

- [.....] Site:Location
- [.....] Site:VariableLocation
- [.....] SizingPeriod:DesignDay
- [.....] SizingPeriod:WeatherFileDays
- [.....] SizingPeriod:WeatherFileConditionType
- [0001] RunPeriod
- [.....] RunPeriodControl:SpecialDays
- [.....] RunPeriodControl:DaylightSavingTime
- [.....] WeatherProperty:SkyTemperature
- [.....] Site:WeatherStation
- [.....] Site:HeightVariation
- [0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface
- [.....] Site:GroundTemperature:FCfactorMethod
- [.....] Site:GroundTemperature:Shallow
- [.....] Site:GroundTemperature:Deep
- [.....] Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference
- [.....] Site:GroundTemperature:Undisturbed:KusudaAchenbach
- [.....] Site:GroundTemperature:Undisturbed:Xing

The 'Field' table at the bottom is as follows:

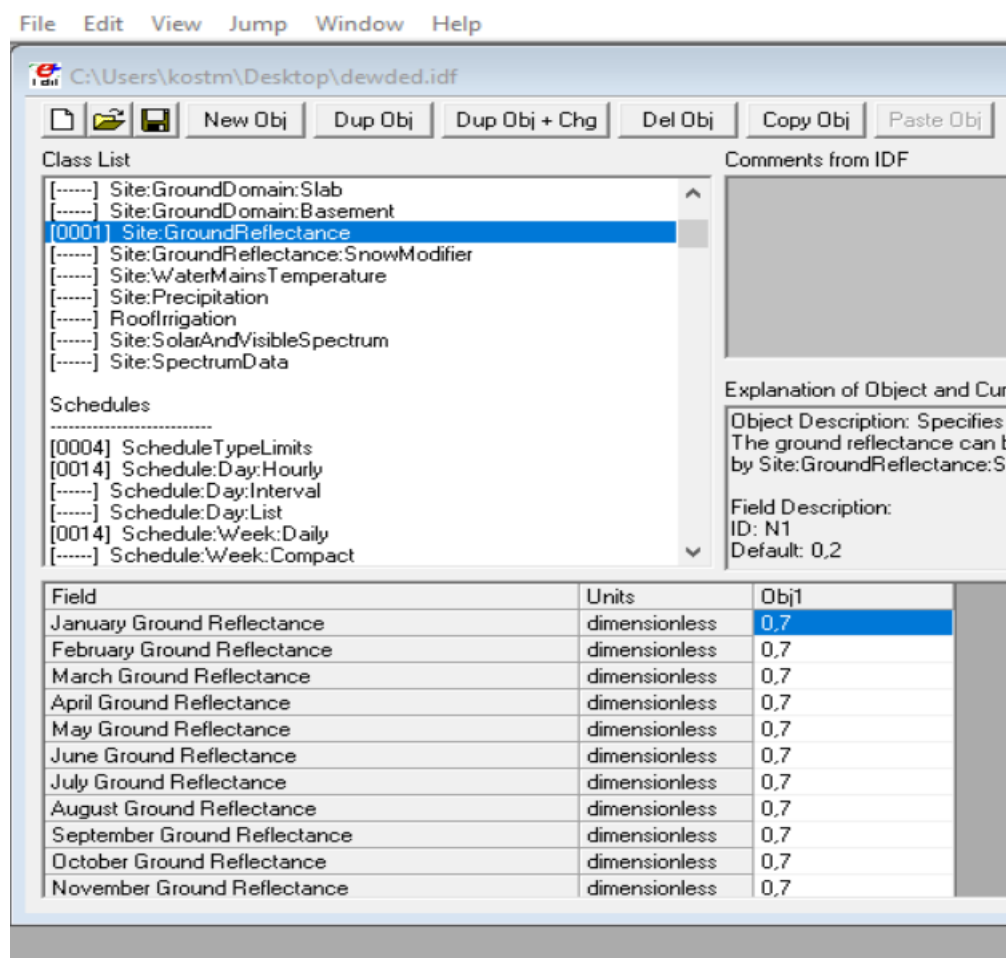
Field	Units	Obj1
January Ground Temperature	C	18
February Ground Temperature	C	18
March Ground Temperature	C	18
April Ground Temperature	C	18
May Ground Temperature	C	18
June Ground Temperature	C	18
July Ground Temperature	C	18
August Ground Temperature	C	18
September Ground Temperature	C	18
October Ground Temperature	C	18
November Ground Temperature	C	18

The 'Explanation of Object and Current Field' section contains the following text:

Object Description: These temperatures are specified as "Ground". Documentation about what value to use for "Ground" is in the EnergyPlus Auxiliary programs document (Ground Heat Transfer). CAUTION - Do not use the "undisturbed" ground temperatures. These values are too extreme for the soil underfoot. For best results, use the Slab or Basement program to calculate average ground temperatures (see Auxiliary Programs).

Στο πεδίο αυτό συμπληρώνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στη διεπιφάνεια εδάφους και κτιρίου. Μία λογική τιμή για συνηθισμένα κτίρια είναι 2°C λιγότερο από ότι η εσωτερική θερμοκρασία στην αντίστοιχη επιφάνεια.

Site:Ground reflectance



Εδώ εισάγεται ο συντελεστής ακτινοβολίας του εδάφους. Ο συντελεστής αυτός είναι αδιάστατο μέγεθος και παίρνει τιμές από 0.3 έως 0.8, όπου 0.3 αντιστοιχεί σε περιπτώσεις όπου το κτίριο περιβάλλεται κυρίως από χώμα και το 0.8 σε περιπτώσεις όπου περιβάλλεται κυρίως από τσιμέντο. Επομένως, στις περισσότερες περιπτώσεις εισάγονται ενδιάμεσες τιμές.

Όπως φαίνεται κι από την παραπάνω φωτογραφία, η επόμενη και πολύ σημαντική ενότητα είναι η ενότητα **των schedules**, η οποία αποτελείται από τέσσερα πεδία τα οποία είναι απαραίτητο να συμπληρωθούν. Στην ενότητα αυτή εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του κτιρίου, όπως η κατανομή των ανθρώπων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο κτίριο, η ύπαρξη διαφόρων ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών (όπως ψυγεία, προτζέκτορες, φούρνοι, κινητά ή laptop που φορτίζουν) καθώς και οι ώρες λειτουργίας τους. Επίσης, εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης και του κλιματισμού.

Schedule TypeLimits

File Edit View Jump Window Help

The screenshot shows the software interface for editing a schedule object. The 'Class List' on the left has 'ScheduleTypeLimits' selected. The 'Comments from IDF' section is empty. The 'Explanation of Object and Current Field' section provides details about the object and its fields. Below this is a table with the following data:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		fraction	temperature	control type	activity level
Lower Limit Value	varies	0	-60	0	0
Upper Limit Value	varies	1	200	4	160
Numeric Type		Continuous	Continuous	Discrete	Discrete
Unit Type					ActivityLevel

Εδώ, χρησιμοποιώντας την επιλογή του “new obj” που βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης ,εισάγονται 4 “new obj”.Το “obj” με την ονομασία “fraction” παίρνει τιμή “1” ή “0”, όπου το “1” δηλώνει “λειτουργία” συσκευών ή “ύπαρξη” ανθρώπων και το “0” “μη λειτουργία” και “μη ύπαρξη” αντίστοιχα.

Στο “obj” με την ονομασία “temperature” εισάγεται κατώτερη θερμοκρασία -60⁰C και ανώτερη 200⁰C έτσι ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα οι δηλωθέντες τιμές στα επόμενα πεδία να υπερβούν αυτά τα όρια.

Στο “obj” με την ονομασία “activity level” εισάγονται οι τιμές “0” και “160”,οι οποίες αφορούν την εκπομπή ακτινοβολίας στο περιβάλλον από τον ανθρώπινο οργανισμό. Όπως και πριν, εισάγονται ακραίες τιμές ώστε οι τιμές που θα συμπληρωθούν στα επόμενα πεδία να συμπεριλαμβάνονται μέσα σε αυτά τα όρια.

Schedule:Day:Hourly

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

Schedules

- [0004] Schedule:TypeLimits
- [0019] Schedule:Day:Hourly
- [.....] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [0019] Schedule:Week:Daily
- [.....] Schedule:Week:Compact
- [0019] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File:Shading
- [.....] Schedule:File

Surface Construction Elements

- [0021] Material

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Day:Hourly contains 24 values for each hour of the day.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	people	fan
Schedule Type Limits Name		fraction	temperature	temperature	control type	fraction	fraction
Hour 1	varies	1	0	60	4	0	0
Hour 2	varies	1	0	60	4	0	0
Hour 3	varies	1	0	60	4	0	0
Hour 4	varies	1	0	60	4	0	0
Hour 5	varies	1	0	60	4	0	0
Hour 6	varies	1	0	60	4	0	0
Hour 7	varies	1	16	60	4	1	0
Hour 8	varies	1	16	60	4	1	1

Όπως φαίνεται στην παραπάνω φωτογραφία, εδώ δημιουργούνται διάφορα "obj", τα οποία αφορούν το "infiltration" (την εισαγωγή δηλαδή αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων), την παρουσία ανθρώπων και τις διάφορες ηλεκτρονικές και ηλεκτρικές συσκευές καθώς και το σύστημα ψύξης και θέρμανσης όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Τα "obj" με τις ονομασίες "zone heating" και "zone cooling" δημιουργούνται για να καθοριστεί η κατώτερη και η ανώτερη θερμοκρασία αντίστοιχα, όπου πέρα από αυτές τις τιμές θα λειτουργεί η θέρμανση και ο κλιματισμός αντίστοιχα. Η εντολή για την ορθή λειτουργία αυτών των δύο επιλογών συμπληρώνεται κι από επόμενη ενότητα η οποία θα αναλυθεί στη συνέχεια. Επίσης, πρέπει να δημιουργηθεί κι ένα "object" με την ονομασία πχ "occupancy hour", το οποίο θα είναι μορφής "fraction" και θα παίρνει τιμές από 0 έως 1. Το "object" αυτό θα καθορίζει για κάθε ώρα της ημέρας τον αριθμό ανθρώπων στο κτίριο, σαν ποσοστό του μέγιστου προβλεπόμενου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές χρήσης του κτιρίου.

Στην επιλογή **“Name”** εισάγεται το όνομα του **“object”** που θέλουμε να δημιουργήσουμε.

Στην επιλογή **“ Schedule TypeLimits Name”** επιλέγεται το είδος της λειτουργίας του συγκεκριμένου **“object”**, το είδος των τιμών δηλαδή που θα ακολουθήσουν (αν είναι πχ θερμοκρασία ή απλά **“0”** ή **“1”**, όπως αναλύθηκε προηγουμένως). Οι προεπιλογές προέρχονται από τις εισαχθείσες τιμές στο πεδίο **“Schedule TypeLimits”**.

Στη συνέχεια ακολουθεί η συμπλήρωση των επιθυμητών τιμών για όλες τις ώρες της ημέρας καθ ύψος της στήλης του συγκεκριμένου **“object”**.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα **“objects”** που θέλουμε να εισάγουμε.

Schedule:Week:Daily

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List Comments from IDF

Schedules

- [0004] ScheduleTypeLimits
- [0019] Schedule:Day:Hourly
- [.....] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [0019] Schedule:Week:Daily
- [.....] Schedule:Week:Compact
- [0019] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File:Shading
- [.....] Schedule:File

Surface Construction Elements

- [0021] Material

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Week:Daily contains 12 Schedule:Day:Hourly objects, one for each day type.

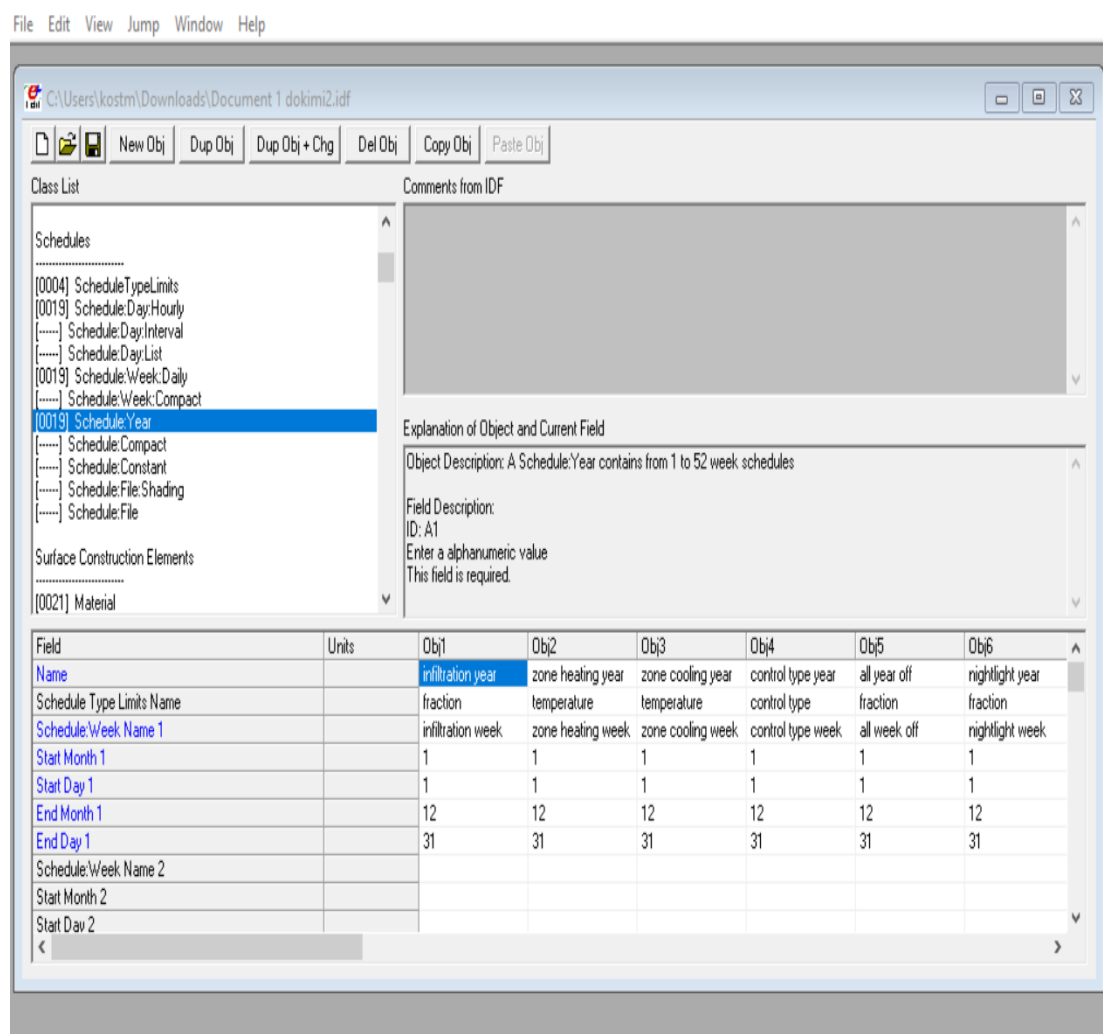
Field Description:
ID: A1
Enter an alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		infiltration week	zone heating week	zone cooling week	control type week	people week	fan week
Sunday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	always off	always off
Monday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	people	fan
Tuesday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	people	fan
Wednesday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	people	fan
Thursday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	people	fan
Friday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	people	fan
Saturday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	always off	always off
Holiday Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	always off	always off
SummerDesignDay Schedule:Day Name		infiltration	zone heating	zone cooling	control type	always off	always off

Στο πεδίο αυτό, δημιουργούνται **“objects”** τα οποία είναι τα αντίστοιχα του πεδίου **Schedule:Day:Hourly**, με τη διαφορά ότι αναφέρονται σε όλες τις ημέρες της

εβδομάδας κι όχι στις ώρες της ημέρας όπως προηγουμένως. Σε κάθε επιλογή αυτού του πεδίου, διαλέγεται η επιθυμητή τιμή η οποία προηγουμένως έχει συμπληρωθεί στο πεδίο **Schedule:Day:Hourly** όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Εάν πχ επιθυμούμε μία συγκεκριμένη ημέρα της εβδομάδας, κάποια ηλεκτρική συσκευή να μην λειτουργεί επιλέγεται η επιλογή "always off". Το ίδιο εφαρμόζουμε σε περίπτωση που κάποια ημέρα της εβδομάδας δεν παρευρίσκονται άνθρωποι στο κτίριο (στην παραπάνω φωτογραφία, στο "obj" "people week", την Κυριακή έχει επιλεγεί το "always off").

Schedule:Year



Στο πεδίο αυτό, τοποθετούνται ξανά τα ίδια "objects" που τοποθετήθηκαν στο πεδίο "Schedule:Week:Daily", με τη διαφορά ότι εδώ αναφέρονται στους μήνες του χρόνου κι όχι στις ημέρες της εβδομάδας, όπως στο πεδίο "Schedule:Week:Daily". Επομένως, για κάθε "object" καθ ύψος της αντίστοιχης στήλης, εισάγονται πληροφορίες που αφορούν τους μήνες οι οποίοι θα ληφθούν

υπόψη στους υπολογισμούς του προγράμματος και τους μήνες οι οποίοι θα αγνοηθούν. Είναι επίσης δυνατός, ο ακριβής καθορισμός της ημερομηνίας έναρξης και λήξης της “λειτουργίας” του συγκεκριμένου “object”, με την εισαγωγή της ημέρας και του μήνα έναρξης και την εισαγωγή της ημέρας και του μήνα λήξης, όπως φαίνεται από την παραπάνω φωτογραφία. Πριν από μία περίοδο, κατά την οποία ένα οποιοδήποτε “object” δεν θα “λειτουργεί”, εισάγεται στην επιλογή “schedule week name” η επιλογή “all week off”, όπως φαίνεται και στη παραπάνω φωτογραφία.

Material

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- Surface Construction Elements
- [0021] Material
- [.....] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [.....] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [0002] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem
- [0001] WindowMaterial:Glazing
- [.....] WindowMaterial:GlazingGroup:Thermochromic
- [.....] WindowMaterial:Glazing:RefractionExtinctionMethod
- [0001] WindowMaterial:Gas
- [.....] WindowGap:SupportPillar
- [.....] WindowGap:DeflectionState
- [.....] WindowMaterial:GasMixture
- [.....] WindowMaterial:Gap
- [.....] WindowMaterial:Shade
- [.....] WindowMaterial:ComplexShade

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Regular materials described with full set of thermal properties

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		epixrisma	optoplinthoi	asfaltikos tapitas	adrani 3a	gros beton
Roughness		Rough	Rough	Rough	MediumRough	Rough
Thickness	m	0,02	0,18	0,04	0,04	0,07
Conductivity	W/m-K	0,87	0,51	0,23	1,4	1,4
Density	kg/m3	1800	1500	1100	2000	2000
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1000	1000	1100
Thermal Absorptance						
Solar Absorptance						
Visible Absorptance						

Στο πεδίο αυτό εισάγονται όλα τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι τοιχοποιίες, τα κουφώματα, τα δάπεδα και οι οροφές του κτιρίου (τούβλα, επιχρίσματα, γυαλί υαλοπινάκων, στεγανωτικές μεμβράνες, θερμομονωτικά υλικά κ.α.)

Δημιουργώντας το αντίστοιχο “object” για κάθε υλικό, εισάγεται το όνομά του στην επιλογή “Name”.

Στην επιλογή **“Roughness”** επιλέγεται η κατηγορία σκληρότητας του υλικού, δηλαδή εάν είναι σκληρό, πολύ σκληρό, μαλακό κτλ)

Στην επιλογή **“Thickness”** εισάγεται το πάχος του υλικού κατά τη συμμετοχή του στην κατασκευή του δομικού στοιχείου του κτιρίου (τοίχος ή δάπεδο ή οροφή κτλ).

Στην επιλογή **“Conductivity”** εισάγεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού (λ).

Στην επιλογή **“Density”** εισάγεται η πυκνότητα του υλικού.

Τέλος, στην επιλογή **“Specific Heat”** εισάγεται ο συντελεστής ειδικής θερμοχωρητικότητας του υλικού.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα υλικά, δημιουργώντας τα αντίστοιχα **“objects”**.

WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

The screenshot shows the software interface with the following components:

- Menu bar: File Edit View Jump Window Help
- Toolbar: New Obj, Dup Obj, Dup Obj + Chg, Del Obj, Copy Obj, Paste Obj
- Class List (left):
 - Surface Construction Elements
 - [0021] Material
 - [.....] Material:NoMass
 - [.....] Material:InfraredTransparent
 - [.....] Material:AirGap
 - [.....] Material:RoofVegetation
 - [0002] **WindowMaterial:SimpleGlazingSystem** (selected)
 - [0001] WindowMaterial:Glazing
 - [.....] WindowMaterial:GlazingGroup:Thermochromic
 - [.....] WindowMaterial:Glazing:RefractionExtinctionMethod
 - [0001] WindowMaterial:Gas
 - [.....] WindowGap:SupportPillar
 - [.....] WindowGap:DeflectionState
 - [.....] WindowMaterial:GasMixture
 - [.....] WindowMaterial:Gap
 - [.....] WindowMaterial:Shade
 - [.....] WindowMaterial:ComplexShade
- Comments from IDF (right):
 - Explanation of Object and Current Field
 - Object Description: Alternate method of describing windows. This window material object is used to define an entire glazing using simple performance parameters.
 - Field Description: ID: A1. Enter a alphanumeric value.
- Table of fields (bottom):

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		single	double
U-Factor	W/m2-K	5,7	2,8
Solar Heat Gain Coefficient		0,82	0,72
Visible Transmittance		0,88	0,8

Στο πεδίο αυτό πρέπει να δημιουργηθεί ένα **“object”** για κάθε τύπο παραθύρου. Στην περίπτωση που στο κτίριο υπάρχουν παράθυρα με μονά τζάμια και παράθυρα

με διπλά τζάμια, τότε δημιουργούνται δύο "objects", ένα για κάθε τύπο παραθύρου.

Στην επιλογή "name" εισάγει ο χρήστης το όνομα που επιθυμεί για το συγκεκριμένο τύπο παραθύρου.

Στην επιλογή **U-Factor** εισάγεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα(U).

Στην επιλογή "**Solar Heat Gain Coefficient**" εισάγεται ο συντελεστής των ηλιακών θερμικών κερδών.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα υπόλοιπα "objects".

Construction

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Construction' dialog box is open, displaying a list of construction classes on the left and a table of construction layers at the bottom. The 'Class List' includes 'Construction' (selected), 'Construction:CFactorUndergroundWall', 'Construction:FFactorGroundFloor', 'Construction:InternalSource', 'WindowThermalModel:Params', 'WindowsCalculationEngine', 'Construction:ComplexFenestrationState', 'Construction:WindowEquivalentLayer', and 'Construction:WindowDataFile'. The 'Comments from IDF' pane provides instructions for defining the object and field. The main table lists construction layers from 'Outside Layer' to 'Layer 9' with columns for 'Units' and 'Obj1' through 'Obj5'.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		external wall	internal wall	ceiling	roof	window 1
Outside Layer		asfaltikos tapitas	epixisma	plastiko dapedo	mosaiko	glass
Layer 2		adrani 3a	optoplinthoi	mosaiko	domiko plegma	air space
Layer 3		domiko plegma	aeras	plaka beton	plaka beton arme	glass
Layer 4		gros beton	optoplinthoi	monotiki plaka	kisirobeton	
Layer 5		kisirobeton	epixisma	epixisma	asfaltiko galaktoma	
Layer 6		adiavroxi plastiki otl			oplismeno skyroderr	
Layer 7		thermomotiko				
Layer 8		asfaltiko galaktoma				
Layer 9		oolismeno skvroderr				

Σε αυτό το πεδίο γίνεται η δημιουργία όλων των επιφανειών του κτιρίου, δηλαδή των τοίχων, των δαπέδων, των οροφών και η κατασκευή πορτών και παραθύρων.

Σε αυτό το πεδίο λοιπόν, δημιουργούνται τόσα “objects” όσες οι επιφάνειες του κτιρίου μαζί με τα κουφώματα και τις πόρτες.

Στην επιλογή “Name” εισάγεται αυθαίρετα το όνομα της επιφάνειας, πχ “external wall” αν πρόκειται για εξωτερικό τοίχο ή “ceiling” αν πρόκειται για οροφή ή “door” για πόρτα.

Στην επιλογή **Outside Layer** εισάγεται το υλικό της εξωτερικής στρώσης της επιφάνειας και στη συνέχεια στις επόμενες επιλογές, σε κάθε “layer” εισάγεται το επόμενο υλικό έως ότου εισαχθεί και το υλικό της εσωτερικής στρώσης. Τα υλικά που εισάγονται σε κάθε “layer”, εμφανίζονται σαν προεπιλογές από το πρόγραμμα αφού προηγουμένως έχουν καθορισθεί από το χρήστη στο πεδίο “material”, όπως αναλύθηκε προηγουμένως.

Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι ο διαχωρισμός της εξωτερικής στρώσης από την εσωτερική κι επομένως η σειρά με την οποία θα εισαχθούν τα υλικά στα “layers”, έχει άμεση σχέση με το διαχωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες που θα αναλυθεί αμέσως μετά, οπότε και θα γίνει απολύτως κατανοητός ο τρόπος εισαγωγής των “layers” της κάθε επιφάνειας.

Global Geometry Rules

Field	Units	Obj1
Starting Vertex Position		LowerLeftCorner
Vertex Entry Direction		Counterclockwise
Coordinate System		Relative
Daylighting Reference Point Coordinate System		Relative
Rectangular Surface Coordinate System		Relative

Το πεδίο “Global Geometry Rules” ανήκει στην ενότητα “Thermal Zones And Surfaces”. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθούν κάποια πράγματα ως προς τον καθορισμό της γεωμετρίας του κτιρίου και της εισαγωγής των επιφανειών όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα.

Ο καθορισμός της γεωμετρίας του υπό μελέτη κτιρίου με τη χρήση του “energy plus”, γίνεται με το διαχωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες. Στη συνέχεια καθορίζονται οι επιφάνειες που σχηματίζουν την κάθε ζώνη (οι επιφάνειες δηλαδή που στο εσωτερικό τους περικλείουν την κάθε ζώνη). Ο καθορισμός των επιφανειών αυτών γίνεται με εισαγωγή των συντεταγμένων(x,y,z) των κορυφών της κάθε επιφάνειας (συνήθως τέσσερις κορυφές για έναν απλό τοίχο). Οπότε, έχοντας δώσει συντεταγμένες για όλες τις κορυφές όλων των επιφανειών που περικλείουν τη ζώνη, το πρόγραμμα έχει σχηματίσει τη γεωμετρία της. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου σχηματιστούν όλες οι ζώνες από τις οποίες αποτελείται το κτίριο.

Η εισαγωγή των συντεταγμένων της κάθε επιφάνειας γίνεται “κοιτώντας” την συγκεκριμένη επιφάνεια από την εξωτερική πλευρά της ζώνης της. Η θέση της αρχής των αξόνων x,y,z ορίζεται αυθαίρετα από το χρήστη.

Στην επιλογή “**Starting Vertex Position**” εισάγεται η κορυφή η οποία θα θεωρηθεί σαν “σημείο 1”. Ετσι, μπορεί να επιλεχθεί, η κορυφή αυτή να είναι η κάτω αριστερά, η κάτω δεξιά, η πάνω αριστερά ή η πάνω δεξιά.

Ο καθορισμός των υπολοίπων σημείων της επιφάνειας (δηλαδή ποιο σημείο θα είναι 2°, ποιο 3° κτλ) εξαρτάται από την 2^η επιλογή, την επιλογή “**Vertex Entry Direction**”. Στην επιλογή αυτή μπορούμε να επιλέξουμε είτε την αντιωρολογιακή φορά είτε την ωρολογιακή.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι υπάρχει και δεύτερος τρόπος καθορισμού της γεωμετρίας του κτιρίου, εκτός από τη χρήση συντεταγμένων. Σε αυτήν τη περίπτωση, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα **google sketch up** όπου σχεδιάζεται το κτίριο σε τρισδιάστατη μορφή και με την επικοινωνία αυτών των δύο προγραμμάτων μέσω του Legacy OpenStudio Plug-in δεν χρειάζεται να γίνει καθορισμός της γεωμετρίας του κτιρίου μέσω συντεταγμένων. Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των συντεταγμένων, οπότε και αυτή θα αναλυθεί.

Zone

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- Thermal Zones and Surfaces
- [0001] GlobalGeometryRules
- [.....] GeometryTransform
- [0009] Zone
- [.....] ZoneList
- [.....] ZoneGroup
- [0057] BuildingSurface:Detailed
- [.....] Wall:Detailed
- [.....] RoofCeiling:Detailed
- [.....] Floor:Detailed
- [.....] Wall:Exterior
- [.....] Wall:Adiabatic
- [.....] Wall:Underground
- [.....] Wall:Interzone
- [.....] Roof
- [.....] Ceiling:Adiabatic

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Defines a thermal zone of the building.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

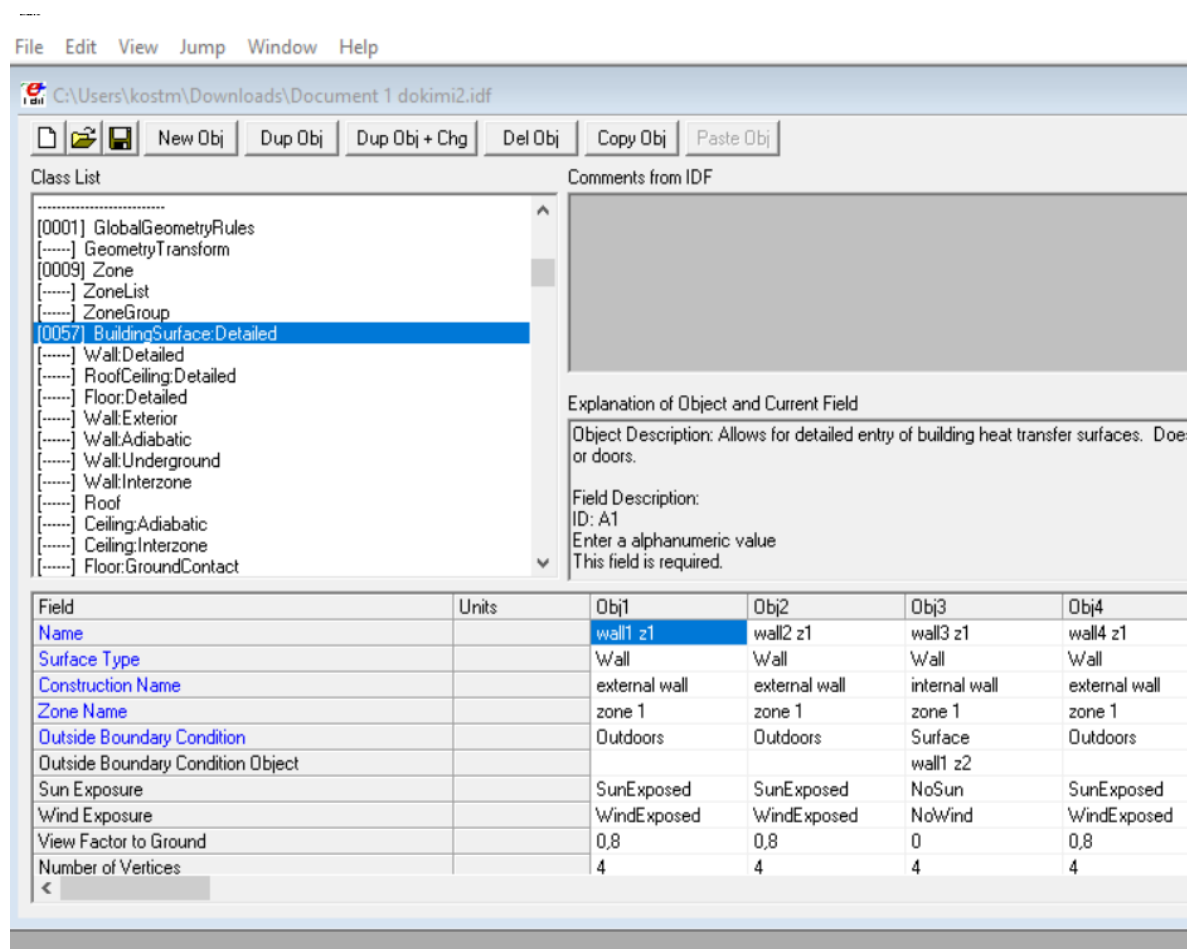
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		zone 1	zone 2	zone 3
Direction of Relative North	deg	0	0	0
X Origin	m	0	0	0
Y Origin	m	0	0	0
Z Origin	m	0	0	0
Type		1	1	1
Multiplier		1	1	1
Ceiling Height	m	3,5	3,5	3,5
Volume	m3	910	910	847
Floor Area	m2	260	260	242

Στο πεδίο "Zone" δημιουργούνται τόσα "objects" όσα και ο αριθμός των θερμικών ζωνών στις οποίες θέλουμε να χωρίσουμε το κτίριο.

Στην επιλογή "Name" εισάγουμε το όνομα της ζώνης.

Η επόμενη επιλογή είναι το "Direction Of Relative North". Η επιλογή αυτή έχει να κάνει με τη γωνία με την οποία πρέπει να στραφεί ο επιλεγμένος από το μελετητή "άξονας γ" ώστε ο τελευταίος να ταυτιστεί με τη διεύθυνση του βορρά, θεωρώντας ως θετική φορά την αντιωρολογιακή. Εδώ, όπως είχε αναφερθεί και στο πεδίο "building", εφόσον είχε συμπληρωθεί εκεί η συγκεκριμένη γωνία (στην επιλογή north axis), εδώ (στην παρούσα επιλογή), θα εισαχθεί η τιμή "0" για όλες τις ζώνες.

Building surface detailed



Στο πεδίο αυτό ο χρήστης δημιουργεί τόσα “objects” όσες και οι συνολικές επιφάνειες όλου του κτιρίου, δηλαδή το σύνολο των επιφανειών όλων των ζωνών που δημιουργήθηκαν στο πεδίο “Zone”.

Στην επιλογή “**Name**” εισάγεται αυθαίρετα το όνομα της επιφάνειας (τοιχίου, δαπέδου, οροφής κτλ)

Στην επιλογή “**Surface Type**” επιλέγεται από τις προεπιλογές το είδος της επιφάνειας, αν δηλαδή είναι τοίχος, οροφή, δάπεδο ή στέγη.

Στην επιλογή “**Construction Name**” εισάγεται από τις προεπιλογές η σύσταση της επιφάνειας (υλικά και τα αντίστοιχα πάχη τους από τα οποία αποτελείται η συγκεκριμένη επιφάνεια) την οποία ο χρήστης είχε καθορίσει στο πεδίο “Construction”.

Στην επιλογή “**Zone Name**” εισάγεται από τις προεπιλογές η ζώνη στην οποία ανήκει η συγκεκριμένη επιφάνεια. Οι ζώνες έχουν ήδη φτιαχτεί στο πεδίο “Zone”.

Στην επιλογή **“Outside Boundary Condition”** εισάγεται η συνοριακή συνθήκη της συγκεκριμένης επιφάνειας, έξω από τη ζώνη. Στην περίπτωση, που η συγκεκριμένη επιφάνεια συνορεύει με εξωτερικό περιβάλλον, επιλέγεται η προεπιλογή **“outdoors”**, ενώ αν συνορεύει με έδαφος επιλέγεται το **“ground”**.

Για τον καθορισμό των συνοριακών συνθηκών, των επιφανειών μίας ζώνης, οι οποίες συνορεύουν με άλλες θερμικές ζώνες του κτιρίου, το πρόγραμμα **“energy plus”** παρέχει τις εξής δυνατότητες:

A) Την θεώρηση της επιφάνειας ως “αδιαβατική” επιφάνεια. Αυτό σημαίνει ότι κατά την ανάλυση δεν θα υπολογιστούν τυχόν ροές θερμότητας από τη μία ζώνη του κτιρίου προς την άλλη, διαμέσου αυτής της επιφάνειας(η οποία έχει χαρακτηριστεί ως αδιαβατική). Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η επιλογή αυτή πρέπει να εφαρμόζεται μόνο όταν υπάρχει απόλυτη βεβαιότητα ότι και από τις δύο πλευρές της συγκεκριμένης επιφάνειας επικρατούν παρόμοιες θερμοκρασίες(έως 2-3°C σύμφωνα με τα εγχειρίδια του προγράμματος).

B) Τον χαρακτηρισμό της επιφάνειας ως “surface”. Σε αυτή την περίπτωση, οι ροές θερμότητας από τη μία ζώνη προς την άλλη, διαμέσου της συγκεκριμένης επιφάνειας, υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα, αφού έχουν δοθεί αναλυτικά στοιχεία και για τις δύο αυτές ζώνες. Η επιλογή αυτή είναι η ορθότερη, αλλά απαιτεί μελέτη ολόκληρου του κτιρίου κι όχι απομόνωση μίας θερμικής ζώνης χωρίς να δοθούν στοιχεία για τις υπόλοιπες.

Γ) Χαρακτηρισμός της επιφάνειας ως “Other Side Coefficients”. Σε αυτή τη περίπτωση, παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα να ορίσει αυθαίρετα, θερμοκρασίες στην εξωτερική πλευρά της συγκεκριμένης επιφάνειας, έτσι ώστε στη συνέχεια να υπολογιστούν αυτόματα από το πρόγραμμα οι ροές θερμότητας από και προς τη ζώνη στην οποία ανήκει η συγκεκριμένη επιφάνεια. Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι παραπάνω αυθαίρετα οριζόμενες θερμοκρασίες από τον χρήστη, μπορούν να εναλλάσσονται καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας αλλά και του χρόνου, ακολουθώντας ένα **“schedule”** (ένα πρόγραμμα δηλαδή), καθορισμένο από τον χρήστη.

Δ) Σύμφωνα με την “TOTEE 20701-1 του 2017” οδηγία, προκειμένου να απαλλάσσονται οι μελετητές από την επίλυση ολόκληρου του κτιρίου, σε περιπτώσεις όπου στόχος τους είναι η μελέτη μεμονομένων χώρων, τους παρέχεται η εξής δυνατότητα:

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U) των επιφανειών μίας θερμικής ζώνης, όταν οι επιφάνειες αυτές βρίσκονται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο του κτιρίου, μπορεί να μειωθεί στο μισό και ταυτόχρονα γίνεται η παραδοχή ότι οι επιφάνειες

αυτές βρίσκονται σε επαφή με εξωτερικό αέρα, ώστε να προσεγγιστούν αδρά οι συνθήκες του μη θερμαινόμενου χώρου.

Στην επιλογή **“Sun Exposure”** επιλέγεται είτε **“sun exposed”** είτε **“no sun”**, ανάλογα με το αν η επιφάνεια εξωτερικά της ζώνης εκτίθεται ή όχι στον ήλιο.

Στην επιλογή **“Wind Exposure”** επιλέγεται είτε **“wind exposed”** είτε **“no wind”**, ανάλογα με το αν η επιφάνεια εξωτερικά της ζώνης εκτίθεται ή όχι στον άνεμο.

Στην επιλογή **“view factor”** το ground επιλέγεται το **“autocalculate”**

Στην επιλογή **“number of vertices”** επιλέγεται ο αριθμός των κορυφών της συγκεκριμένης επιφάνειας, δηλαδή ο αριθμός των κορυφών για τις οποίες θα εισαχθούν συντεταγμένες αμέσως μετά.

The screenshot shows the software interface with the following components:

- Class List:** A list of classes including [0057] BuildingSurface:Detailed, which is selected.
- Comments from IDF:** A section for object and field descriptions.
- Explanation of Object and Current Field:**
 - Object Description:** Allows for detailed entry of building heat transfer surfaces. Does not apply to doors.
 - Field Description:** ID: A5. Select from list of choices. This field is required.
- Data Table:** A table with columns for Field, Units, and four object types (Obj1, Obj2, Obj3, Obj4).

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Sun Exposure		SunExposed	SunExposed	NoSun	SunExposed
Wind Exposure		WindExposed	WindExposed	NoWind	WindExposed
View Factor to Ground		0,8	0,8	0	0,8
Number of Vertices		4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	13	13	0
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	0	20	20
Vertex 1 Z-coordinate	m	4	4	4	4
Vertex 2 X-coordinate	m	13	13	0	0
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	20	20	0
Vertex 2 Z-coordinate	m	4	4	4	4

Στη συνέχεια ακολουθεί η εισαγωγή των συντεταγμένων για κάθε μια από τις κορυφές της επιφάνειας. Όπως εξηγήθηκε και στο πεδίο **“Global Geometry Rules”**, ως **“vertex 1”** θεωρείται η κορυφή η οποία επιλέχθηκε στο πεδίο **“Global Geometry Rules”** και οι υπόλοιπες κορυφές της επιφάνειας προκύπτουν αναλόγως με το ποια φορά επιλέχθηκε πάλι στο πεδίο **“Global Geometry Rules”** (clockwise ή counterclockwise). Υπενθυμίζεται, ότι η θέαση της επιφάνειας για την εισαγωγή των

συντεταγμένων αλλά και για τον ορισμό των κορυφών πρέπει να γίνεται εξωτερικά της ζώνης κι όχι εσωτερικά. Επίσης, πρέπει να διευκρινιστεί ότι στην περίπτωση της οροφής και του δαπέδου, ως “vertex 1” μπορούμε να επιλέξουμε οποιαδήποτε κορυφή επιθυμούμε, αλλά η φορά με την οποία εισάγονται οι υπόλοιπες κορυφές της επιφάνειας προκύπτει ως εξής:

Με τον κανόνα του δεξιού χεριού, ο αντίχειρας πρέπει να έχει φορά κάθετα στην επιφάνεια και να “δείχνει” εξωτερικά της ζώνης, οπότε τα υπόλοιπα δάχτυλα δείχνουν τη φορά με την οποία θα εισαχθούν οι υπόλοιπες κορυφές.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου μορφωθούν όλες οι επιφάνειες όλων των ζωνών.

Fenestration surface:detailed

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [.....] Wall:Underground
- [.....] Wall:Interzone
- [.....] Roof
- [.....] Ceiling:Adiabatic
- [.....] Ceiling:Interzone
- [.....] Floor:GroundContact
- [.....] Floor:Adiabatic
- [.....] Floor:Interzone
- [0143] FenestrationSurface:Detailed
- [.....] Window
- [.....] Door
- [.....] GlazedDoor
- [.....] Window:Interzone
- [.....] Door:Interzone
- [.....] GlazedDoor:Interzone
- [.....] WindowShadingControl
- [.....] WindowProperty:FrameAndDivider
- [.....] WindowProperty:AirflowControl

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Allows for detailed entry of subsurfaces (windows, doors, glass doors, tubular daylighting devices).

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		f1	f2	f3	f4	f5
Surface Type		Window	Window	Window	Window	Window
Construction Name		window 1	window 1	window 1	window 1	window 1
Building Surface Name		wall2 z1	wall2 z1	wall2 z1	wall2 z1	wall2 z1
Outside Boundary Condition Object						
View Factor to Ground		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Frame and Divider Name						
Multiplier		1	1	1	1	1
Number of Vertices		4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	13	13	13	13	13

Στο πεδίο αυτό γίνεται η μόνωση της γεωμετρίας των κουφωμάτων καθώς και η τοποθέτησή τους με συντεταγμένες στην ακριβή θέση της επιφάνειας στην οποία ανήκουν. Επομένως, δημιουργούνται τόσα “objects”, όσα και τα συνολικά ανοίγματα του κτιρίου (πόρτες και παράθυρα).

Στην επιλογή **“name”** εισάγεται αυθαίρετα από το χρήστη το όνομα του ανοίγματος.

Στην επιλογή **“surface type”**, επιλέγεται από τις προεπιλογές του προγράμματος το είδος του ανοίγματος, αν δηλαδή πρόκειται για παράθυρο ή πόρτα ή γυάλινη πόρτα κτλ.

Στην επιλογή **“construction name”** το πρόγραμμα εμφανίζει αυτόματα όλα τα ονόματα των επιφανειών που έχει δημιουργήσει ο χρήστης στο πεδίο **“construction”**. Οπότε, αναλόγως με το όνομα που είχε δοθεί από το χρήστη στο συγκεκριμένο άνοιγμα, στο πεδίο **“construction”**, επιλέγεται κι εδώ η αντίστοιχη προεπιλογή.

Στην επιλογή **“building surface name”** επιλέγεται από το χρήστη το όνομα της επιφάνειας στην οποία βρίσκεται το συγκεκριμένο άνοιγμα, αφού θα εμφανίζεται σαν προεπιλογή από το πρόγραμμα, μαζί με τα ονόματα όλων των επιφανειών που είχαν δημιουργηθεί στο πεδίο **“building surface detailed”**.

Στην επιλογή **“view factor to ground”** επιλέγεται το **“autocalculate”**.

Στην επιλογή **“number of vertices”** εισάγεται ο αριθμός των κορυφών των οποίων θα δοθούν οι συντεταγμένες στη συνέχεια.

Στη συνέχεια γίνεται ο καθορισμός των συντεταγμένων των κορυφών του ανοίγματος, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που περιγράφηκε στο πεδίο **“building surface detailed”**.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα **“objects”** έως ότου καθοριστεί η θέση και η γεωμετρία όλων των ανοιγμάτων του κτιρίου.

People

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:HVACEquipment
- [.....] RoomAirSettings:AirflowNetwork
- Internal Gains
- [0009] People
- [.....] ComfortViewFactorAngles
- [0009] Lights
- [0016] ElectricEquipment
- [.....] GasEquipment
- [.....] HotWaterEquipment
- [.....] SteamEquipment
- [.....] OtherEquipment
- [.....] ElectricEquipment:ITE:AirCooled
- [.....] ZoneBaseboard:OutdoorTemperatureControlled
- [.....] SwimmingPool:Indoor
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:CarbonDioxide
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:Constant

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Sets internal gains and contaminant rates for occupants in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		users1	users2	users3	users4
Zone or ZoneList Name		zone 1	zone 2	zone 3	zone 4
Number of People Schedule Name		occupancy year	occupancy year	occupancy year	occupancy year
Number of People Calculation Method		People/Area	People/Area	People/Area	People/Area
Number of People					
People per Zone Floor Area	person/m2	0,5	0,5	0,5	0,5
Zone Floor Area per Person	m2/person				
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		activity year	activity year	activity year	activity year

Το πεδίο αυτό ανήκει στην ενότητα **“internal gains”**. Εδώ, δημιουργείται ένα “object” για κάθε ζώνη που έχουμε δημιουργήσει και εισάγονται στοιχεία που αφορούν την εκπομπή ενέργειας υπό μορφή θερμότητας, των ανθρώπων που παρευρίσκονται σε κάθε ζώνη, καθώς και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μέσω της ανθρώπινης εκπνοής. Επομένως, είναι η απαραίτητη η ύπαρξη του “object”: “occupancy year” και του “object”: “activity year” στην ενότητα των “schedules”. Το “object”: “occupancy year” έχει αναλυθεί προηγουμένως. Το “object”: “activity year” πρέπει να δημιουργηθεί στο πεδίο των “schedules” και αφορά την εκπομπή ενέργειας υπό μορφή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος, σε κατάσταση η οποία καθορίζεται από τη χρήση του κτιρίου. Για κατάσταση ηρεμίας πχ, μία μέση τιμή είναι τα 80W.

Στην επιλογή **“name”** εισάγεται αυθαίρετα το όνομα του “object”.

Στην επιλογή **“zone or zone list name”** εισάγεται η ζώνη στην οποία αναφέρεται ο χρήστης.

Στην επιλογή **“number of people schedule name”** επιλέγεται από τις προεπιλογές το **“occupancy year”** που αναλύθηκε προηγουμένως.

Στην επιλογή **“number of people calculation method”** επιλέγεται το **“people/area”**.

Στην επιλογή **“people per zone floor area”** εισάγεται ο αριθμός των ανθρώπων ανά τετραγωνικό, ο οποίος καθορίζεται από το είδος του κτιρίου. Για εκπαιδευτικά κτίρια πχ η τιμή ισούται με 0,5.

Στην επιλογή **“activity level schedule name”** επιλέγεται από τις προεπιλογές το **“activity year”** το οποίο αναλύθηκε προηγουμένως.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλες τις ζώνες (ένα **“object”** για κάθε ζώνη).

Lights

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- Internal Gains
- [0009] People
- [.....] ComfortViewFactorAngles
- [0009] Lights
- [0016] ElectricEquipment
- [.....] GasEquipment
- [.....] HotWaterEquipment
- [.....] SteamEquipment
- [.....] OtherEquipment
- [.....] ElectricEquipment:ITE:AirCooled
- [.....] ZoneBaseboard:OutdoorTemperatureControlled
- [.....] SwimmingPool:Indoor
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:CarbonDioxide
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:Constant
- [.....] SurfaceContaminantSourceAndSink:Generic:PressureDriver
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:CutoffModel
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:DecaySource

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Sets internal gains for lights in the zone.
If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		lights1	lights2	lights3	lights4
Zone or ZoneList Name		zone 1	zone 2	zone 3	zone 4
Schedule Name		lights year	lights year	lights year	lights year
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	2860	2860	2660	2660
Watts per Zone Floor Area	W/m2				
Watts per Person	W/person				
Return Air Fraction		0	0	0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42	0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18	0.18	0.18

Στο πεδίο αυτό εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τον τεχνικό φωτισμό που διαθέτει η κάθε ζώνη. Επομένως, δημιουργούνται τόσα **“objects”**, όσες και οι ζώνες του κτιρίου.

Στην επιλογή **“name”** εισάγεται αυθαίρετα το όνομα του **“object”**.

Στην επιλογή **“zone or zone list name”** διαλέγεται το όνομα της ζώνης στην οποία αναφέρεται το συγκεκριμένο **“object”**.

Στην επιλογή **“schedule name”** διαλέγεται από τις προεπιλογές το **“lights year”** το οποίο έχει δημιουργηθεί στην ενότητα των **“schedules”**.

Στην επιλογή **“design level calculation method”** επιλέγεται η προεπιλογή **“lighting level”**

Στην επιλογή **“lighting level”** εισάγεται η συνολική ισχύς του τεχνικού φωτισμού(σε W) ολόκληρης της ζώνης.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλες τις ζώνες του κτιρίου στα αντίστοιχα **“objects”**.

Electric equipment

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- Internal Gains
- [0009] People
- [.....] ComfortViewFactorAngles
- [0009] Lights
- [0016] ElectricEquipment
- [.....] GasEquipment
- [.....] HotWaterEquipment
- [.....] SteamEquipment
- [.....] OtherEquipment
- [.....] ElectricEquipmentITE:AirCooled
- [.....] ZoneBaseboard:OutdoorTemperatureControlled
- [.....] SwimmingPool:Indoor
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:CarbonDioxide
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:Constant
- [.....] SurfaceContaminantSourceAndSink:Generic:PressureDriver
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:CutoffModel
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:DecaySource

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Sets internal gains for electric equipment in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		fan1	fan2	fan3	fan4
Zone or ZoneList Name		zone 1	zone 2	zone 3	zone 4
Schedule Name		fan year	fan year	fan year	fan year
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	120	360	180	240
Watts per Zone Floor Area	W/m2				
Watts per Person	W/person				
Fraction Latent					
Fraction Radiant		0,2	0,2	0,2	0,2
Fraction Lost					

Στο πεδίο αυτό εισάγονται πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύς από ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες είτε είναι εγκατεστημένες στο κτίριο, είτε χρησιμοποιούνται από τους χρήστες αντλώντας ρεύμα από το κτίριο.

Στην επιλογή **“name”** εισάγεται αυθαίρετα το όνομα της συσκευής.

Στην επιλογή **“zone or zone list name”** επιλέγεται η ζώνη στην οποία λειτουργεί η συγκεκριμένη συσκευή.

Στην επιλογή **“schedule name”** διαλέγεται το αντίστοιχο **“schedule”** το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία της συγκεκριμένης συσκευής κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Στην επιλογή **“design level calculation method”** επιλέγεται το **“equipment level”**.

Στην επιλογή **“design level”** εισάγεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύς (σε W) της συγκεκριμένης συσκευής όταν αντλεί ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο του κτιρίου.

Ενότητα **“Daylighting”**

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

[-----] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:DepositionRateSi

Daylighting

[0009] Daylighting:Controls

[0081] Daylighting:ReferencePoint

[-----] Daylighting:DELight:ComplexFenestration

[-----] DaylightingDevice:Tubular

[-----] DaylightingDevice:Shelf

[-----] DaylightingDevice:LightWell

[-----] Output:DaylightFactors

[-----] Output:IlluminanceMap

[-----] OutputControl:IlluminanceMap:Style

Zone Airflow

[0009] ZoneInfiltration:DesignFlowRate

[-----] ZoneInfiltration:EffectiveLeakageArea

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Used by Daylighting:Controls to identify the reference point coord Reference points are given in coordinates specified in the GlobalGeometryRules obj Daylighting Reference Point CoordinateSystem field

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		spot1 z1	spot2 z1	spot3 z1	spot4 z1
Zone Name		zone 1	zone 1	zone 1	zone 1
X-Coordinate of Reference Point	m	11,75	9,25	6,75	11,75
Y-Coordinate of Reference Point	m	6	6	6	3,6
Z-Coordinate of Reference Point	m	4,8	4,8	4,8	4,8

Στην ενότητα αυτή εισάγονται από το χρήστη, με τη χρήση συντεταγμένων, εννιά σημεία του εσωτερικού κάθε ζώνης, στα οποία γίνεται υπολογισμός του φυσικού φωτισμού από το λογισμικό του προγράμματος. Τα σημεία αυτά, όπως φαίνεται κι από τη παραπάνω φωτογραφία, είναι τα:spot1,spot2,spot3 κτλ. Για κάθε σημείο από αυτά εισάγονται οι συντεταγμένες τους από το χρήστη, με την ίδια διαδικασία που αναφέρθηκε και στο πεδίο **“building surface detailed”**.

Zone Infiltration:Design Flow Rate

The screenshot shows the IDF Editor interface. The 'Class List' on the left includes the following items:

- Zone Airflow
- [0001] ZoneInfiltration:DesignFlowRate (highlighted)
- [-----] ZoneInfiltration:EffectiveLeakageArea
- [-----] ZoneInfiltration:FlowCoefficient
- [0001] ZoneVentilation:DesignFlowRate
- [-----] ZoneVentilation:WindandStackOpenArea
- [-----] ZoneAirBalance:OutdoorAir
- [-----] ZoneMixing
- [-----] ZoneCrossMixing
- [-----] ZoneRefrigerationDoorMixing
- [-----] ZoneEarhttube
- [-----] ZoneCoolTower:Shower
- [-----] ZoneThermalChimney
- Natural Ventilation and Duct Leakage
- [-----] AirflowNetwork:SimulationControl

The 'Field Description' table at the bottom is as follows:

Field	Units	Obj1
Name		infiltration amfiltheatr
Zone or ZoneList Name		zone
Schedule Name		Infiltration year
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s	
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2	
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2	
Air Changes per Hour	1/hr	0.4
Constant Term Coefficient		1
Temperature Term Coefficient		
Velocity Term Coefficient		
Velocity Squared Term Coefficient		

Στο πεδίο αυτό εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τη διήθηση του αέρα μέσω των κουφωμάτων. Επομένως, δημιουργούνται τόσα “objects”,όσες και οι ζώνες του κτιρίου και για κάθε ζώνη εισάγονται οι πληροφορίες που αφορούν τη διείσδυση του εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό της ζώνης μέσω των κουφωμάτων.

Στην επιλογή **“schedule name”** επιλέγεται το **“schedule”**: **“infiltration year”** επειδή θεωρείται, ότι η διήθηση αυτή του αέρα στο εσωτερικό της ζώνης, λαμβάνει χώρα όλες τις ώρες της ημέρας και όλες τις ημέρες του χρόνου ανεξάρτητα με το αν το κτίριο ή η ζώνη έχουν ανθρώπους στο εσωτερικό τους.

Στην επιλογή **“design flow rate calculation method”** επιλέγεται, ο τρόπος υπολογισμού της διείσδυσης του αέρα να γίνεται σε εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (AirChanges/Hour) και τίθενται **“0,40”** εναλλαγές του αέρα ανά ώρα. (ανάλογα με τη στεγανότητα των κουφωμάτων).

Zone Ventilation:Design Flow Rate

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left includes the following objects:

- [.....] OutputControl:IlluminanceMap:Style
- Zone Airflow
- [0009] ZoneInfiltration:DesignFlowRate
- [.....] ZoneInfiltration:EffectiveLeakageArea
- [.....] ZoneInfiltration:FlowCoefficient
- [0008] ZoneVentilation:DesignFlowRate (Selected)
- [.....] ZoneVentilation:WindandStackOpenArea
- [.....] ZoneAirBalance:OutdoorAir
- [.....] ZoneMixing
- [.....] ZoneCrossMixing
- [.....] ZoneRefrigerationDoorMixing
- [.....] ZoneEarhtube
- [.....] ZoneCoolTower:Shower
- [.....] ZoneThermalChimney
- Natural Ventilation and Duct Leakage

The 'Field Description' table at the bottom provides details for the object's fields:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		vent1	vent2	vent3	vent4
Zone or ZoneList Name		zone 1	zone 2	zone 3	zone 4
Schedule Name		occupancy year	occupancy year	occupancy year	occupancy year
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s				
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2	0,006	0,006	0,006	0,006
Flow Rate per Person	m3/s-person	0,003	0,003	0,003	0,003
Air Changes per Hour	1/hr	5	5	5	5
Ventilation Type		Natural	Natural	Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa				

Στο πεδίο αυτό εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τον φυσικό αερισμό του κτιρίου. Επομένως, δημιουργούνται κι εδώ τόσα **“objects”** όσες και οι ζώνες του κτιρίου.

Στην επιλογή **“schedule name”** επιλέγεται το **“schedule”**: **“occupancy year”**, εφόσον ο φυσικός αερισμός της κάθε ζώνης εξαρτάται από την παρουσία ανθρώπων κάθε

ώρα της ημέρας στη συγκεκριμένη ζώνη καθώς κι από τον αριθμό τους. Αυτές οι παράμετροι λοιπόν προσδιορίζονται στο “schedule”：“occupancy year”.

Στην επιλογή “**design flow rate calculation method**” επιλέγεται, ο τρόπος υπολογισμού της διείσδυσης του αέρα μέσω του φυσικού αερισμού, να γίνεται με εναλλαγές αέρα ανά ώρα και στην ανάλυση των αιθουσών, για κάθε μία θα οριστεί συγκεκριμένη τιμή ανάλογα με τη χρήση της. Η τιμή αυτή θα εισαχθεί στην επιλογή “**air changes per hour**”.

Zone Control:Thermostat

File Edit View Jump Window Help

C:\Users\kostm\Downloads\Document 1 dokimi2.idf

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [.....] Sizing:Plant
- [.....] OutputControl:Sizing:Style
- Zone HVAC Controls and Thermostats
- [.....] ZoneControl:Humidistat
- [0008] ZoneControl:Thermostat**
- [.....] ZoneControl:Thermostat:OperativeTemperature
- [.....] ZoneControl:Thermostat:ThermalComfort
- [.....] ZoneControl:Thermostat:TemperatureAndHumidity
- [.....] ThermostatSetpoint:SingleHeating
- [.....] ThermostatSetpoint:SingleCooling
- [.....] ThermostatSetpoint:SingleHeatingOrCooling
- [0001] ThermostatSetpoint:DualSetpoint
- [.....] ThermostatSetpoint:ThermalComfort:Fanger:SingleHeating
- [.....] ThermostatSetpoint:ThermalComfort:Fanger:SingleCooling
- [.....] ThermostatSetpoint:ThermalComfort:Fanger:SingleHeatingOrCooling
- [.....] ThermostatSetpoint:ThermalComfort:Fanger:DualSetpoint

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Define the Thermostat settings for a zone or list of zones. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

Field Description:
ID: A4
Select from list of choices

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		zone 1a	zone 2a	zone 3a	zone 4a
Zone or ZoneList Name		zone 1	zone 2	zone 3	zone 4
Control Type Schedule Name		control type year	control type year	control type year	control type year
Control 1 Object Type		ThermostatSetpoint	ThermostatSetpoint	ThermostatSetpoint	ThermostatSetpoint
Control 1 Name		HeatingCoolingSetp	HeatingCoolingSetp	HeatingCoolingSetp	HeatingCoolingSetp
Control 2 Object Type					
Control 2 Name					
Control 3 Object Type					
Control 3 Name					
Control 4 Object Type					

Στην ενότητα **Zone HVAC Controls And Thermostats** εισάγονται πληροφορίες απαραίτητες για τη λειτουργία “θερμοστάτη” στις ανώτατες και κατώτατες θερμοκρασίες οι οποίες έχουν οριστεί από το χρήστη στη δημιουργία των “schedules”.Έτσι, με τις ρυθμίσεις της ενότητας αυτής, δίνονται πληροφορίες στο πρόγραμμα για τα εύρη θερμοκρασιών στα οποία θα λειτουργεί η κεντρική

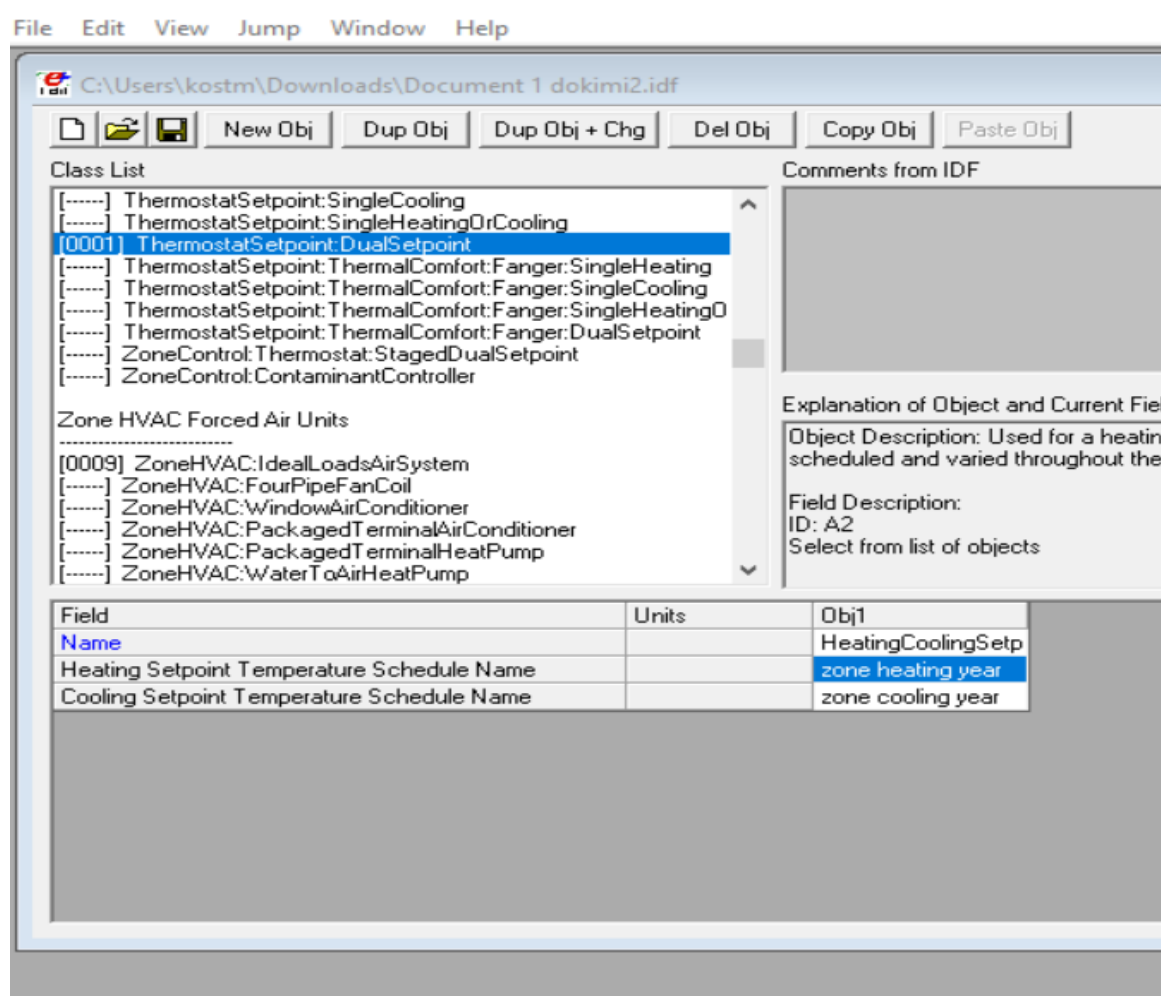
θέρμανση και ο κλιματισμός. Δημιουργούνται λοιπόν, τόσα “objects”,όσες και οι ζώνες του κτιρίου.

Στην επιλογή “**control type schedule name**” επιλέγεται το “schedule”：“control type year”.

Στην επιλογή “**control 1 object type**” διαλέγεται η προεπιλογή “thermostat setpoint dual set point”.

Στην επιλογή “**control 1 name**” διαλέγεται η προεπιλογή “heating cooling setpoints”.

Thermostat Setpoint Dual Set Point



Εδώ, στις δύο επιλογές που ζητάνε την εισαγωγή των “schedule”, τα οποία καθορίζουν τις θερμοκρασίες στις οποίες θα λειτουργούν οι θερμοστάτες για την λειτουργία του κλιματισμού και της θέρμανσης, διαλέγονται τα “schedules”：“zone heating year” και “zone cooling year”.Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, δίνονται

πληροφορίες για τις θερμοκρασίες στις οποίες θα γίνεται εκκίνηση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης του χώρου

11.4) ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΘΟΥΣΩΝ

11.4.1) Εισαγωγή

Στο υποκεφάλαιο αυτό, θα παρουσιαστούν οι υπό μελέτη αίθουσες οι οποίες αναλύθηκαν ενεργειακά με τη χρήση του προγράμματος energy plus και θα παρουσιαστούν όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μίας, καθώς και οι σημαντικότερες παράμετροι που εισήχθησαν στο πρόγραμμα, για να εξαχθούν αποτελέσματα με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και τα οποία θα αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα. Οι αίθουσες αυτές είναι οι εξής:

- 1) Αίθουσα 5 πολιτικών μηχανικών, η οποία βρίσκεται στα νέα κτίρια, στην πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.**
- 2) Αμφιθέατρο πολιτικών μηχανικών, το οποίο επίσης βρίσκεται στα νέα κτίρια της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.**
- 3) Αίθουσα 020 στο κτίριο Λαμπαδαρίου των τοπογράφων μηχανικών στην πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.**
- 4) Αμφιθέατρο 015 στο κτίριο Λαμπαδαρίου των τοπογράφων μηχανικών της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.**
- 5) Αμφιθέατρο 1 του κτιρίου Βέη των τοπογράφων μηχανικών στα νέα κτίρια της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.**
- 6) Αμφιθέατρο του κτιρίου Ηχοτεχνίας στην πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.**
- 7) Αίθουσα 26 στο κτίριο των χημικών μηχανικών στην πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.**

Πριν ξεκινήσει η παρουσίαση των υπό μελέτη χώρων, θα αναλυθούν οι βασικότερες παραδοχές που έγιναν, οι οποίες είναι κοινές για όλους τους χώρους και θα αναφερθούν σημαντικές πληροφορίες που συλλέχθηκαν και στη συνέχεια εισήχθησαν στο "menu" του προγράμματος έτσι ώστε να ξεκινήσει η προσομοίωση. Όλα αυτά που θα αναφερθούν στη συνέχεια, περιγράφουν τη γενική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και είναι κοινά για όλους τους χώρους.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΨΥΞΗΣ

Η λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης καθορίστηκε με την δημιουργία δύο “schedule”, τα οποία είναι τα εξής:

A) ZONE HEATING YEAR

B) ZONE COOLING YEAR

Με αυτά τα δύο schedule εισάγονται πληροφορίες για τη λειτουργία του συστήματος κεντρικής θέρμανσης και κλιματισμού. **Το σύστημα θέρμανσης προγραμματίστηκε να λειτουργεί τις ώρες από 08:00 έως τις 18:00 με προκαθορισμένη θερμοκρασία εκκίνησης τους 19 βαθμούς Κελσίου.** Μόλις η θερμοκρασία δηλαδή κατέβει κάτω από τους 19 βαθμούς Κελσίου, λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, η θερμοκρασία θα διατηρείται σταθερή αυτές τις ώρες. Για τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας επιλέχθηκε η ακραία τιμή των 0 βαθμών Κελσίου, που ουσιαστικά υποδηλώνει την απενεργοποίηση της κεντρικής θέρμανσης για αυτές τις ώρες, ανεξαρτήτως θερμοκρασίας. **Επίσης, προγραμματίστηκε να λειτουργεί υπό αυτές τις συνθήκες για όλες τις ημέρες της εβδομάδας και όλες τις ημέρες του χρόνου, ώστε να αποφευχθούν ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας και κατ'επέκταση υπερβολικά μεγάλα φορτία ενέργειας στα αποτελέσματα.** Με την ίδια ακριβώς λογική προγραμματίστηκε και το σύστημα κλιματισμού με προκαθορισμένη θερμοκρασία εκκίνησης τους 26 βαθμούς Κελσίου. Εδώ, ως ακραία τιμή η οποία υποδηλώνει την απενεργοποίηση του συστήματος κλιματισμού, τοποθετήθηκε η τιμή των 60 βαθμών Κελσίου.

ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΟΥΣ

Η παρουσία των χρηστών μέσα στους υπό μελέτη χώρους, καθορίστηκε από τη δημιουργία του “schedule”: “occupancy”. Παρουσία χρηστών μέσα στους υπό μελέτη χώρους, θεωρήθηκε από τις 07:00 έως τις 18:00, από Δευτέρα έως Παρασκευή και με την παρακάτω αριθμητική κατανομή, ως ποσοστό της μέγιστης παρουσίας χρηστών, η οποία καθορίστηκε σε 0,5 άτομα/ τετραγωνικό επιφάνειας(σύμφωνα με οδηγίες του T.E.E. για χώρους διδασκαλίας:

- ✓ Από τις 07:00 έως τις 08:00: 10% πληρότητα
- ✓ Από τις 08:00 έως τις 09:00: 20% πληρότητα
- ✓ Από τις 09:00 έως τις 10:00: 60% πληρότητα
- ✓ Από τις 10:00 έως τις 16:00: 80% πληρότητα
- ✓ Από τις 16:00 έως τις 17:00: 40% πληρότητα
- ✓ Από τις 17:00 έως τις 18:00: 10% πληρότητα

Επίσης, η παρουσία των χρηστών κατά τη διάρκεια του έτους καθορίστηκε ως εξής:

- ✓ Από 31/12 έως 6/1: Απουσία χρηστών λόγω Χριστουγενιάτικων Διακοπων
- ✓ Από 7/1 έως 31/3: Κανονική παρουσία χρηστών
- ✓ Από 1/4 έως 14/4: Απουσία χρηστών λόγω Πασχαλινών Διακοπών
- ✓ Από 15/4 έως 10/7: Κανονική παρουσία χρηστών
- ✓ Από 11/7 έως 25/8: Απουσία χρηστών λόγω Καλοκαιρινών διακοπών
- ✓ Από 26/8 έως 23/12: Κανονική παρουσία χρηστών
- ✓ Από 24/12 έως 31/12: Απουσία χρηστών λόγω Χριστουγεννιάτικων Διακοπών

Επισημαίνεται, ότι όλα τα Σαββατοκύριακα του έτους θεωρήθηκε απουσία χρηστών.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ο τεχνητός φωτισμός θεωρήθηκε ότι λειτουργεί από τις 08:00 έως τις 18:00, χωρίς διακοπή, για όλες τις ημέρες κατά τις οποίες θεωρήθηκε και παρουσία χρηστών, η οποία αναλύθηκε λεπτομερώς προηγουμένως. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συνολική ισχύς λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού, για όλους τους υπό μελέτη χώρους:

ΑΙΘΟΥΣΑΣ/ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ	ΙΣΧΥΣ ΤΕΧΝ.ΦΩΤ.
ΑΙΘΟΥΣΑ 5 ΠΟΛ.ΜΗΧ.	2592 W
ΔΙΔΥΜΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΠΟΛ.ΜΗΧ.	3000W
ΑΙΘΟΥΣΑ 20 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ	2268W
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 15 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ	3500W
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ	2000W
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ	720W
ΑΙΘΟΥΣΑ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ	2592W

Συνολική ισχύς λειτουργίας σε όλους τους υπό μελέτη χώρους

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ-ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Κατά τη διάρκεια του έτους, θεωρήθηκε ότι κατά διαστήματα είναι συνδεδεμένες με πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας των υπό μελέτη χώρων, οι παρακάτω συσκευές:

- ✓ 2 κινητά τηλέφωνα με συνολική ισχύ φόρτισης: 4W
- ✓ 2 λάπτοπ με συνολική ισχύ φόρτισης: 65 W
- ✓ 1 προτζέκτορας με ισχύ λειτουργίας: 300 W

Όλες οι παραπάνω αναφερόμενες συσκευές θεωρήθηκε ότι λειτουργούν από τις 09:00 έως τις 14:00 ταυτόχρονα(όλες μαζί), για όλες τις ημέρες του χρόνου κατά τις οποίες παρευρίσκονται χρήστες μέσα στους υπό μελέτη χώρους.

ΔΙΗΘΗΣΗ ΑΕΡΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΧΑΡΑΜΑΔΕΣ ΤΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Η διήθηση του αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων, κατά την προσομοίωση με το ενεργειακό πρόγραμμα “energy plus”, καθορίζεται με έναν συντελεστή, ο οποίος απεικονίζει “εναλλαγές αέρα/ ώρα”. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής αυτός, τόσο μικρότερη είναι η στεγανότητα των κουφωμάτων κι επομένως το φαινόμενο το διήθησης του αέρα αυξάνεται. Κατόπιν επιτόπιων παρατηρήσεων αλλά και σύμφωνα με την “ΤΟΤΕΕ-1 του 2017” οδηγία, παρουσιάζονται παρακάτω οι τιμές του παραπάνω αναφερόμενου συντελεστή:

Αίθουσα 5 Πολ.Μηχ.: 0,40

Αίθουσα 20 Κτιρίου Λαμπαδαρίου: 0,80

Αίθουσα 26 Χημικών: 0,80

Αμφιθέατρο 1 Κτιρίου ΒΕΗ: 0,40

Αμφιθέατρο 15 Κτιρίου Λαμπαδαρίου: 0,40

Αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας: 0,80

Αμφιθέατρο Πολ.Μηχ.: 0,40

Επισημαίνεται, ότι το φαινόμενο της διήθησης συμβαίνει καθ’ όλη τη διάρκεια του χρόνου και για όλες τις ώρες της ημέρας.

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

Η συχνότητα χρήσης του φυσικού αερισμού από τους χρήστες καθορίζεται κι αυτή με έναν συντελεστή ο οποίος απεικονίζει “εναλλαγές αέρα/ ώρα”. Σύμφωνα με την “ΤΟΤΕΕ 20701-1 του 2017” οδηγία, επιλέχθηκε η τιμή 5, δηλαδή 5 εναλλαγές αέρα/ ώρα.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η ανθρώπινη μεταβολική δραστηριότητα επηρεάζει άμεσα τα θερμικά κερδη που εισάγονται στους χώρους από τους χρήστες του. **Σύμφωνα με την “ΤΟΤΕΕ 20701-1 του 2017” οδηγία, η ισχύς της ανθρώπινης εκπομπής ακτινοβολίας για πανεπιστημιακούς χώρους διδασκαλίας(κατάσταση ηρεμίας) θεωρήθηκε 80 W.**

ΣΥΝΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

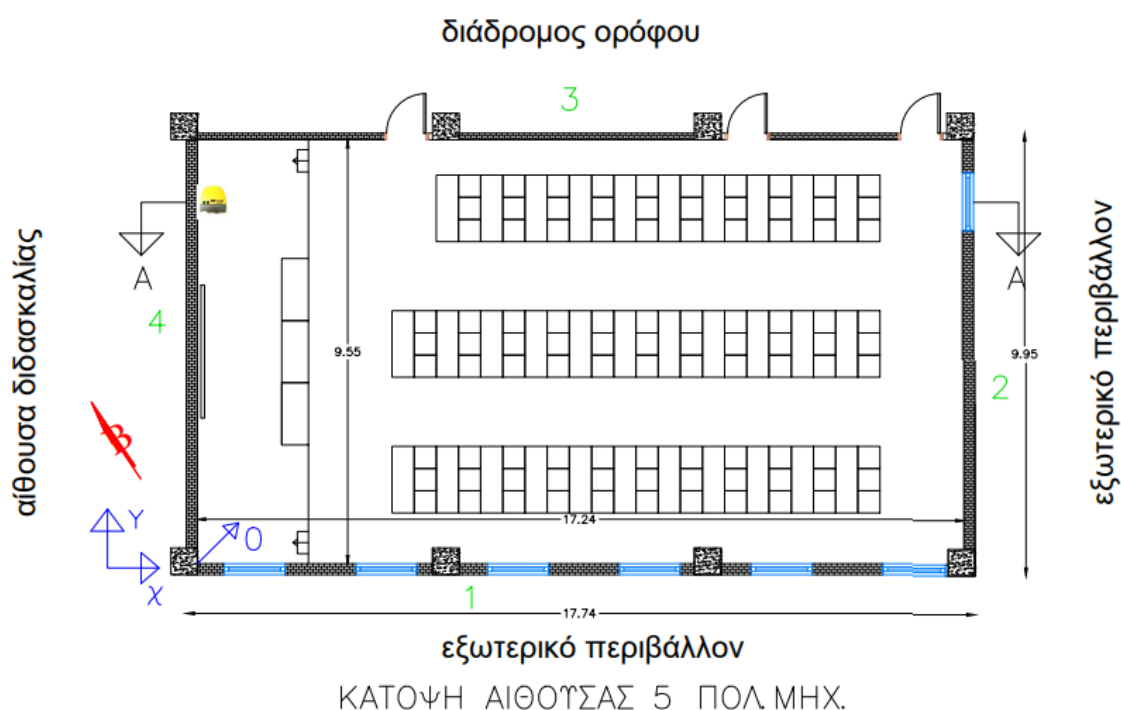
Στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου και συγκεκριμένα στο **11.3**, αναλύθηκαν λεπτομερώς οι δυνατότητες που παρέχει το πρόγραμμα “energy plus” για τον καθορισμό των συνοριακών συνθηκών των επιφανειών της κάθε θερμικής ζώνης, από τον χρήστη. Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετούνται χώροι διδασκαλίας αποκομμένοι από το κτίριο στο οποίο βρίσκεται ο καθένας. Επομένως, δεν είναι δυνατή η προσομοίωση ολόκληρου του κτιρίου. **Για τον λόγο αυτό, οι συνοριακές συνθήκες των επιφανειών που συνορεύουν με κτίριο κι όχι με εξωτερικό περιβάλλον ή έδαφος καθορίστηκαν ως εξής:**

- Όσες επιφάνειες συνορεύουν με διάδρομο του κτιρίου κι όχι με αίθουσα διδασκαλίας, προσομοιώθηκαν με την παραδοχή του “μισού συντελεστή θερμοπερατότητας($U' = U/2$) , η οποία αναλύθηκε λεπτομερώς στο **11.3**.
- Όσες επιφάνειες του κτιρίου συνορεύουν με άλλες αίθουσες διδασκαλίας, θεωρήθηκαν ως αδιαβατικές επιφάνειες, οι οποίες κι αυτές αναλύθηκαν λεπτομερώς στο **11.3**. Η παραδοχή αυτή για τις συγκεκριμένες επιφάνειες είναι αρκετά ακριβής, αφού σύμφωνα με τα εγχειρίδια του προγράμματος “energy plus”, όταν εκατέρωθεν μίας επιφάνειας υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας έως και 2- 3 βαθμούς Κελσίου, ο χαρακτηρισμός της συγκεκριμένης επιφάνειας ως αδιαβατικής είναι αρκετά ασφαλής επιλογή. **Η παραδοχή ότι οι γειτονικές αίθουσες διδασκαλίας έχουν παρόμοιο θερμοκρασιακό προφίλ με τις υπό μελέτη αίθουσες οφείλεται στο ότι τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης των δύο χώρων είναι ρυθμισμένα να λειτουργούν στις ίδιες θερμοκρασίες, οπότε δεν θα πραγματοποιείται ροή θερμότητας από την μία προς την άλλη.**

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν **σηματικές κατόψεις και τομές των υπό μελέτη χώρων**, καθώς και **πίνακες στους οποίους φαίνονται τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι διάφορες επιφάνειές τους**. Πάνω στις σηματικές κατόψεις είναι σημειωμένη η κατεύθυνση του Βορρά, έτσι ώστε να είναι άμεσα προσδιορίσιμος ο

προσανατολισμός των παραθύρων, καθώς και η θέση στην οποία τοποθετήθηκαν τα θερμοϋγρόμετρα κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας. Επίσης, πάνω στις σχηματικές κατόψεις είναι **αριθμημένες οι επιφάνειές τους**, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύρεσή τους στον πίνακα των υλικών. Τέλος, απεικονίζονται και οι **συνοριακές συνθήκες των επιφανειών όλων των χώρων**, όπως διάδρομοι, άλλοι χώροι διδασκαλίας, εξωτερικό περιβάλλον, κ.τ.λ. Στο τέλος της εργασίας, και συγκεκριμένα στο Παράρτημα Α, παρουσιάζονται υπό κλίμακα, όλες οι κατόψεις και οι τομές των χώρων, κατόψεις των κτιρίων μέσα στα οποία βρίσκονται αλλά και **τοπογραφικά διαγράμματα για τον προσδιορισμό της θέσης των κτιρίων μέσα στην Πολυτεχνειούπολη της Περιοχής Ζωγράφου**.

11.4.2) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





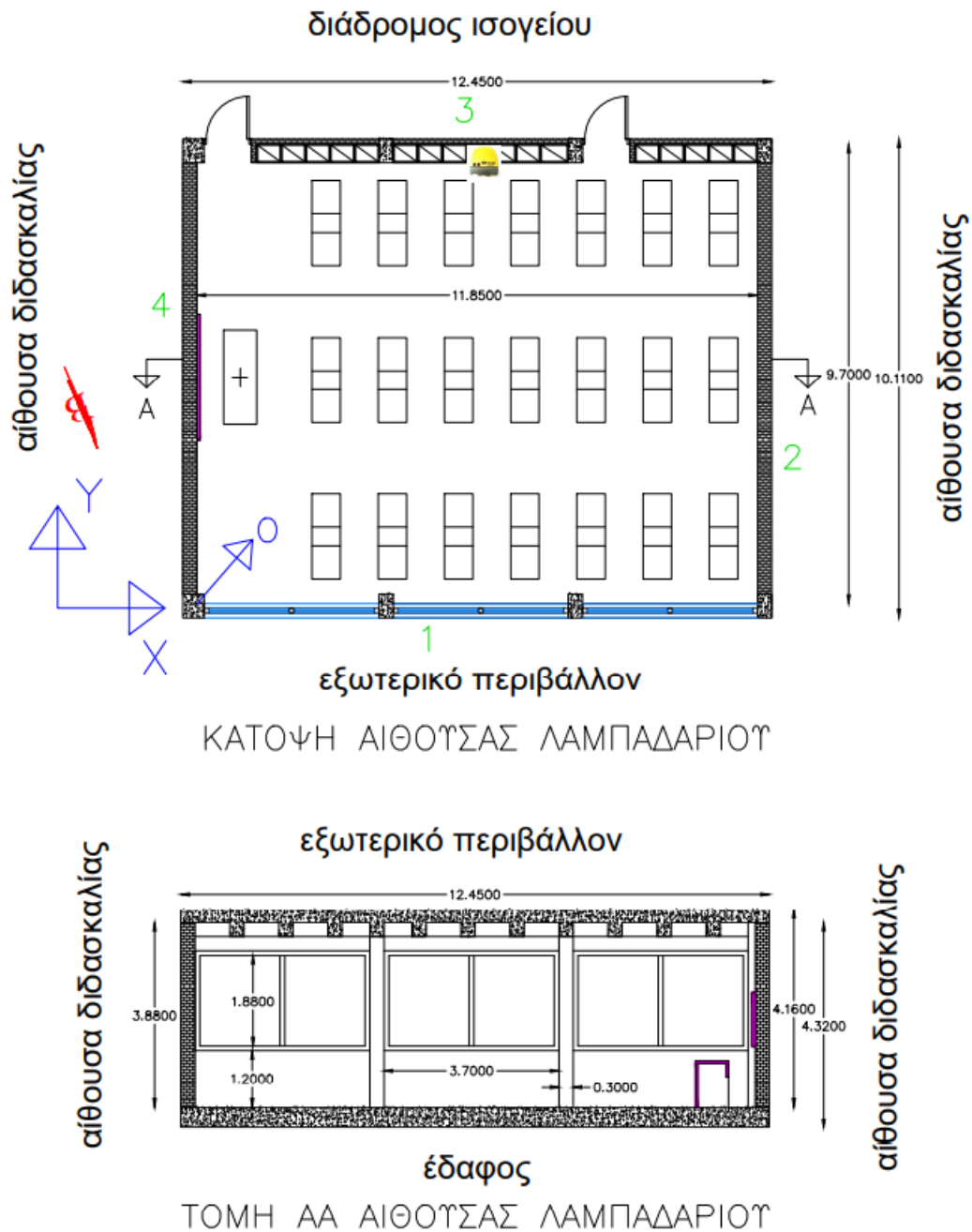
ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΠΟΛ ΜΗΧ.

Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Οροφή	Δάπεδο
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	γυψοσανίδα
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	1	1.5	1	1	1
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τσιμεντόπλακα	κενό
Πάχος Στρώσης 1	9	9	12	9	2	125
Στρώση 2	κενό	κενό	επίχρισμα	κενό	τσιμεντοκονία	πλάκα σκυροδέματος
Πάχος Στρώσης2	5	5	1.5	5	2.5	18
Στρώση 3	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	ασφαλτόπανο	μωσαϊκό
Πάχος Στρώσης 3	9	9	9	9	2	2
Στρώση 4	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	ελαφροσκυρόδεμα	πλαστικό δάπεδο
Πάχος Στρώσης 4	1	1	1	1	5	1
Στρώση 5					θερμομονωτικό υλικό	
Πάχος Στρώσης 5					2.5	
Στρώση 6					πλάκα σκυροδέματος	
Πάχος Στρώσης 6					18	
Στρώση 7					κενό	
Πάχος Στρώσης 7					117	
Στρώση 8					γυψοσανίδα	
Πάχος Στρώσης 8					1	
Στρώση 9						
Πάχος Στρώσης 9						
Στρώση 10						
Πάχος Στρώσης 10						
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	25	25	15	25	153.5	147
Μήκος Επιφάνειας(m)	17.24	9.55	17.24	9.55	17.24	17.24
Υψος Επιφάνειας(m)	3.25	3.25	3.25	3.25		
Πλάτος Επιφάνειας(m)					9.55	9.55
Περίμετρος Επιφάνειας(m)	40.98	25.6	40.98	25.6	53.58	53.58
Εμβαδόν Επιφάνειας(m ²)	56.03	31.03	56.03	31.03	164.64	164.64

Πίνακας υλικών των επιφανειών της αίθουσας 5 των Πολιτικών Μηχανικών

Σημειώνεται, ότι η αίθουσα 5 των Πολιτικών Μηχανικών διαθέτει σκίαστρα οριζόντιας επέκτασης 1,20μ. και πλάτους όσο το πλάτος των παραθύρων, σε όλα τα παράθυρα της νότιας επιφάνειάς της.

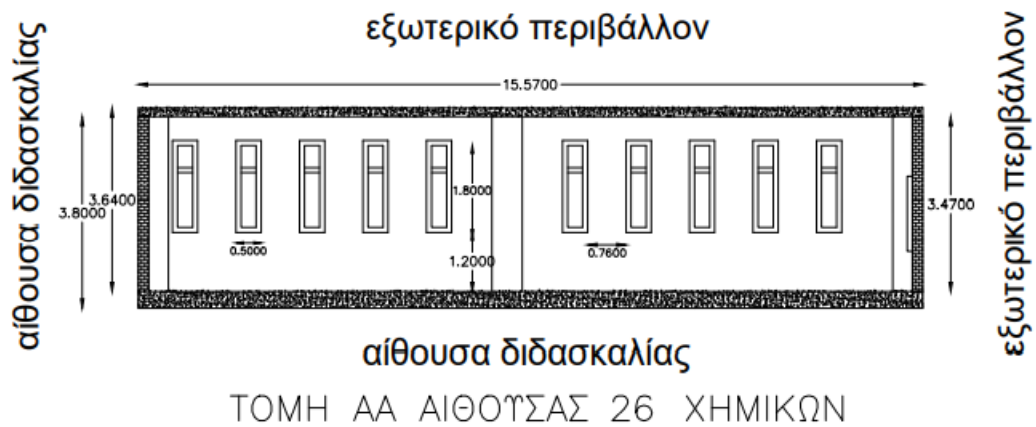
11.4.3) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 20 ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΤΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Οροφή	Δάπεδο
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	ασφαλτόπανο	gross beton
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	1	1	1	2	10
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τσιμεντοκονία	πλάκα θεμελίωσης
Πάχος Στρώσης 1	9	9	9	9	2.5	15
Στρώση 2	κενό	κενό	επίχρισμα	κενό	ελαφρ/μα	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης2	10	10	1	10	5	2.5
Στρώση 3	τούβλο	τούβλο		τούβλο	τσιμεντοκονία	ασφαλτόπανο
Πάχος Στρώσης 3	9	9		9	2.5	2
Στρώση 4	επίχρισμα	επίχρισμα		επίχρισμα	οπλ.σκ/μα	ελαφρ/μα
Πάχος Στρώσης 4	1	1		1	15	9
Στρώση 5					επίχρισμα	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης 5					1	2.5
Στρώση 6						μωσαϊκό
Πάχος Στρώσης 6						2
Στρώση 7						πλαστικό δάπεδο
Πάχος Στρώσης 7						1
Στρώση 8						
Πάχος Στρώσης 8						
Στρώση 9						
Πάχος Στρώσης 9						
Στρώση 10						
Πάχος Στρώσης 10						
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	30	30	11	30	28	44
Μήκος Επιφάνειας(m)	11.85	9.7	11.85	9.7	11.85	11.85
Υψος Επιφάνειας(m)	3.8	3.8	3.8	3.8		
Πλάτος Επιφάνειας(m)					9.7	9.7
Περίμετρος Επιφάνειας(m)	31.3	27	31.3	27	43.1	43.1
Εμβαδόν Επιφάνειας(m ²)	45.03	36.86	45.03	36.86	114.94	114.94

Πίνακας υλικών των επιφανειών της αίθουσας 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου

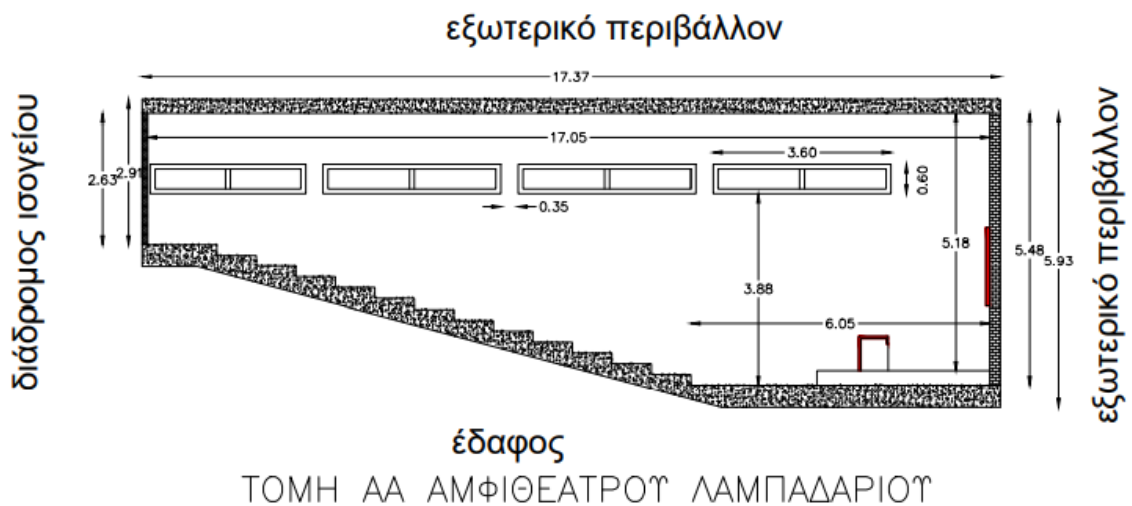
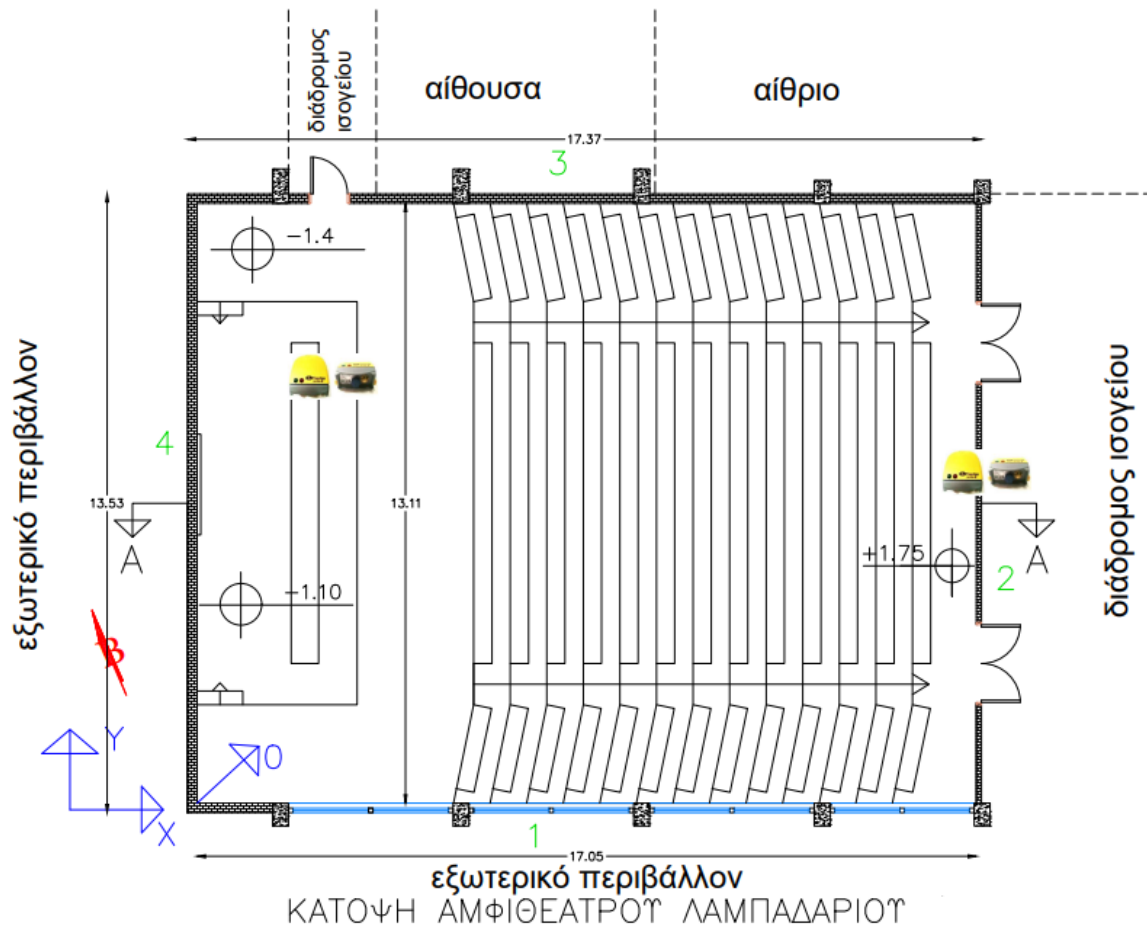
11.4.4) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Οροφή	Δάπεδο
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1.5	1	1	1	1	1
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα
Πάχος Στρώσης 1	12	9	9	9	15	15
Στρώση 2	επίχρισμα	λάσπη	λάσπη	λάσπη	επίχρισμα	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης2	1.5	1	1	1	1	2.5
Στρώση 3		τούβλο	τούβλο	τούβλο		ελαφρ/μα
Πάχος Στρώσης 3		9	9	9		9
Στρώση 4		επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα		τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης 4		1	1	1		2.5
Στρώση 5						μωσαϊκό
Πάχος Στρώσης 5						2
Στρώση 6						πλαστικό δάπεδο
Πάχος Στρώσης 6						1
Στρώση 7						
Πάχος Στρώσης 7						
Στρώση 8						
Πάχος Στρώσης 8						
Στρώση 9						
Πάχος Στρώσης 9						
Στρώση 10						
Πάχος Στρώσης 10						
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	15	21	21	21	17	33
Μήκος Επιφάνειας(m)	15.15	9.11	15.15	9.11	15.15	15.15
Υψος Επιφάνειας(m)	3.47	3.47	3.47	3.47		
Πλάτος Επιφάνειας(m)					9.11	9.11
Περίμετρος Επιφάνειας(m)	37.24	25.16	37.24	25.16	48.52	48.52
Εμβαδόν Επιφάνειας(m ²)	52.57	31.61	52.57	31.61	138.02	138.02

Πίνακας υλικών των επιφανειών της αίθουσας 26 των Χημικών Μηχανικών

11.4.5) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 015 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ



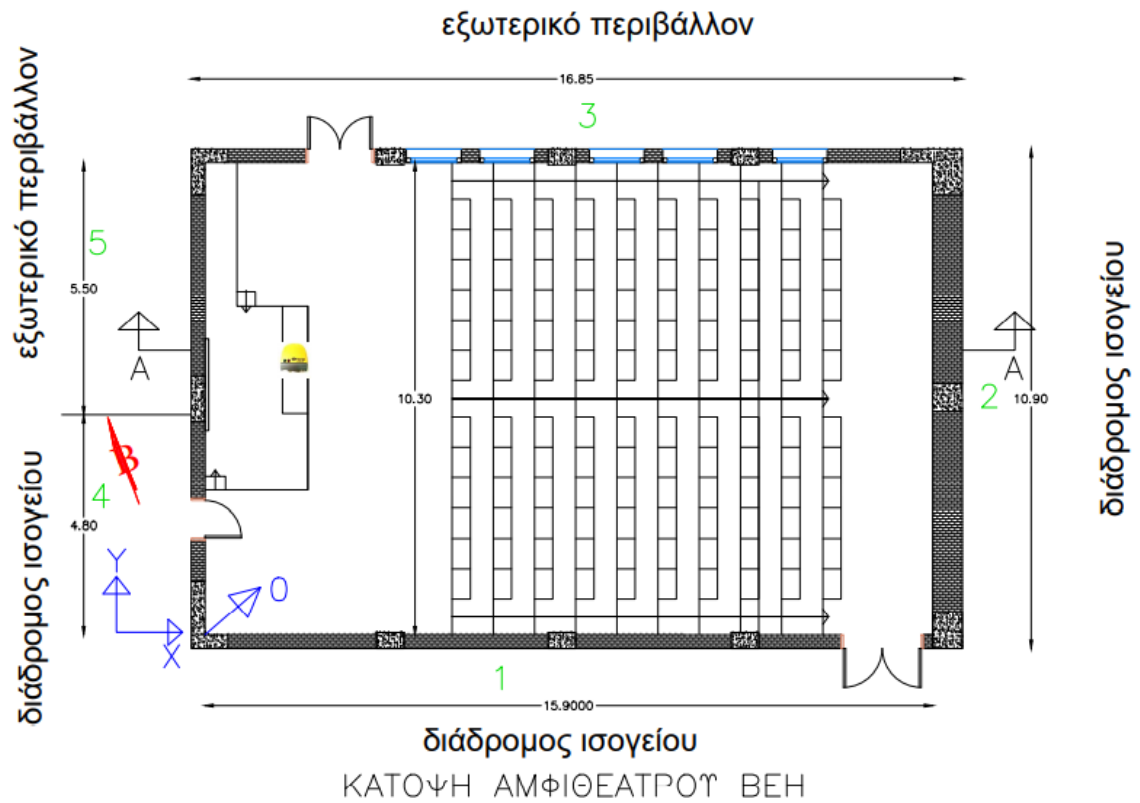
Αξίζει να σημειωθεί, ότι η επιφάνεια 3 του συγκεκριμένου αμφιθεάτρου, έχει διαφορετικές συνοριακές συνθήκες κατά μήκος της, όπως φαίνεται κι από την

παραπάνω κάτοψη, οι οποίες ελήφθησαν υπόψιν κατά την προσομοίωση, σύμφωνα με τους τρόπους που αναλύθηκαν λεπτομερώς προηγουμένως.

Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Οροφή	Δάδεπο
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	ασφαλτόπανο	10
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	1	1	1	2	πλάκα θεμελίωσης
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τσιμεντοκονία	15
Πάχος Στρώσης 1	9	9	9	9	2.5	τσιμεντοκονία
Στρώση 2	λάσπη	επίχρισμα	λάσπη	λάσπη	ελαφρ/μα	2.5
Πάχος Στρώσης2	1	1	1	1	5	ασφαλτόπανο
Στρώση 3	τούβλο		τούβλο	τούβλο	τσιμεντοκονία	2
Πάχος Στρώσης 3	9		9	9	2.5	ελαφρ/μα
Στρώση 4	επίχρισμα		επίχρισμα	επίχρισμα	οπλ.σκ/μα	9
Πάχος Στρώσης 4	1		1	1	15	τσιμεντοκονία
Στρώση 5					επίχρισμα	2.5
Πάχος Στρώσης 5					1	μωσαϊκό
Στρώση 6						2
Πάχος Στρώσης 6						ξύλο
Στρώση 7						2
Πάχος Στρώσης 7						
Στρώση 8						
Πάχος Στρώσης 8						
Στρώση 9						
Πάχος Στρώσης 9						
Στρώση 10						
Πάχος Στρώσης 10						
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	21	11	21	21	28	45
Μήκος Επιφάνειας οριζόντιο(m)	17.05	13.11	17.05	13.11	13.11	
Μήκος Επιφάνειας κεκλιμένο(m)	17.17		17.17			17.17
Υψος (1) Επιφάνειας(m)	5.48	3.42	5.48	5.48		
Υψος (2) Επιφάνειας(m)	3.42		3.42			
Πλάτος Επιφάνειας(m)					17.05	13.11
Περίμετρος(m)	43.12	33.06	43.12	37.18	60.32	60.57
Εμβαδόν(m ²)	75.87	44.84	75.87	71.84	223.52	225.15

Πίνακας υλικών των επιφανειών του αμφιθεάτρου του κτιρίου Λαμπαδαρίου

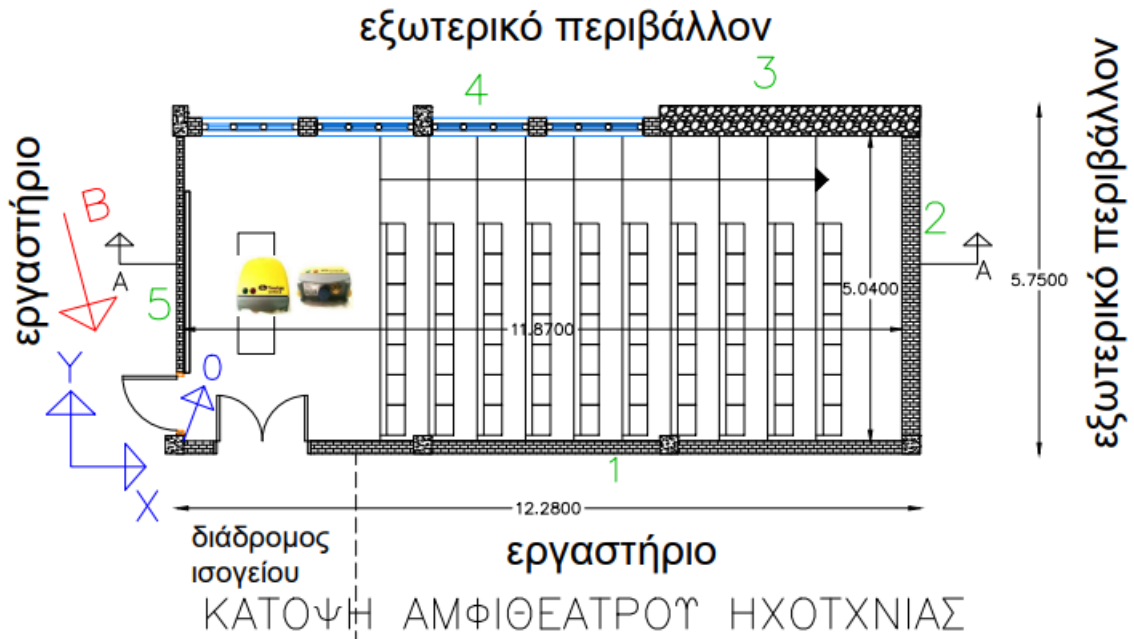
11.4.6) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ



Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Επιφάνεια 5	Οροφή	Δάπεδο
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	μωσαϊκό	gross beton
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	2	1	1	1	2	10
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τσιμεντοκονία	πλάκα θεμελίωσης
Πάχος Στρώσης 1	9	9	9	9	9	2.5	15
Στρώση 2	κενό	κενό	κενό	κενό	κενό	ελαφρ/μα	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης2	10	10	10	10	10	9	2.5
Στρώση 3	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τσιμεντοκονία	ασφαλτόπανο
Πάχος Στρώσης 3	9	9	9	9	9	2.5	2
Στρώση 4	επίχρισμα	κενό	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	οπλ.σκ/μα	ελαφρ/μα
Πάχος Στρώσης 4	1	5	1	1	1	15	9
Στρώση 5		τούβλο				κενό	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης 5		9				75	2.5
Στρώση 6		κενό				γυψοσανίδα	μωσαϊκό
Πάχος Στρώσης 6		10				1	2
Στρώση 7		τούβλο					πλαστικό δάπεδο
Πάχος Στρώσης 7		9					1
Στρώση 8		επίχρισμα					
Πάχος Στρώσης 8		2					
Στρώση 9							
Πάχος Στρώσης 9							
Στρώση 10							
Πάχος Στρώσης 10							
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	30	65	30	30	30	107	44
Μήκος Επιφάνειας οριζόντιο(m)	15.9	10.3	15.9	4.8	5.5	15.9	
Μήκος Επιφάνειας κεκλιμένο(m)	15.96		15.96				15.96
Υψος (1) Επιφάνειας(m)	2.38	2.38	2.38				
Υψος (2) Επιφάνειας(m)	3.82		3.82	3.82	3.82		
Πλάτος Επιφάνειας(m)						10.3	10.3
Περίμετρος(m)	38.06	25.36	38.06	17.24	18.64	52.4	52.53
Εμβαδόν(m ²)	49.29	24.51	49.29	18.34	21.01	163.8	164.44

Πίνακας υλικών των επιφανειών του αμφιθεάτρου 1 του κτιρίου ΒΕΗ

11.4.7) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

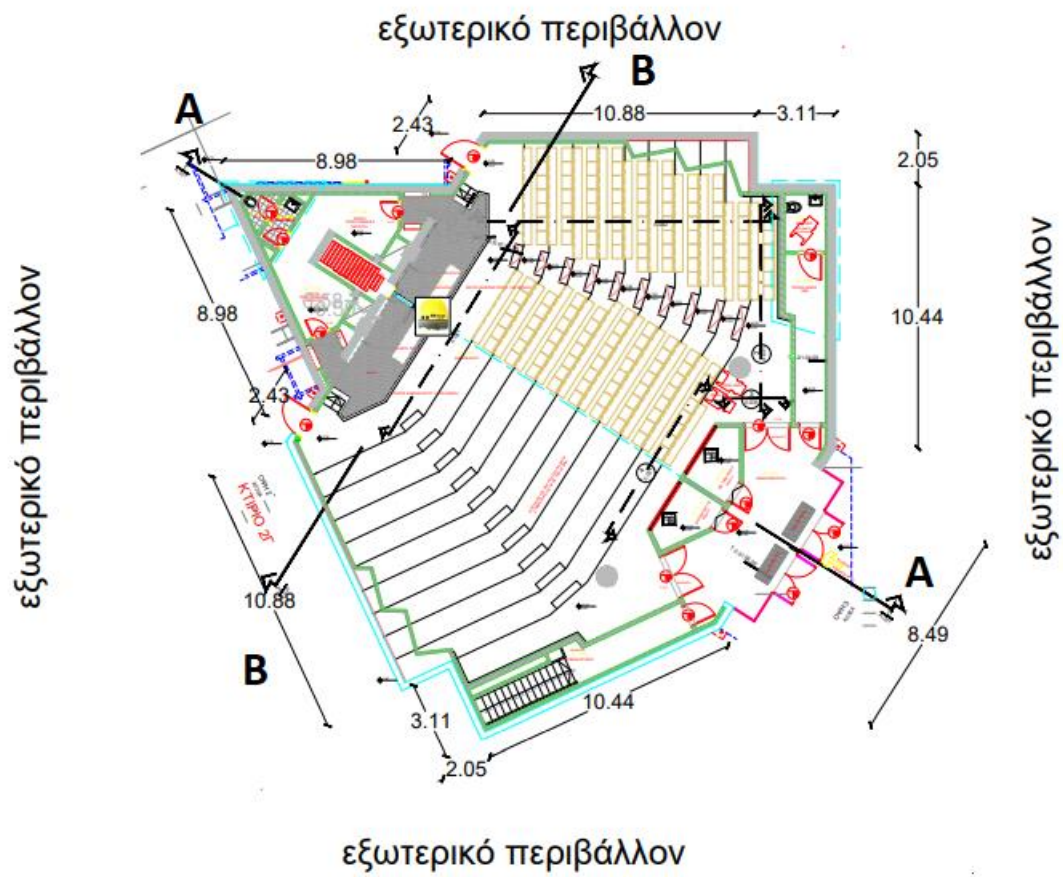


Όπως βλέπουμε από την παραπάνω κάτοψη, η επιφάνεια 1 του συγκεκριμένου αμφιθεάτρου έχει διαφορετικές συνοριακές συνθήκες κατά μήκος της, οι οποίες ελήφθησαν υπόψιν κατά την προσομοίωση, σύμφωνα με τους τρόπους που αναλύθηκαν λεπτομερώς προηγουμένως.

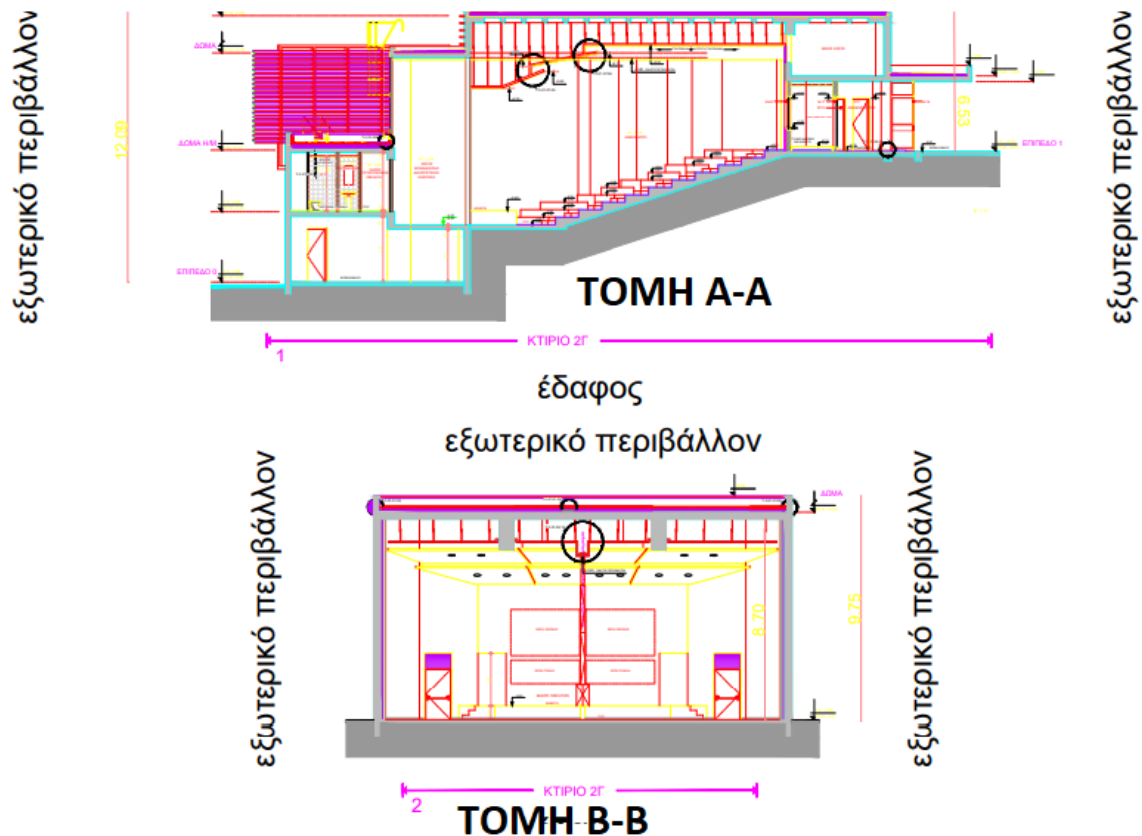
Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Επιφάνεια 5	Οροφή	Δάδεπο
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	πέτρα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	gross beton
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	1	49	1	1	1	10
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	επίχρισμα	τούβλο	τούβλο	οπλ.σκ/μα	πλάκα θεμελίωσης
Πάχος Στρώσης 1	9	9	1	9	9	15	15
Στρώση 2	λάσπη	κενό	κενό	επίχρισμα	κενό	κενό	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης2	1	10	10	10	1	5	2.5
Στρώση 3	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	γυψοσανίδα	ασφαλτόπανο	
Πάχος Στρώσης 3	9	9	9	9	1	2	
Στρώση 4	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	ελαφρ/μα		
Πάχος Στρώσης 4	1	1	1	1	9		
Στρώση 5						τσιμεντοκονία	
Πάχος Στρώσης 5						2.5	
Στρώση 6						μωσαϊκό	
Πάχος Στρώσης 6						2	
Στρώση 7							
Πάχος Στρώσης 7							
Στρώση 8							
Πάχος Στρώσης 8							
Στρώση 9							
Πάχος Στρώσης 9							
Στρώση 10							
Πάχος Στρώσης 10							
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	21	30	50	30	11	22	43
Μήκος Επιφάνειας οριζόντιο(m)	11.87	5.04	4	7.87	5.04	11.87	
Μήκος Επιφάνειας κεκλιμένο(m)	11.9		4.01	7.89			11.9
Υψος (1) Επιφάνειας(m)	3.21		2.62	2.62	3.21		
Υψος (2) Επιφάνειας(m)	2.32	2.32	2.32	3.21			
Πλάτος Επιφάνειας(m)						5.04	5.04
Περίμετρος(m)	29.3	14.72	12.95	21.59	16.5	33.82	33.89
Εμβαδόν(m ²)	32.82	11.69	9.88	22.94	16.18	59.82	59.99

Πίνακας υλικών των επιφανειών του αμφιθεάτρου Ηχοτεχνίας

11.4.8) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

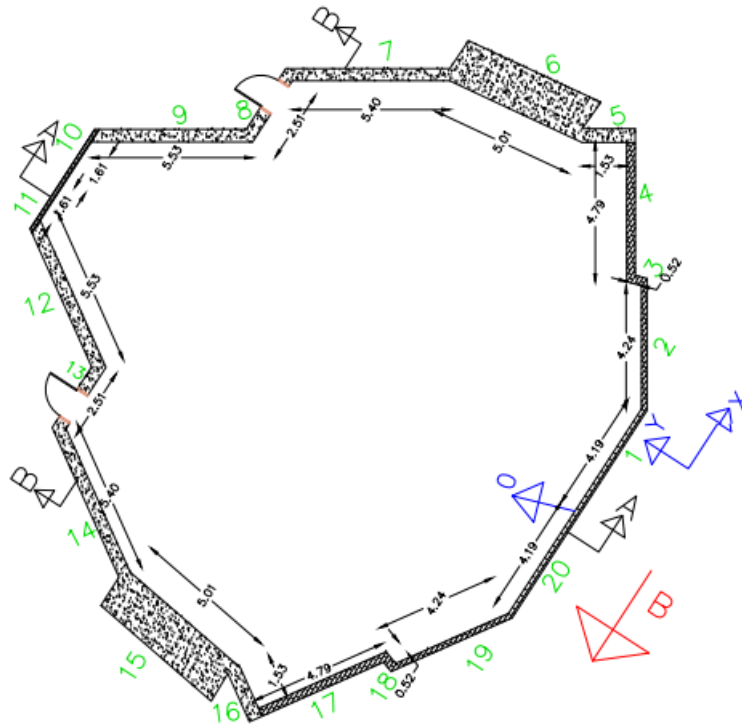


Κάτοψη Αμφ. Πολιτικών Μηχανικών



Λόγω της πολύπλοκης γεωμετρίας που παρουσιάζει το συγκεκριμένο αμφιθέατρο, ήταν αναγκαία η τροποποίηση της γεωμετρίας του, έτσι ώστε να προσομοιωθεί ο χώρος με τη μέθοδο της εισαγωγής των συντεταγμένων των κορυφών των επιφανειών του, όπως αναλύθηκε λεπτομερώς στο 11.3. Παρακάτω, παρουσιάζεται μία σχηματική κάτοψη, η οποία δεν αντικατοπτρίζει τον πραγματικό χώρο, παρά μόνο την τροποποίηση της γεωμετρίας έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η εισαγωγή των συντεταγμένων.

Επιπλέον, επισημαίνεται ότι λόγω της πολύπλοκης γεωμετρίας και της οροφής του, αλλά και του δαπέδου του, τόσο η οροφή του, όσο και το δάπεδό του, χωρίστηκαν σε επιμέρους τμήματα έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η εισαγωγή της γεωμετρίας του για την προσομοίωση.



Τροποποιημένη κάτοψη των Διδύμων αμφιθεάτρων των Πολιτικών Μηχανικών

Πρέπει να τονιστεί, ότι οι επιφάνειες 1,2,3,4,10,11,17,18,19,20, όπως φαίνονται στην παραπάνω σχηματική κάτοψη, έχουν ως συνοριακές συνθήκες χώρους οι οποίοι δεν έχουν χρήση χώρου διδασκαλίας(όπως λουτρά, κλιμακοστάσια, αποθηκευτικούς χώρους κ.τ.λ.), όπως φαίνεται από την πραγματική κάτοψη του του αμφιθεάτρου, επομένως, θεωρήθηκαν ως μη θερμαινόμενοι χώροι.

Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 1	Επιφάνεια 2	Επιφάνεια 3	Επιφάνεια 4	Επιφάνεια 5	Επιφάνεια 6	Επιφάνεια 7	Επιφάνεια 8	Επιφάνεια 9	Επιφάνεια 10
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	επίχρισμα
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	2	2	1	1	25	25	25	25	25	1
Στρώση 1	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	κενό	κενό	κενό	κενό	κενό	τούβλο
Πάχος Στρώσης 1	12	12	9	9	6	115	5	5	8	12
Στρώση 2	επίχρισμα	επίχρισμα	λάσπη	λάσπη	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα
Πάχος Στρώσης 2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Στρώση 3	μεταλλική επένδυση	μεταλλική επένδυση	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	
Πάχος Στρώσης 3	3	3	12	12	12	9	9	9	9	
Στρώση 4			επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	
Πάχος Στρώσης 4			2	2	2	2	2	2	1	
Στρώση 5			μεταλλική επένδυση	μεταλλική επένδυση						
Πάχος Στρώσης 5			3	3						
Στρώση 6										
Πάχος Στρώσης 6										
Στρώση 7										
Πάχος Στρώσης 7										
Στρώση 8										
Πάχος Στρώσης 8										
Στρώση 9										
Πάχος Στρώσης 9										
Στρώση 10										
Πάχος Στρώσης 10										
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	19	19	29	29	47	152	42	42	44	14
Μήκος Επιφάνειας οριζόντιο(m)	4.19	4.23	0.51	4.75	1.56	5.18	5.76	2.51	5.53	1.6
Μήκος Επιφάνειας κεκλιμένο(m)	4.19	4.23	0.51	4.79	1.52	5.02	5.5	2.51	5.57	1.6
Υψος (1) Επιφάνειας(m)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.82	6.1	6.6	6.6	7.18
Υψος (2) Επιφάνειας(m)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.82	6.1	6.6	6.6	7.18	7.18
Πλάτος Επιφάνειας(m)										
Περίμετρος(m)	17.38	17.46	10.02	18.54	12.4	21.12	23.96	18.22	24.88	17.56
Εμβαδόν(m ²)	18.85	19.03	2.29	21.46	7.11	27.4	34.24	16.57	38.14	11.48

Πίνακας υλικών των επιφανειών 1-10 των Διδύμων Αμφιθεάτρων των Πολιτικών Μηχανικών

Όνομα Επιφάνειας	Επιφάνεια 11	Επιφάνεια 12	Επιφάνεια 13	Επιφάνεια 14	Επιφάνεια 15	Επιφάνεια16	Επιφάνεια 17	Επιφάνεια 18	Επιφάνεια 19	Επιφάνεια 20
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	οπλ.σκ/μα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	25	25	25	25	25	1	1	2	2
Στρώση 1	τούβλο	κενό	κενό	κενό	κενό	κενό	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο
Πάχος Στρώσης 1	12	8	5	5	115	6	9	9	12	12
Στρώση 2	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	λάσπη	λάσπη	επίχρισμα	επίχρισμα
Πάχος Στρώσης2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2
Στρώση 3		τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	τούβλο	μεταλλική επένδυση	μεταλλική επένδυση
Πάχος Στρώσης 3		9	9	9	9	12	12	12	3	3
Στρώση 4		επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα		
Πάχος Στρώσης 4		1	2	2	2	2	2	2		
Στρώση 5							μεταλλική επένδυση	μεταλλική επένδυση		
Πάχος Στρώσης 5							3	3		
Στρώση 6										
Πάχος Στρώσης 6										
Στρώση 7										
Πάχος Στρώσης 7										
Στρώση 8										
Πάχος Στρώσης 8										
Στρώση 9										
Πάχος Στρώσης 9										
Στρώση 10										
Πάχος Στρώσης 10										
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	14	44	42	42	152	47	29	29	19	19
Μήκος Επιφάνειας οριζόντιο(m)	1.6	5.53	2.51	5.76	5.18	1.56	4.75	0.51	4.23	4.19
Μήκος Επιφάνειας κεκλιμένο(m)	1.6	5.57	2.51	5.5	5.02	1.52	4.79	0.51	4.23	4.19
Ύψος (1) Επιφάνειας(m)	7.18	6.6	6.6	6.1	4.82	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Ύψος (2) Επιφάνειας(m)	7.18	7.18	6.6	6.6	6.1	4.82	4.5	4.5	4.5	4.5
Πλάτος Επιφάνειας(m)										
Περίμετρος(m)	17.56	24.88	18.22	23.96	21.12	12.4	18.54	10.02	17.46	17.38
Εμβαδόν(m ²)	11.48	38.14	16.57	34.24	27.4	7.11	21.46	2.29	19.03	18.85

Πίνακας υλικών των επιφανειών 11-20 των Διδύμων Αμφιθεάτρων των Πολιτικών Μηχανικών

Όνομα Επιφάνειας	Οροφή 1	Οροφή 2	Οροφή 3	Δάπεδο 1	Δάπεδο 2	Δάπεδο 3	Δάπεδο 4	Δάπεδο 5
Εξωτερική στρώση	επίχρισμα	επίχρισμα	επίχρισμα	gross beton	gross beton	gross beton	gross beton	gross beton
Πάχος εξωτερικής στρώσης(cm)	1	1	1	10	10	10	10	10
Στρώση 1	τσιμεντόπλακα	τσιμεντόπλακα	τσιμεντόπλακα	πλάκα θεμελίωσης	πλάκα θεμελίωσης	πλάκα θεμελίωσης	πλάκα θεμελίωσης	πλάκα θεμελίωσης
Πάχος Στρώσης 1	2	2	2	15	15	15	15	15
Στρώση 2	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης 2	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Στρώση 3	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο	ασφαλτόπανο
Πάχος Στρώσης 3	2	2	2	2	2	2	2	2
Στρώση 4	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα	ελαφρ/μα
Πάχος Στρώσης 4	5	5	5	9	9	9	9	9
Στρώση 5	θερμομονωτικό υλικό	θερμομονωτικό υλικό	θερμομονωτικό υλικό	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία	τσιμεντοκονία
Πάχος Στρώσης 5	5	5	5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Στρώση 6	πλάκα σκ/τος	πλάκα σκ/τος	πλάκα σκ/τος	πλαστικό δάπεδο	πλαστικό δάπεδο	πλαστικό δάπεδο	πλαστικό δάπεδο	πλαστικό δάπεδο
Πάχος Στρώσης 6	15	15	15	2	2	2	2	2
Στρώση 7	κενό	κενό	κενό					
Πάχος Στρώσης 7	150	150	150					
Στρώση 8	γυψοσανίδα	γυψοσανίδα	γυψοσανίδα					
Πάχος Στρώσης 8	1	1	1					
Στρώση 9								
Πάχος Στρώσης 9								
Στρώση 10								
Πάχος Στρώσης 10								
Συνολικό Πάχος Επιφάνειας(cm)	183	183	183	43	43	43	43	43
Περιμετρος(m)	65.71	45.41	23.57	50.67	47.86	52.04	45.65	23.51
Έμβαδόν(m ²)	217.33	80.01	29.08	85.12	29.51	106.95	82.47	28.86

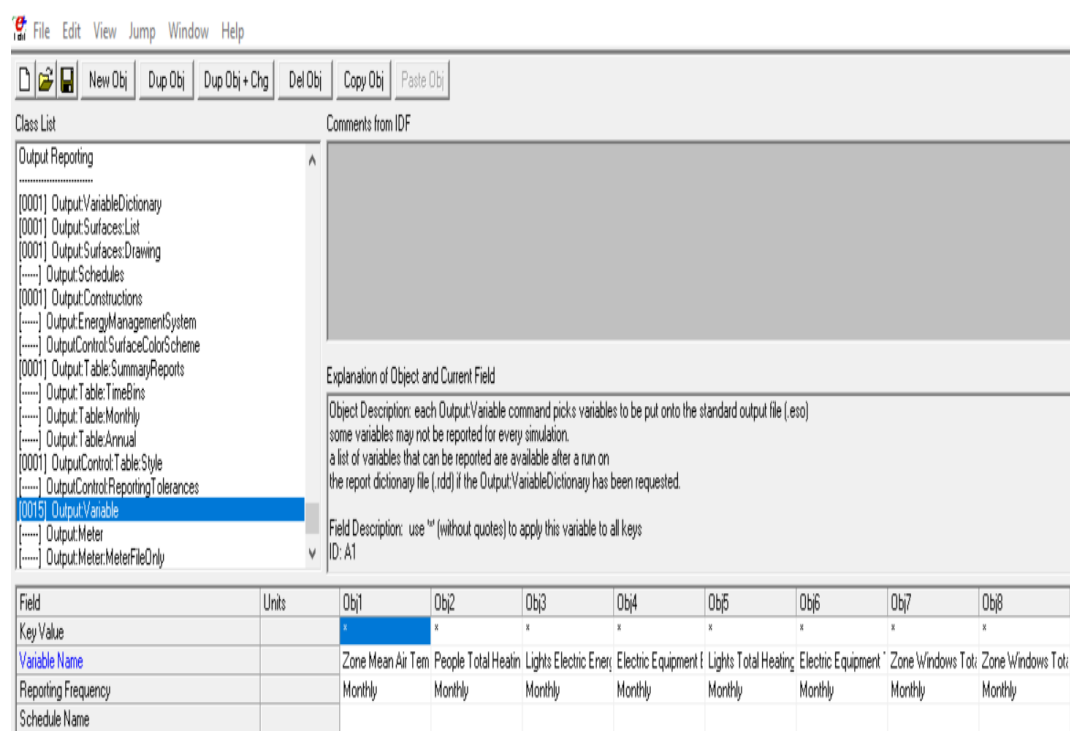
**Πίνακας υλικών των επιφανειών της οροφής και του δώματος των Διδύμων
Αμφιθεάτρων των Πολιτικών Μηχανικών**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ENERGY PLUS

12.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η παρουσίαση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων τα οποία προέκυψαν μετά την ανάλυση με τη χρήση του προγράμματος **energy plus**. Πριν γίνει η προσομοίωση και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων από το λογισμικό του προγράμματος, είναι αναγκαία η συμπλήρωση της τελευταίας ενότητας στην καρτέλα του προγράμματος. Η ενότητα αυτή ονομάζεται **Output Reporting** κι εδώ καθορίζονται από το χρήστη, η μορφή καθώς και το είδος των αποτελεσμάτων που επιθυμεί να εξαχθούν. Ειδικότερα, σημαντικότερο πεδίο αυτής της ενότητας είναι το πεδίο **Output:Variable**. Στο πεδίο αυτό, ζητούνται από το χρήστη όλα τα αποτελέσματα τα οποία επιθυμεί να εξαχθούν, όπως φαίνεται κι από την παρακάτω εικόνα.



Explanation of Object and Current Field

Object Description: each Output:Variable command picks variables to be put onto the standard output file (.eso) some variables may not be reported for every simulation. a list of variables that can be reported are available after a run on the report dictionary file (.rdd) if the Output:VariableDictionary has been requested.

Field Description: use "" (without quotes) to apply this variable to all keys
ID: A1

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Key Value		*	*	*	*	*	*	*	*
Variable Name		Zone Mean Air Tem	People Total Heatin	Lights Electric Ener	Electric Equipment E	Lights Total Heating	Electric Equipment	Zone Windows Tot	Zone Windows Tot
Reporting Frequency		Monthly	Monthly	Monthly	Monthly	Monthly	Monthly	Monthly	Monthly
Schedule Name									

Καθορισμός του είδους των αποτελεσμάτων που θα εξαχθούν, στην ενότητα Output Variable.

Τα αποτελέσματα τα οποία ζητήθηκαν να εξαχθούν στην παρούσα διπλωματική είναι τα εξής:

- 1) Μέσες τιμές ημερήσιων **θερμοκρασιών** για όλες τις ημέρες του χρόνου.
- 2) Ημερήσιες τιμές **σχετικής υγρασίας** για όλες τις ημέρες του χρόνου.

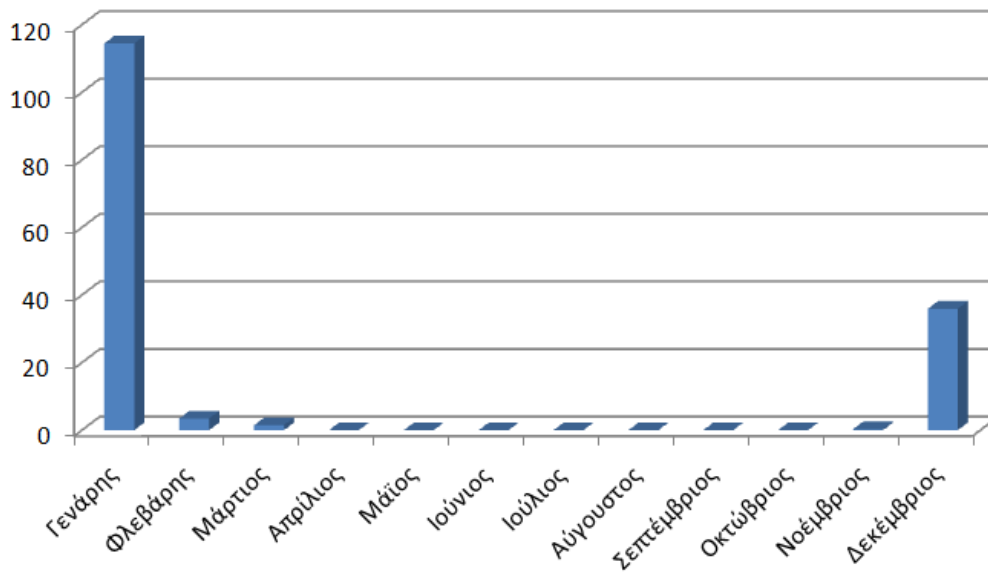
- 3)Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών.
- 4)Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του τεχνητού φωτισμού.
- 5) Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.
- 6)Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω των παραθύρων.
- 7)Μηνιαίες θερμικές απώλειες λόγω των παραθύρων.
- 8)Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης αέρα από τις χαραμάδες.
- 9)Μηνιαίες θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης αέρα από τις χαραμάδες.
- 10)Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του φυσικού αερισμού.
- 11)Μηνιαίες θερμικές απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού.
- 12)Απαιτούμενα μηνιαία φορτία θέρμανσης.
- 13)Απαιτούμενα μηνιαία φορτία ψύξης.
- 14)Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του τεχνητού φωτισμού.
- 15)Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι τα απαιτούμενα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης, δεν είναι η πραγματική ενέργεια που καταναλώνεται από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου, για την θέρμανση και την ψύξη του χώρου, αλλά το **καθαρό φορτίο ενέργειας** που απαιτείται για τη διατήρηση των θερμοκρασιών στα επιθυμητά επίπεδα, τα οποία έχουν καθοριστεί από το χρήστη. Η πραγματική ενέργεια που καταναλώνει ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός για την θέρμανση και τη ψύξη του χώρου, προκύπτει μετά από πολλαπλασιασμό των καθαρών φορτίων με διάφορους συντελεστές, οι οποίοι καθορίζονται από το είδος των καυσίμων που χρησιμοποιεί ο εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρικό ρεύμα κ.α.).

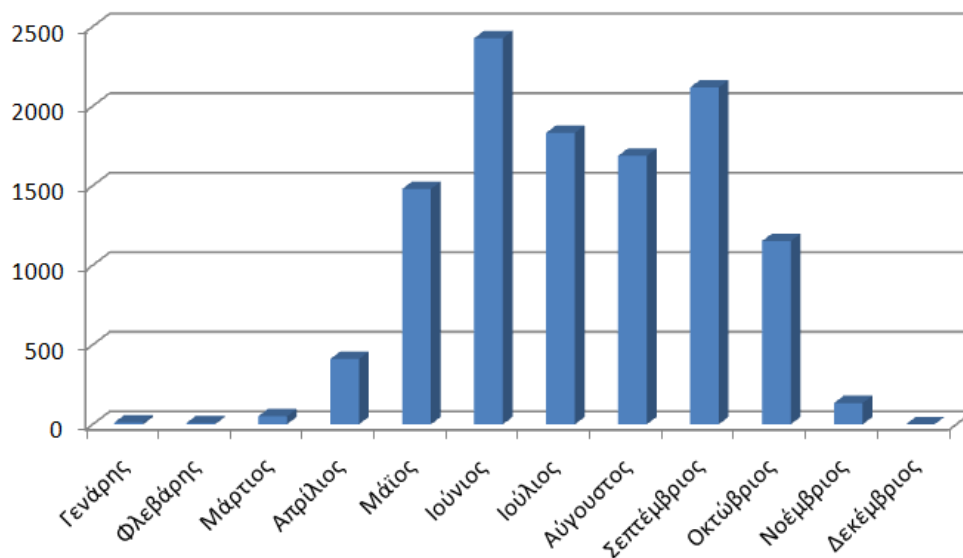
12.2) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Απαιτούμενα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης

Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)

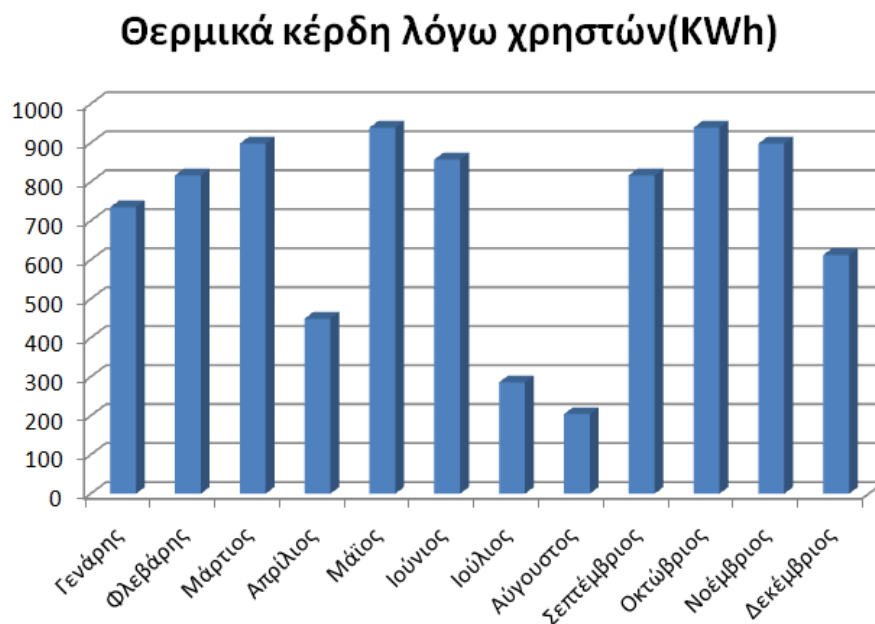


Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



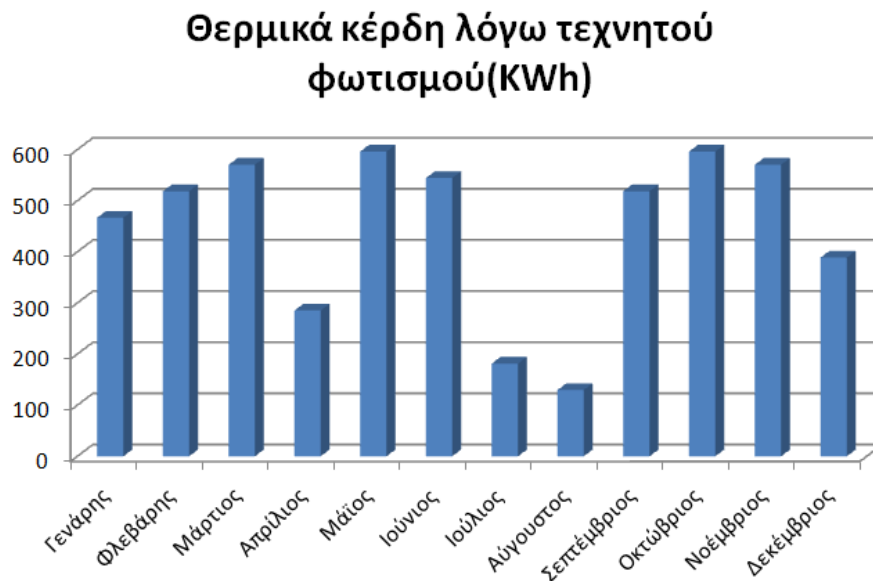
Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα, η συγκεκριμένη αίθουσα παρουσιάζει πρόβλημα υπερθέρμανσης, το οποίο οφείλεται κυρίως στα πολλά και μεγάλων διαστάσεων ανοίγματα στη νοτιοδυτική της όψη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η αίθουσα να υπερθερμαίνεται το καλοκαίρι, ακόμα και τους ανοιξιάτικους μήνες. Το πρόβλημα επιδεινώνεται με την παρουσία των χρηστών και τα θερμικά κέρδη τους και το συμπέρασμα αυτό εξάγεται από την παρατήρηση ότι τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, μήνες κατά τους οποίους η παρουσία χρηστών στο χώρο είναι ελάχιστη, το απαιτούμενο φορτίο ψύξης είναι μικρότερο από τον Ιούνιο και το Σεπτέμβριο.

Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών



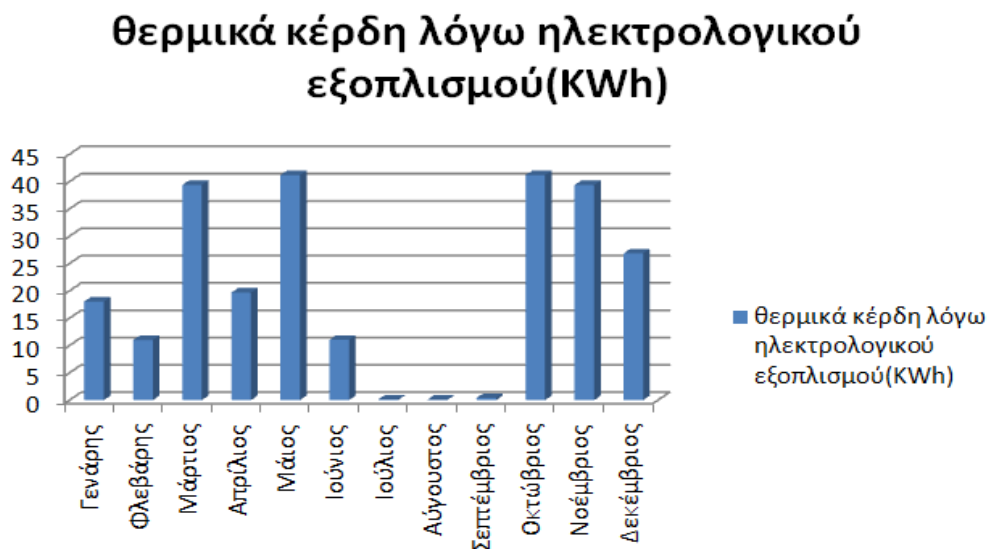
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, τα θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών είναι σταθερά τους μήνες κατά τους οποίους υπάρχει μεγάλη παρουσία ανθρώπων στην αίθουσα. Τους μήνες κατά τους οποίους λαμβάνουν χώρα οι καλοκαιρινές διακοπές, όπως και τον Δεκέμβριο και τον Απρίλιο (Χριστούγεννα και Πάσχα αντίστοιχα), τα θερμικά κέρδη είναι εμφανώς μειωμένα.

Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του τεχνητού φωτισμού



Και σε αυτήν την περίπτωση, τα μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του τεχνητού φωτισμού εξαρτώνται άμεσα από την παρουσία χρηστών στην αίθουσα και γι αυτό το λόγο, τους μήνες με τη χαμηλή προσέλευση οι τιμές είναι αισθητά χαμηλότερες.

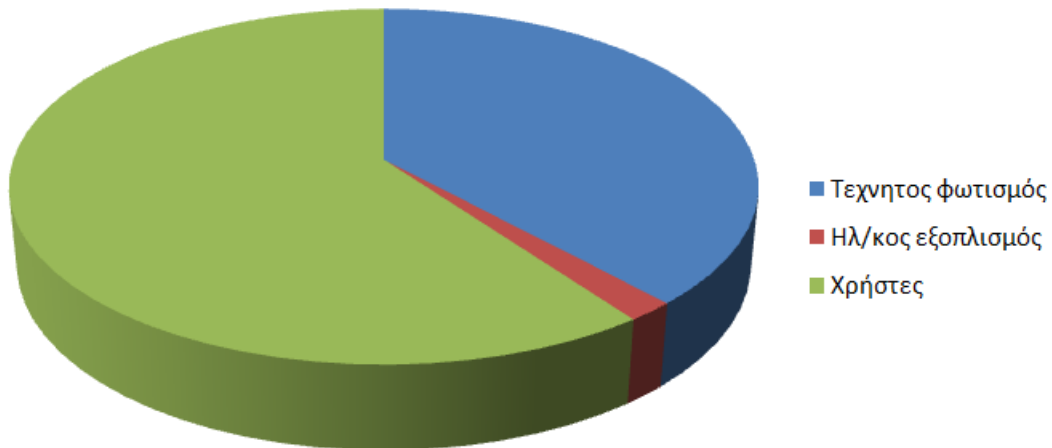
Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω των ηλεκτρικών συσκευών



Κι εδώ, οι τιμές των θερμικών κερδών εξαρτώνται άμεσα από την παρουσία χρηστών στο χώρο. Επίσης, τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο όπου πέραν των θερινών διακοπών, πραγματοποιούνται κι εξετάσεις, οι ηλεκτρικές συσκευές όπως λάμπες, κινητά τηλέφωνα και προτζέκτορες λειτουργούν ελάχιστα.

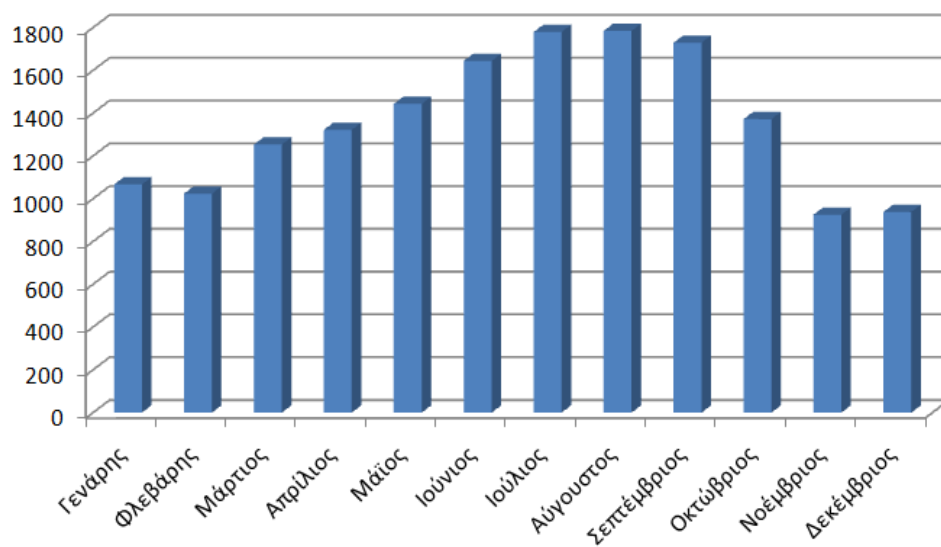
Παρακάτω γίνεται ποσοστιαία απεικόνιση της συμμετοχής κάθε κατηγορίας θερμικών κερδών στα συνολικά θερμικά κέρδη.

Εσωτερικά θερμικά κέρδη

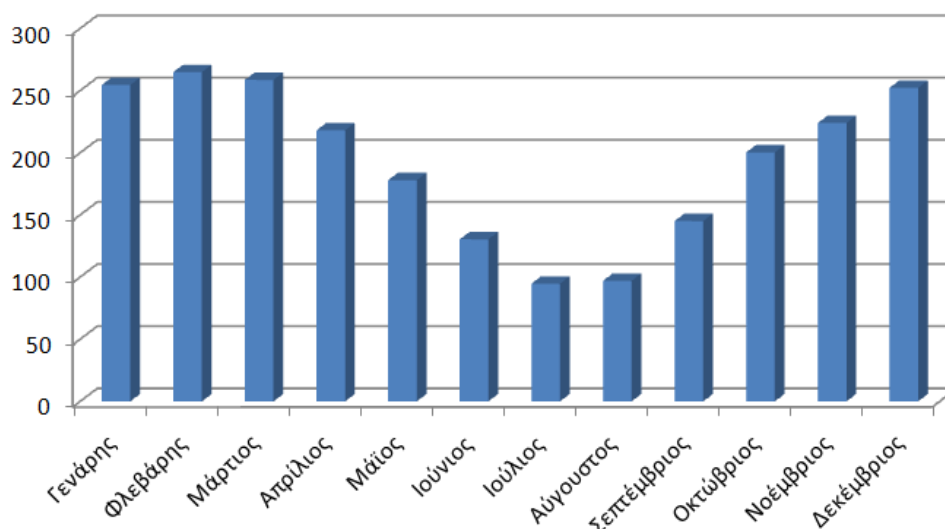


Μηνιαία θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω των παραθύρων

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)



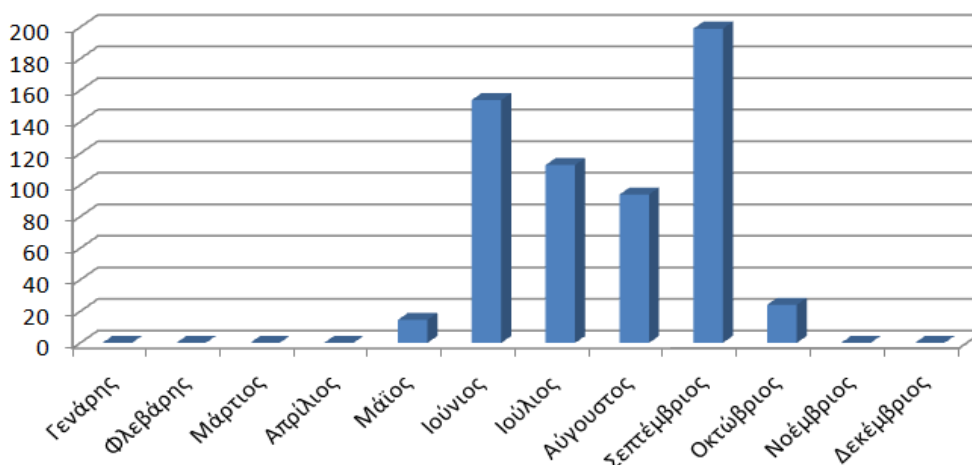
Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)



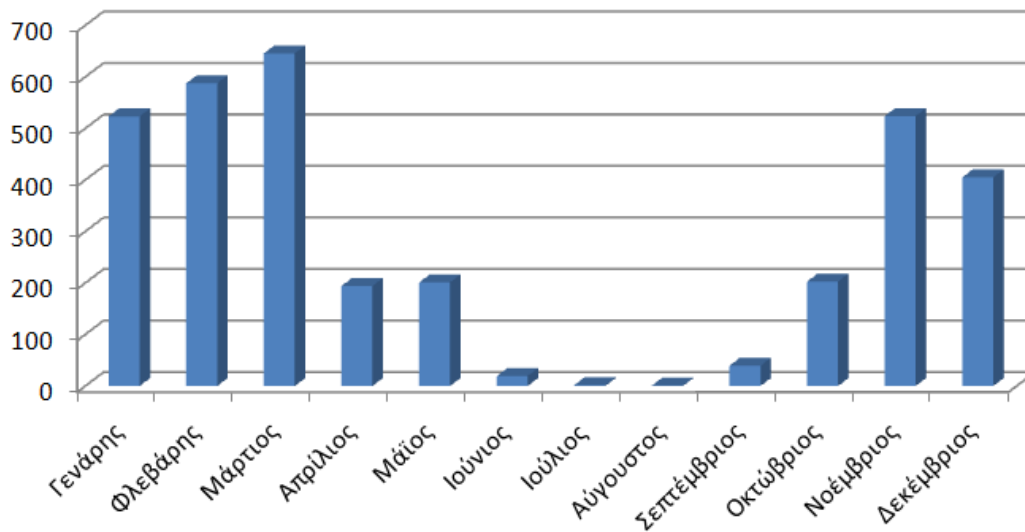
Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα, τα θερμικά κέρδη λόγω των παραθύρων κορυφώνονται τους εαρινούς μήνες, ενώ οι θερμικές απώλειες κορυφώνονται τους χειμερινούς μήνες. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα θερμικά κέρδη διατηρούν σχετικά υψηλές τιμές κατά τη διάρκεια όλου του έτους, λόγω του νοτιοδυτικού προσανατολισμού των παραθύρων αλλά και των πολλών ανοιγμάτων, τα οποία διαθέτουν μεγάλες διαστάσεις τόσο σε πλάτος όσο και σε ύψος. Επίσης, είναι ξεκάθαρη η υπεροχή των θερμικών κερδών έναντι των θερμικών απωλειών, γεγονός που οφείλεται εν μέρει και στην κατασκευή των παραθύρων, τα οποία αποτελούνται από διπλό τζάμι.

Μηνιαία θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)



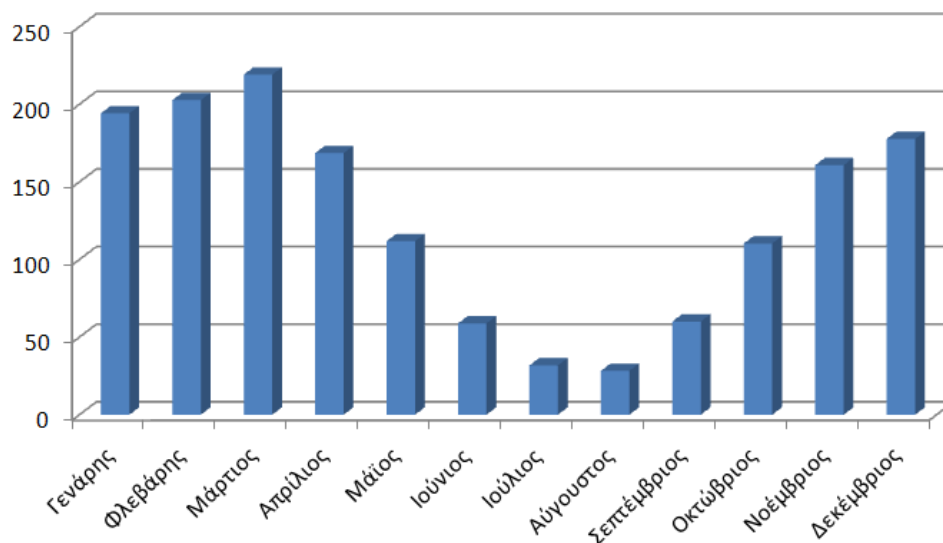
Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)



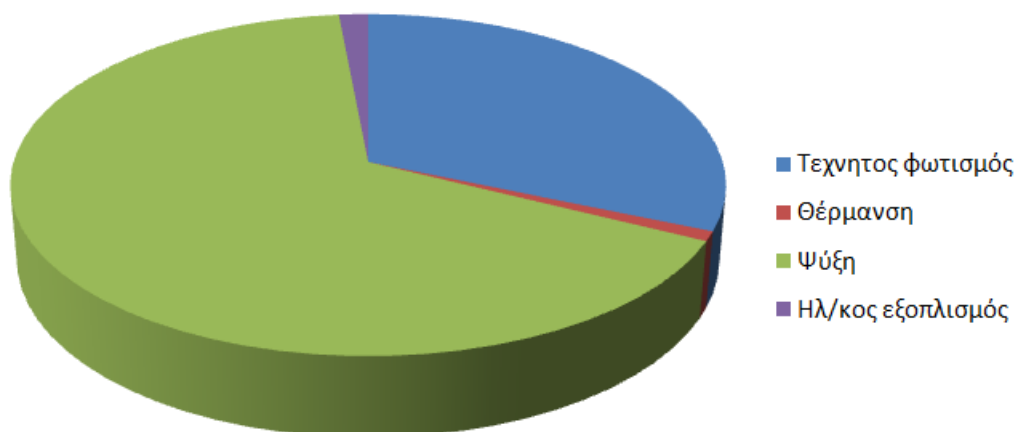
Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα, τα μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του φυσικού αερισμού είναι αυξημένα τους εαρινούς μήνες και πολύ μειωμένα κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ οι θερμικές απώλειες είναι αυξημένες κατά τους χειμερινούς μήνες. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αναμενόμενα, εφόσον ο φυσικός αερισμός το καλοκαίρι, όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι συνήθως υψηλότερη από την θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου, προκαλεί τη ροή θερμού αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο. Με αυτόν τον τρόπο αποκτούνται τα θερμικά κέρδη τους εαρινούς μήνες. Το αντίθετο συμβαίνει τους χειμερινούς μήνες, όπου η ροή θερμού αέρα έχει κατεύθυνση από το εσωτερικό περιβάλλον προς τον εξωτερικό χώρο, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι θερμικές απώλειες.

Μηνιαία θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων

Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες των κουφωμάτων(KWh)



Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης της αίθουσας

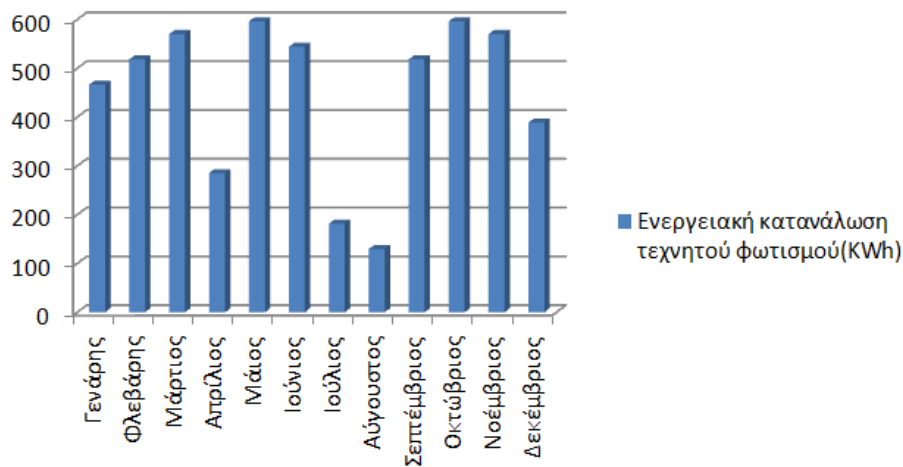


Παραπάνω φαίνεται η κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης της υπό μελέτη αίθουσας. Όπως είναι ξεκάθαρο, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που

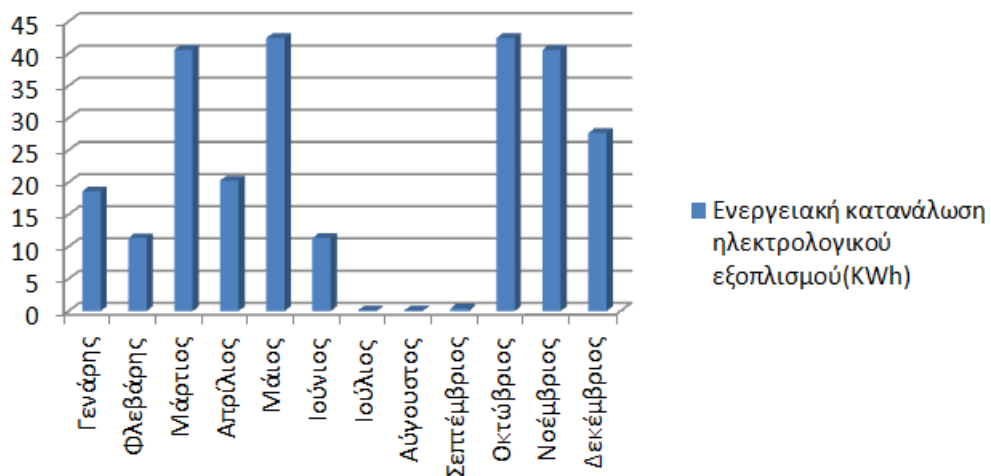
καταναλώνει η αίθουσα ετησίως, είναι για την ψύξη του χώρου. Ακολουθεί η ενεργειακή κατανάλωση του τεχνητού φωτισμού και ελάχιστη ενέργεια απαιτείται για την θέρμανση του χώρου αλλά και για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών.

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού(KWh)



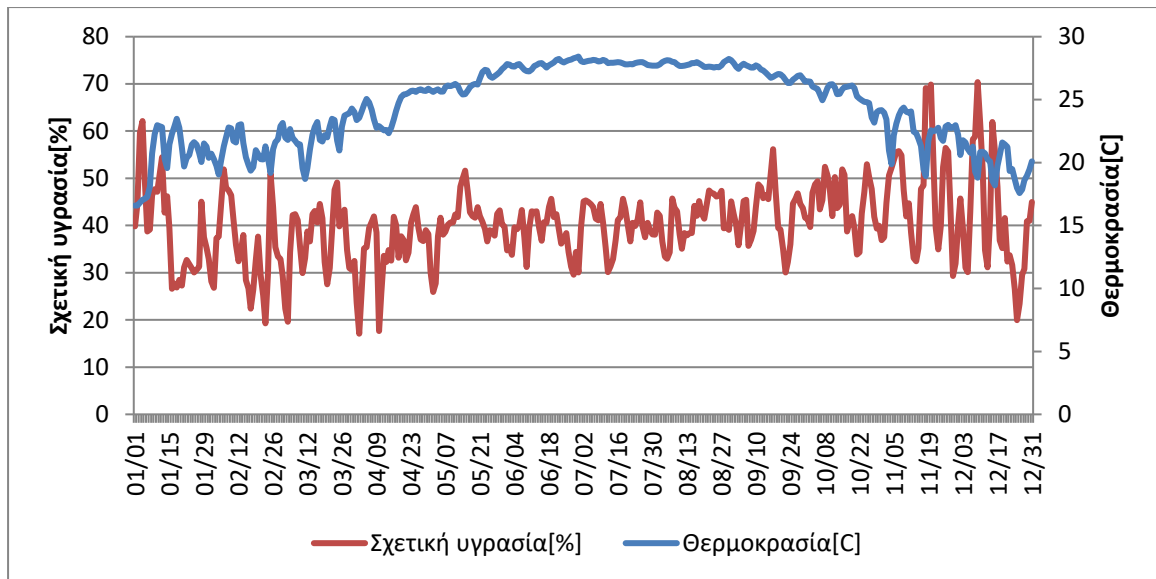
Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	735.02	466.60	1066.76	254.48	194.18
Φλεβάρης	816.69	518.44	1023.69	264.87	202.67
Μάρτιος	898.36	570.29	1253.35	258.57	219.09
Απρίλιος	449.18	285.14	1321.95	218.04	168.57
Μάϊος	939.19	596.21	1443.25	177.95	111.80
Ιούνιος	857.52	544.36	1643.99	130.39	58.84
Ιούλιος	285.84	181.45	1779.31	94.67	31.80
Αύγουστος	204.17	129.61	1784.33	97.00	28.24
Σεπτέμβριος	816.69	518.44	1729.27	145.10	60.04
Οκτώβριος	939.19	596.21	1371.89	200.32	110.31
Νοέμβριος	898.36	570.29	925.41	223.98	160.76
Δεκέμβριος	612.52	388.83	937.67	252.21	177.61
Συνολικά	8452.74	5365.87	16280.87	2317.59	1523.90

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αεριμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.00	523.34	0.00	114.48	0.00
Φλεβάρης	0.00	587.56	0.00	3.44	0.00
Μάρτιος	0.00	645.49	0.00	1.46	50.50
Απρίλιος	0.00	193.97	0.00	0.00	410.19
Μάϊος	5.11	200.88	14.58	0.00	1479.11
Ιούνιος	32.86	19.11	153.84	0.00	2426.66
Ιούλιος	92.66	1.67	112.69	0.00	1832.15
Αύγουστος	98.98	0.84	93.99	0.00	1736.34
Σεπτέμβριος	44.33	39.41	199.04	0.00	2117.29
Οκτώβριος	3.44	202.68	24.15	0.00	1151.84
Νοέμβριος	0.17	523.99	0.00	0.28	100.42
Δεκέμβριος	0.29	404.95	0.00	35.94	0.00
Συνολικά	277.83	3343.88	598.29	155.59	11307.51

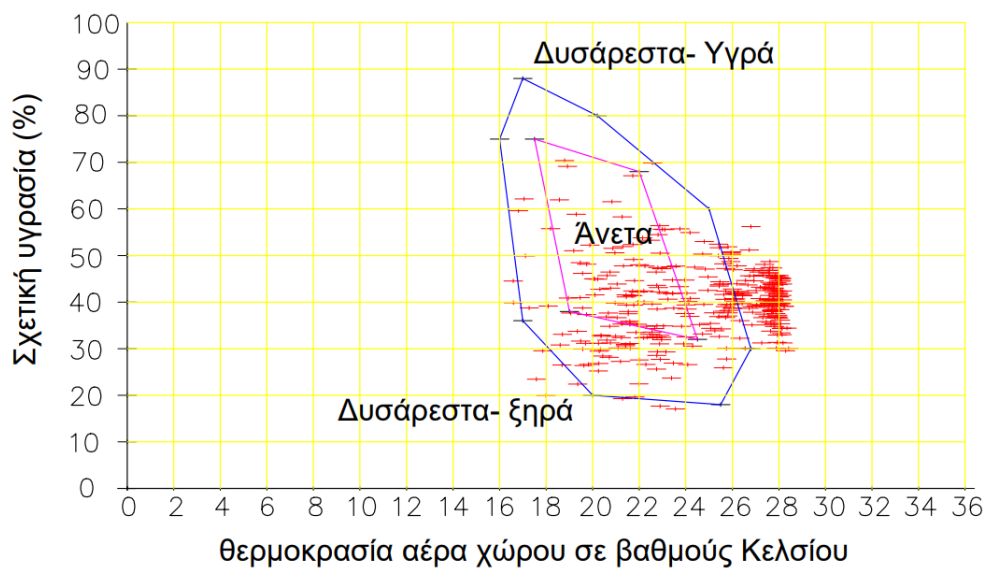
Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

Παρακάτω θα παρουσιαστεί το διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι διάφορες περιοχές θερμικής άνεσης, ανάλογα με τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας που επικρατούν σε ένα χώρο.



Διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας - σχετικής υγρασίας για την αίθουσα 5

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 18 °C έως 28 °C και η σχετική υγρασία από 18% έως 70%. Οι επικρατέστερες όμως θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χρόνου, κυμαίνονται από 25°C έως 28°C.



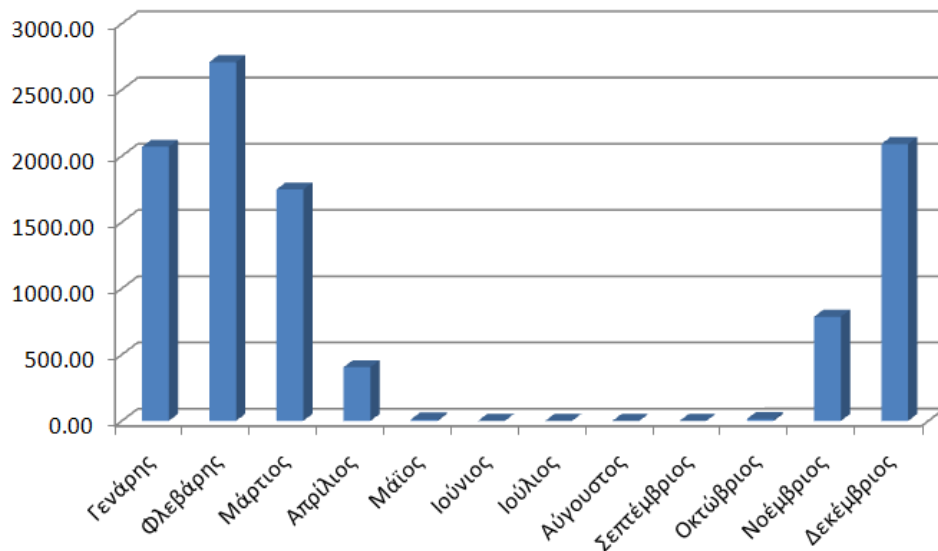
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα θερμικής άνεσης, μεγάλο μέρος του χρόνου οι τιμές βρίσκονται στη Δυσάρεστη – Ξηρή ζώνη.

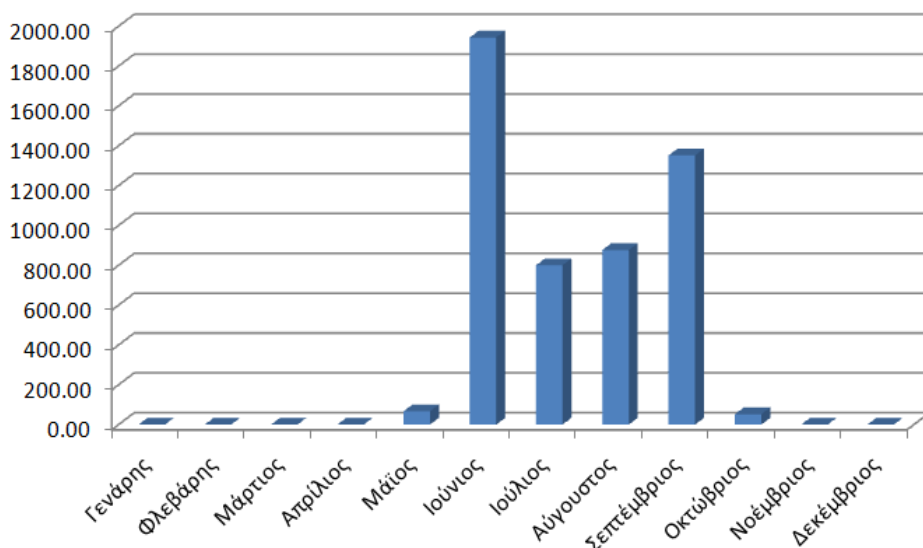
12.3) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Απαιτούμενα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης

Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)



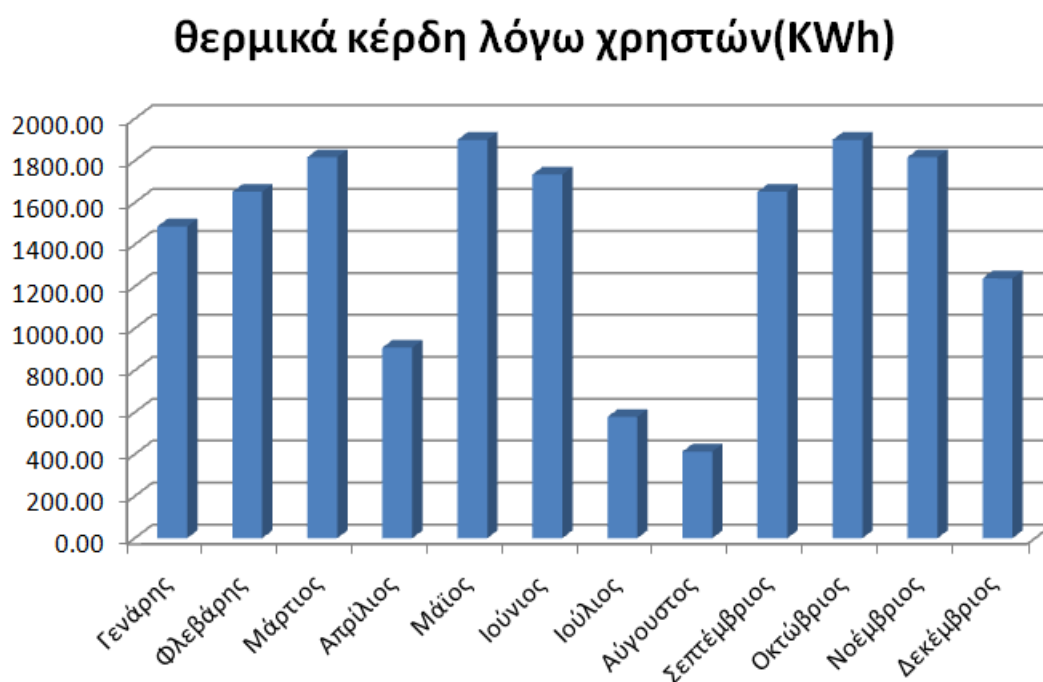
Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα, το υπό μελέτη αμφιθέατρο παρουσιάζει μία γενικά καλή θερμική συμπεριφορά. Ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου απαιτείται μόνο τους έξι από τους δώδεκα μήνες του χρόνου και από αυτούς τους μήνες, τον Απρίλιο και τον Νοέμβριο απαιτείται ελάχιστη κατανάλωση

ενέργειας για θέρμανση. Αντίστοιχα, ενέργεια για ψύξη απαιτείται μόνο τους τρεις εαρινούς μήνες του χρόνου και τον Σεπτέμβριο. Παρατηρείται επίσης, ότι η ενέργεια ψύξης τον Ιούνιο είναι κατά πολύ μεγαλύτερη απ' ότι η απαιτούμενη για τους υπόλοιπους τρεις μήνες. Αυτό οφείλεται, κυρίως στα μεγαλύτερα θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών που αποκομίζει το αμφιθέατρο τον μήνα Ιούνιο, τα οποία προκαλούν υπερθέρμανση του χώρου. Αντιθέτως, τους υπόλοιπους τρεις μήνες τα θερμικά κέρδη είναι κατά πολύ μειωμένα, λόγω της σημαντικά μειωμένης παρουσίας των χρηστών (λόγω εαρινών διακοπών και εξετάσεων).

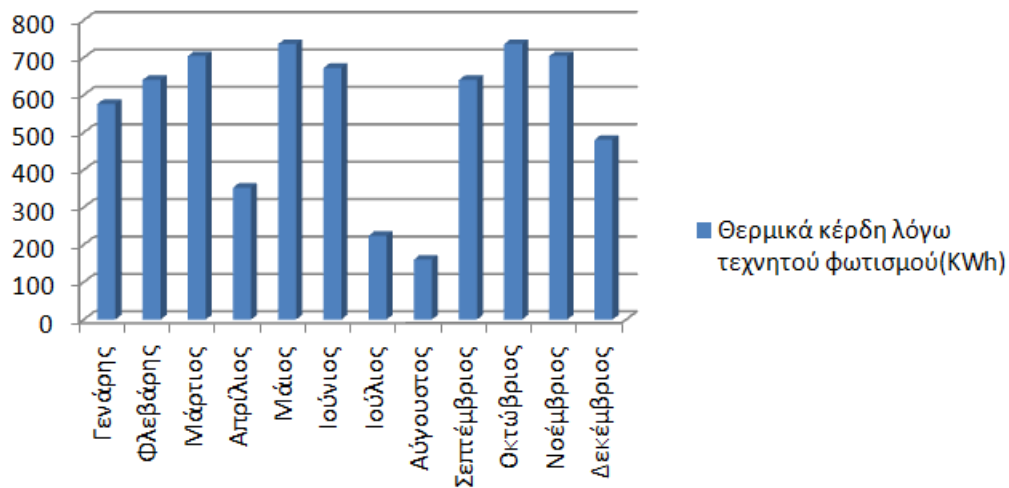
Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών



Όπως και σε όλες τις αίθουσες, παρατηρείται κι εδώ ότι τους μήνες με την χαμηλότερη προσέλευση χρηστών στο αμφιθέατρο, τα θερμικά κέρδη είναι κατά πολύ μειωμένα.

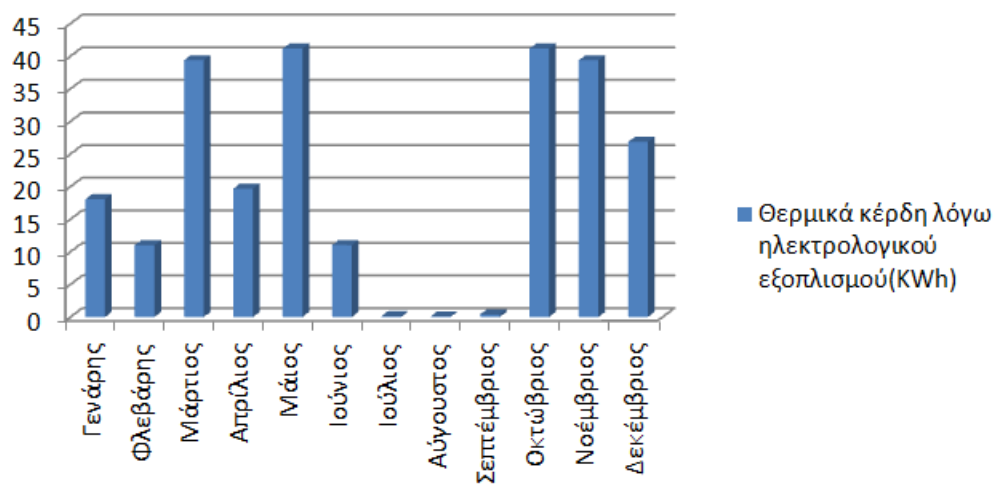
Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω τεχνητού φωτισμού

Θερμικά κέρδη λόγω τεχνητού φωτισμού(KWh)



Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

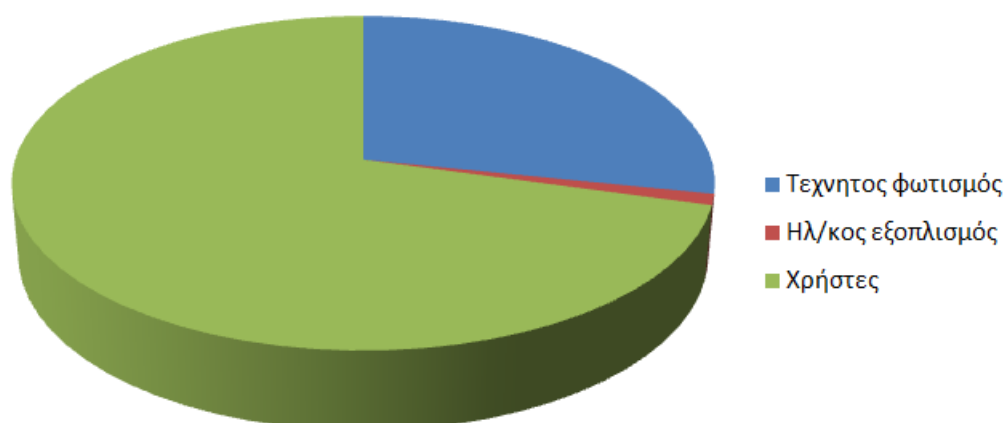
Θερμικά κέρδη λόγω ηλεκτρολογικού εξοπλισμού(KWh)



Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, τους εαρινούς μήνες και γενικότερα τους μήνες κατά τους οποίους η προσέλευση των χρηστών είναι μειωμένη (είτε λόγω διακοπών, είτε λόγω εξετάσεων), τα θερμικά κέρδη αυτής της κατηγορίας είναι ελάχιστα, σε σχέση με τα θερμικά κέρδη των υπολοίπων μηνών, κατά τους οποίους η προσέλευση χρηστών είναι μεγαλύτερη.

Παρακάτω γίνεται ποσοστιαία απεικόνιση της συμμετοχής κάθε κατηγορίας θερμικών κερδών στα συνολικά θερμικά κέρδη.

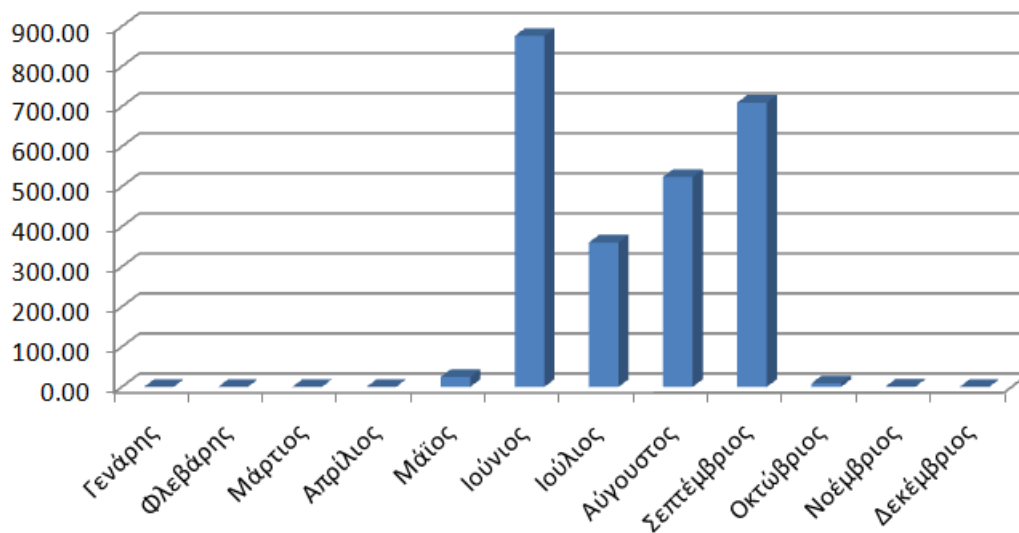
Εσωτερικά θερμικά κέρδη(KWh)



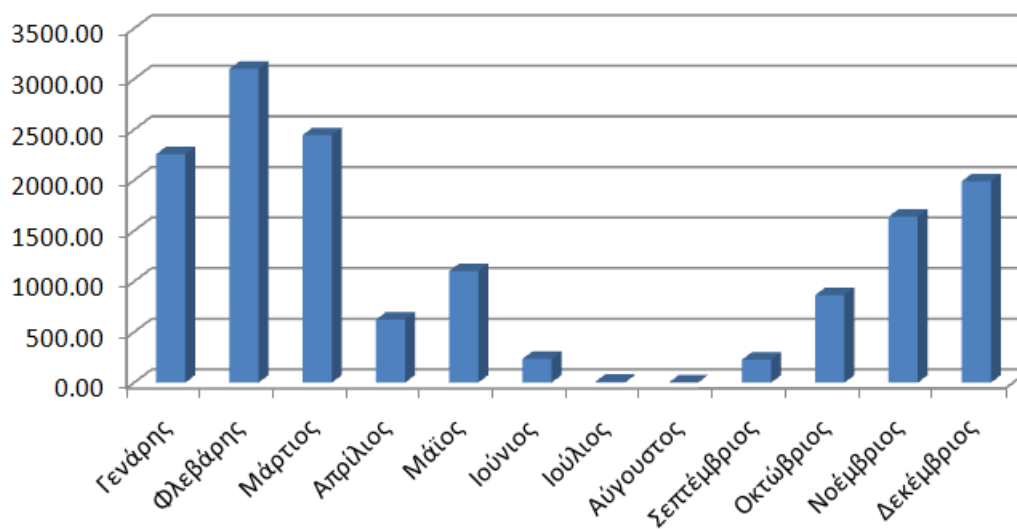
Όπως συμβαίνει σε όλες τις αίθουσες οι οποίες μελετήθηκαν, τα περισσότερα θερμικά κέρδη της αίθουσας προέρχονται από τους χρήστες της. Σημαντικό ποσοστό των συνολικών θερμικών κερδών προέρχονται από τον τεχνητό φωτισμό και ελάχιστο από τις ηλεκτρικές συσκευές και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό γενικότερα.

Μηνιαία θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)



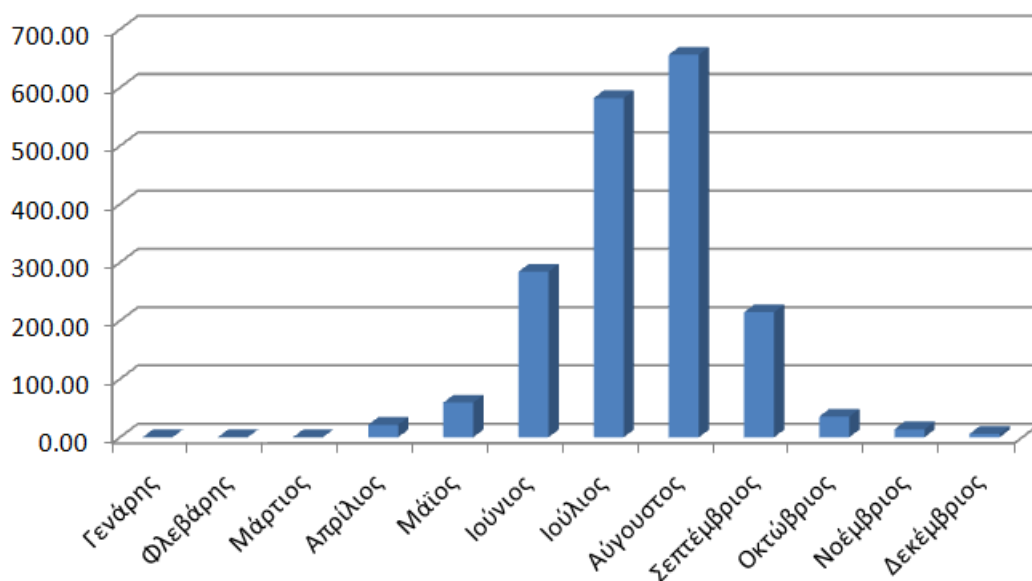
Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)



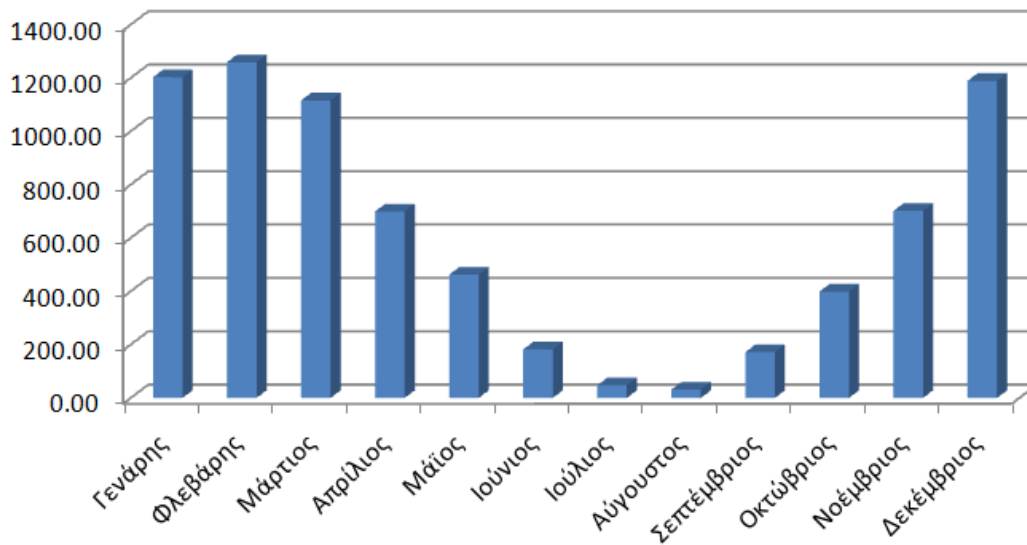
Όπως φαίνεται παραπάνω, οι περισσότερες θερμικές απώλειες παρατηρούνται τους χειμερινούς μήνες και τα περισσότερα θερμικά κέρδη παρατηρούνται τους εαρινούς μήνες. Επίσης, ο φυσικός αερισμός ταυτίζεται με την παρουσία των χρηστών στο χώρο, οπότε τους μήνες κατά τους οποίους η προσέλευση των χρηστών είναι χαμηλή, και οι θερμικές απώλειες αλλά και τα θερμικά κέρδη είναι εξίσου μειωμένα, σε σχέση με τα αντίστοιχα των μηνών κατά τους οποίους η προσέλευση είναι μεγαλύτερη.

Μηνιαία θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)



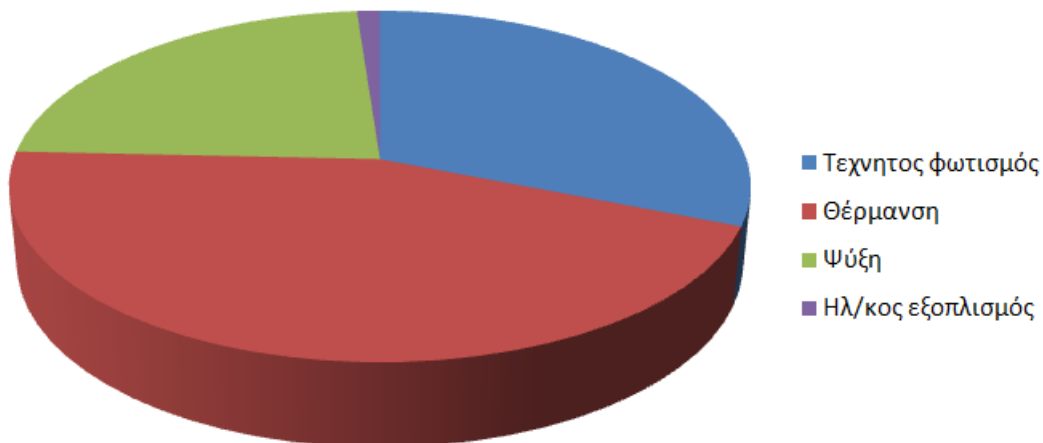
Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)



Όπως φαίνεται ξεκάθαρα από τα διαγράμματα, το χειμώνα η αίθουσα έχει κυρίως θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα από τις χαραμάδες, ενώ το καλοκαίρι έχει κυρίως θερμικά κέρδη. Αυτό οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού χώρου κι εξωτερικού περιβάλλοντος, η οποία υποκινεί τη ροή του αέρα μέσα από τις χαραμάδες.

Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης της αίθουσας

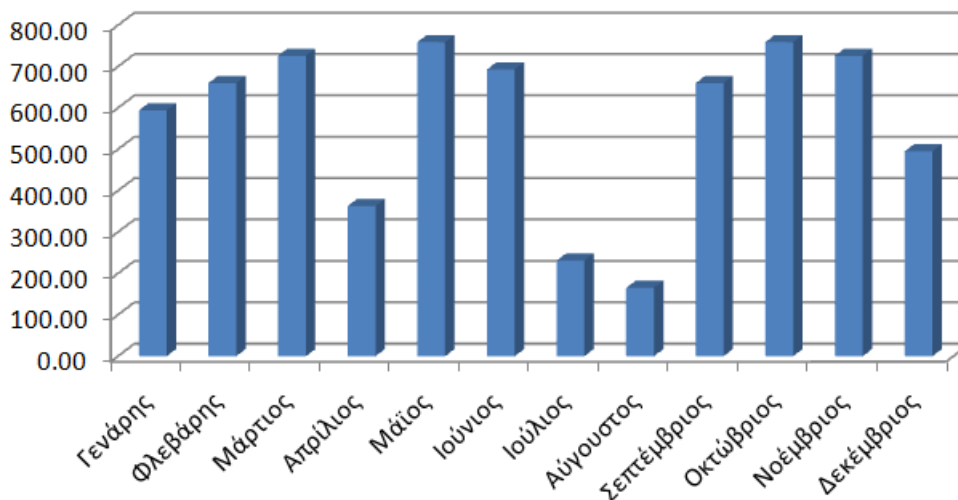
Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης(KWh)



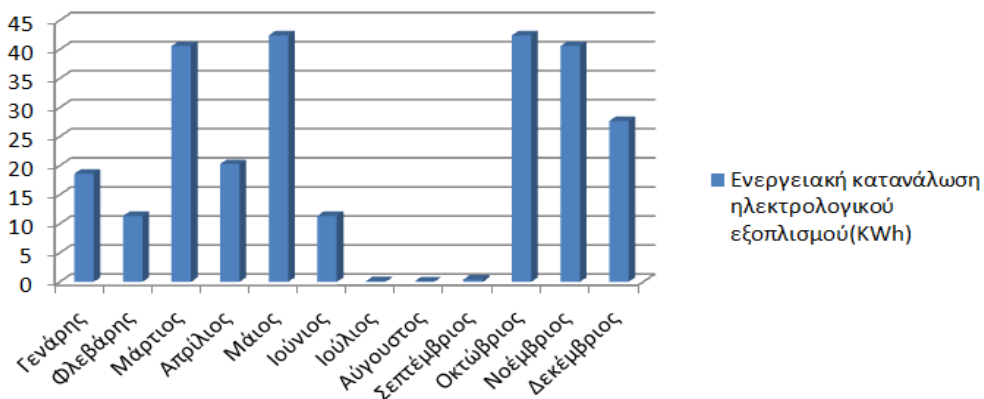
Όπως φαίνεται παραπάνω, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνει το αμφιθέατρο ετησίως, χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του χώρου. Ακολουθεί η ενέργεια που καταναλώνει ο τεχνητός φωτισμός, η ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη του αμφιθεάτρου και τέλος η ελάχιστη της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας, καταναλώνεται από τις ηλεκτρικές συσκευές και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό γενικότερα.

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού(KWh)

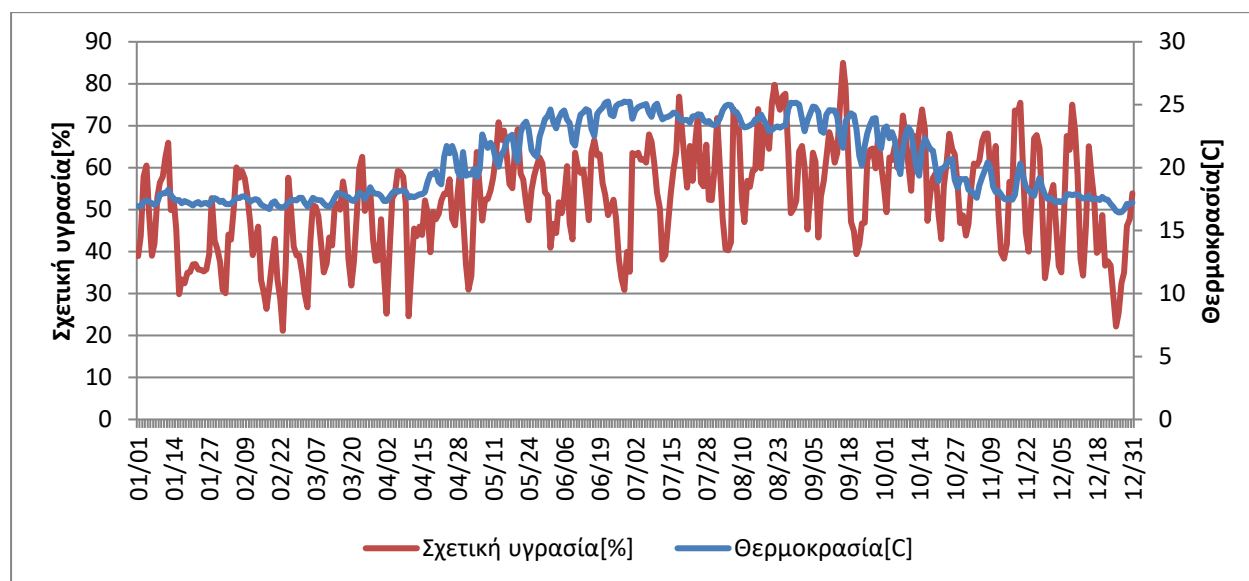


Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

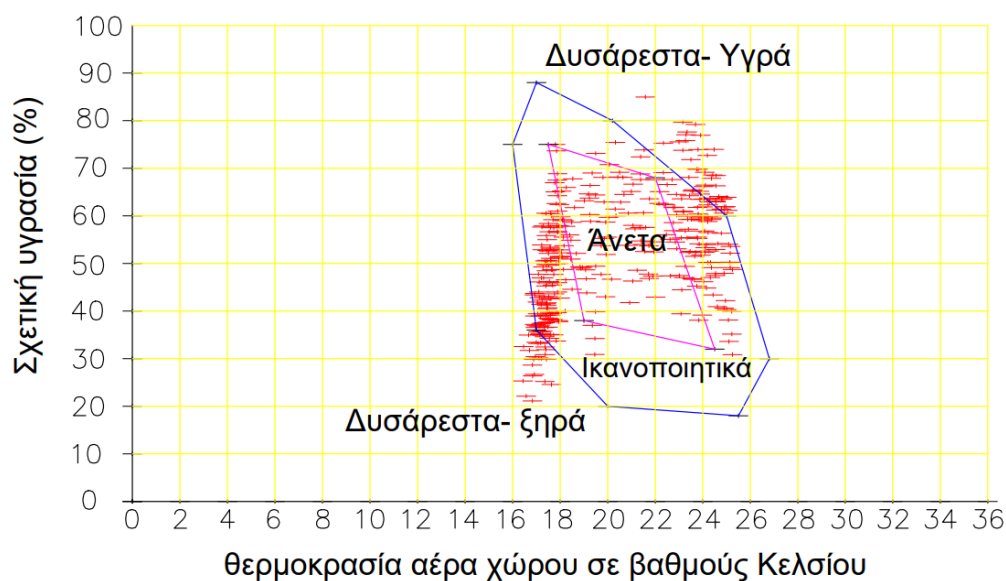
Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	1486.30	594.05	0.00	0.00	1202.46
Φλεβάρης	1651.45	660.05	0.00	0.00	1258.91
Μάρτιος	1816.59	726.06	0.00	0.00	1115.43
Απρίλιος	908.30	363.03	0.00	0.00	699.27
Μάιος	1899.16	759.06	0.00	0.00	462.08
Ιούνιος	1734.02	693.06	0.00	0.00	181.78
Ιούλιος	578.01	231.02	0.00	0.00	47.28
Αύγουστος	412.86	165.01	0.00	0.00	31.03
Σεπτέμβριος	1651.45	660.05	0.00	0.00	171.54
Οκτώβριος	1899.16	759.06	0.00	0.00	398.62
Νοέμβριος	1816.59	726.06	0.00	0.00	701.38
Δεκέμβριος	1238.58	495.04	0.00	0.00	1188.92
Συνολικά	17092.47	6831.55	0.00	0.00	7458.70

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αερισμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.00	2257.45	0.00	2069.67	0.00
Φλεβάρης	0.00	3099.84	0.00	2708.66	0.00
Μάρτιος	0.00	2445.03	0.00	1747.47	0.00
Απρίλιος	21.32	621.80	0.00	405.73	0.00
Μάιος	59.50	1101.37	24.71	10.62	66.93
Ιούνιος	284.17	233.08	876.39	0.00	1943.57
Ιούλιος	581.96	10.05	360.54	0.00	800.15
Αύγουστος	656.62	0.12	524.20	0.00	876.33
Σεπτέμβριος	214.58	227.04	709.70	0.00	1351.78
Οκτώβριος	35.50	865.26	8.66	14.31	52.25
Νοέμβριος	13.74	1638.83	0.70	786.17	0.00
Δεκέμβριος	5.98	1989.60	0.00	2090.47	0.00
Συνολικά	1873.38	14489.45	2504.90	9833.10	5091.00

Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας



Διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για το αμφιθέατρο των πολιτικών μηχανικών.



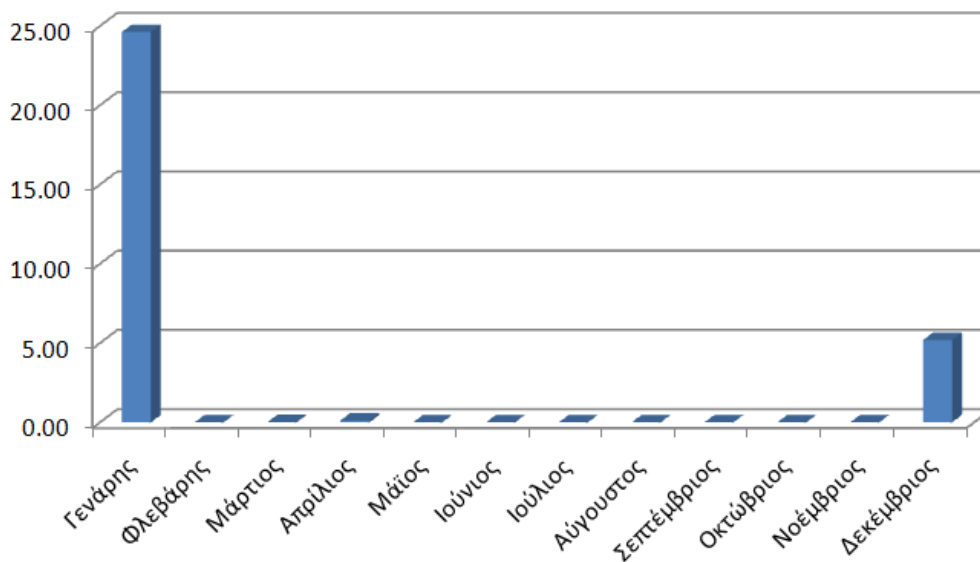
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, οι τιμές θερμικής άνεσης βρίσκονται μέσα σε ικανοποιητικά και μετά σε άνετα επίπεδα.

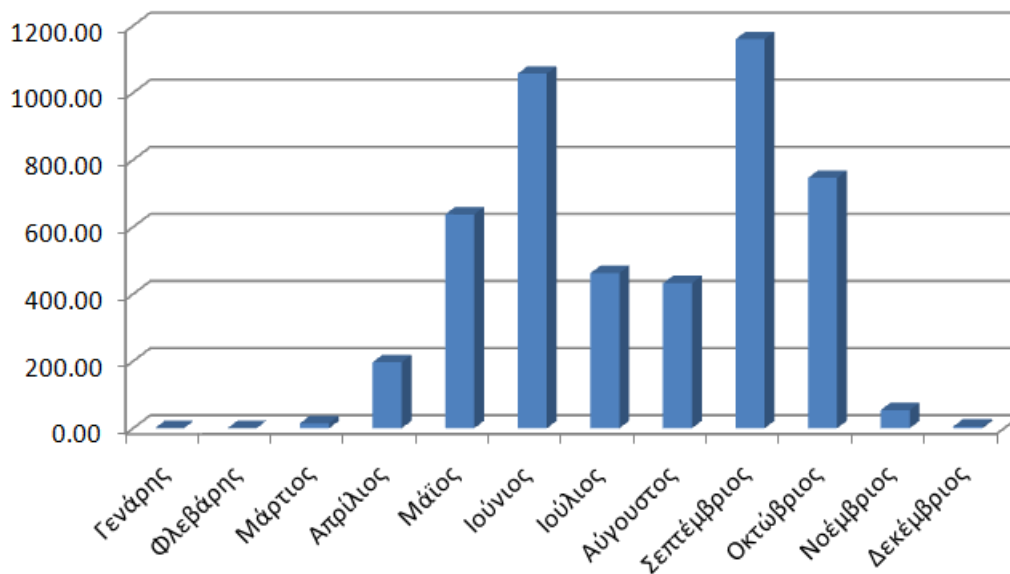
12.4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ

Απαιτούμενα μηνιαία φορτία θέρμανσης και ψύξης

Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)

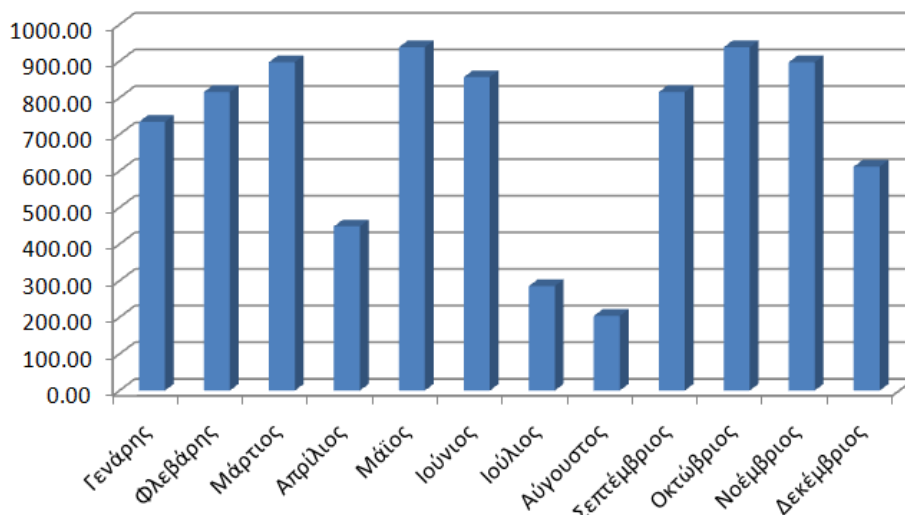


Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα, το αμφιθέατρο ΒΕΗ χρειάζεται ελάχιστη ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου τους χειμερινούς μήνες. Την εαρινή

περίοδο τα μεγαλύτερα φορτία για την ψύξη του αμφιθεάτρου, εμφανίζονται τον Ιούνιο και το Σεπτέμβριο, σε αντίθεση με τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Αυτό οφείλεται στα αυξημένα θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών, κατά τους συγκεκριμένους μήνες, σε αντίθεση με τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, μήνες κατά τους οποίους τα θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών είναι ελάχιστα.

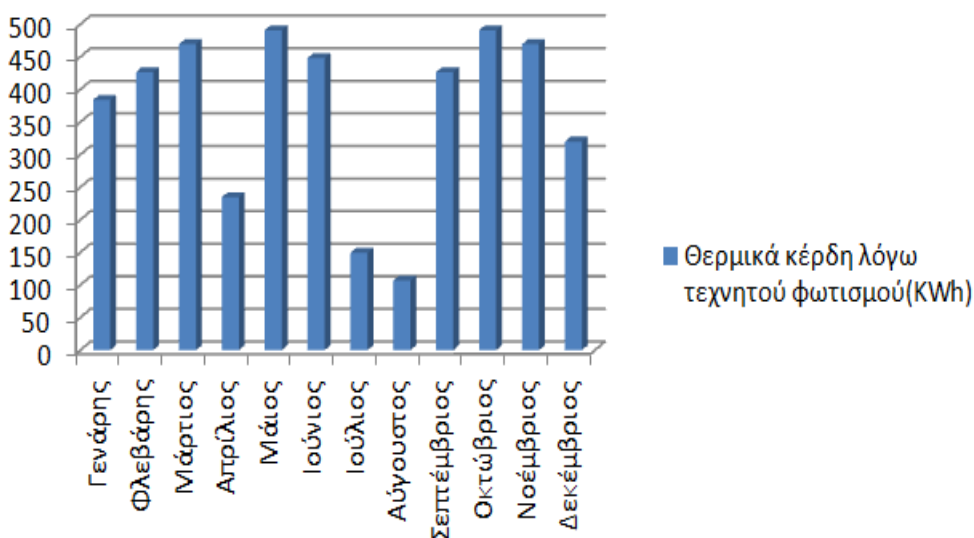
Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών

Θερμικά κέρδη λόγω χρηστών(KWh)



Θερμικά κέρδη λόγω του τεχνητού φωτισμού

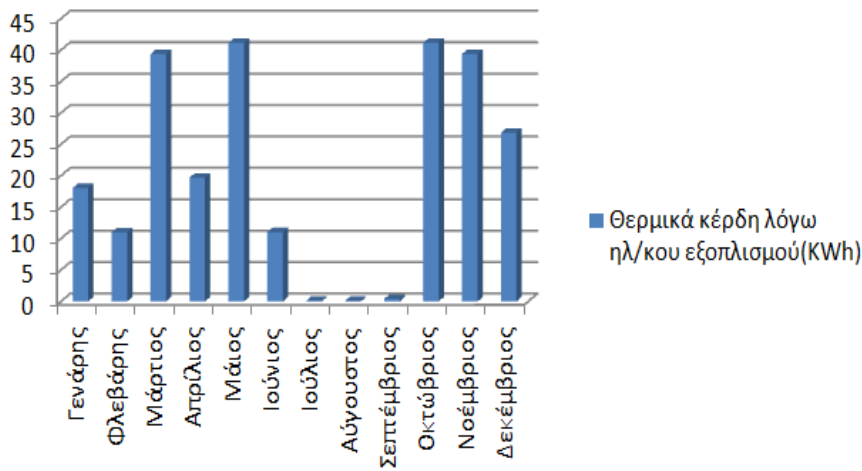
Θερμικά κέρδη λόγω τεχνητού φωτισμού(KWh)



Όπως βλέπουμε, τα θερμικά κέρδη λόγω του τεχνητού φωτισμού είναι μειωμένα τους μήνες κατά τους οποίους η προσέλευση των χρηστών είναι χαμηλή (εαρινές διακοπές, Χριστούγεννα, Πάσχα κτλ).

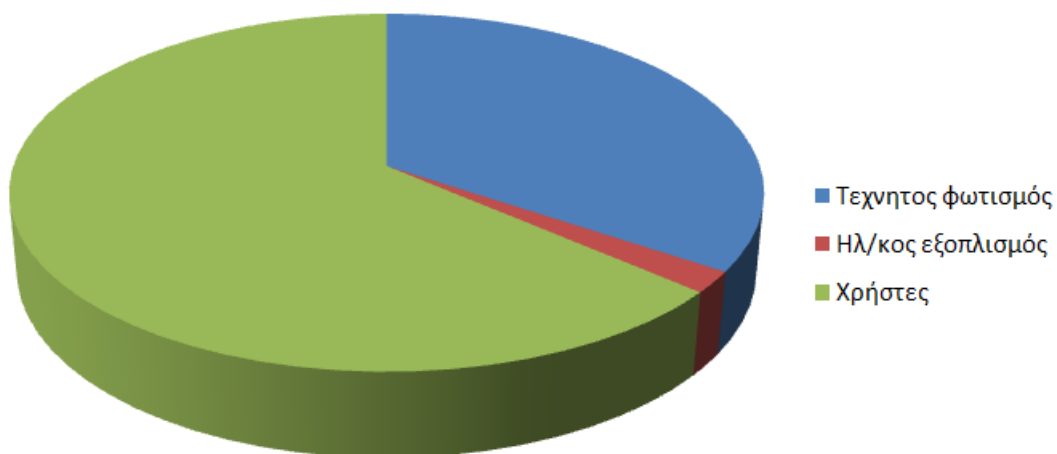
Θερμικά κέρδη λόγω του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Θερμικά κέρδη λόγω ηλ/κου εξοπλισμού(KWh)



Παρακάτω γίνεται απεικόνιση της συμμετοχής κάθε κατηγορίας θερμικών κερδών στα συνολικά θερμικά κέρδη.

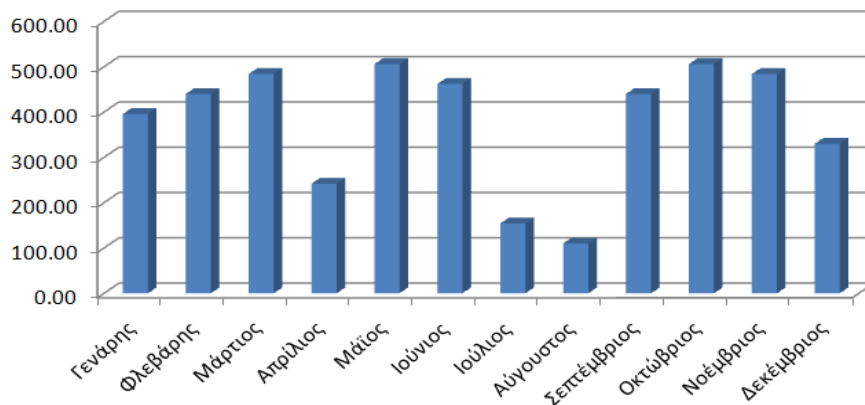
Εσωτερικά θερμικά κέρδη



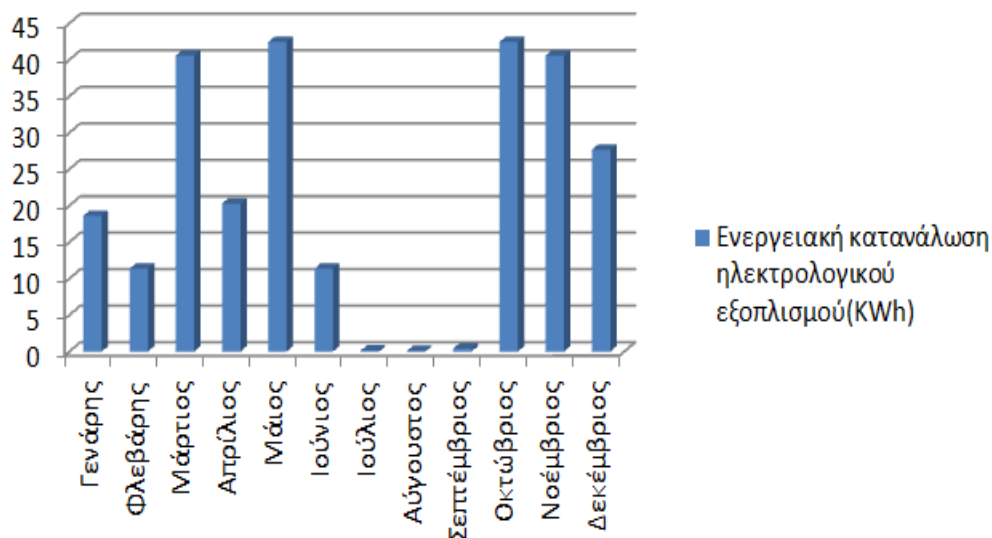
Όπως βλέπουμε, οι χρήστες προσφέρουν στο χώρο τα περισσότερα θερμικά κέρδη, στην συνέχεια ακολουθεί ο τεχνητός φωτισμός, ενώ τα θερμικά κέρδη λόγω του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι ελάχιστα.

Ενεργειακή κατανάλωση του τεχνητού φωτισμού και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού(KWh)

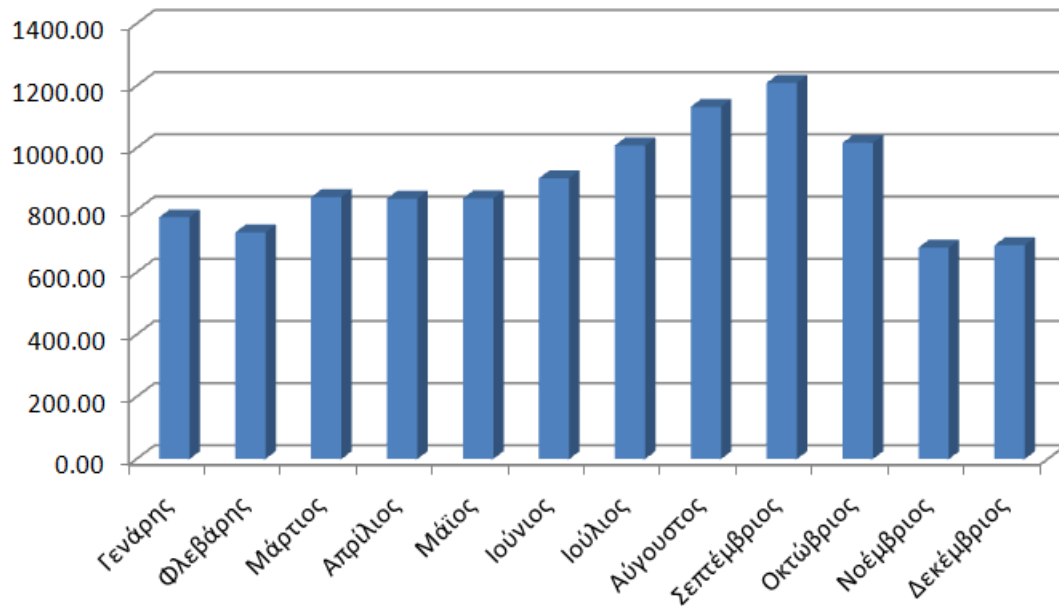


Ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού(KWh)

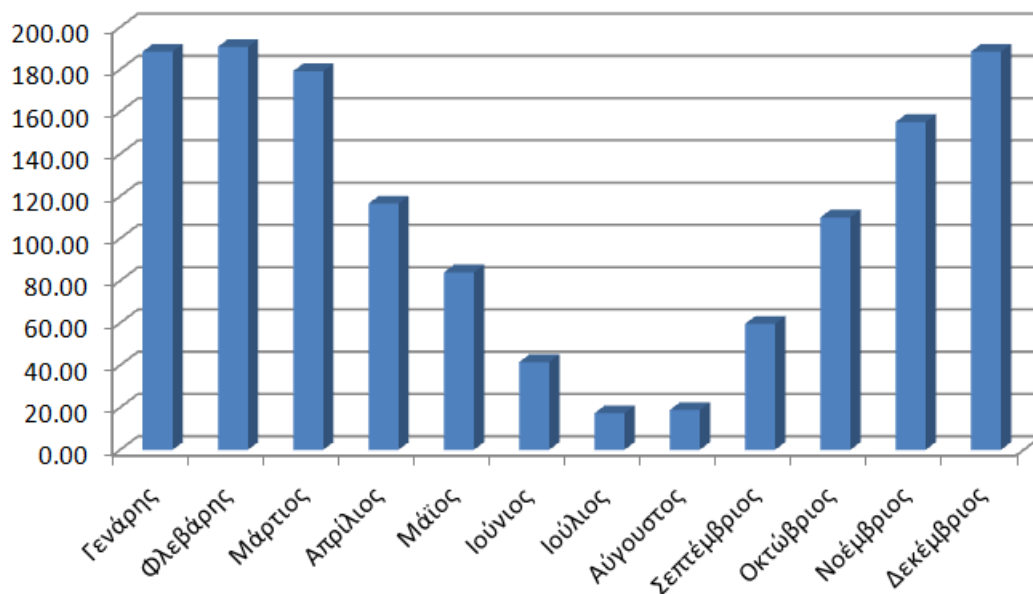


Θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω των παραθύρων

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)



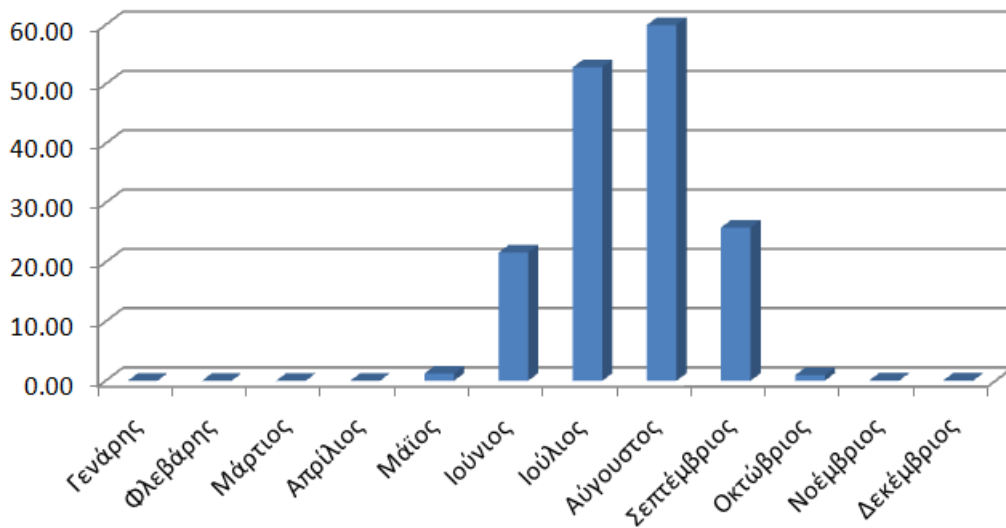
Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)



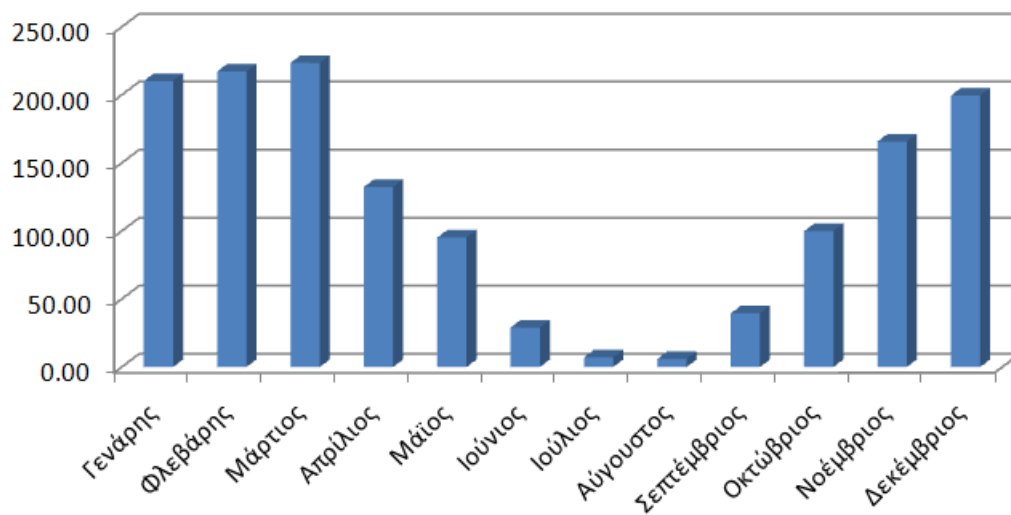
Όπως βλέπουμε από τα διαγράμματα, τα θερμικά κέρδη είναι αυξημένα κατά τους εαρινούς μήνες, ενώ αντίστοιχα οι θερμικές απώλειες κατά τους χειμερινούς μήνες.

Θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

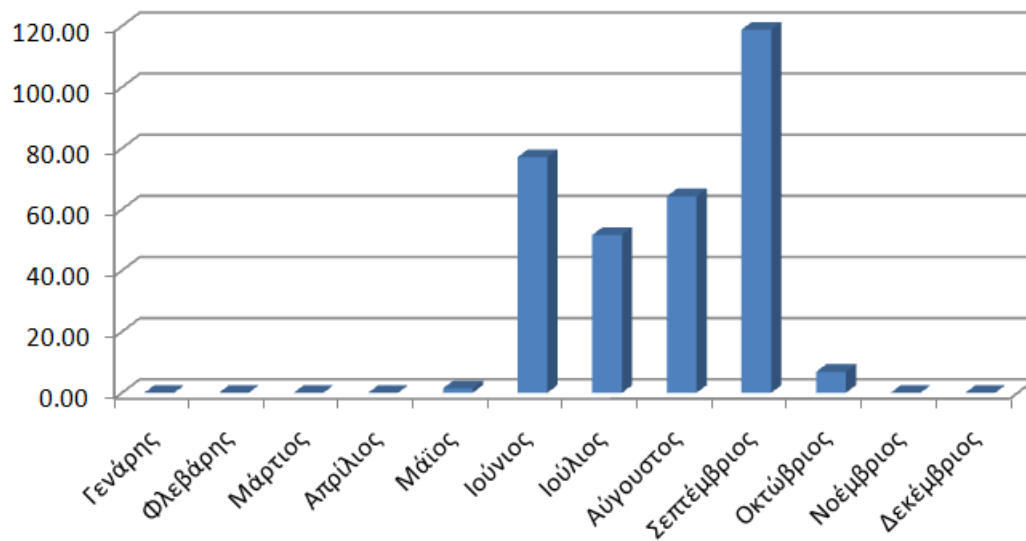


Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

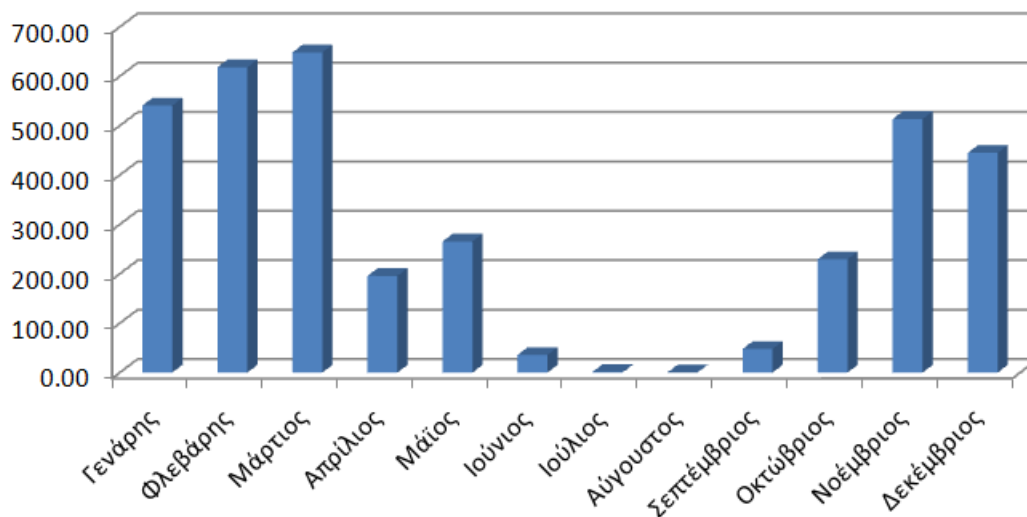


Θερμικά κέρδη και θερμικές απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

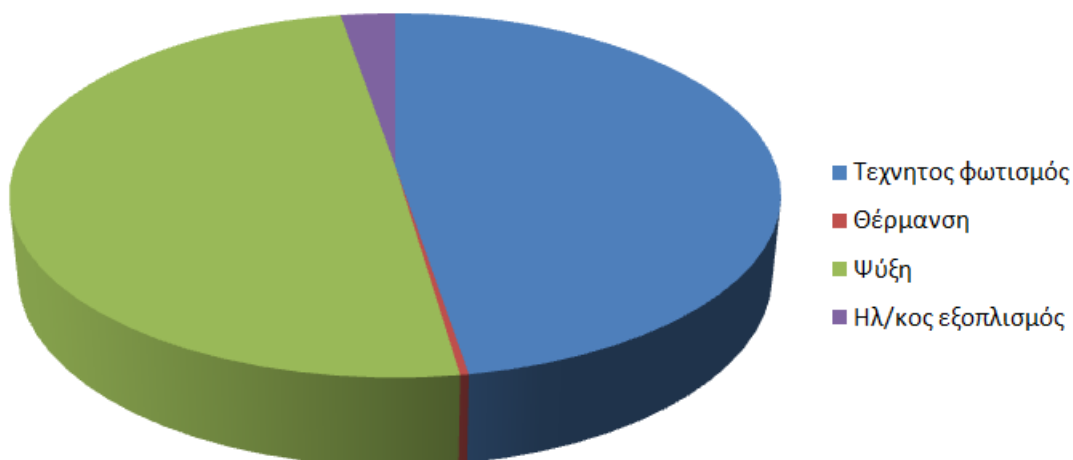


Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)



Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης της αίθουσας

Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης



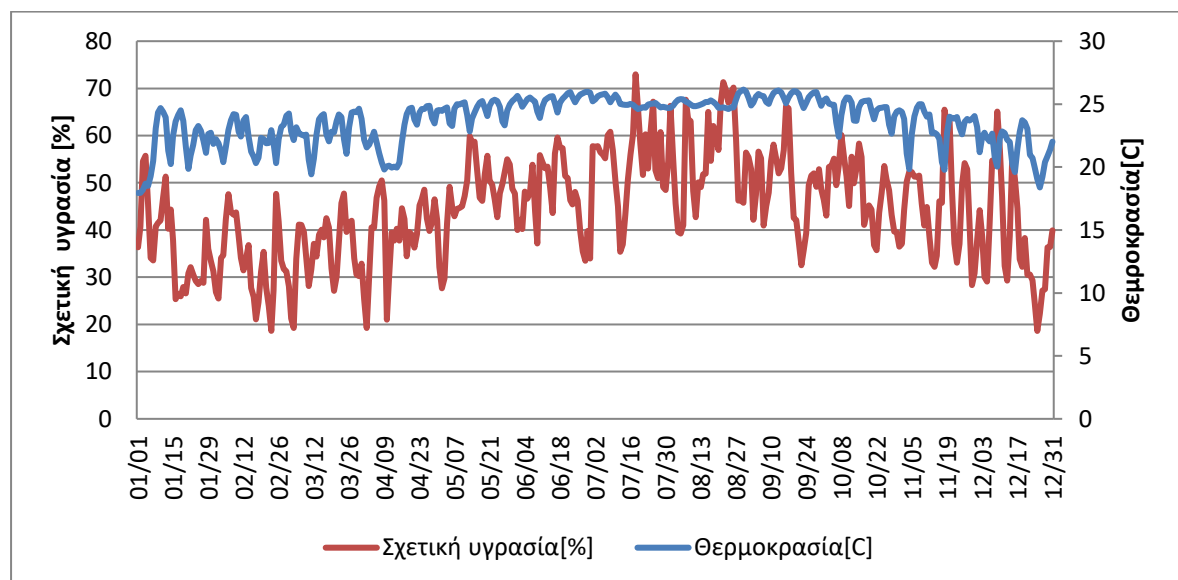
Όπως βλέπουμε από την παραπάνω κατανομή, η ψύξη του χώρου ευθύνεται για το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνει το αμφιθέατρο κατά τη διάρκεια του έτους. Ακολουθεί η κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό, ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και ελάχιστη είναι η κατανάλωση για την ενέργεια θέρμανσης.

Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

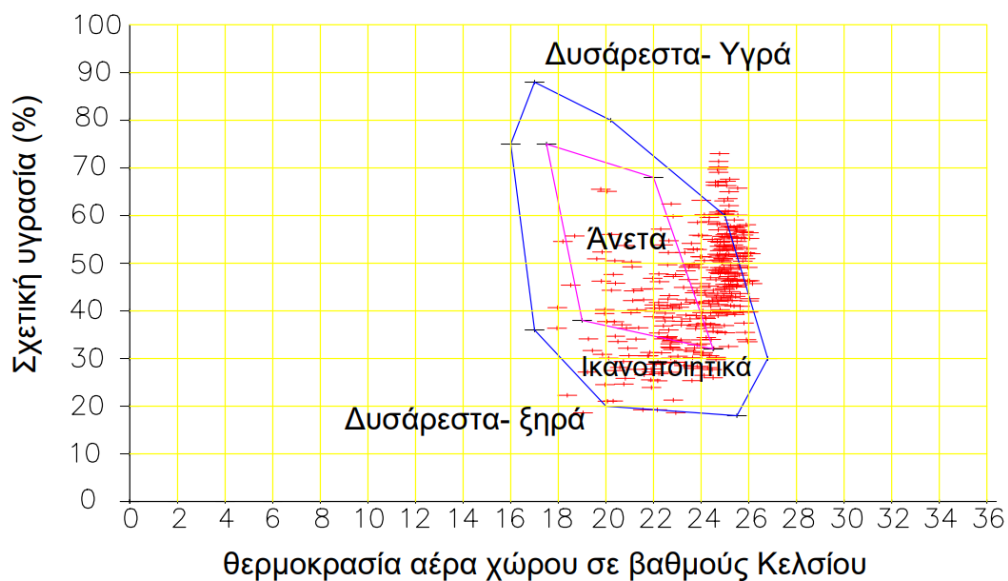
Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	734.12	396.03	777.46	188.47	210.26
Φλεβάρης	815.69	440.04	728.83	190.74	217.27
Μάρτιος	897.26	484.04	842.55	179.22	223.60
Απρίλιος	448.63	242.02	837.66	116.54	132.36
Μάιος	938.04	506.04	838.54	83.97	95.17
Ιούνιος	856.47	462.04	902.99	41.50	29.09
Ιούλιος	285.49	154.01	1008.73	17.30	7.05
Αύγουστος	203.92	110.01	1133.08	18.84	5.99
Σεπτέμβριος	815.69	440.04	1210.07	59.63	39.44
Οκτώβριος	938.04	506.04	1017.15	110.00	99.88
Νοέμβριος	897.26	484.04	680.39	155.15	165.77
Δεκέμβριος	611.77	330.03	687.66	188.43	199.54
Συνολικά	8442.38	4554.36	10665.13	1349.76	1425.43

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αερμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.00	540.65	0.00	24.62	0.00
Φλεβάρης	0.00	618.12	0.00	0.00	0.00
Μάρτιος	0.00	648.21	0.00	0.02	15.00
Απρίλιος	0.00	195.73	0.00	0.11	196.96
Μάϊος	1.21	265.23	1.44	0.00	637.64
Ιούνιος	21.64	35.64	77.10	0.00	1057.32
Ιούλιος	52.84	1.17	51.63	0.00	462.33
Αύγουστος	59.98	0.26	64.29	0.00	432.44
Σεπτέμβριος	25.84	47.77	118.79	0.00	1159.90
Οκτώβριος	0.95	229.31	6.86	0.00	751.89
Νοέμβριος	0.06	513.42	0.00	0.00	54.28
Δεκέμβριος	0.07	444.75	0.00	5.19	0.00
Συνολικά	162.59	3540.27	320.11	29.93	4767.76

Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας



Διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για το αμφιθέατρο ΒΕΗ των τοπογράφων μηχανικών



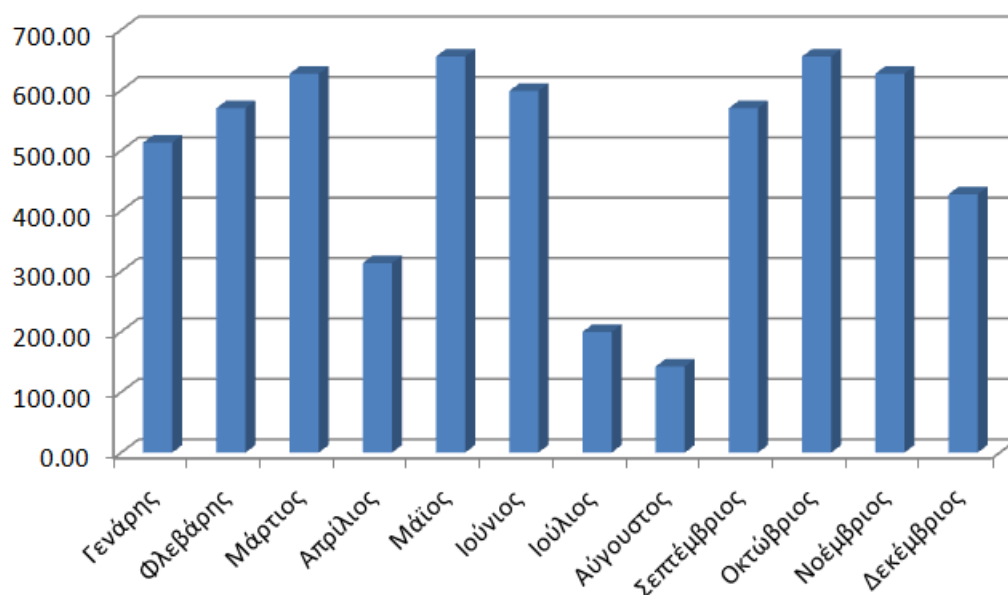
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Με εξαίρεση ένα μέρος της θερινής περιόδου, οι τιμές βρίσκονται μέσα σε ικανοποιητικά επίπεδα.

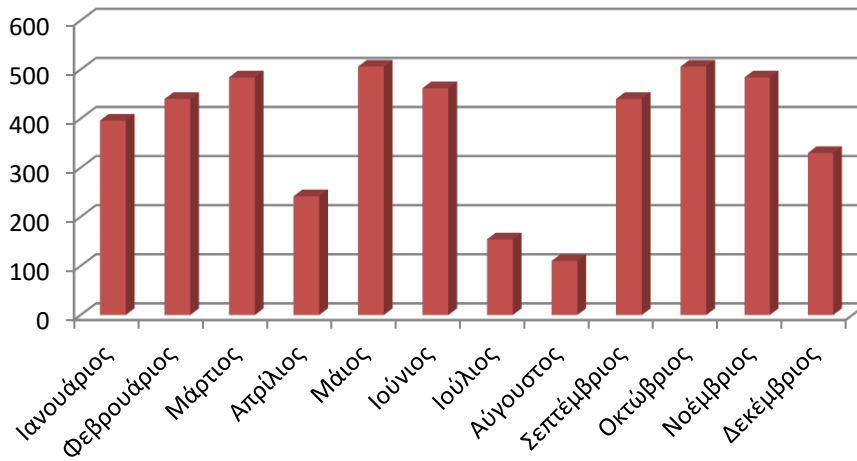
12.5) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 020 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Εσωτερικά θερμικά κέρδη

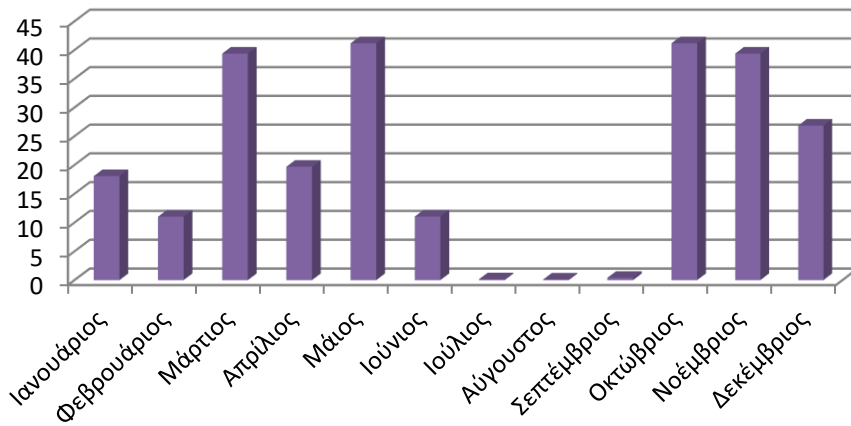
Θερμικά κέρδη λόγω χρηστών(KWh)



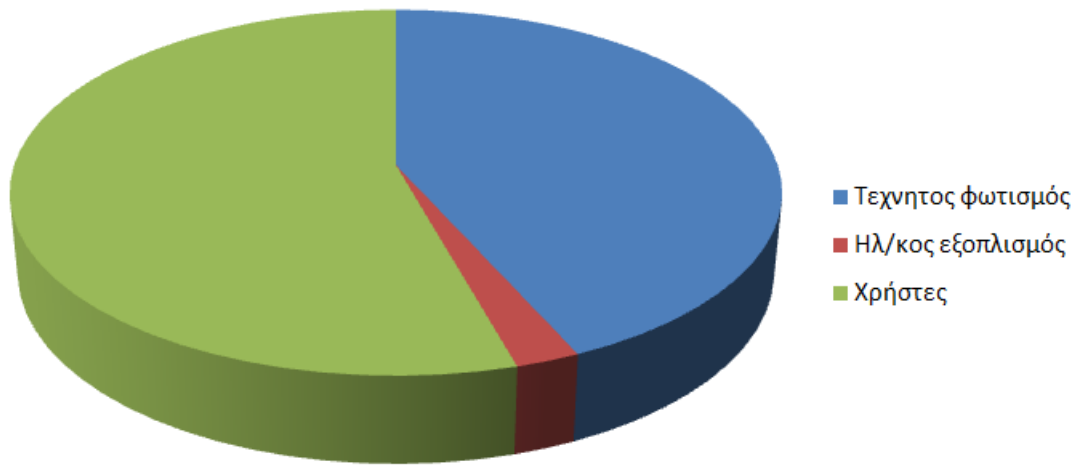
Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό (kWh)



Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (kWh)

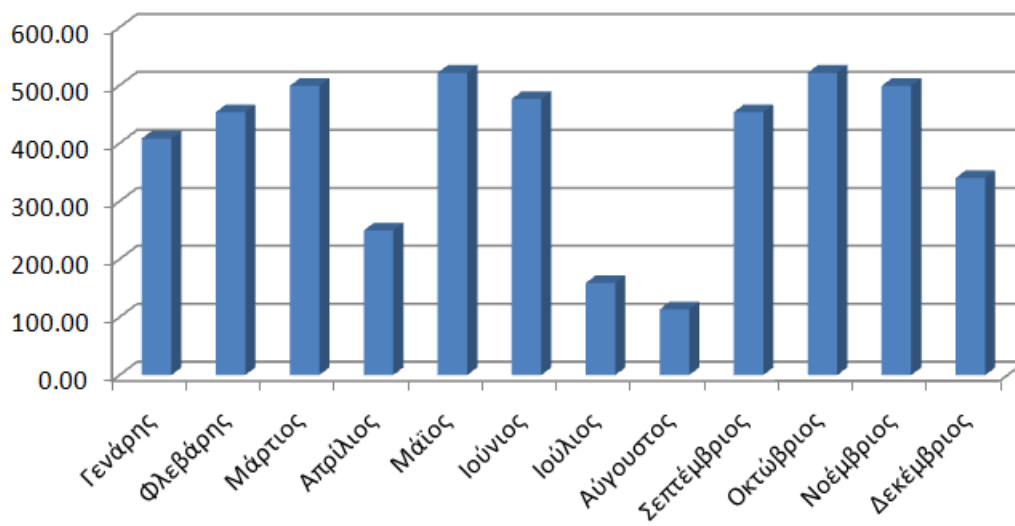


Εσωτερικά θερμικά κέρδη(KWh)



Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

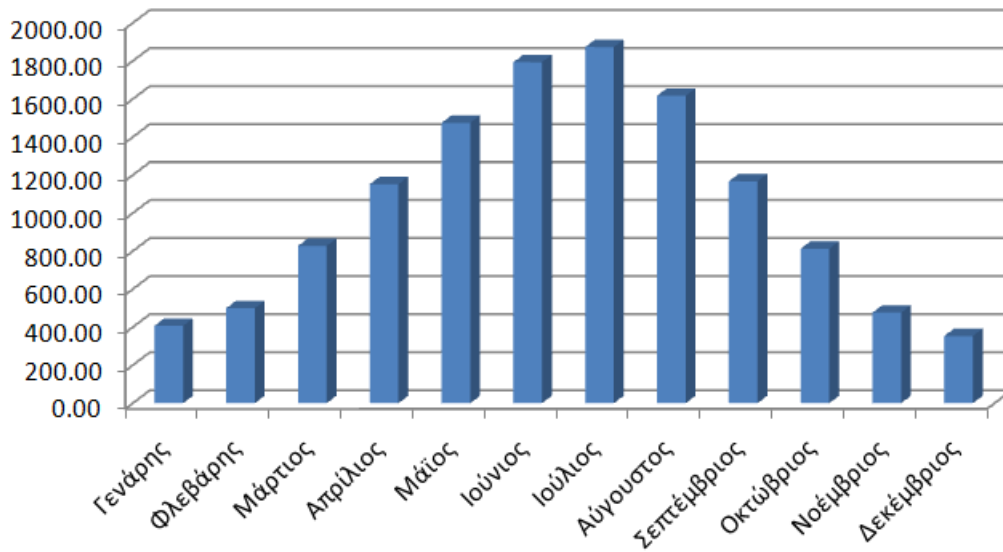
Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού(KWh)



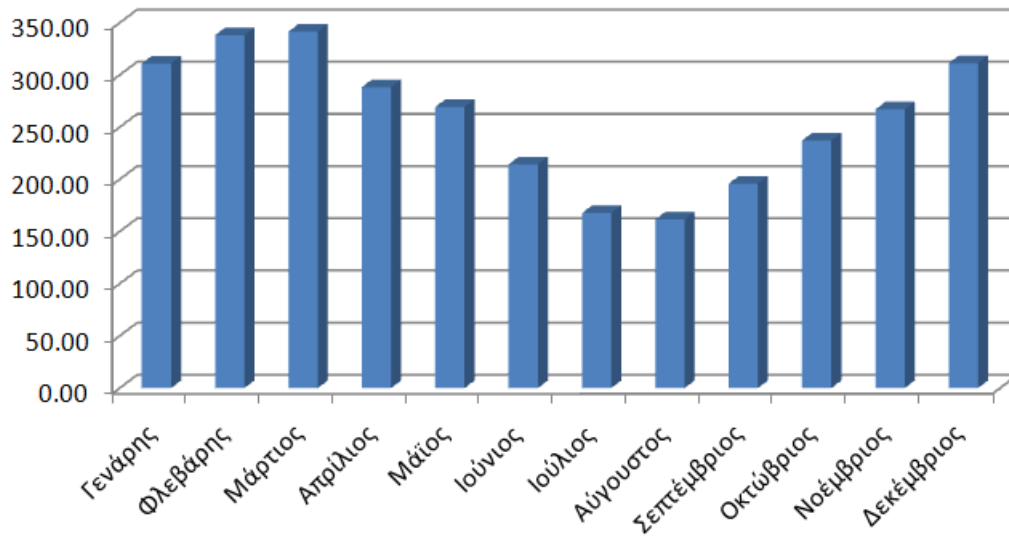


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)

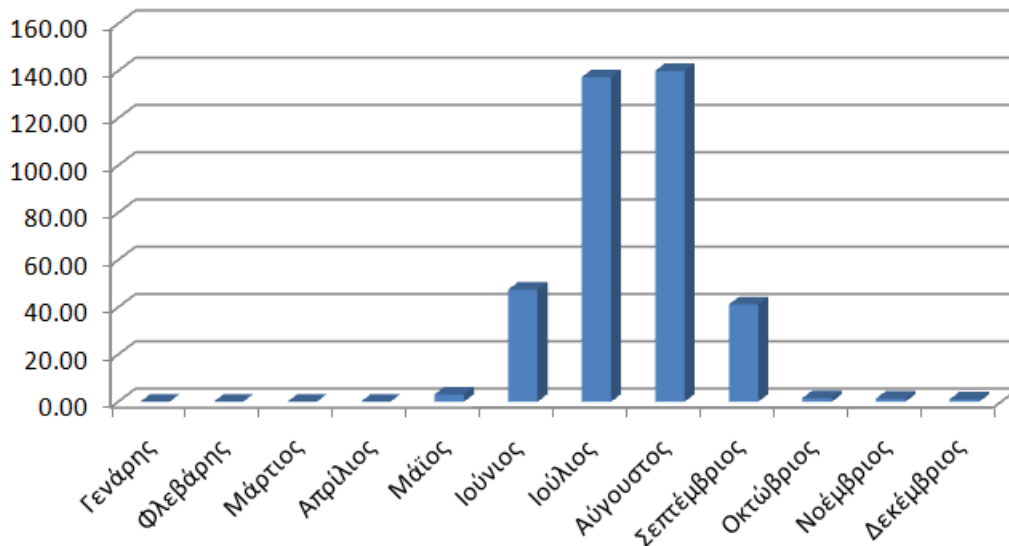


Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)

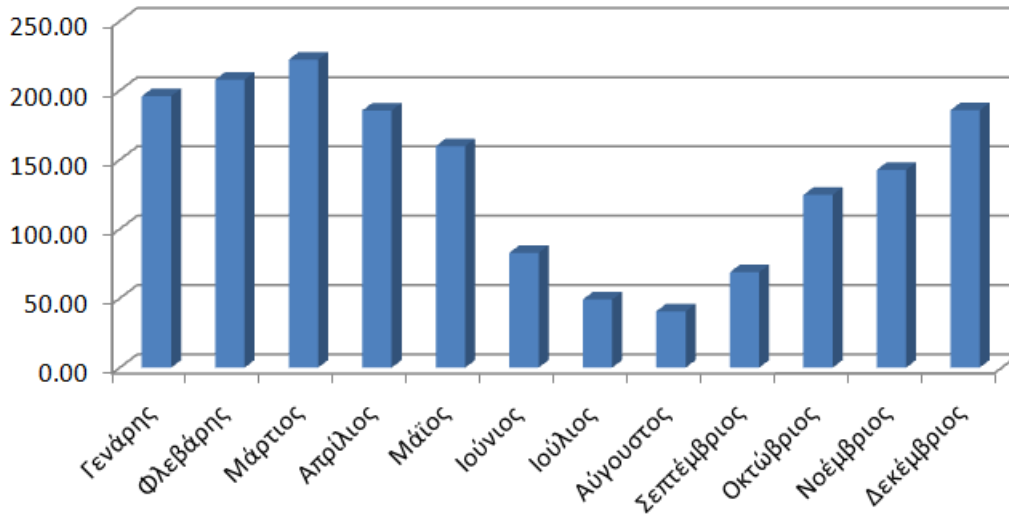


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες

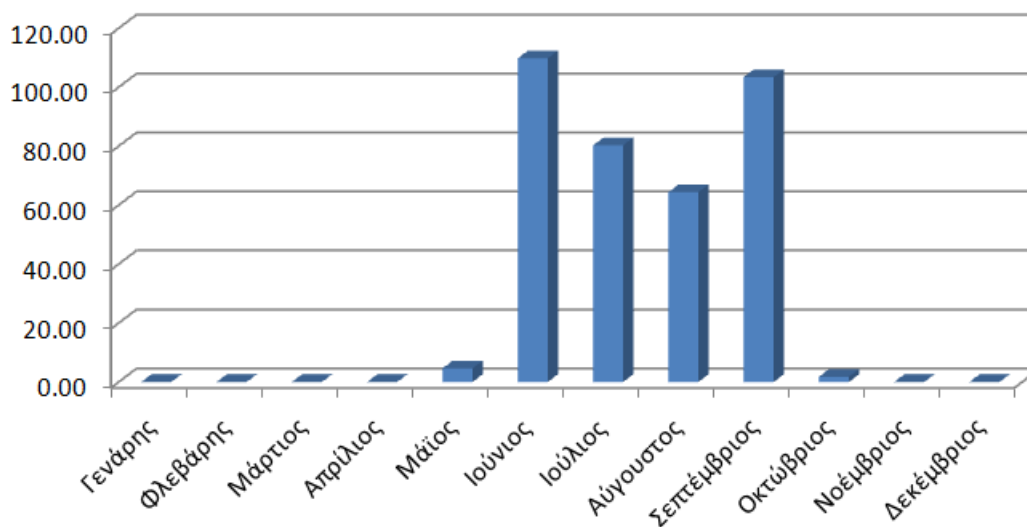


Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

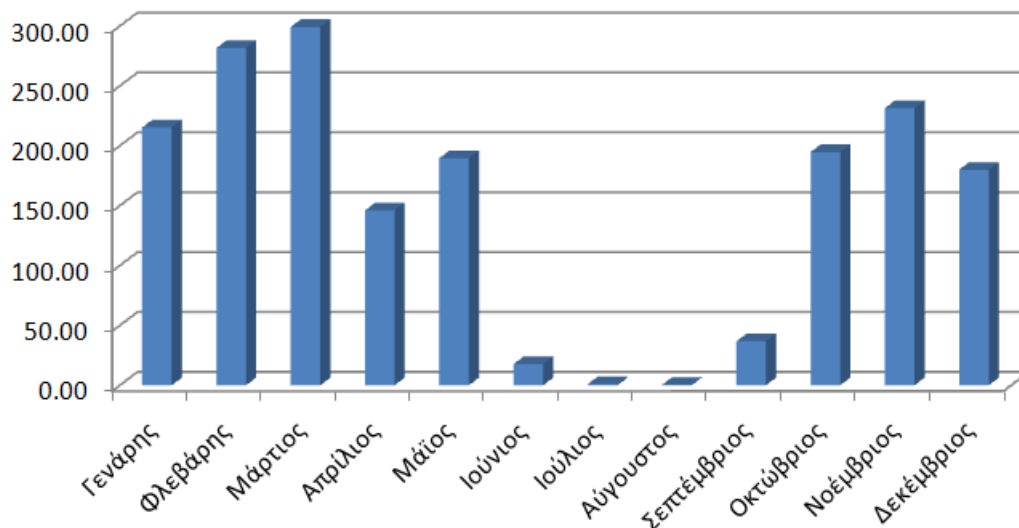


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

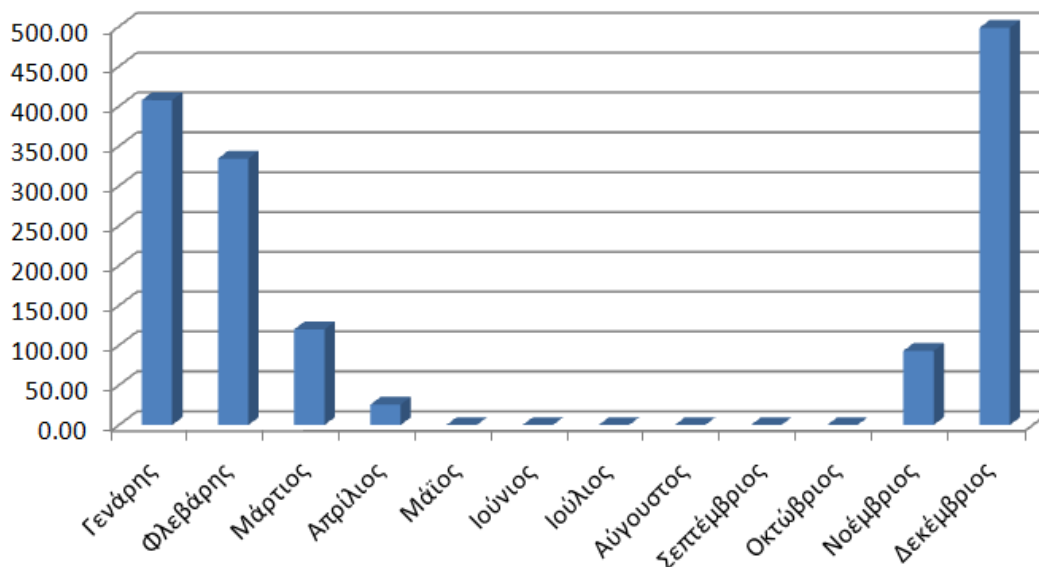


Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

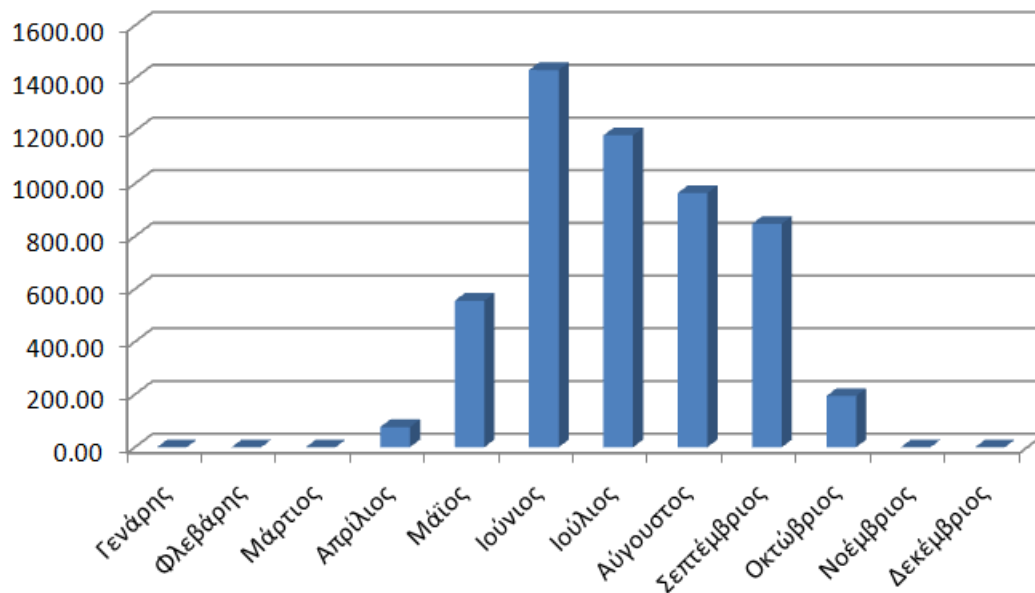


Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια Θέρμανσης και ψύξης

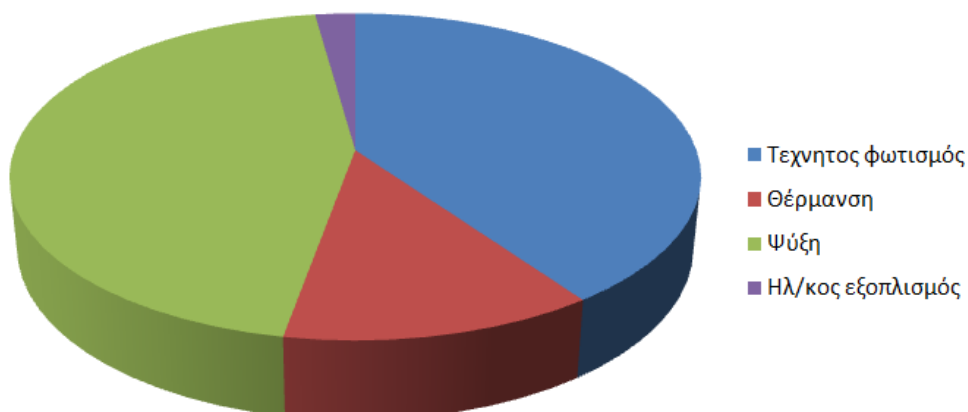
Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης

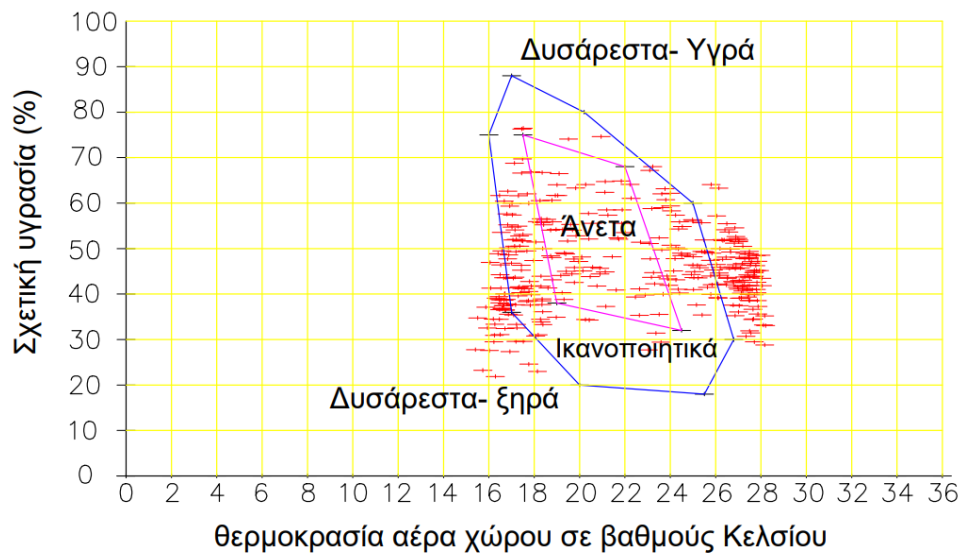
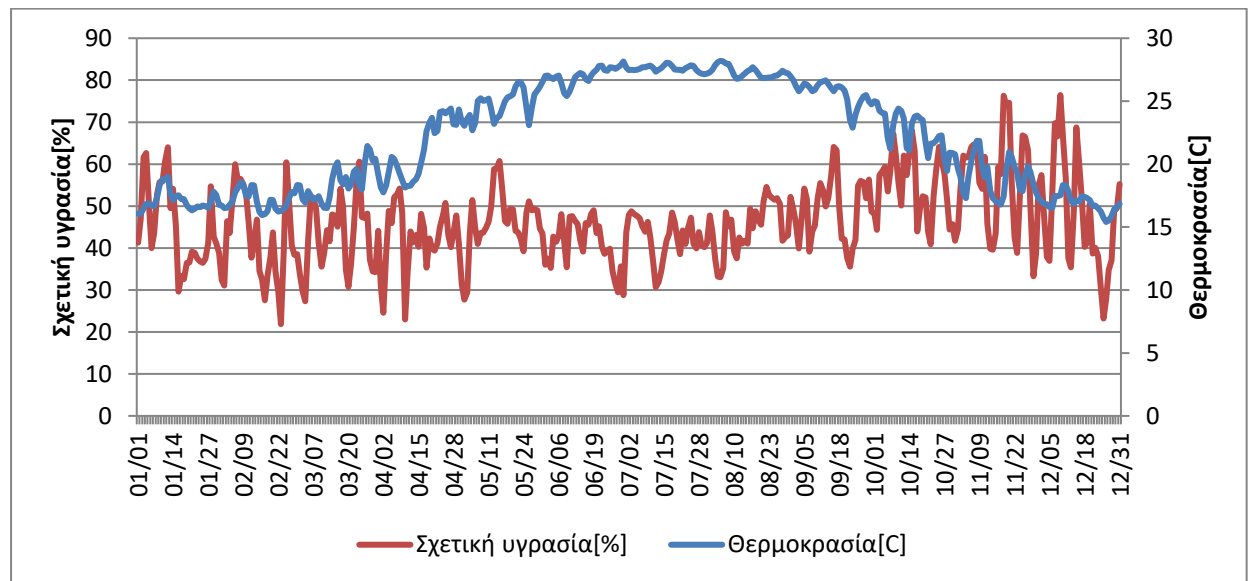


Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	513.16	408.27	406.74	311.04	195.93
Φλεβάρης	570.17	453.64	499.42	338.15	207.86
Μάρτιος	627.19	499.00	826.93	341.52	222.32
Απρίλιος	313.60	249.50	1152.00	288.36	185.56
Μάϊος	655.70	521.68	1474.62	269.35	159.88
Ιούνιος	598.68	476.32	1793.35	214.35	82.91
Ιούλιος	199.56	158.77	1873.39	167.65	49.12
Αύγουστος	142.54	113.41	1616.90	161.67	40.65
Σεπτέμβριος	570.17	453.64	1167.34	195.93	68.79
Οκτώβριος	655.70	521.68	812.80	237.21	124.63
Νοέμβριος	627.19	499.00	476.50	266.98	142.75
Δεκέμβριος	427.63	340.23	353.41	311.39	185.71
Συνολικά	5901.29	4695.14	12453.40	3103.61	1666.11

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αερισμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.00	215.34	0.00	407.76	0.00
Φλεβάρης	0.01	281.62	0.00	334.33	0.00
Μάρτιος	0.00	299.26	0.00	119.99	0.00
Απρίλιος	0.06	145.99	0.00	25.55	76.49
Μάϊος	3.14	189.56	4.59	0.00	555.99
Ιούνιος	47.45	17.60	109.78	0.00	1431.35
Ιούλιος	137.40	1.02	80.24	0.00	1183.36
Αύγουστος	140.09	0.39	64.35	0.00	964.52
Σεπτέμβριος	41.22	36.69	103.38	0.00	847.83
Οκτώβριος	1.62	194.75	1.74	0.01	194.48
Νοέμβριος	1.41	231.41	0.00	92.97	0.00
Δεκέμβριος	1.03	179.97	0.00	498.45	0.00
Συνολικά	373.42	1793.60	364.08	1479.05	5254.04

Διάγραμμα μέσων τιμών ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας



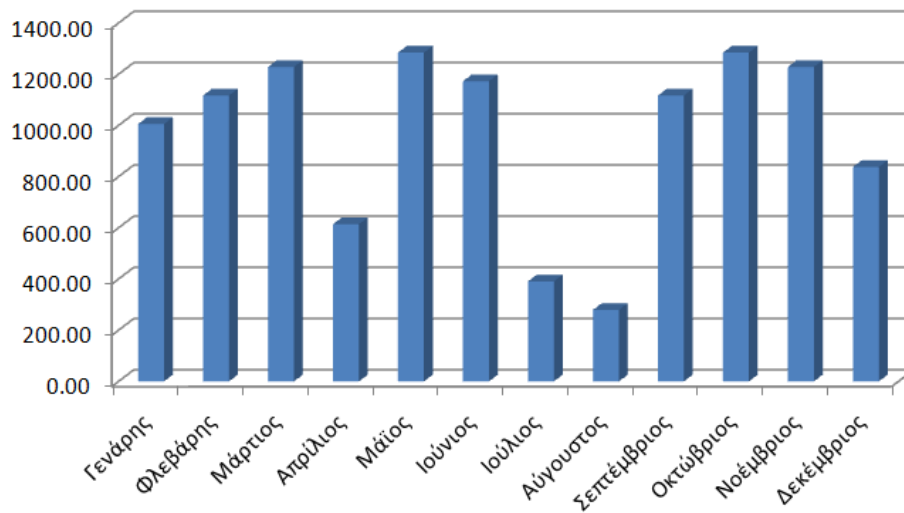
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Οι τιμές θερμικής άνεσης παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη διακύμανση και μεγάλος μέρος του χρόνου βρίσκονται εκτός ικανοποιητικών επιπέδων.

12.6) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 15 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Θερμικά κέρδη λόγω χρηστών(KWh)

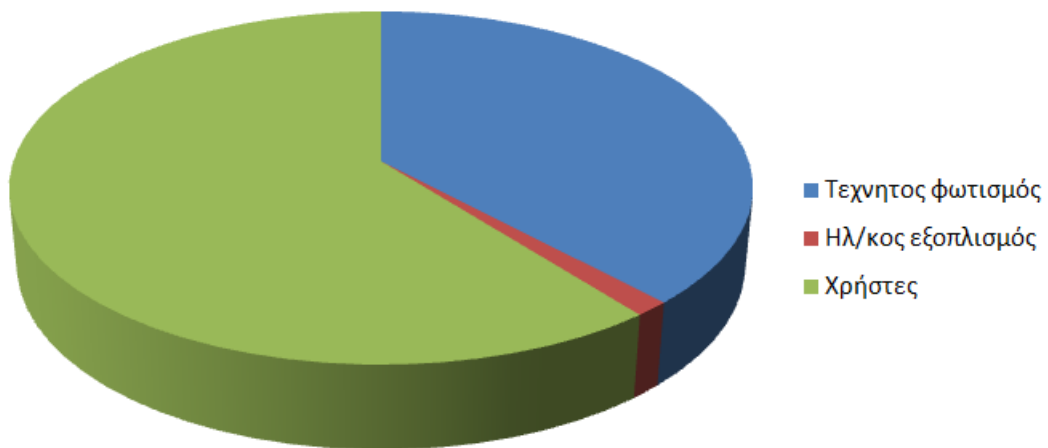


Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό (kWh)





Εσωτερικά θερμικά κέρδη

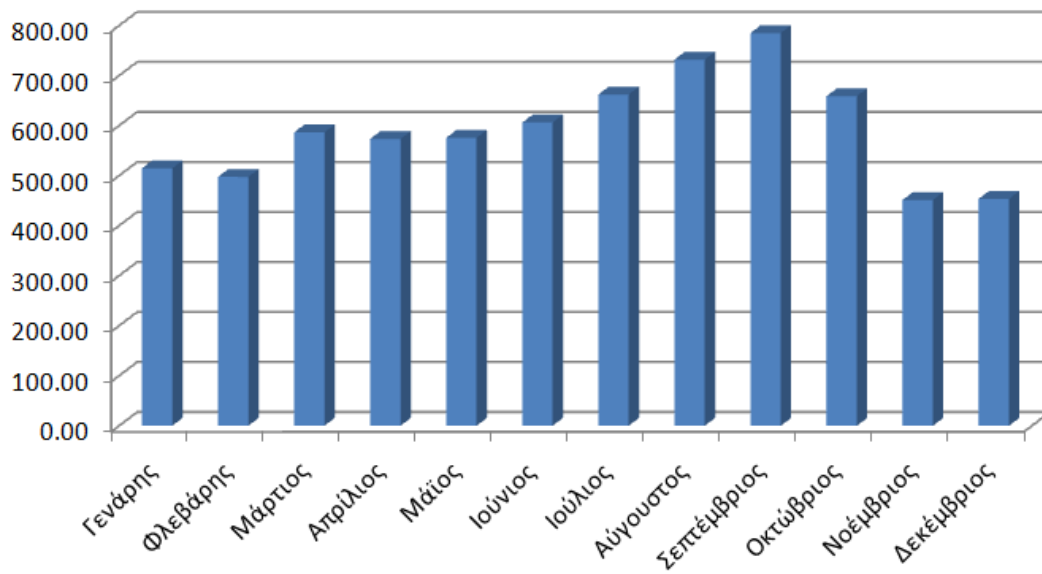


Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

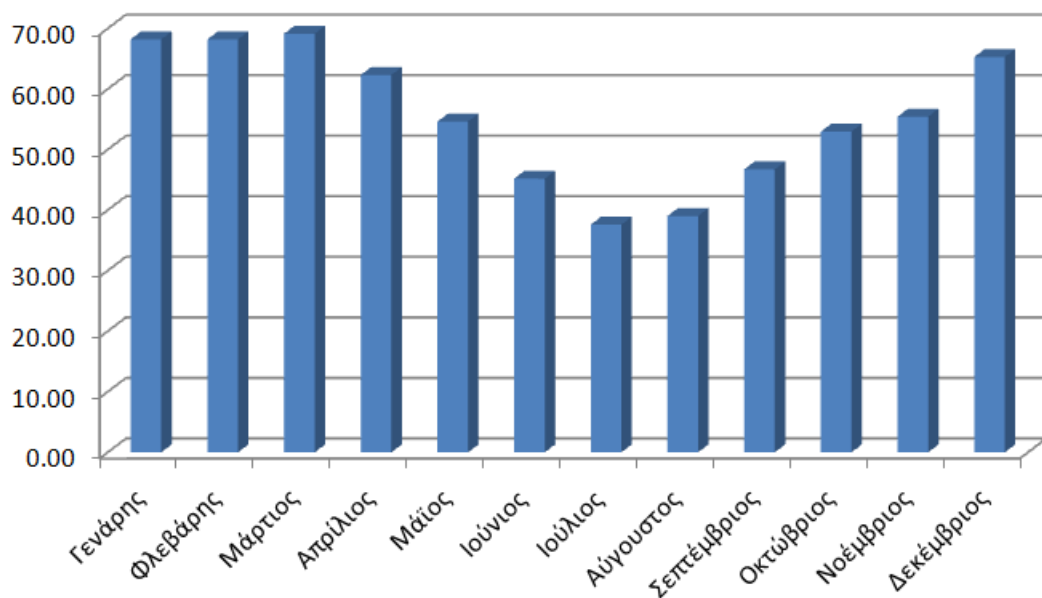


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)

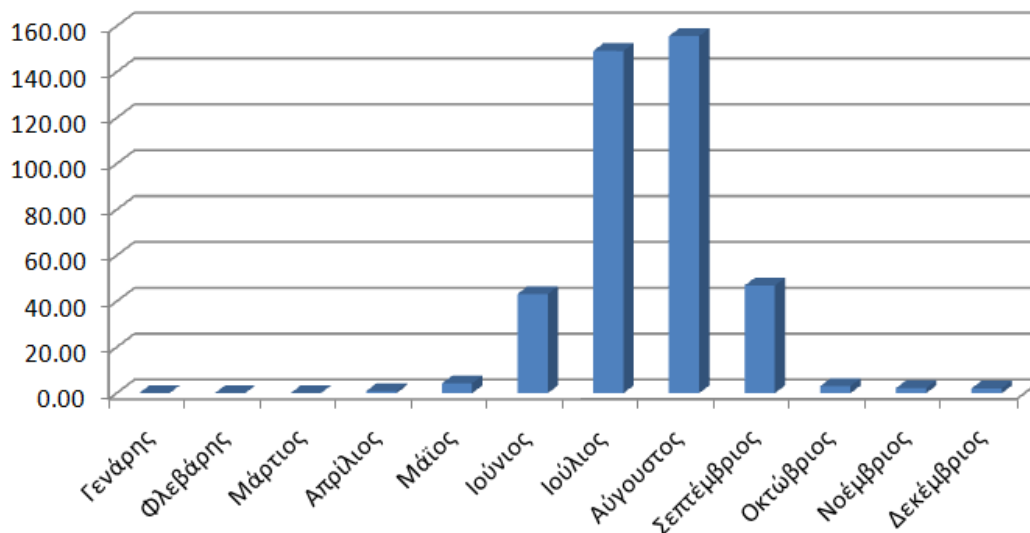


Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)

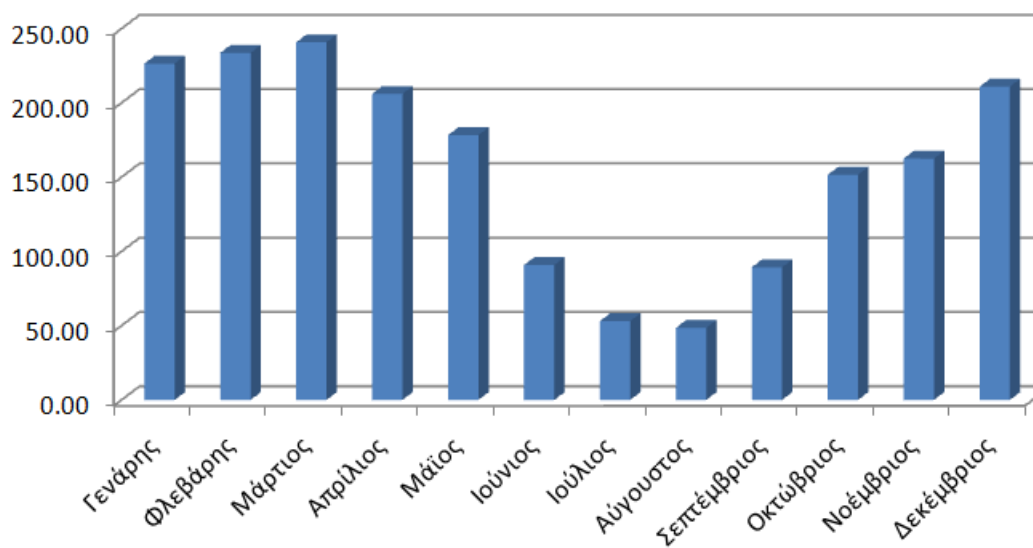


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

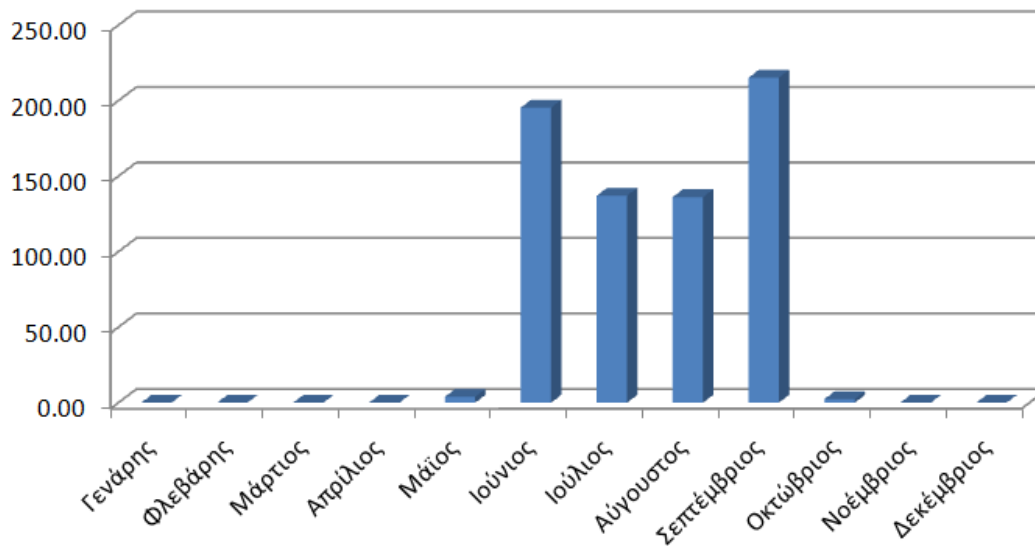


Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

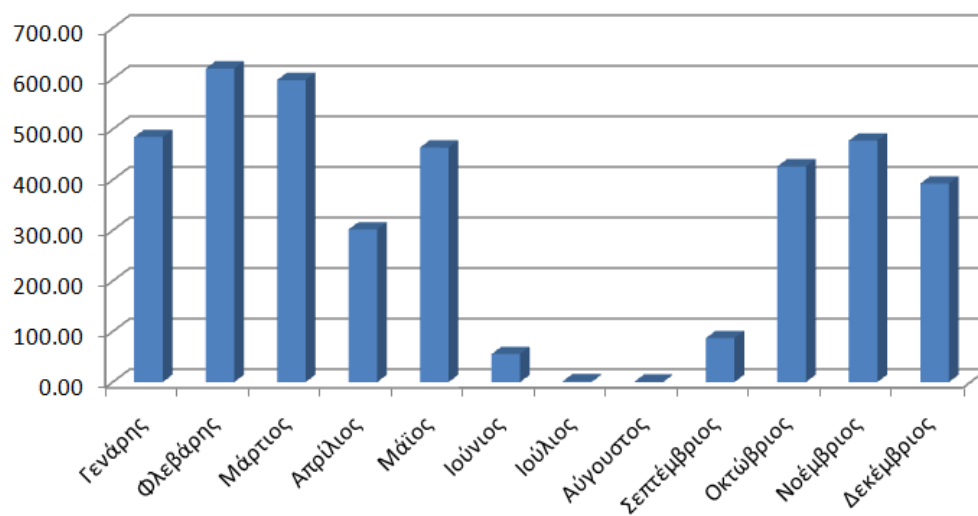


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

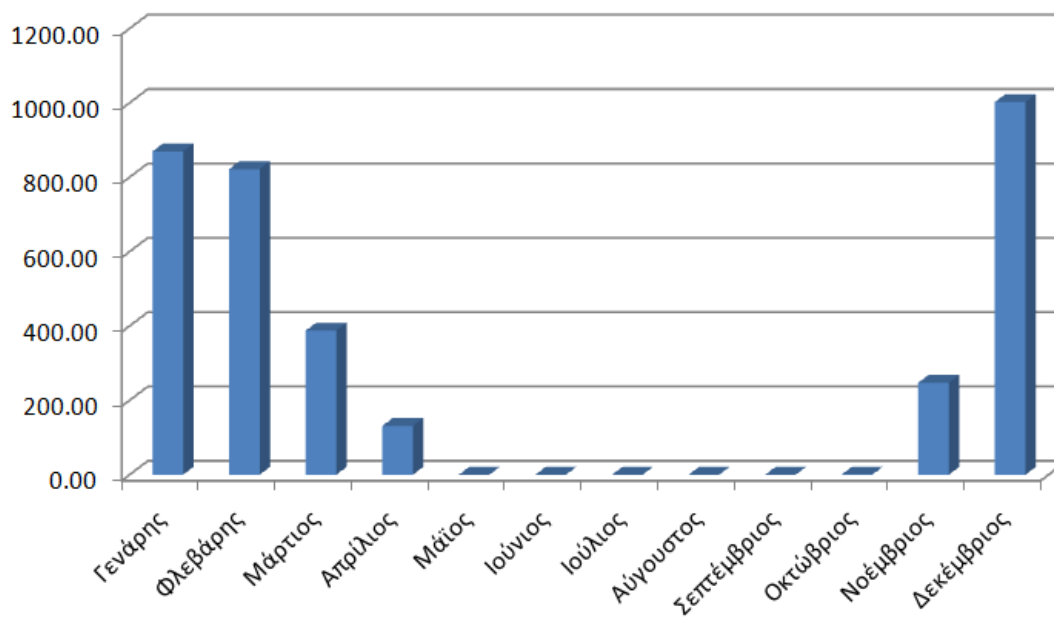


Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

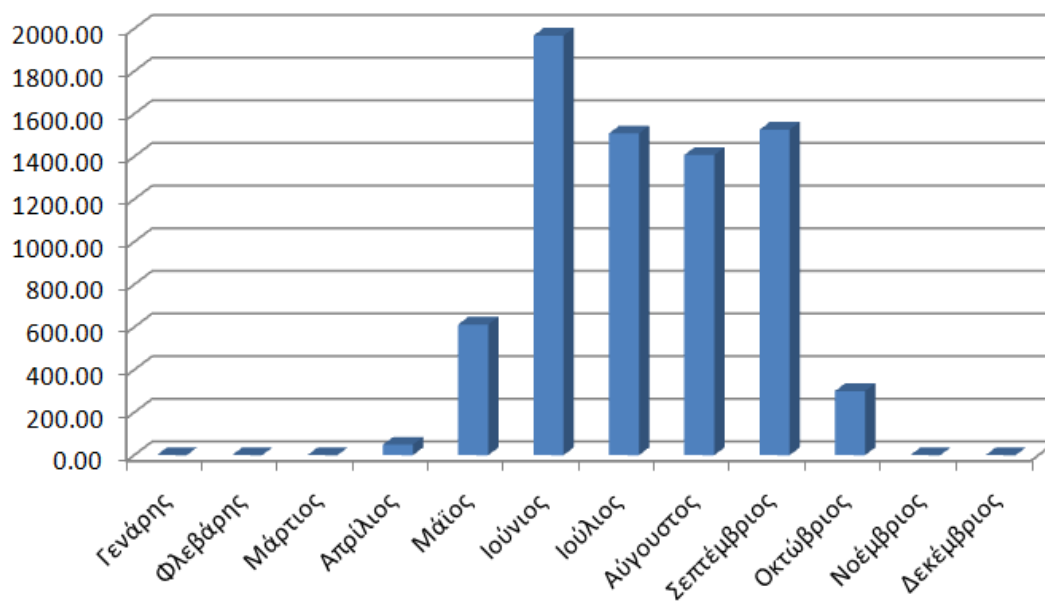


Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια Θέρμανσης και ψύξης

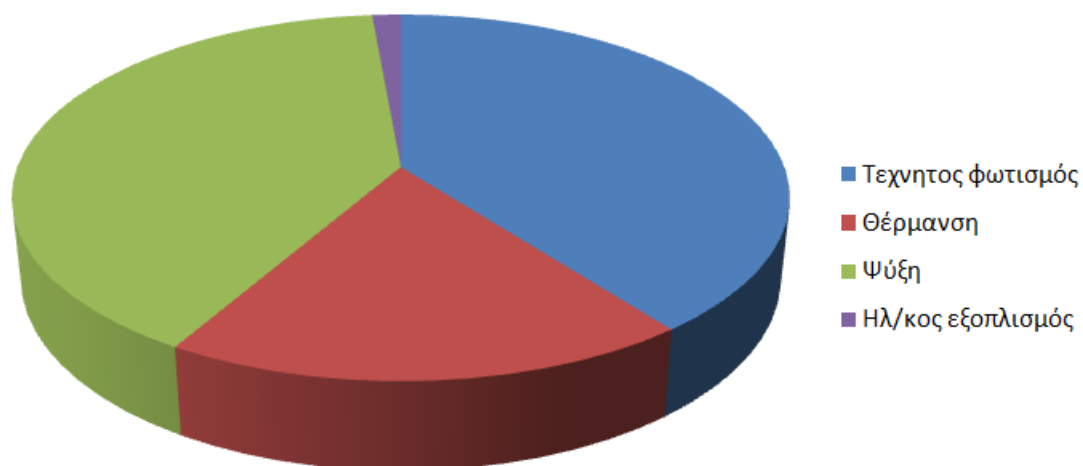
Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης

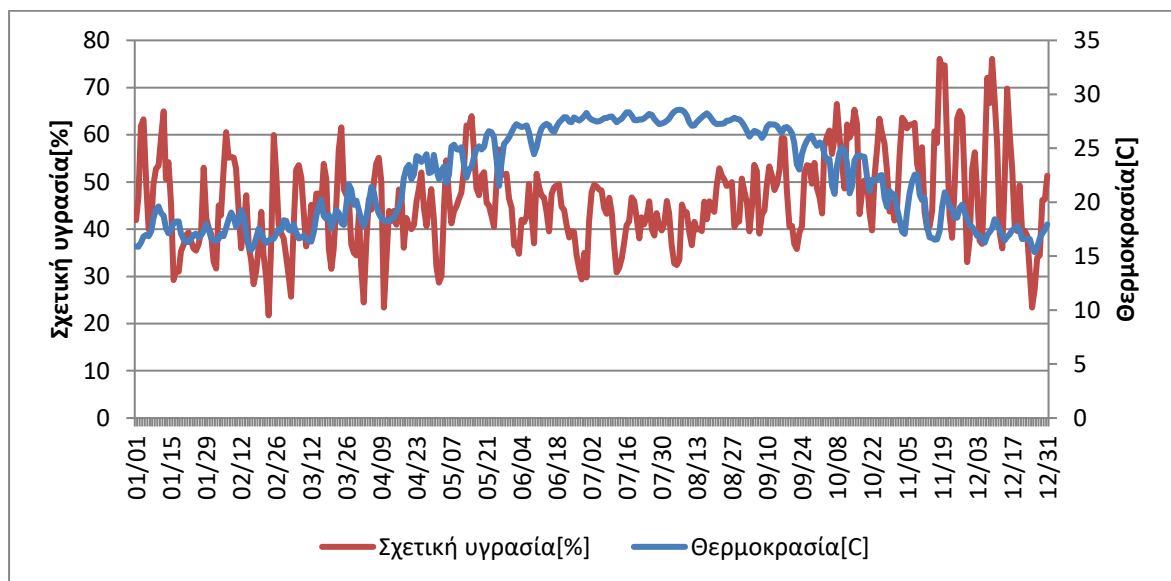


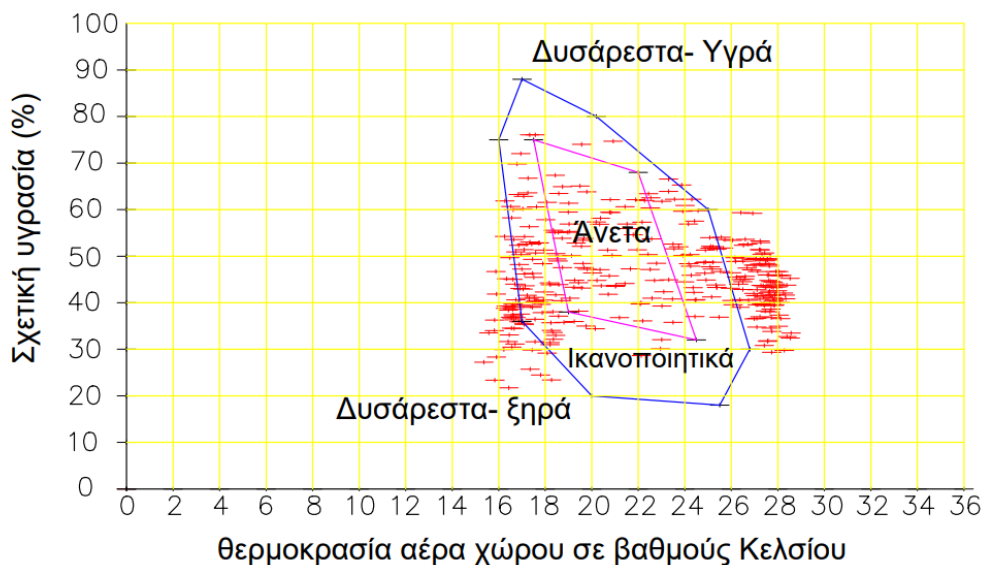
Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	1005.15	630.05	514.79	68.22	226.43
Φλεβάρης	1116.84	700.06	497.54	68.20	233.68
Μάρτιος	1228.52	770.06	586.56	69.15	240.77
Απρίλιος	614.26	385.03	573.31	62.33	206.03
Μάιος	1284.36	805.06	575.66	54.62	178.28
Ιούνιος	1172.68	735.06	606.22	45.20	90.84
Ιούλιος	390.89	245.02	662.28	37.61	53.05
Αύγουστος	279.21	175.01	731.91	39.04	48.50
Σεπτέμβριος	1116.84	700.06	785.08	46.73	89.31
Οκτώβριος	1284.36	805.06	658.82	52.98	151.61
Νοέμβριος	1228.52	770.06	451.34	55.44	162.49
Δεκέμβριος	837.63	525.04	453.66	65.29	210.90
Συνολικά	11559.28	7245.58	7097.16	664.82	1891.91

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αεριμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.07	484.72	0.00	869.59	0.00
Φλεβάρης	0.03	619.96	0.01	821.98	0.00
Μάρτιος	0.00	597.31	0.00	387.60	0.00
Απρίλιος	0.92	301.84	0.00	131.16	48.78
Μάϊος	4.24	463.86	3.91	0.00	612.77
Ιούνιος	43.27	55.37	195.39	0.00	1967.44
Ιούλιος	149.22	2.04	137.07	0.00	1508.48
Αύγουστος	155.69	0.82	136.12	0.00	1407.76
Σεπτέμβριος	46.94	86.90	215.19	0.00	1526.22
Οκτώβριος	3.06	426.62	2.41	0.50	300.31
Νοέμβριος	2.19	477.52	0.06	247.50	0.00
Δεκέμβριος	2.10	392.64	0.00	1002.37	0.00
Συνολικά	407.73	3909.60	690.16	3460.69	7371.76

Διάγραμμα μέσων τιμών ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας





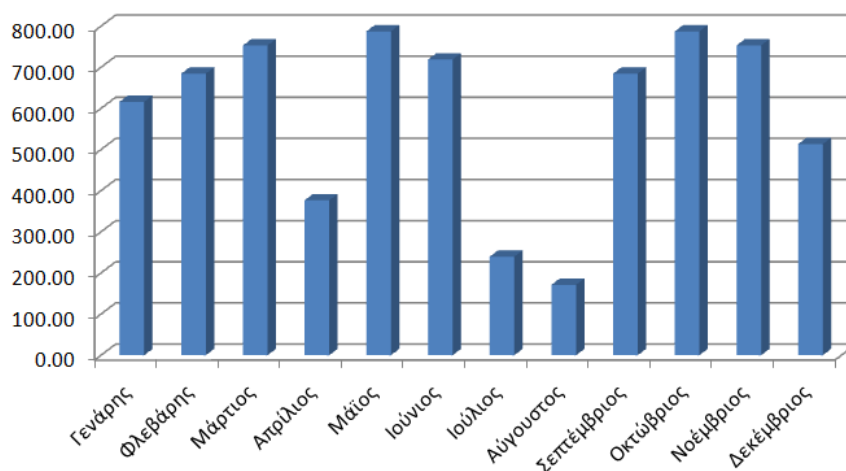
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Στο αμφιθέατρο Λαμπαδαρίου οι τιμές θερμικής άνεσης παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη διακύμανση και μεγάλος μέρος του χρόνου βρίσκονται εκτός ικανοποιητικών επιπέδων.

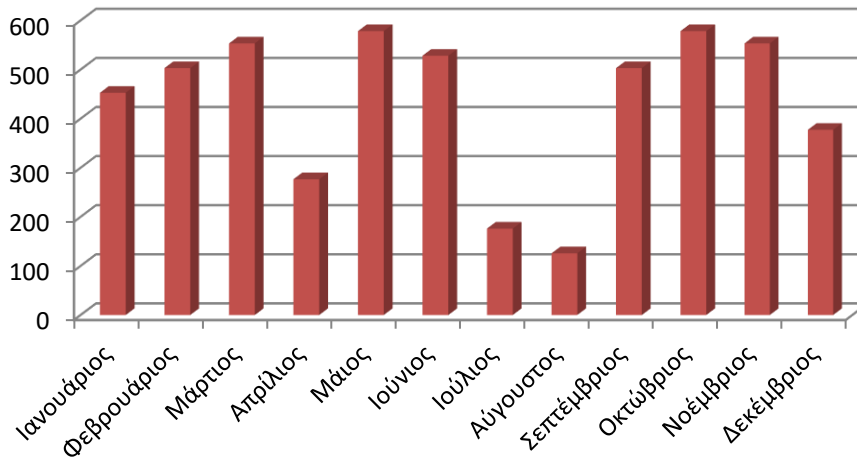
12.7) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Εσωτερικά θερμικά κέρδη

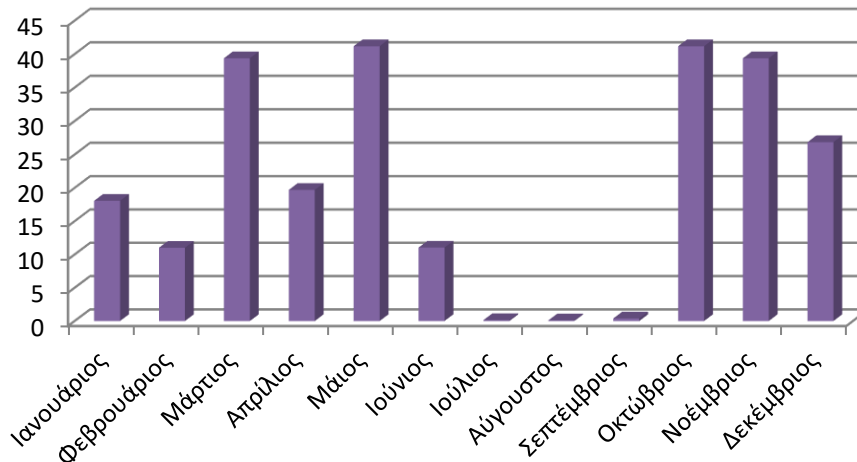
Θερμικά κέρδη λόγω χρηστών(KWh)



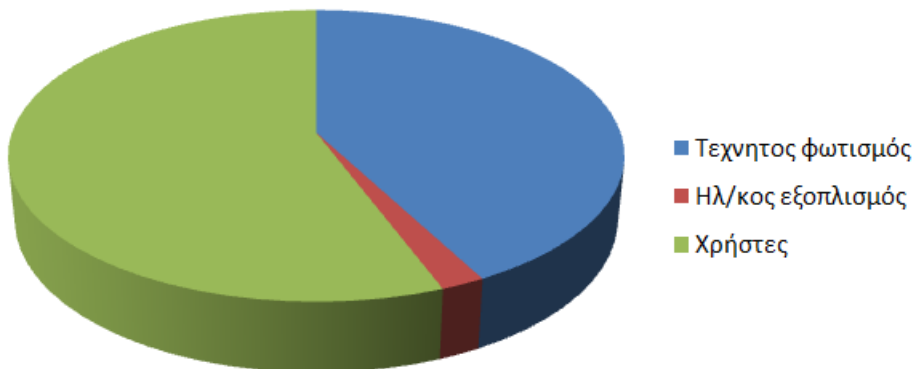
Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό (kWh)



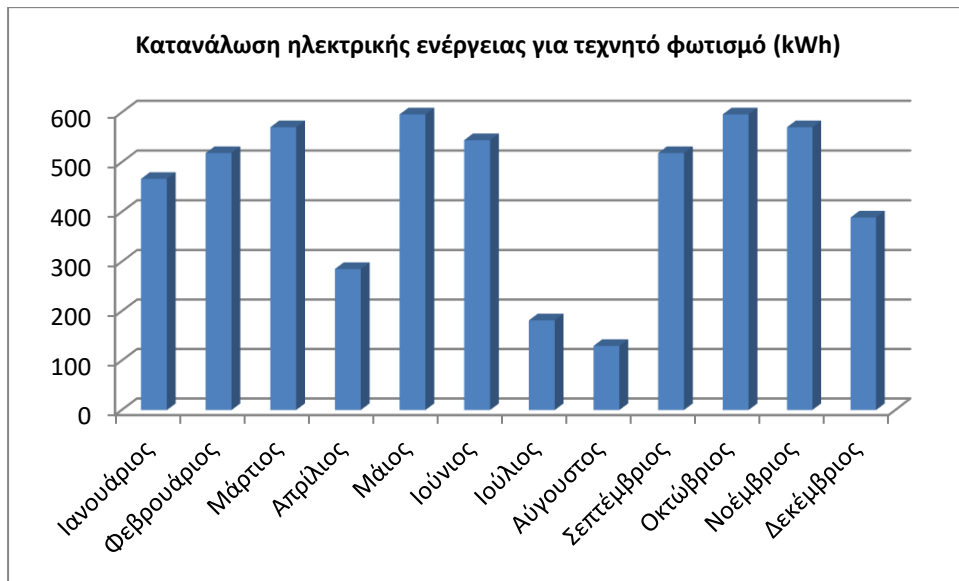
Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (kWh)



Εσωτερικά θερμικά κέρδη

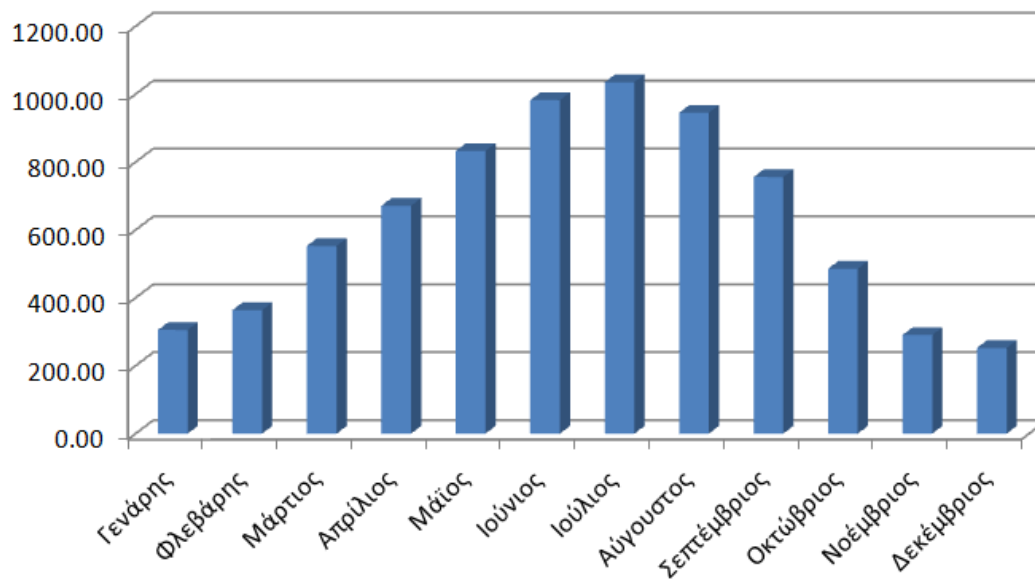


Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

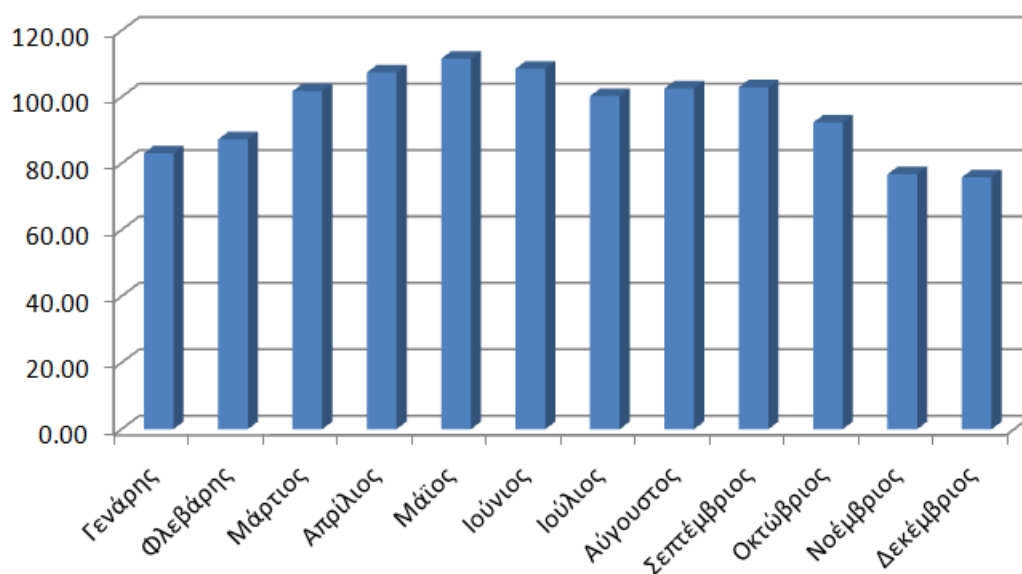


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)

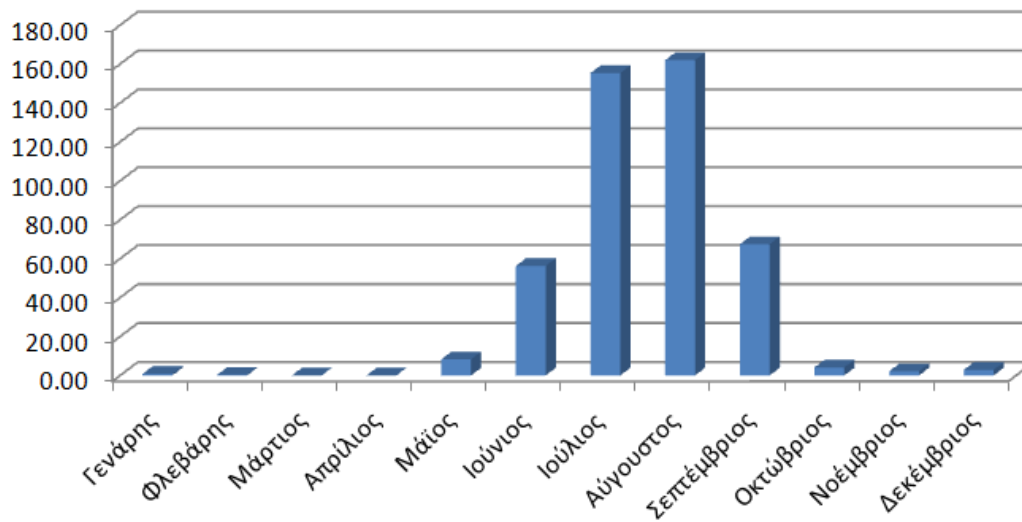


Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)

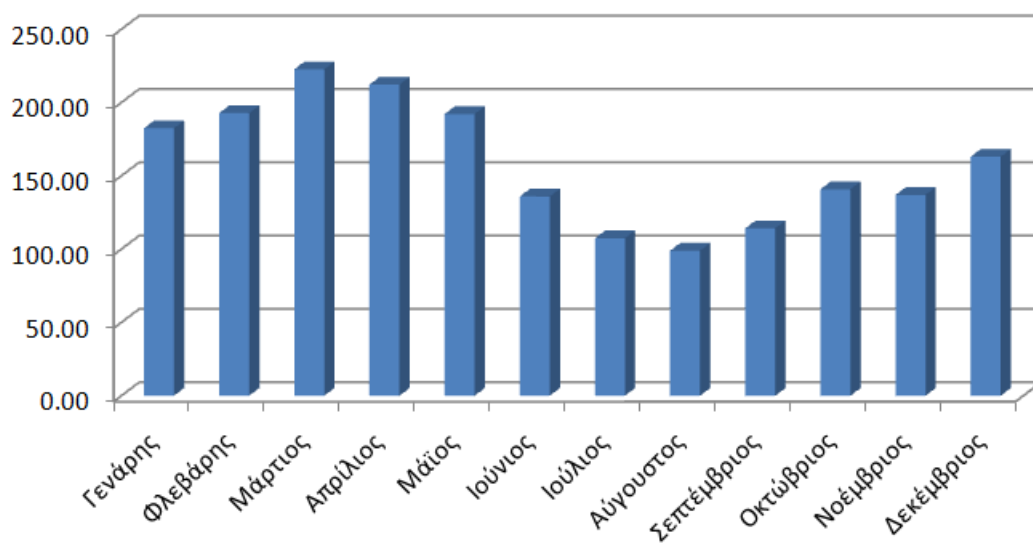


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης αέρα από τις χαραμάδες(KWh)

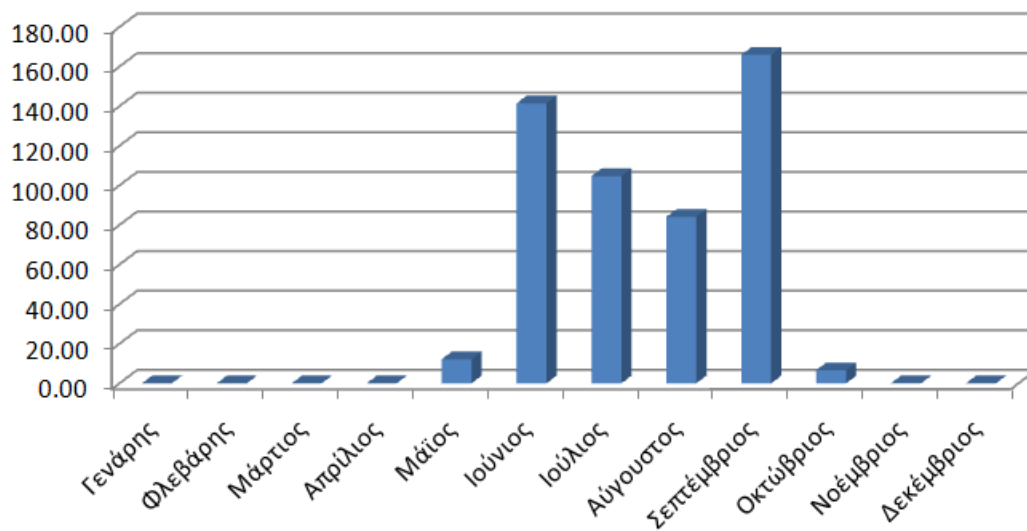


Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από τις χαραμάδες(KWh)

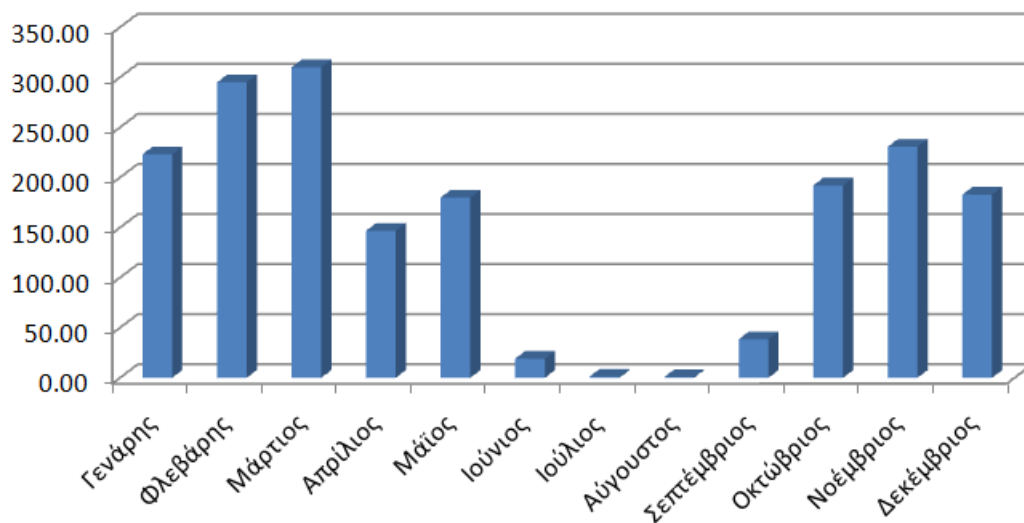


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

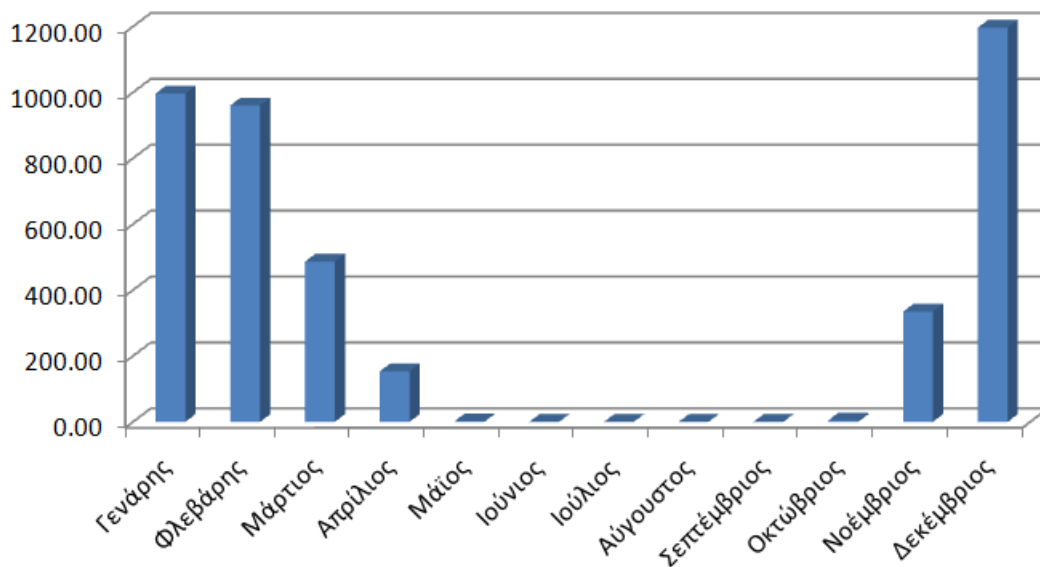


Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

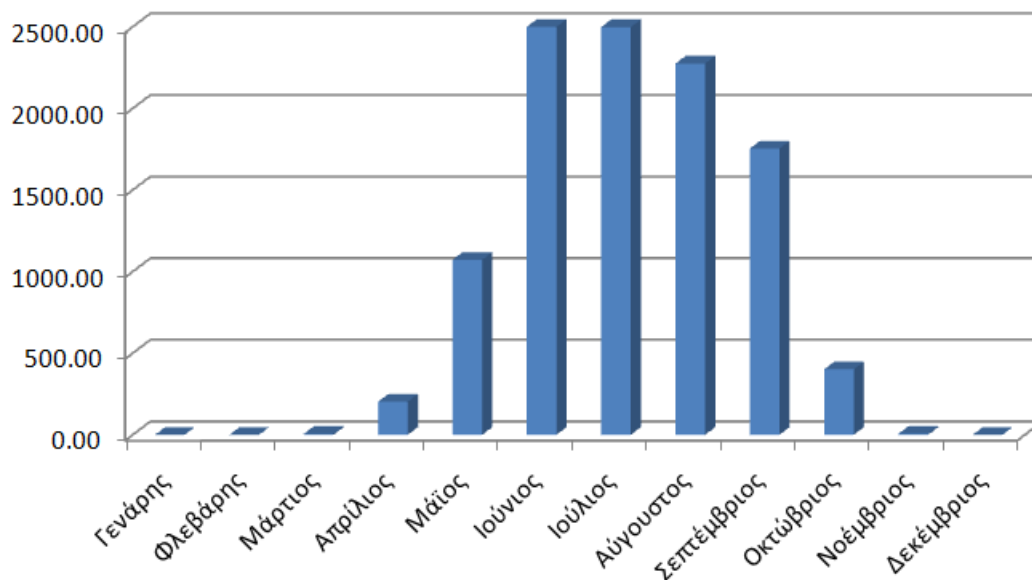


Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια Θέρμανσης και ψύξης

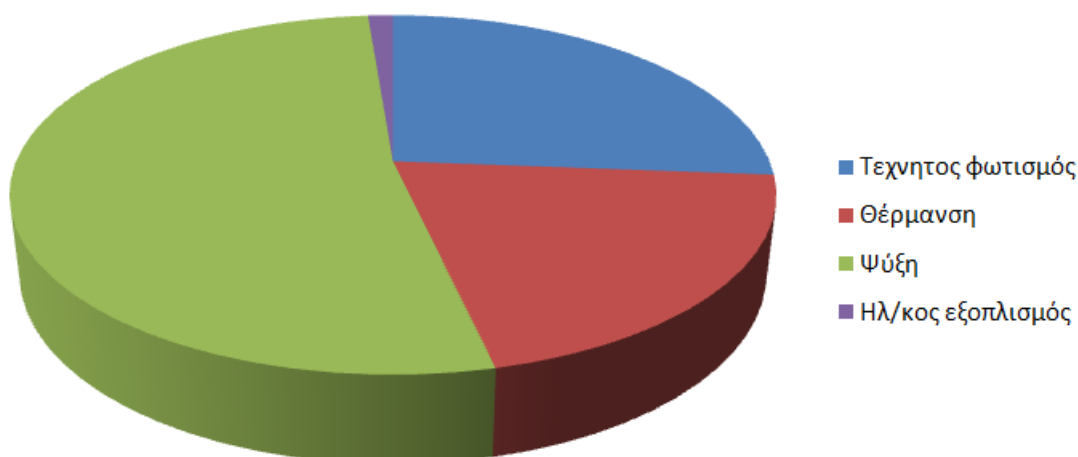
Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



Κατανομή της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης

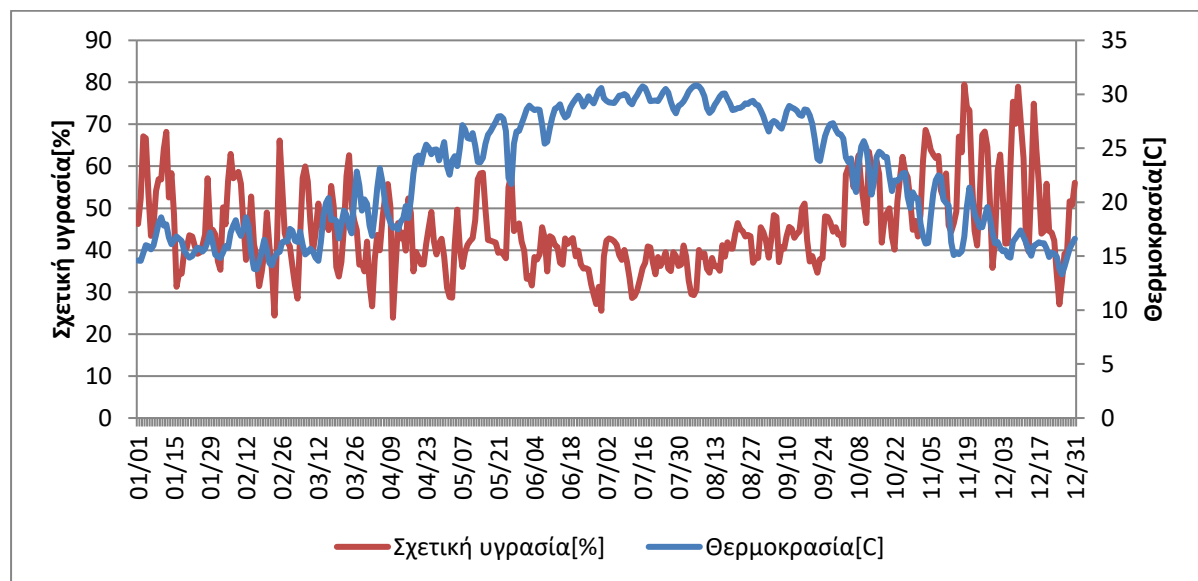


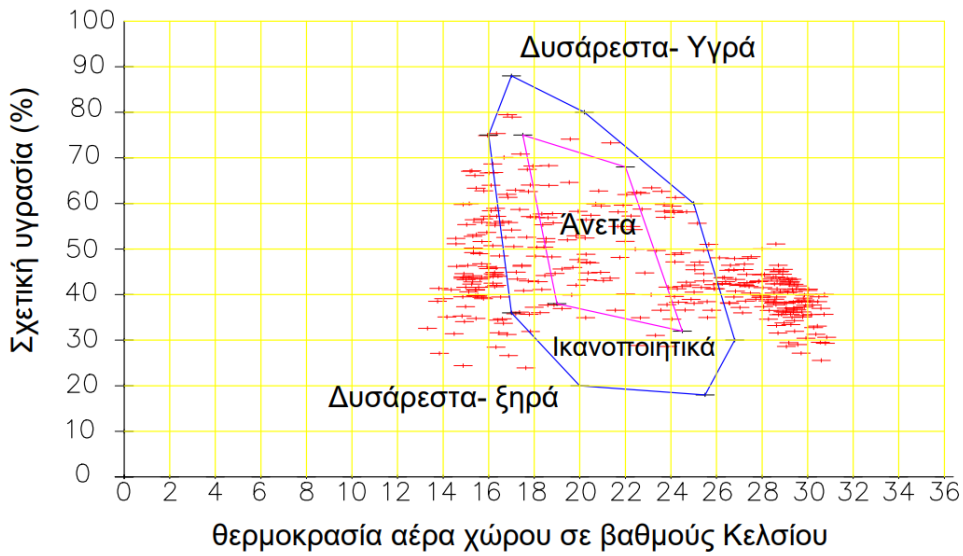
Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	616.15	466.60	305.31	83.04	182.45
Φλεβάρης	684.62	518.44	363.81	87.25	192.73
Μάρτιος	753.08	570.29	552.85	101.75	222.66
Απρίλιος	376.54	285.14	671.21	107.41	212.21
Μάϊος	787.31	596.21	832.79	111.55	192.11
Ιούνιος	718.85	544.36	982.34	108.53	135.88
Ιούλιος	239.62	181.45	1034.97	100.28	107.42
Αύγουστος	171.15	129.61	945.18	102.56	98.89
Σεπτέμβριος	684.62	518.44	755.85	102.94	114.18
Οκτώβριος	787.31	596.21	485.62	92.31	140.78
Νοέμβριος	753.08	570.29	290.22	76.76	136.96
Δεκέμβριος	513.46	388.83	252.44	75.84	163.05
Συνολικά	7085.78	5365.87	7472.58	1150.22	1899.32

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αεριμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.78	223.07	0.00	996.42	0.00
Φλεβάρης	0.31	294.92	0.04	960.30	0.00
Μάρτιος	0.01	310.00	0.00	486.47	5.41
Απρίλιος	0.02	146.74	0.00	153.22	202.41
Μάϊος	8.27	179.91	12.15	1.84	1071.75
Ιούνιος	56.26	18.97	141.46	0.00	2499.46
Ιούλιος	155.37	1.26	104.66	0.00	2497.70
Αύγουστος	162.01	0.63	84.09	0.00	2274.24
Σεπτέμβριος	67.42	38.44	165.93	0.00	1683.52
Οκτώβριος	4.11	192.03	6.64	4.58	470.78
Νοέμβριος	2.14	230.65	0.11	334.39	5.89
Δεκέμβριος	2.85	182.88	0.04	1196.54	0.00
Συνολικά	459.55	1819.51	515.13	4133.75	10711.15

Διάγραμμα μέσων τιμών ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας





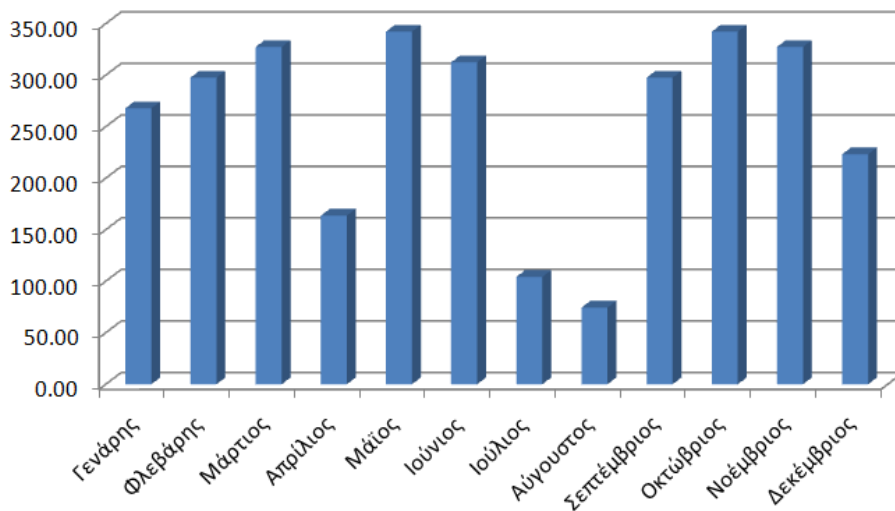
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Γίνεται εμφανές πως στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, οι τιμές είναι έξω από τα επιθυμητά επίπεδα θερμικής άνεσης γεγονός το οποίο ευθύνεται στον δυτικό προσανατολισμό των ανοιγμάτων της αίθουσας.

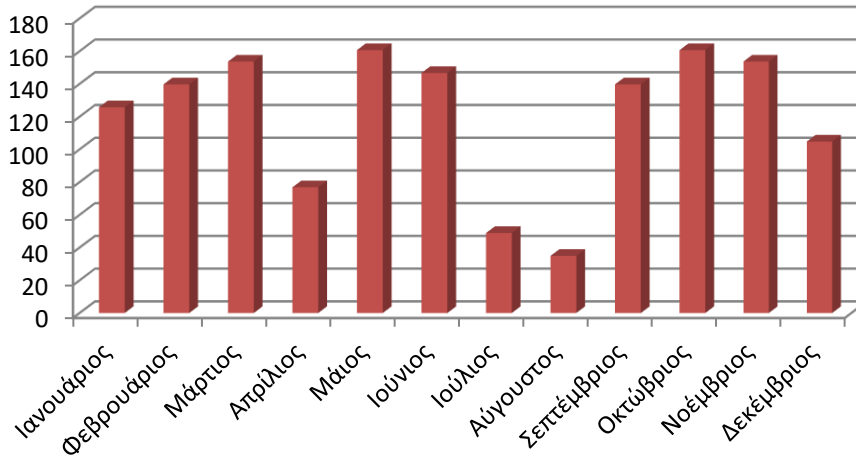
12.8) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

Εσωτερικά θερμικά κέρδη

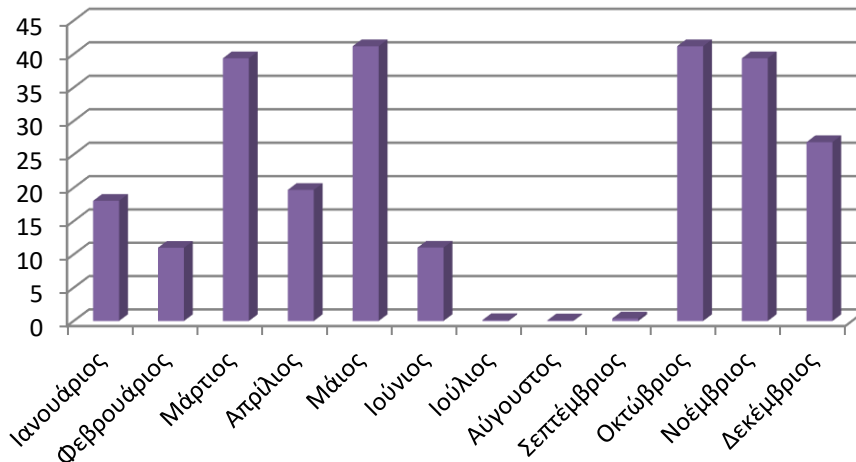
Θερμικά κέρδη λόγω χρηστών



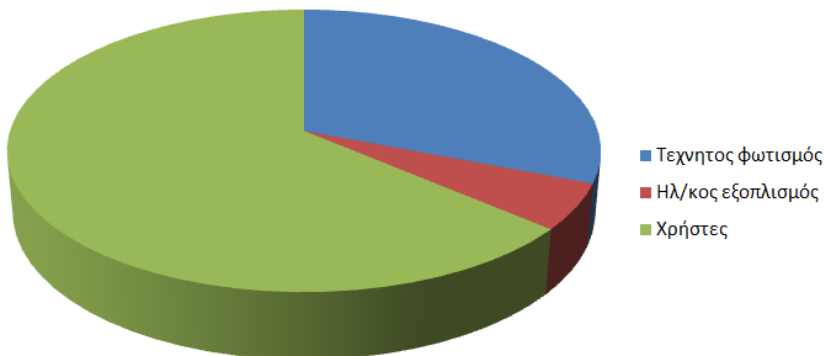
Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό (kWh)



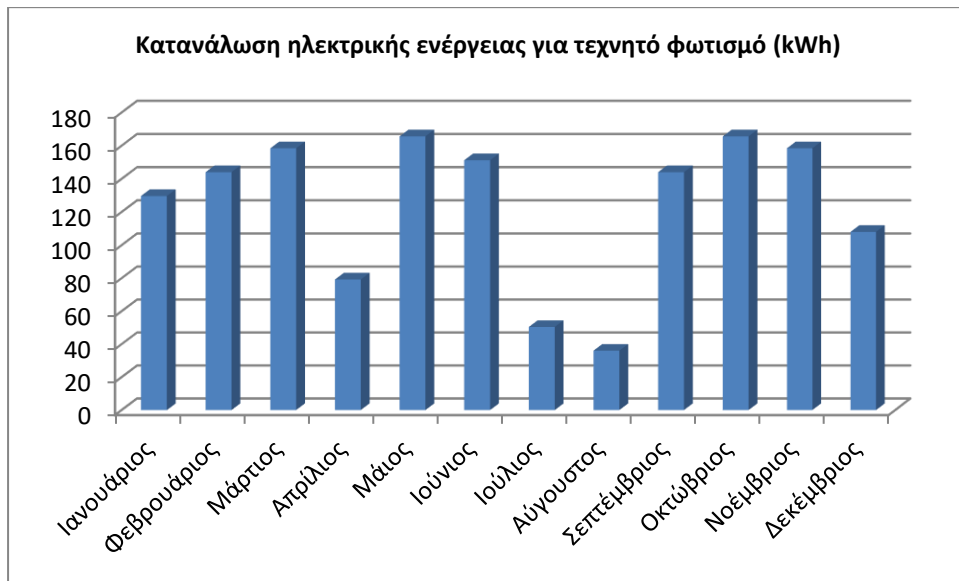
Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (kWh)



Εσωτερικά θερμικά κέρδη

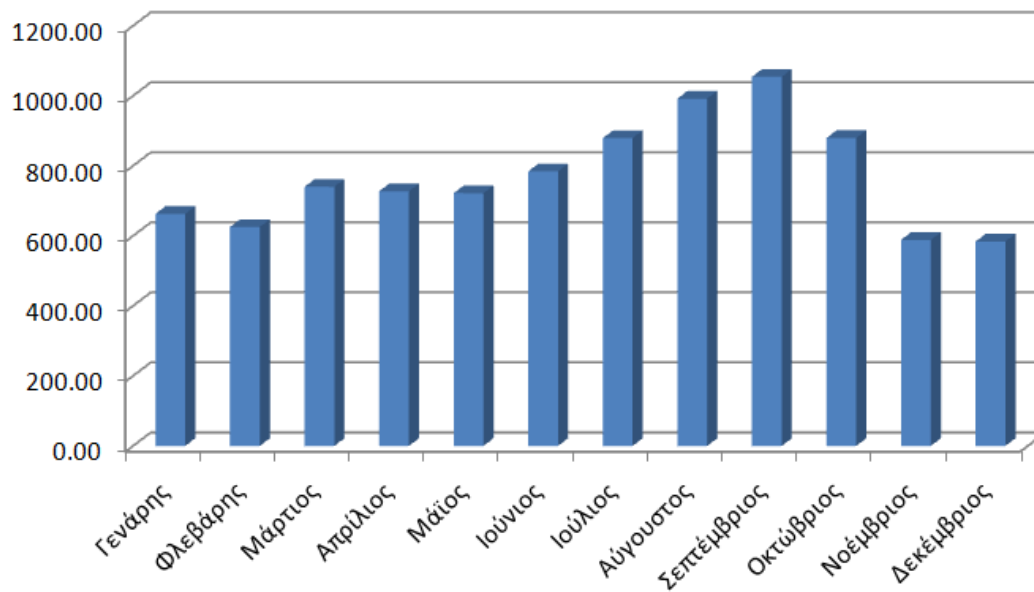


Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

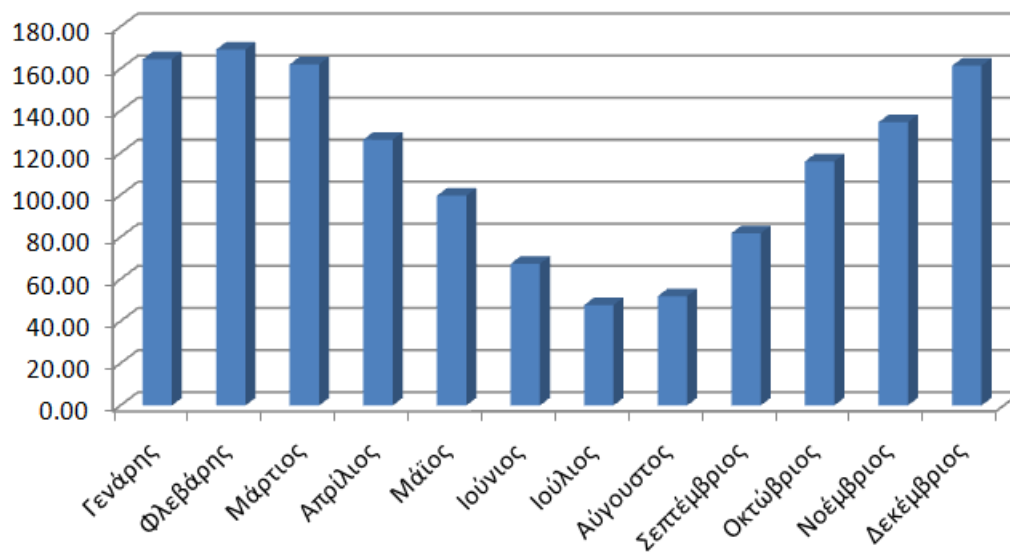


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)

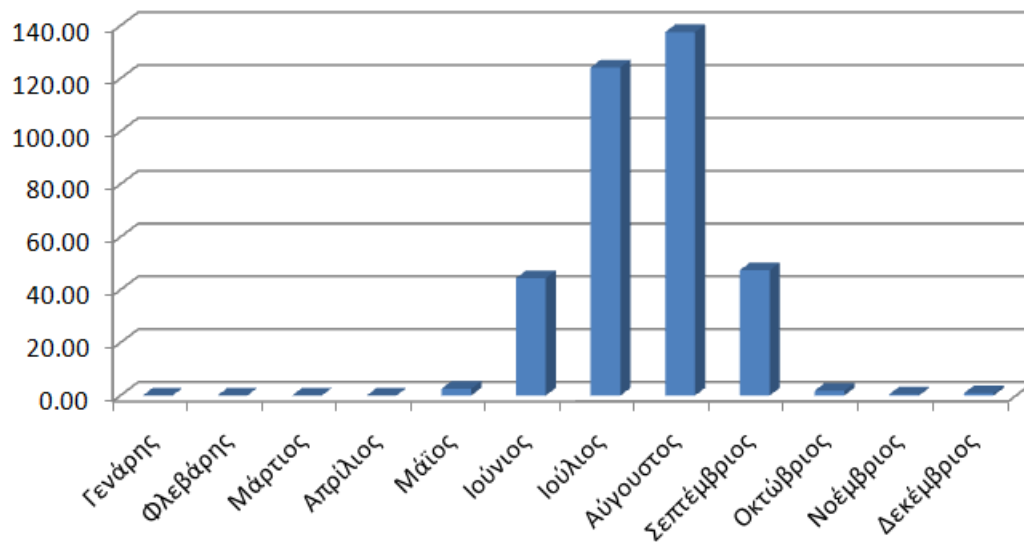


Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)

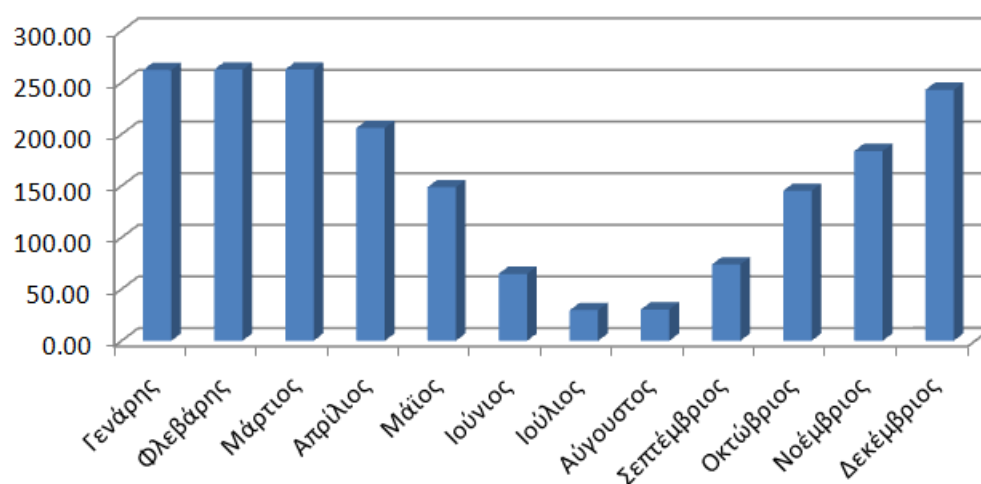


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

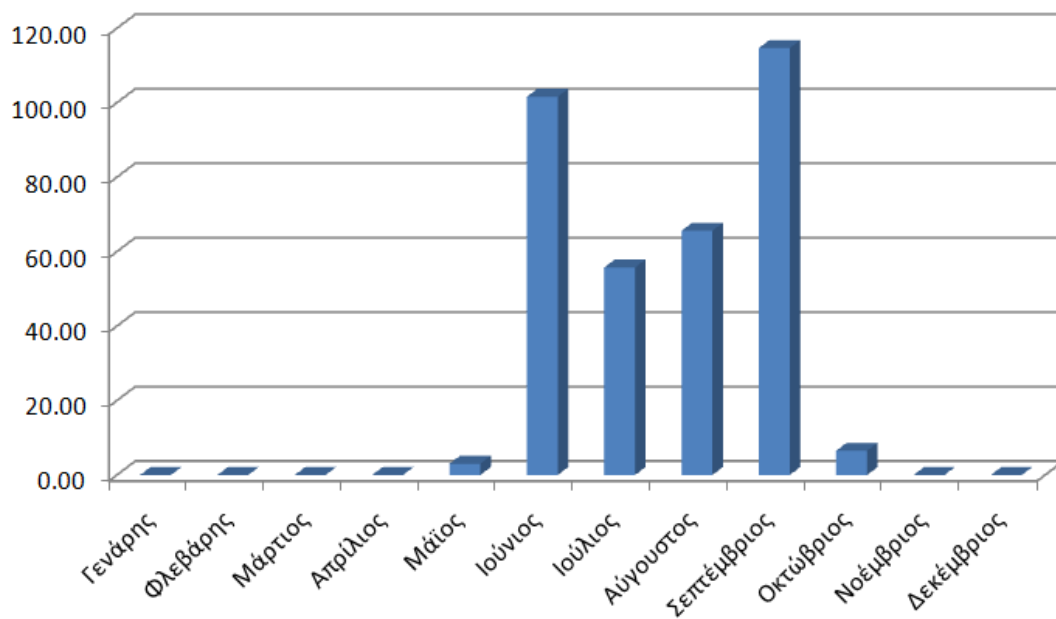


Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης αέρα από χαραμάδες(KWh)

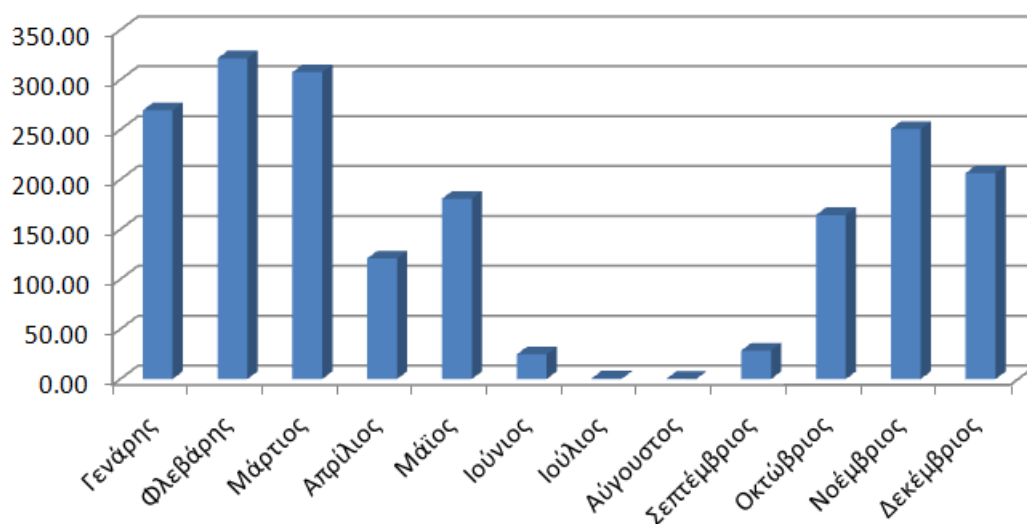


Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

Θερμικά κέρδη λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

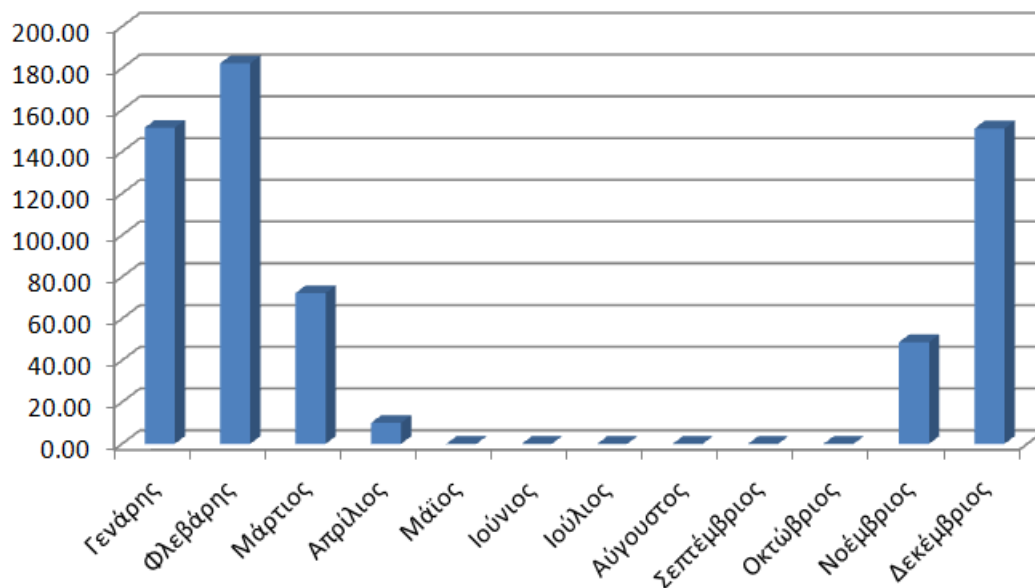


Θερμικές απώλειες λόγω φυσικού αερισμού(KWh)

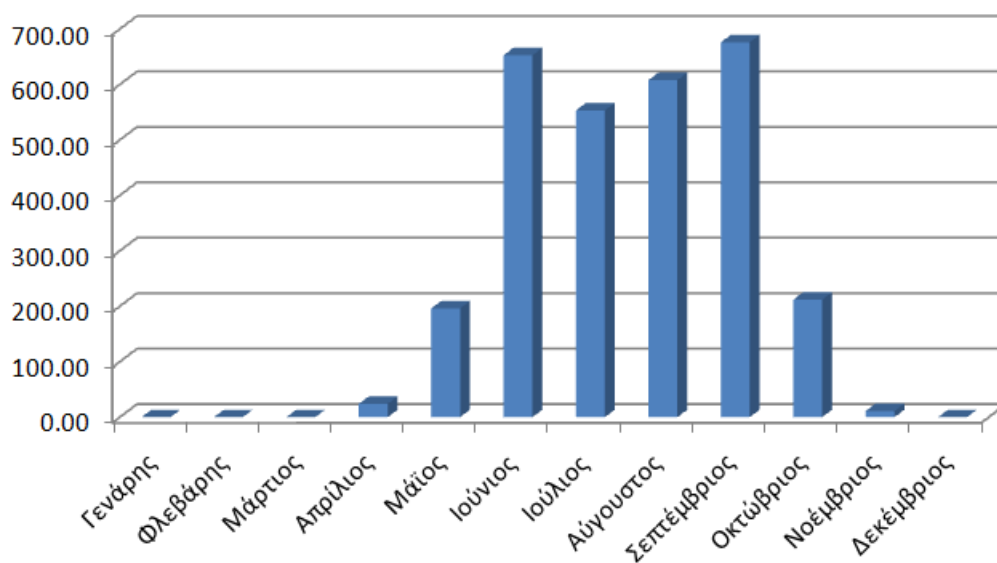


Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια Θέρμανσης και ψύξης

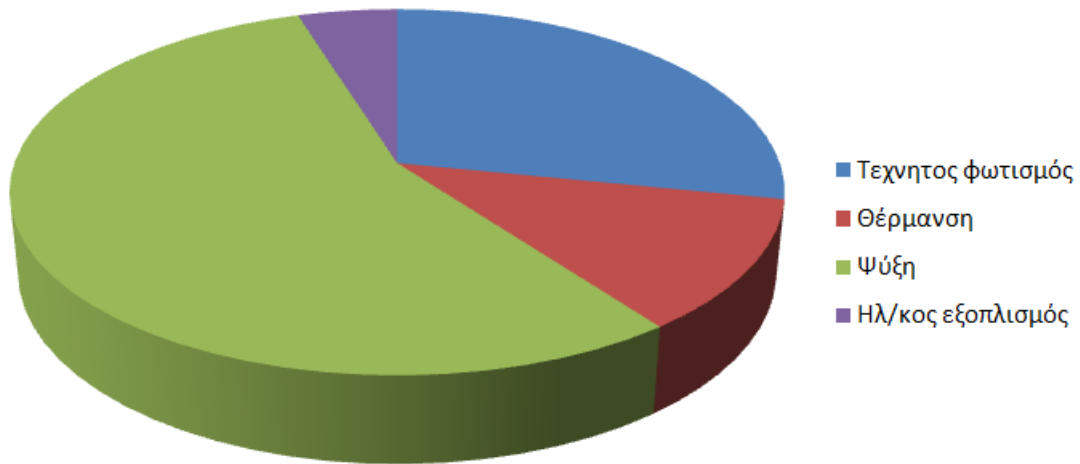
Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης(KWh)



Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



Κατανομή ετήσια ενεργειακής κατανάλωσης(KWh)

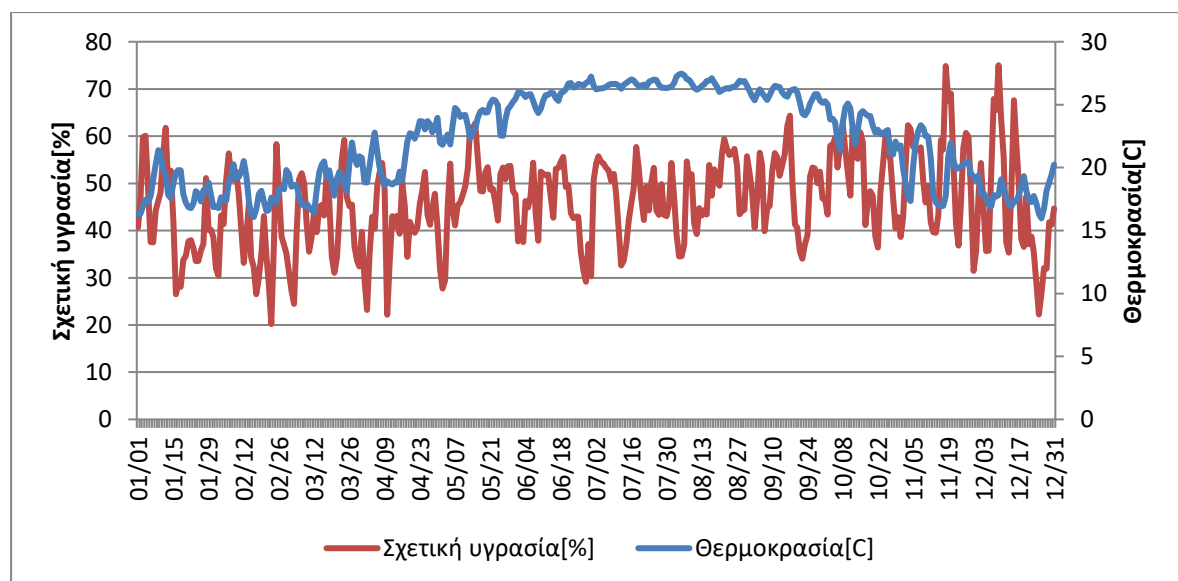


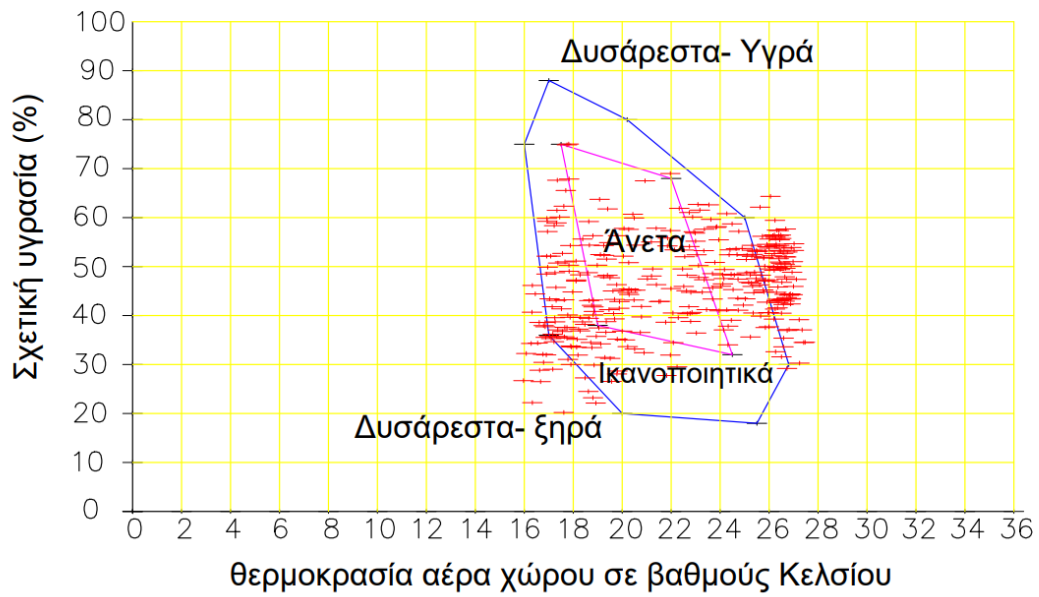
Στην συνέχεια ακολουθούν δύο συγκεντρωτικοί πίνακες με τις μηνιαίες τιμές των ενεργειών που έχουν υπολογιστεί, σε KWh.

Μήνας	Χρηστες	Τεχν.φωτισμός	Παράθυρα/κέρδη	Παράθυρα/απώλ.	Χαραμάδες/απώλ.
Γενάρης	267.83	129.61	662.74	164.49	262.12
Φλεβάρης	297.59	144.01	625.18	169.12	262.58
Μάρτιος	327.35	158.41	740.03	162.16	262.71
Απρίλιος	163.67	79.21	727.16	126.34	205.97
Μάιος	342.23	165.61	721.91	99.69	148.68
Ιούνιος	312.47	151.21	784.20	67.32	64.76
Ιούλιος	104.16	50.40	879.09	47.71	29.59
Αύγουστος	74.40	36.00	991.81	51.93	30.25
Σεπτέμβριος	297.59	144.01	1054.26	81.86	73.94
Οκτώβριος	342.23	165.61	879.52	116.04	145.21
Νοέμβριος	327.35	158.41	588.36	134.61	183.76
Δεκέμβριος	223.19	108.01	583.78	161.49	243.09
Συνολικά	3080.03	1490.52	9238.06	1382.76	1912.67

Μήνας	Χαραμάδες/κέρδη	Αεριμός/απώλειες	Αερισμός/κέρδη	Θερμανση	Ψύξη
Γενάρης	0.00	269.34	0.00	151.48	0.00
Φλεβάρης	0.00	321.43	0.00	182.34	0.00
Μάρτιος	0.00	307.51	0.00	72.26	0.00
Απρίλιος	0.00	120.84	0.00	10.02	23.97
Μάϊος	2.53	180.79	3.02	0.00	196.11
Ιούνιος	44.41	24.70	101.60	0.00	652.73
Ιούλιος	124.17	0.64	55.74	0.00	553.33
Αύγουστος	137.58	0.17	65.59	0.00	607.86
Σεπτέμβριος	47.43	28.52	114.67	0.00	676.06
Οκτώβριος	1.78	164.45	6.52	0.00	211.86
Νοέμβριος	0.43	250.62	0.00	48.73	11.12
Δεκέμβριος	0.85	206.47	0.00	151.12	0.00
Συνολικά	359.18	1875.50	347.15	615.94	2933.03

Διάγραμμα μέσων τιμών ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας





Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας

Με εξαίρεση την θερινή περίοδο και ένα μικρό μέρος της χειμερινής, οι τιμές θερμικής άνεσης στο αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας βρίσκονται μέσα σε επιθυμητά επίπεδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

13.1) ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό επιδιώκεται να συγκριθούν οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας οι οποίες κατεγράφησαν από τα θερμοϋγρόμετρα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, με τις αντίστοιχες τιμές που προέκυψαν μετά την προσομοίωση με το **energy plus**.

13.2) ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Υπενθυμίζεται, ότι οι μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας έγιναν την περίοδο του Ιουνίου του 2016 και συγκεκριμένα από τις 02/06/2016 έως τις 09/06/2016. Κατά την προσομοίωση όλων των αιθουσών με το πρόγραμμα **energy plus**, με σκοπό την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασής τους και την εφαρμογή ενεργειακών βελτιώσεων, χρησιμοποιήθηκε αρχείο καιρού του έτους 1999. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο αρχείο καιρού κι όχι το αρχείο καιρού του έτους 2016 ήταν ότι στην επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος στο διαδίκτυο παρέχεται μόνο το αρχείο καιρού του έτους 1999 για την πόλη της Αθήνας. Για τις ανάγκες όμως του σκοπού του συγκεκριμένου κεφαλαίου, ήταν απαραίτητη η προσθήκη στο ήδη υπάρχων αρχείο καιρού(του έτους 1999) των κλιματολογικών δεδομένων της περιόδου από 02/06/2016 έως 09/06/2016. Επομένως, το ήδη υπάρχων αρχείο καιρού τροποποιήθηκε κατάλληλα έτσι ώστε οι εξωτερικές συνθήκες της περιόδου των μετρήσεων να ενσωματωθούν στα στοιχεία του και να αντικαταστήσουν τις συνθήκες που επικρατούσαν το έτος 1999.

Κατόπιν έρευνας στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα στο αρχείο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) αλλά και της Ν.Α.Σ.Α. έγινε συλλογή κλιματολογικών πληροφοριών της περιόδου ενδιαφέροντος. Οι κλιματολογικές αυτές πληροφορίες αφορούσαν την ωριαία διακύμανση παραμέτρων όπως :

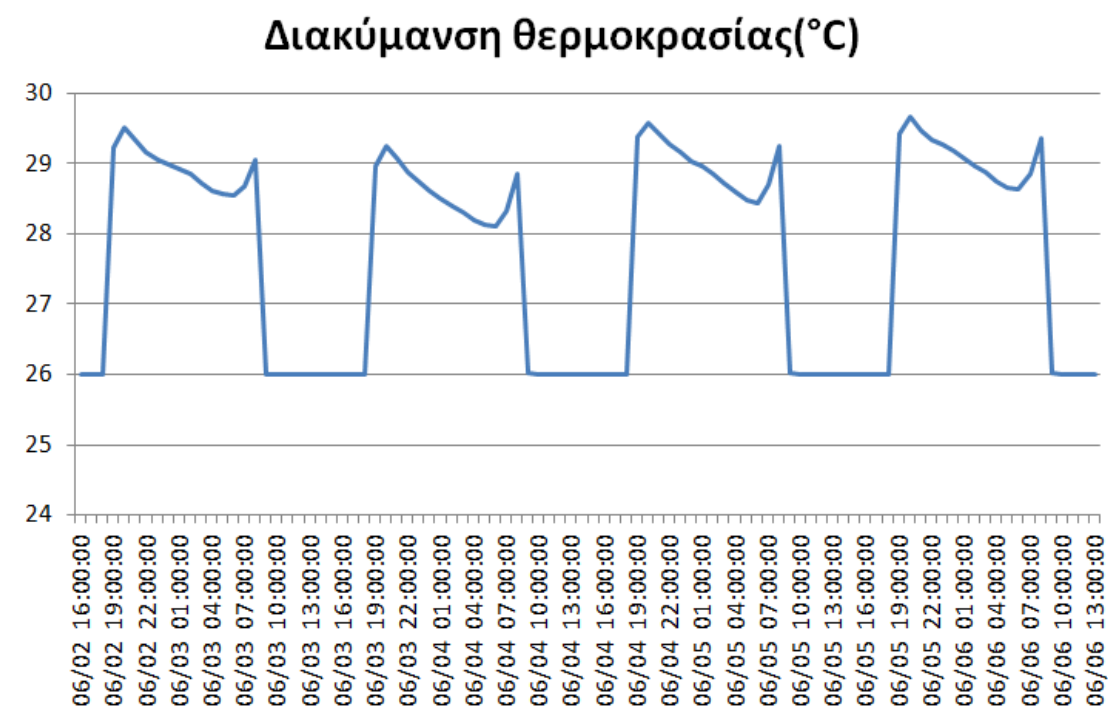
- ✓ Η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος(σε βαθμούς Κελσίου)
- ✓ Η σχετική υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος(%)
- ✓ Το σημείο δρόσου(σε βαθμούς Κελσίου)
- ✓ Η κάλυψη του ουρανού με σύννεφα(από 1-10, όπου το 10 αντιστοιχεί σε πλήρη κάλυψη του ουρανού με σύννεφα)
- ✓ Η ταχύτητα του ανέμου(σε μέτρα/δευτερόλεπτο)
- ✓ Η διεύθυνση του ανέμου(σε μοίρες)
- ✓ Η ατμοσφαιρική πίεση(σε Κρα)

Επισημαίνεται, ότι επιπλέον απαραίτητες πληροφορίες για τη μόρφωση του αρχείου καιρού, όπως για παράδειγμα η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης καθώς και διάφορες άλλες, παρέμειναν ίδιες, όπως δηλαδή ήταν στο αρχείο καιρού του έτους 1999, αφού αυτές εξαρτώνται από την εποχή του έτους και το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής ενδιαφέροντος. Αφού λοιπόν τροποποιήθηκε το αρχείο καιρού του έτους 1999, στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν νέες αναλύσεις για κάθε μία αίθουσα, με τη βοήθεια του προγράμματος **energy plus**.

Με τη διαδικασία λοιπόν που περιγράφηκε παραπάνω, προέκυψαν αποτελέσματα της προσομοίωσης που αφορούν τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό των αιθουσών κατά την περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις με τα θερμοϋγρόμετρα. Στη συνέχεια λοιπόν, θα παρουσιαστούν τα διαγράμματα διακύμανσης της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για κάθε αίθουσα, καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα σύμφωνα με τις τιμές που κατέγραψαν τα θερμοϋγρόμετρα.

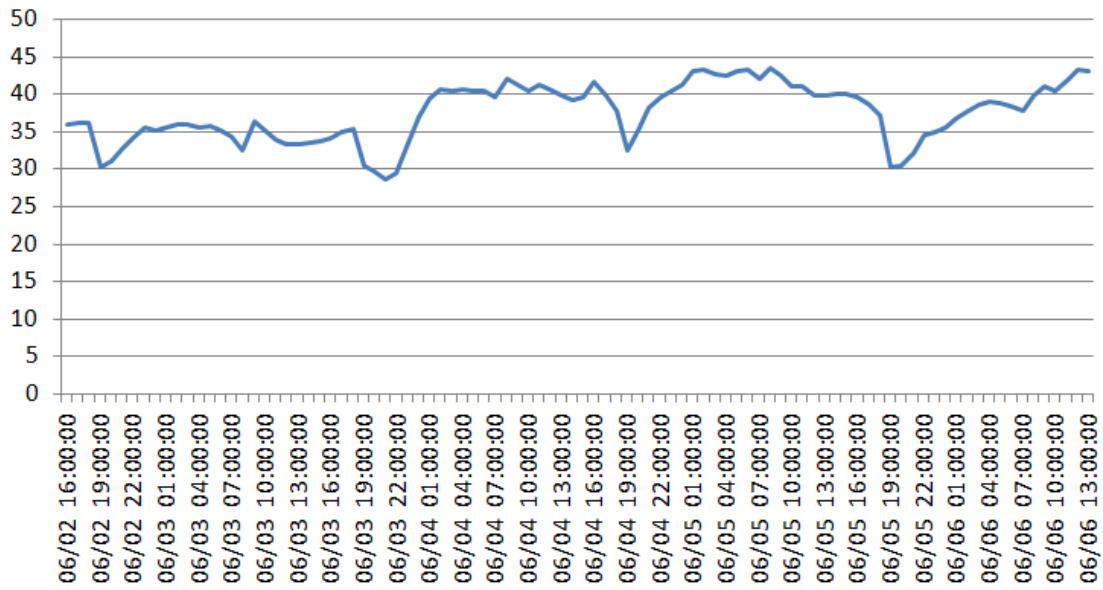
13.3) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΑΥΤΑ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Διαγράμματα Αίθουσας 5 Πολιτικών Μηχανικών

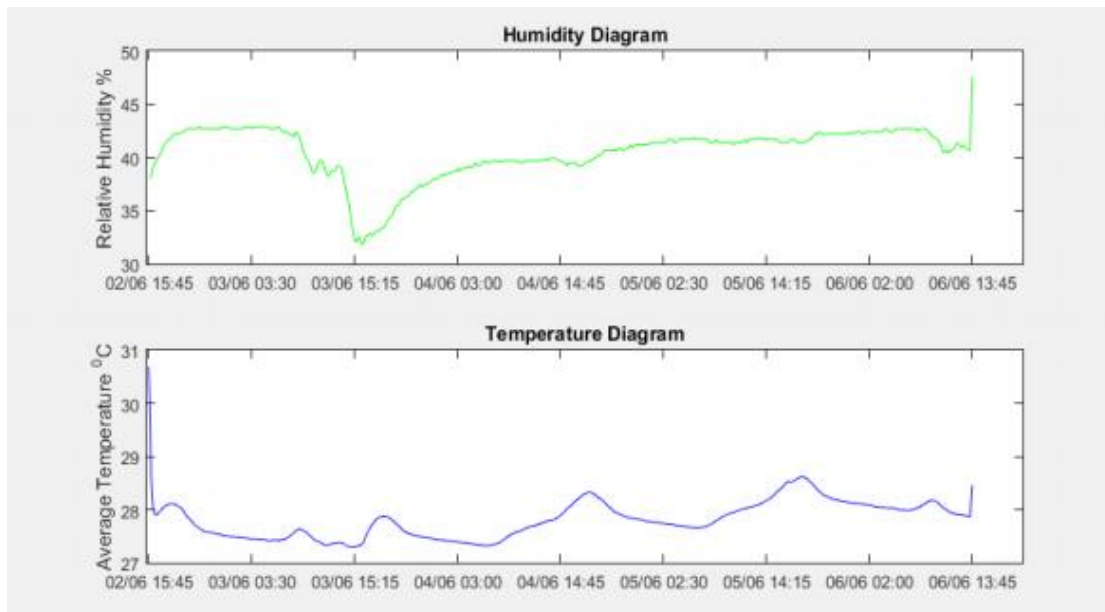


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση



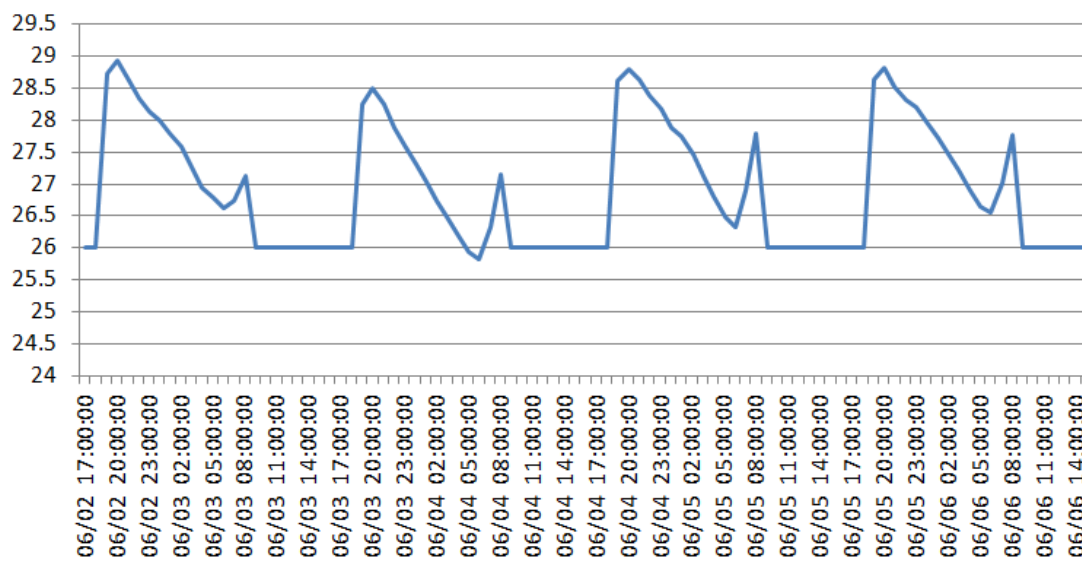
Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Αίθουσας 5 Πολιτικών Μηχανικών

- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 27,5 έως 28,5 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 26 έως 29,5 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 32% έως 43%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 29% έως 44%.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις αλλά και στην προσομοίωση η θερμοκρασία παρουσιάζει αύξηση από το μεσημέρι έως το απόγευμα, παρόλο που στην προσομοίωση η αύξηση αυτή καθυστερείται λόγω της λειτουργίας του κλιματισμού(οριζόντια γραμμή στο διάγραμμα της θερμοκρασίας).
- Και στις πραγματικές μετρήσεις αλλά και στην προσομοίωση, παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας από τις 20:00 το απόγευμα έως τις 08:00 το πρωί.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις αλλά και στην προσομοίωση, η αύξηση της θερμοκρασίας ξεκινάει από τις 08:00 το πρωί περίπου.

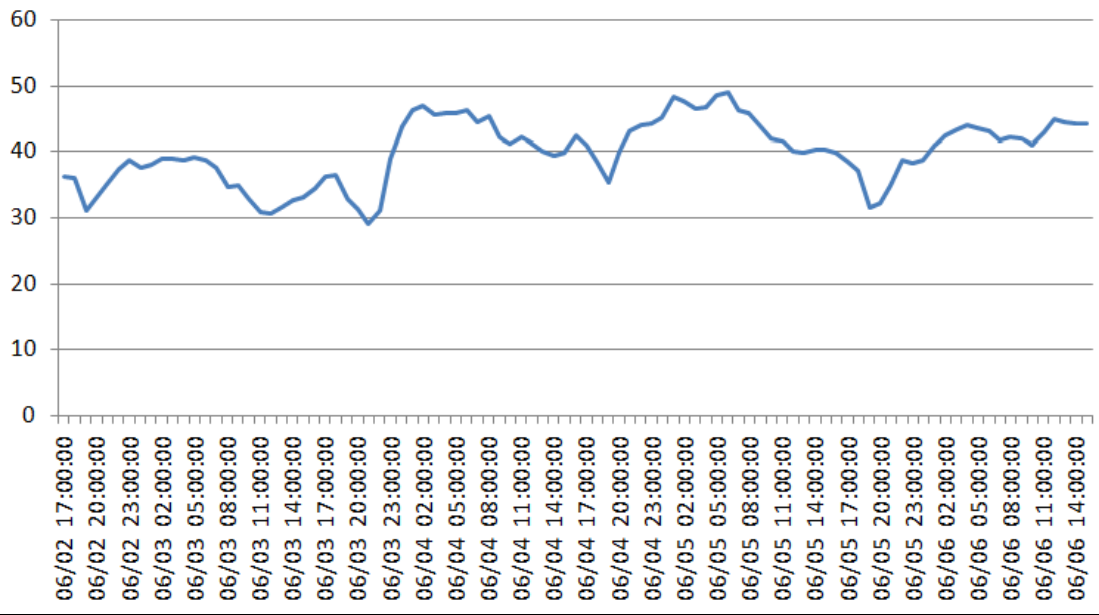
Διαγράμματα Αίθουσας 020 Κτιρίου Λαμπαδαρίου

Διακύμανση θερμοκρασίας(°C)

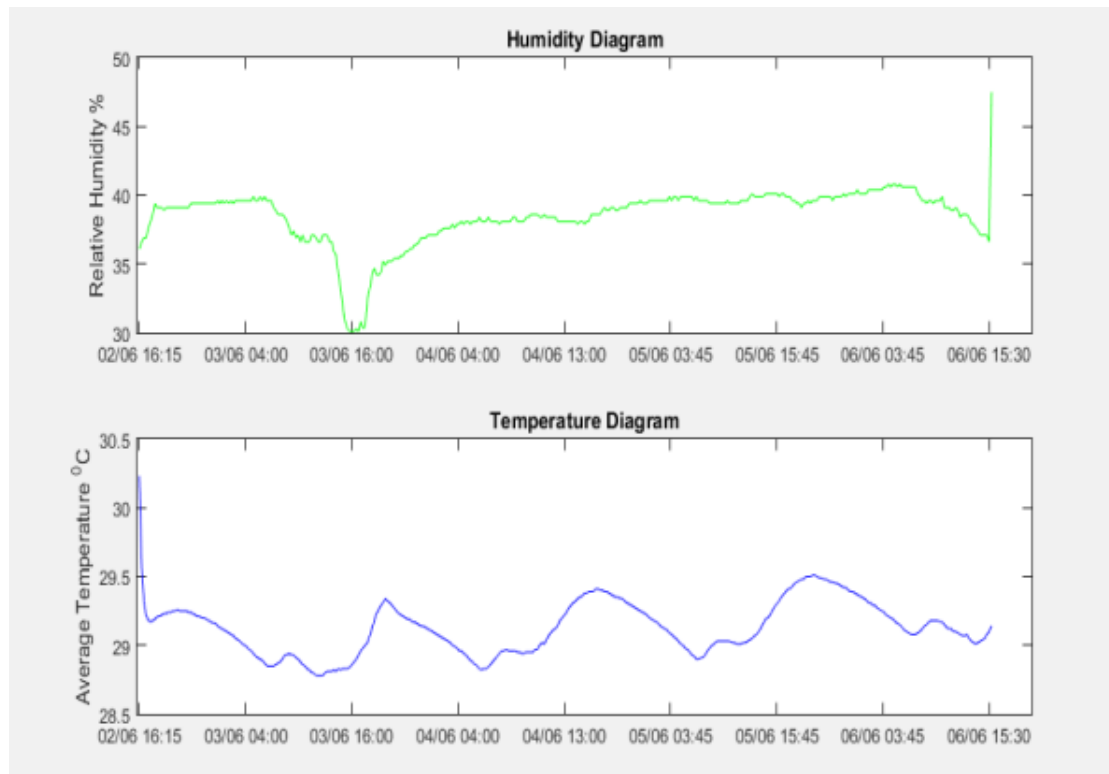


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση



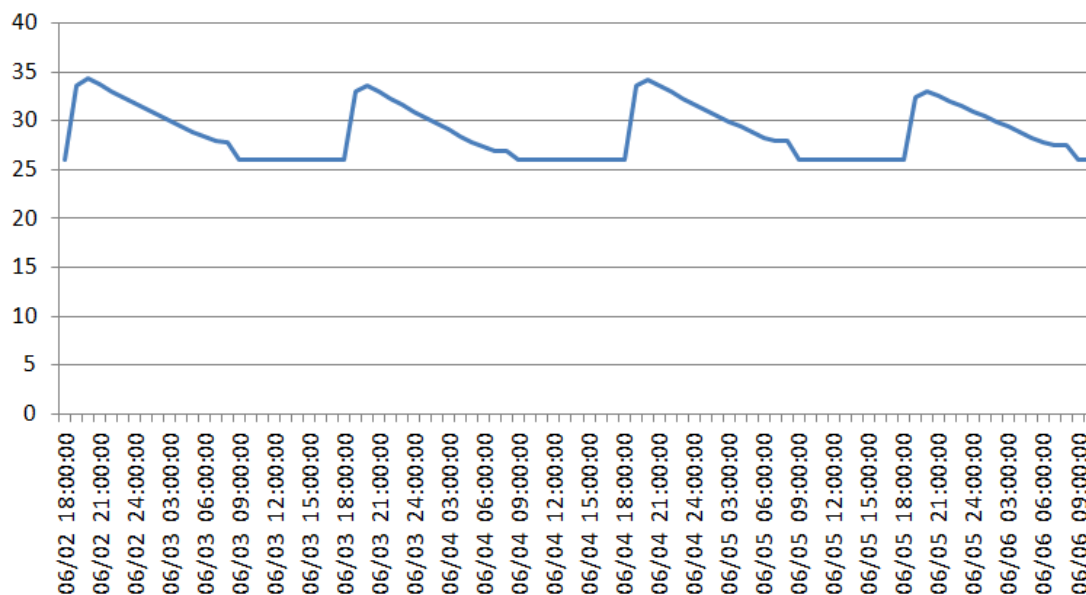
Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Αίθουσας 020 Κτιρίου Λαμπαδαρίου

- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 28,7 έως 29,4 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 26 έως 29 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 30% έως 38%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 30% έως 49%.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις αλλά και στην προσομοίωση η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας συμβαίνει ως εξής:
Η θερμοκρασία παρουσιάζει αύξηση το μεσημέρι προς το απόγευμα, στην συνέχεια σταδιακή μείωση έως το πρωί και διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών λόγω κλιματιστικών έως το μεσημέρι που πάλι έχουμε αύξηση. Και στις πραγματικές μετρήσεις αλλά και στην προσομοίωση παρατηρούνται πολύ χαμηλές τιμές της σχετικής υγρασίας στις 03/06.

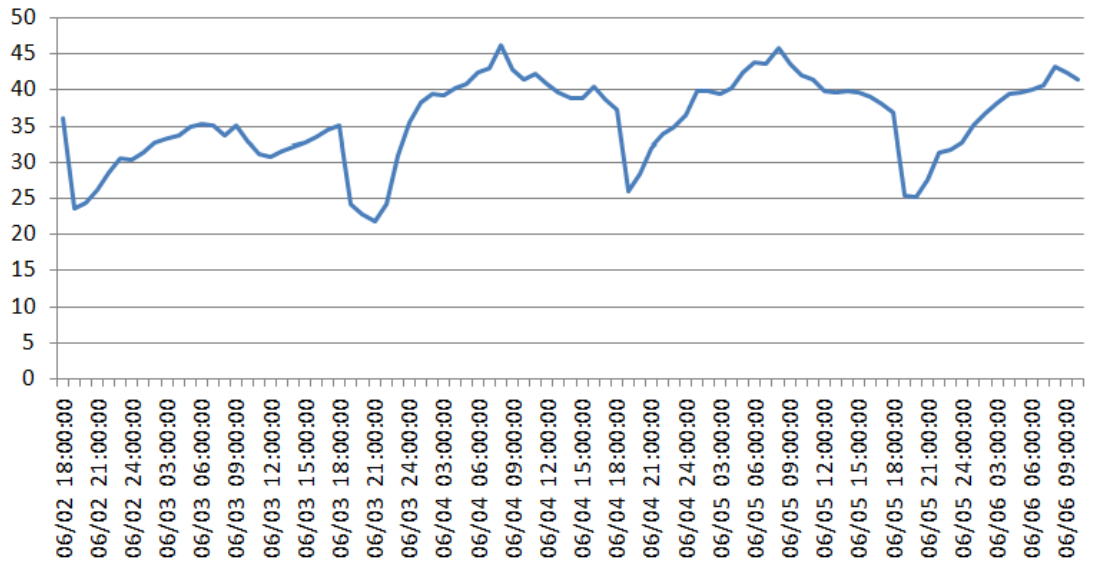
Διαγράμματα Αίθουσας 26 Χημικών Μηχανικών

Διακύμανση θερμοκρασίας(°C)

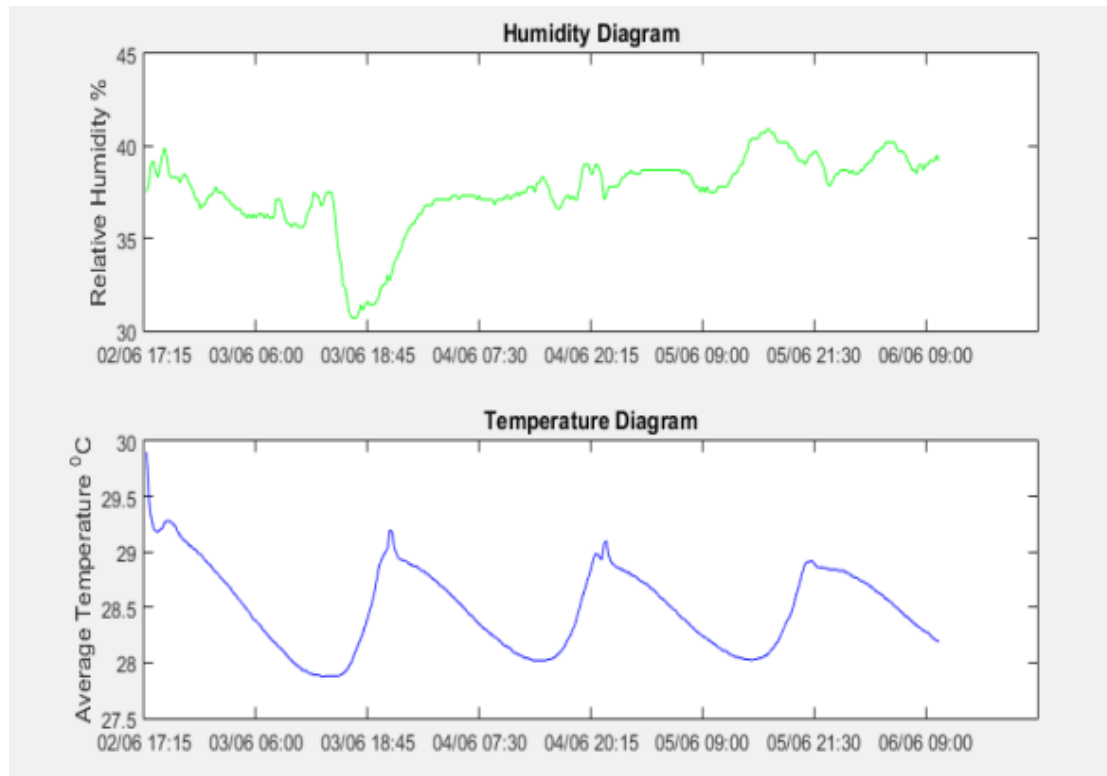


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

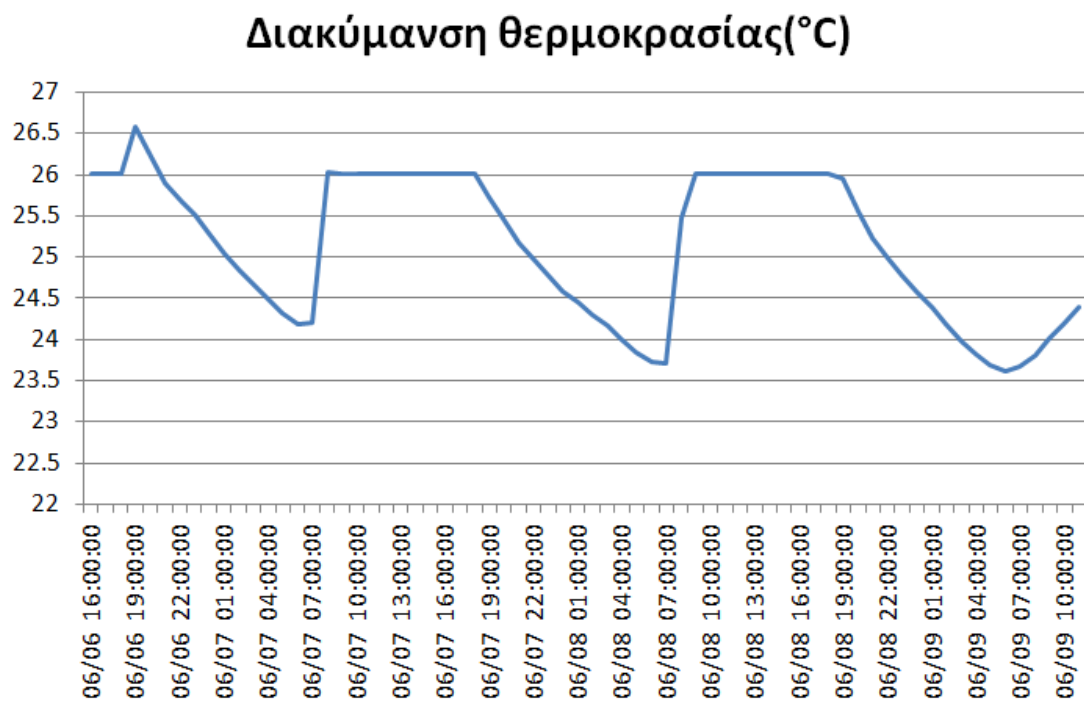


Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Αίθουσας 26 Χημικών Μηχανικών

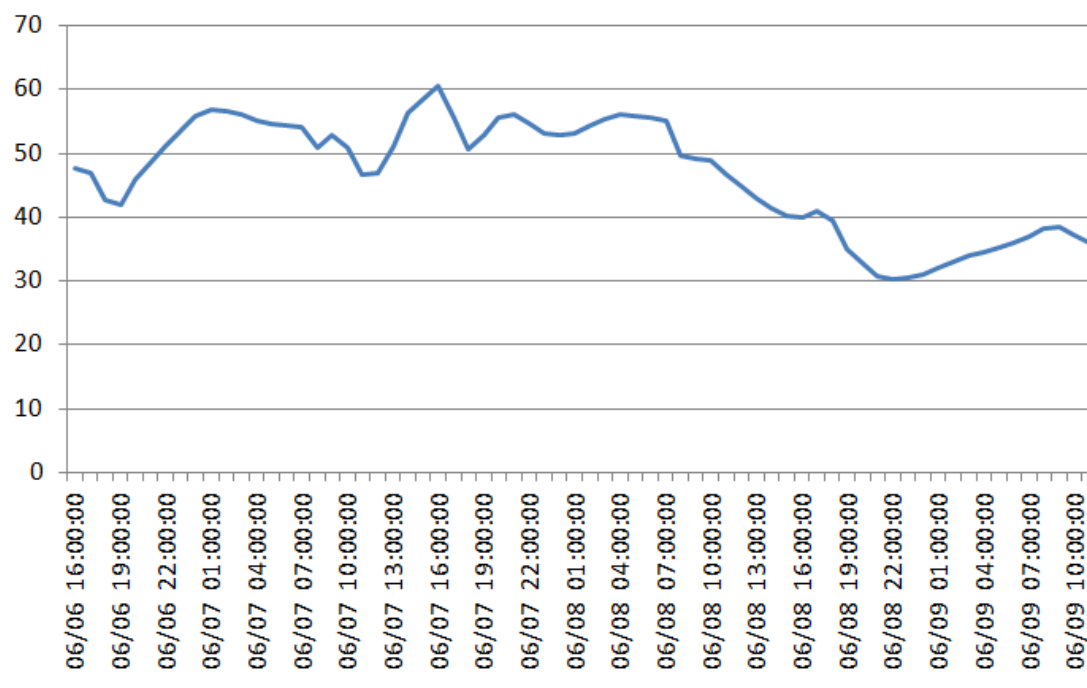
- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 28 έως 29,2 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 26 έως 34 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 31% έως 41%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 23% έως 46%.
- Στις πραγματικές μετρήσεις, η θερμοκρασία παρουσιάζει μείωση από τις 21:00 το βράδυ έως τις 11:00 το πρωί της επόμενης ημέρας. Στη συνέχεια, παρατηρείται μία σταθεροποίηση έως τις 15:00 το μεσημέρι. Τέλος, από τις 15:00 το μεσημέρι έως τις 21:00 το βράδυ η θερμοκρασία παρουσιάζει ξανά αύξηση. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η αίθουσα παρουσιάζει περίπου την ίδια συμπεριφορά, με τη διαφορά ότι η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας διαρκεί έως τις 18:00 λόγω της λειτουργίας του κλιματισμού.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις αλλά και στην προσομοίωση, παρατηρούνται πολύ χαμηλές τιμές υγρασίας κατά τις απογευματινές ώρες, στις 03/06/2016.

Διαγράμματα Αμφιθεάτρου 1 Κτιρίου ΒΕΗ

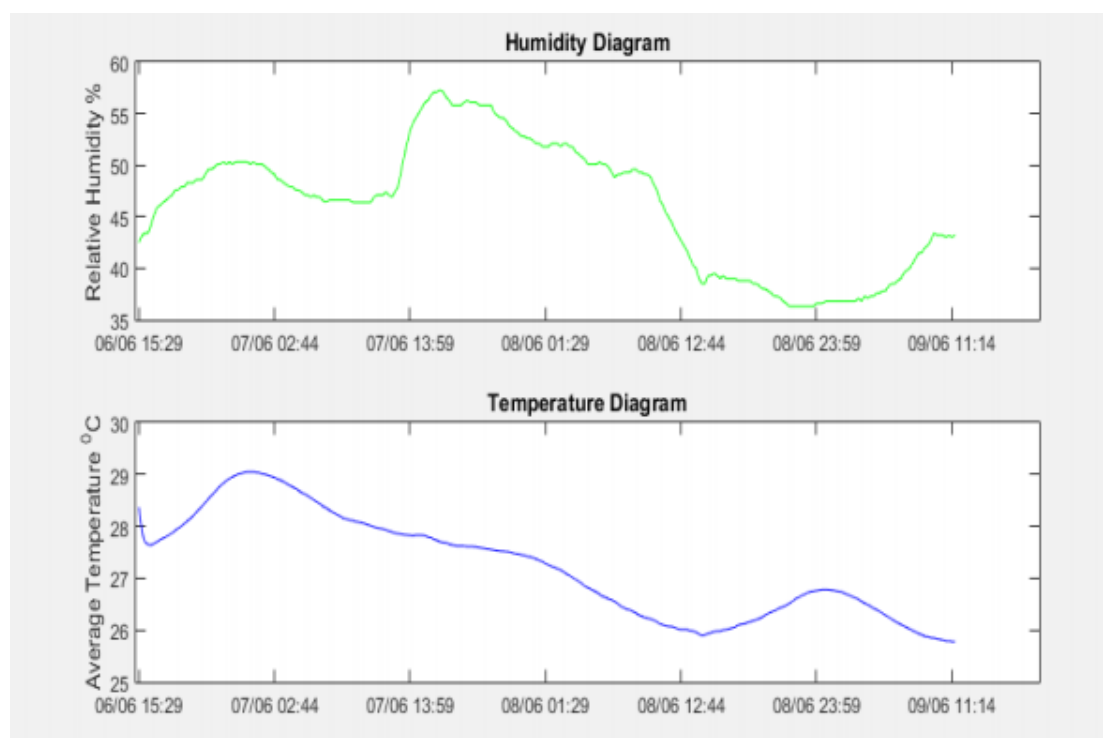


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση



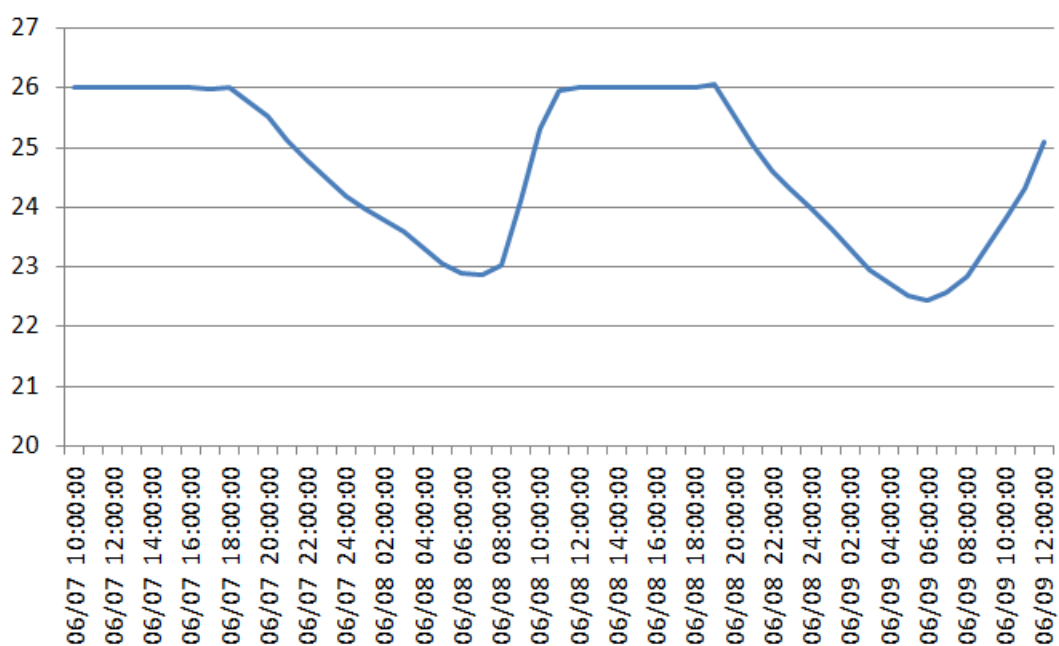
Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Αμφιθεάτρου 1 Κτιρίου ΒΕΗ

- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 26 έως 29 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 23,7 έως 26,5 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 36% έως 57%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 30% έως 60%.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις και στην προσομοίωση, στις 07/06/2016 το μεσημέρι παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές σχετικής υγρασίας λόγω βροχής.

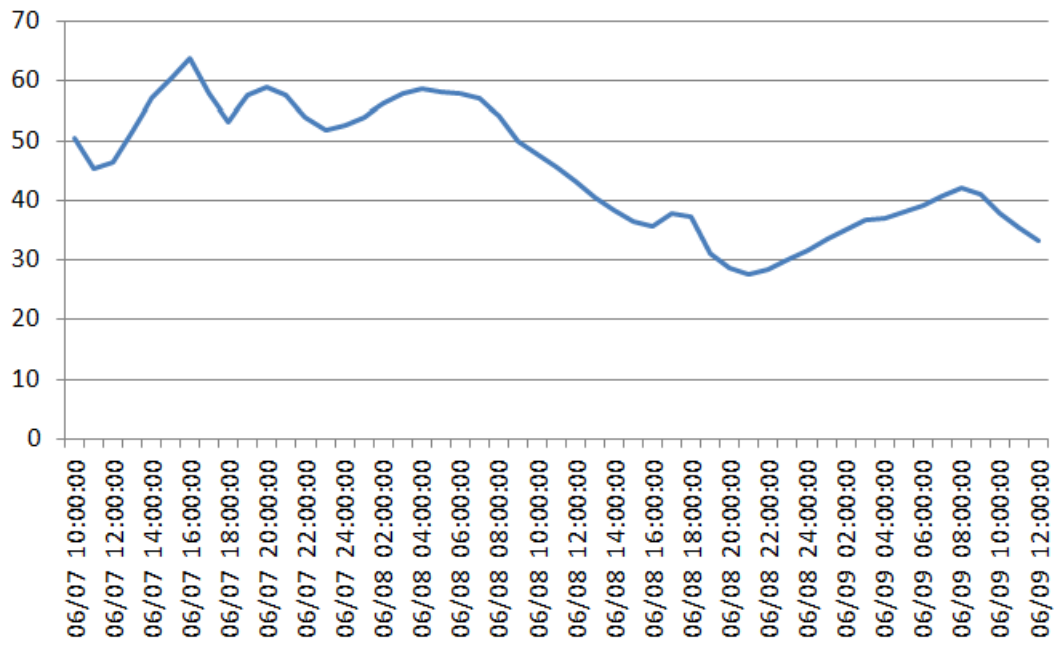
Διαγράμματα Αμφιθεάτρου Ηχοτεχνίας

Διακύμανση θερμοκρασίας(°C)

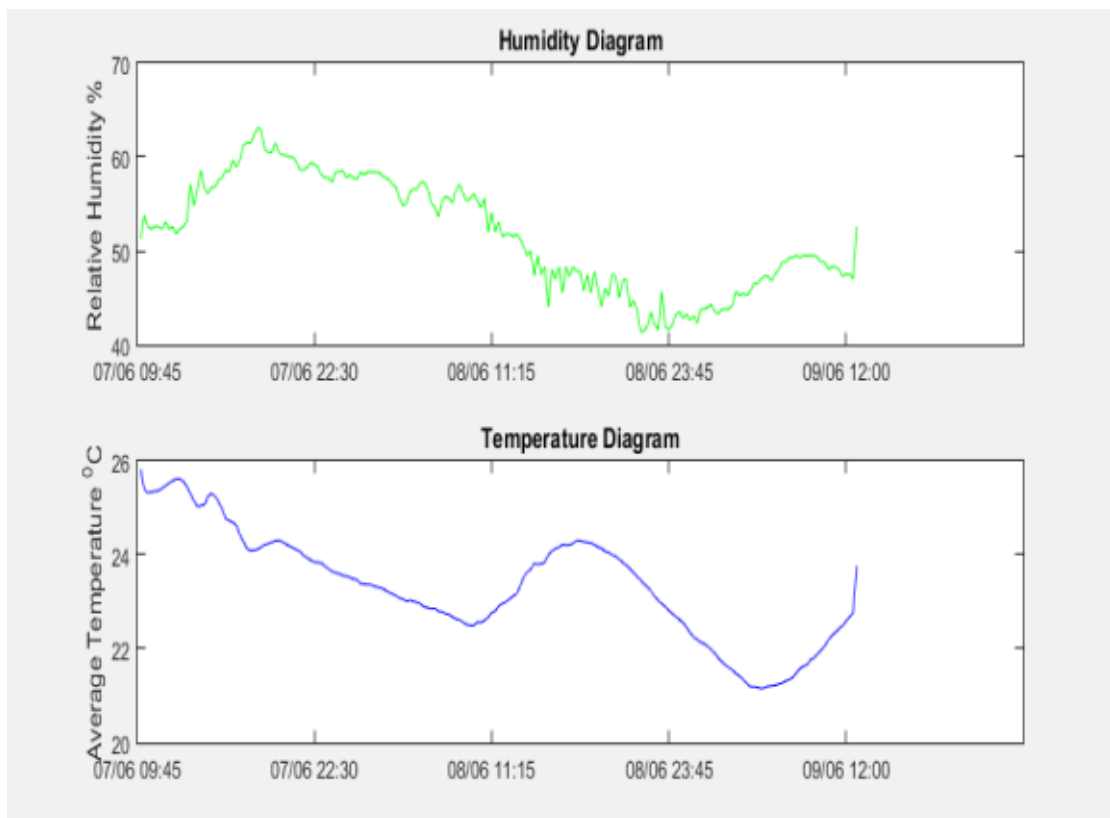


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση



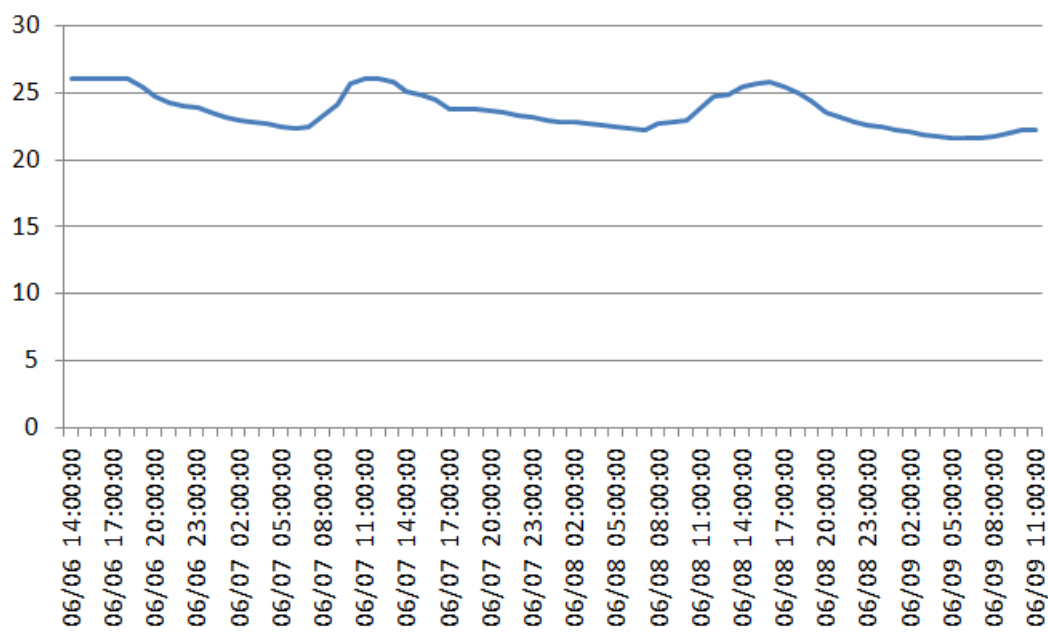
Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Αμφιθεάτρου Ηχοτεχνίας

- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 21 έως 26 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 22,5 έως 26 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 42% έως 64%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 28% έως 63%.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις και στην προσομοίωση, στις 07/06/2016 το μεσημέρι παρατηρούνται οι μέγιστες τιμές σχετικής υγρασίας λόγω βροχής.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις και στην προσομοίωση, οι ελάχιστες τιμές σχετικής υγρασίας παρουσιάζονται στις 08/06/2016 κατά τις 21:00 το βράδυ.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις και στην προσομοίωση, παρατηρείται σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας έως τις 08/06/2016 και ώρα 08:00 το πρωί περίπου. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία αυξάνεται έως τις 18:00 το απόγευμα της ίδιας ημέρας, όπου ξεκινά η μείωση κατά τη διάρκεια των απογευματινών και νυχτερινών ωρών.

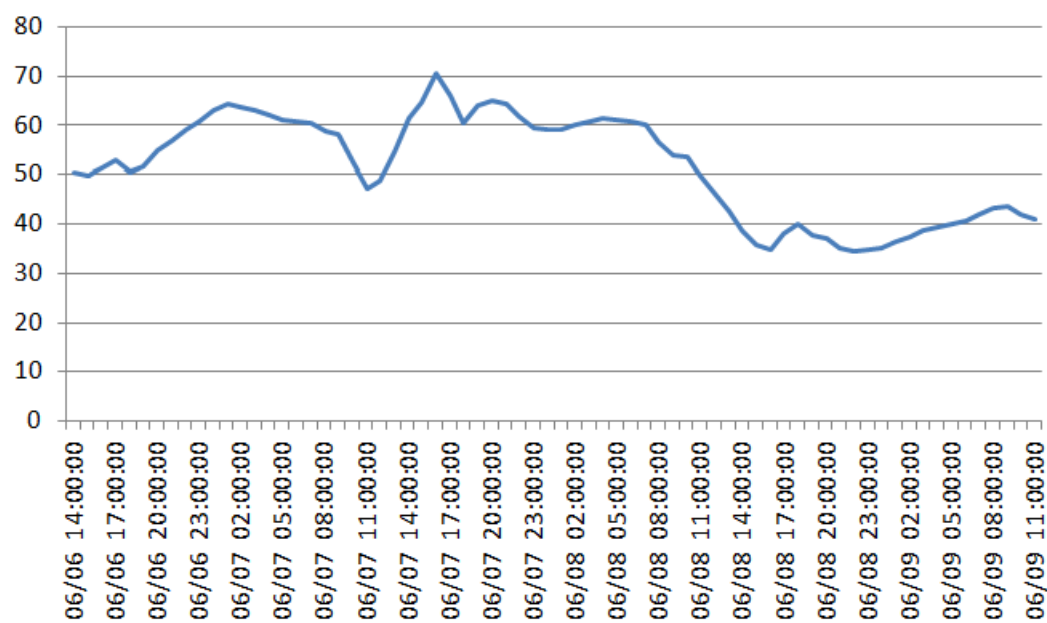
Διαγράμματα Διδύμων Αμφιθεάτρων στα Νέα Κτίρια Πολιτικών Μηχανικών

Διακύμανση Θερμοκρασίας(°C)

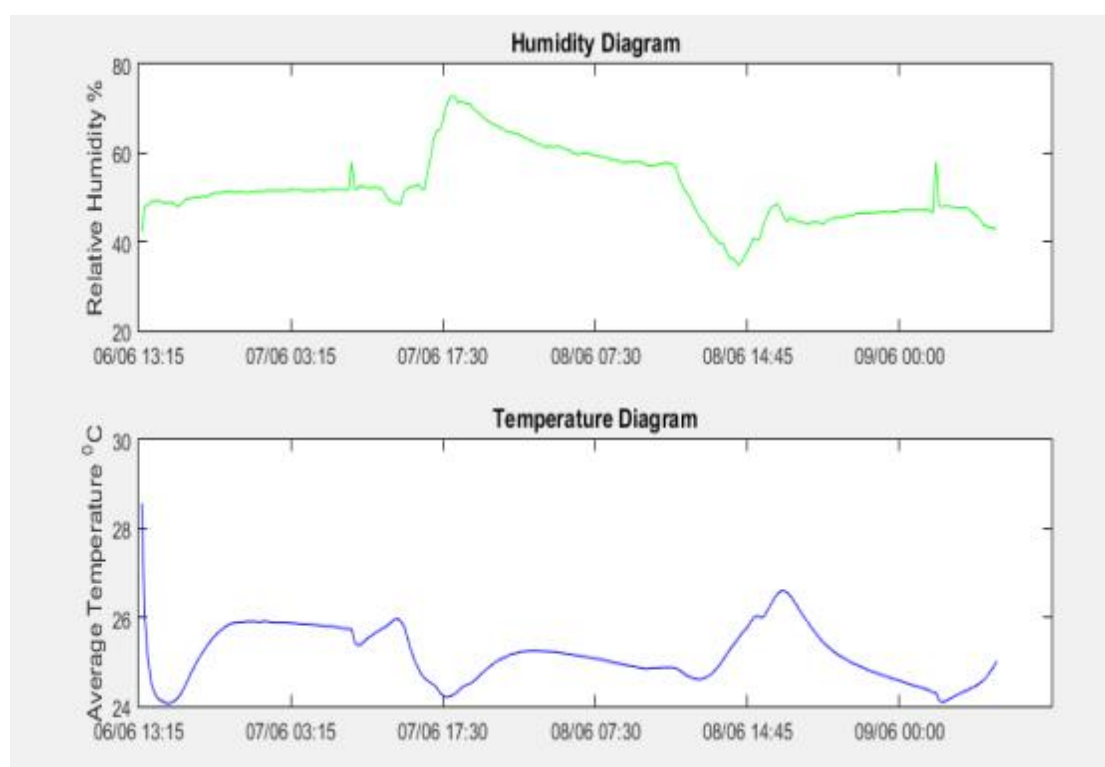


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση



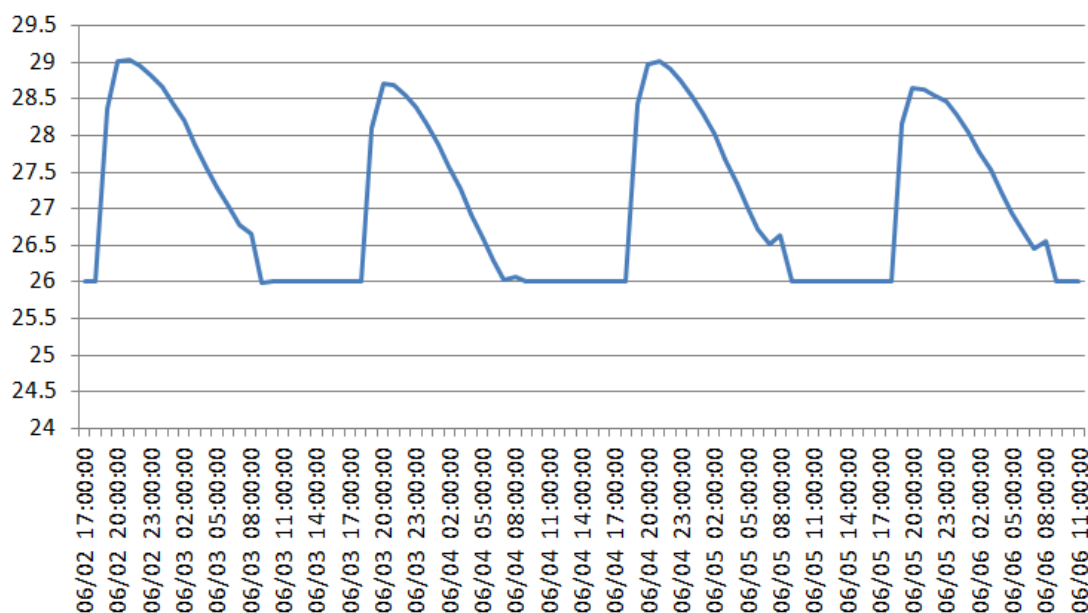
Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Διδύμων Αμφιθεάτρων στα Νέα Κτίρια των Πολιτικών Μηχανικών

- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 24 έως 27 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 22 έως 26 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 37% έως 73%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 35% έως 70%.
- Και στις πραγματικές μετρήσεις και στην προσομοίωση, οι μέγιστες τιμές σχετικής υγρασίας εμφανίζονται στις 07/06/2016 και συγκεκριμένα τις απογευματινές ώρες, λόγω βροχής.
- Στις 08/06/2016, σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις, η θερμοκρασία ξεκινάει να αυξάνεται κατά τις 11:30 το πρωί. Περίπου την ίδια ώρα ξεκινάει και η αύξηση της θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση(10:30).
- Στις 07/06/2016, η πτώση της θερμοκρασίας ξεκινάει στις 11:00 το πρωί, τόσο στις πραγματικές μετρήσεις όσο και σύμφωνα με την προσομοίωση.

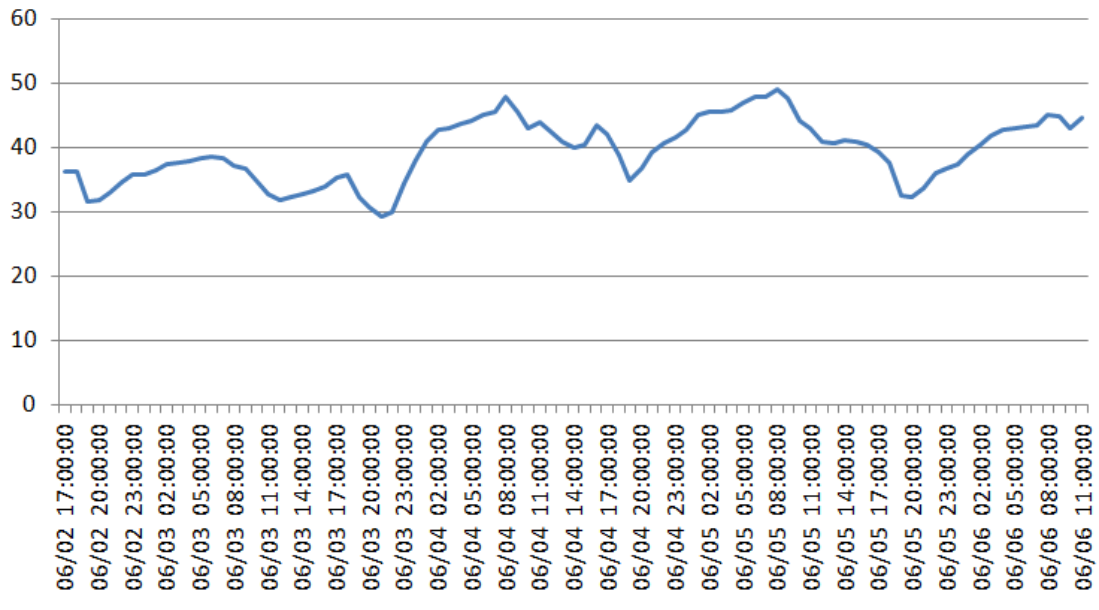
Διαγράμματα Αμφιθεάτρου 015 Κτιρίου Λαμπαδαρίου

Διακύμανση θερμοκρασίας(°C)

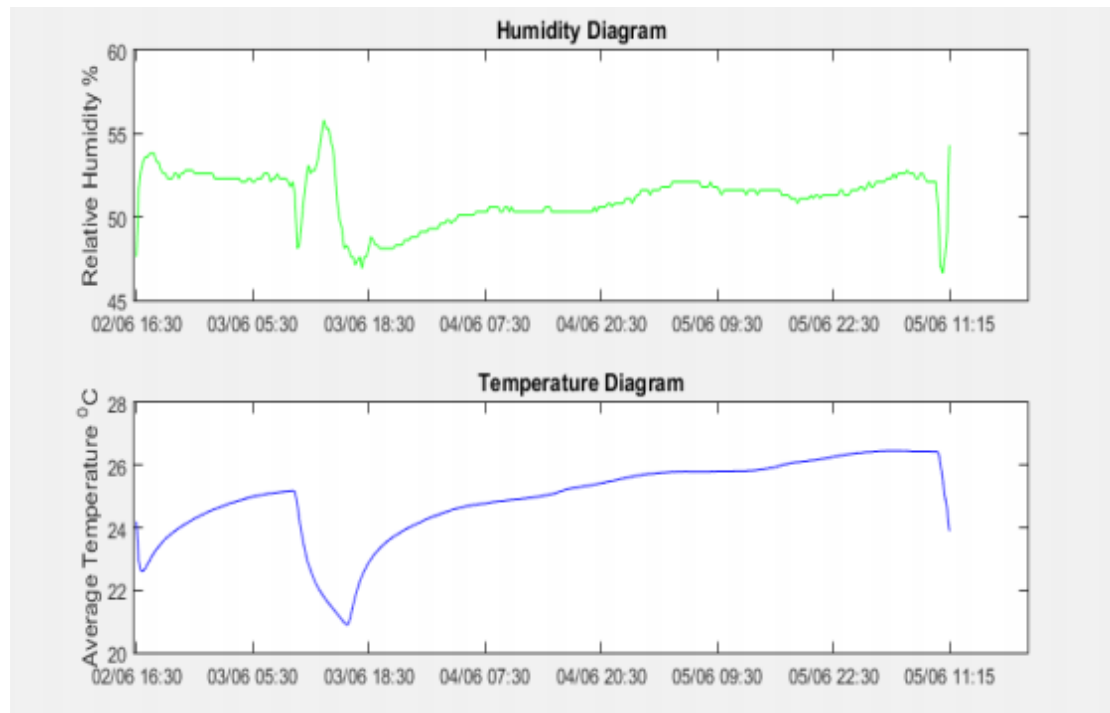


Διακύμανση θερμοκρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση

Διακύμανση σχετικής υγρασίας(%)



Διακύμανση σχετικής υγρασίας σύμφωνα με την προσομοίωση



Διακύμανση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σύμφωνα με τις πραγματικές μετρήσεις

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Αμφιθεάτρου 015 Κτιρίου Λαμπαδαρίου

- Η διακύμανση της θερμοκρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 21 έως 25 βαθμούς Κελσίου. Σύμφωνα με την προσομοίωση, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 26 έως 29 βαθμούς Κελσίου.
- Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας στις πραγματικές μετρήσεις είναι από 47% έως 56%, ενώ σύμφωνα με την προσομοίωση η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 30% έως 49%.

13.4) ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΕ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στις περισσότερες αίθουσες και αμφιθέατρα προκύπτει αρκετά καλή σύγκλιση αποτελεσμάτων, μεταξύ προσομοίωσης και πραγματικών μετρήσεων. Η σύγκλιση αυτή αφορά τόσο τη διακύμανση των τιμών της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε κάποιες αίθουσες, αλλά και τη γενική συμπεριφορά των αιθουσών ως προς τα δύο αυτά μεγέθη σε κάποιες άλλες. Σε ορισμένες αίθουσες δηλαδή, οι τιμές της προσομοίωσης διαφέρουν από αυτές των πραγματικών μετρήσεων, οι μεταβολές όμως της θερμοκρασίας και της υγρασίας έχουν περίπου κοινή διάρκεια αλλά και συμβαίνουν τις ίδιες περιόδους μέσα στη διάρκεια της ημέρας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθούν οι βασικότεροι παράγοντες που πιθανολογείται ότι ευθύνονται για τις αποκλίσεις μεταξύ των πραγματικών τιμών και των τιμών που προέκυψαν από την προσομοίωση. Οι σημαντικότεροι παράγοντες ήταν οι εξής :

- ✓ Αβεβαιότητα ως προς την πραγματική λειτουργία του συστήματος ψύξης. Κατά την προσομοίωση, θεωρήθηκε ότι το σύστημα ψύξης ενεργοποιείται αυτόματα στους 28 βαθμούς Κελσίου περίπου. Στο αμφιθέατρο 015 του Κτιρίου Λαμπαδαρίου όμως, παρατηρείται μία πολύ απότομη πτώση της θερμοκρασίας, η οποία καταγράφηκε από τις μετρήσεις των θερμοϋγρομέτρων στις 03/06/2016 τις απογευματινές ώρες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η θερμοκρασία έπεσε από τους 25 βαθμούς Κελσίου στους 21 βαθμούς Κελσίου σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, γεγονός που μαρτυρά την πιθανή λειτουργία κλιματισμού ρυθμισμένου σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες.
- ✓ Αβεβαιότητα ως προς τον πραγματικό αριθμό χρηστών και την κατανομή τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κατά την προσομοίωση θεωρήθηκε ως μέγιστος αριθμός χρηστών, μία πρότυπη τιμή για αίθουσες διδασκαλίας, η οποία αντιστοιχεί σε 0.5 ανθρώπους ανά τετραγωνικό. Επίσης, θεωρήθηκε ότι τις περισσότερες ώρες της ημέρας, το 80% του μέγιστου αριθμού των χρηστών παρευρίσκεται στο χώρο, με εξαίρεση τις πολύ πρωινές ώρες και

τις απογευματινές, όπου επιλέχθηκε η τιμή του 10%, 40% και 60% του μέγιστου αριθμού χρηστών. Η παρουσία των χρηστών στο χώρο αυξάνει τα θερμικά κέρδη της αίθουσας με αποτέλεσμα να επηρεάζονται οι συνθήκες στο εσωτερικό των χώρων.

- ✓ Η αντιμετώπιση των επιφανειών που συνορεύουν με άλλες θερμικές ζώνες του κτηρίου, σύμφωνα με την μέθοδο που επιτρέπει η τεχνική οδηγία (ΤΟΤΕΕ – 20701-1 του 2017), η οποία αναλύθηκε λεπτομερώς στο υποκεφάλαιο 11.4.1, είναι προσεγγιστική μέθοδος και πιθανόν να παρουσιάζει κάποιες αποκλίσεις σε σχέση με την προσομοίωση ολόκληρου του κτηρίου.
- ✓ Χαλασμένα παράθυρα και παράθυρα με στόρια κατεβασμένα από τους χρήστες, σε διάφορες στιγμές της ημέρας, κάτι το οποίο είναι αδύνατον να προσομοιωθεί.
- ✓ Σκίαση από γειτονικά κτίρια αλλά και από φύτευση πολύ κοντά στα παράθυρα των αιθουσών, παράγοντες οι οποίοι είναι επίσης πολύ δύσκολο να προσομοιωθούν.

Μέρος 4: Προτάσεις και αξιολόγηση αυτών για την ενεργειακή αναβάθμιση των αιθουσών μέσω του προγράμματος energy plus.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ

14.1) Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα προταθούν τρόποι ενεργειακής βελτίωσης των 7 αιθουσών, οι οποίες μελετήθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Εδώ, πρέπει να τονιστεί ότι όλες οι προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση των αιθουσών, έγιναν με γνώμονα την καλύτερευση των συνθηκών άνεσης που επικρατούσαν σε αυτές και την ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας, όσο αυτό ήταν δυνατόν.

Για να εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα για το ποιες ήταν οι καταλληλότερες προτάσεις ενεργειακής βελτίωσης για κάθε αίθουσα, ακολουθήθηκε μία συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία πραγματοποιήθηκε για κάθε μία αίθουσα. Αρχικά λοιπόν, προαποφασίστηκαν κάποιοι πιθανοί τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης των αιθουσών. Στη συνέχεια, έγινε η προσομοίωση της κάθε αίθουσας, με τις τροποποιήσεις οι οποίες στόχευαν στην ενεργειακή της αναβάθμιση. Το επόμενο βήμα ήταν η παρατήρηση των αποτελεσμάτων, τα οποία εξάγονται μετά την προσομοίωση με τη χρήση του προγράμματος **energy plus**. Αμέσως μετά την εξαγωγή των νέων αποτελεσμάτων, έγινε σύγκριση των καινούργιων αυτών αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα της υπάρχουσας κατάστασης των αιθουσών (τα οποία παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο). Στη συνέχεια, έγιναν πολλές δοκιμές, ώστε να προσεγγιστεί όσο το δυνατόν καλύτερα, ο συνδυασμός των απαιτούμενων βελτιώσεων σύμφωνα με τον οποίο βελτιώνονται οι συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό των αιθουσών και ταυτόχρονα εξοικονομείται όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια.

Οι πιθανοί τρόποι ενεργειακής βελτίωσης οι οποίοι προαποφασίστηκαν και δοκιμάστηκαν για κάθε αίθουσα θα αναλυθούν ακριβώς παρακάτω.

Αντικατάσταση των κουφωμάτων των εξωτερικών ανοιγμάτων (πόρτες και παράθυρα)

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν πολλά κτίρια, είναι η **ανεξέλεγκτη διήθηση αέρα μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων**. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να αυξάνονται οι θερμικές απώλειες και να δημιουργούνται ρεύματα αέρα τα οποία δυσκολεύουν την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης. Άμεσο

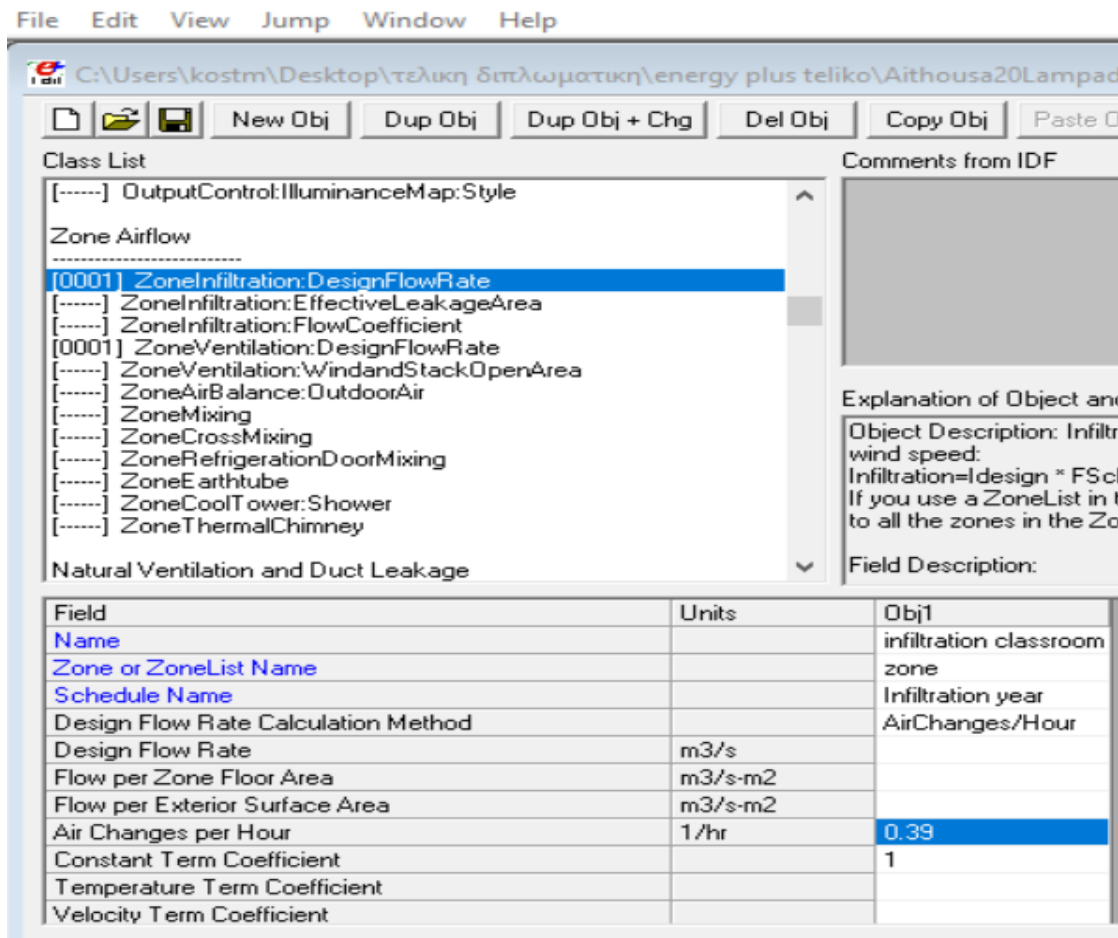
αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου, είναι η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας εντός των εσωτερικών χώρων.

Μια ιδιαίτερα σημαντική παρέμβαση για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, αποτελεί η αντικατάσταση των κουφωμάτων τους με σύγχρονα, ενεργειακά κουφώματα. Επιλέχθηκε, λοιπόν, να γίνει αντικατάσταση των κουφωμάτων γύρω από τα πλαίσια των παραθύρων με **θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου**. Τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου περιέχουν ένα υλικό, το πολυαμίδιο, ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό τμήμα του κουφώματος, το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας και ανθεκτικό υλικό.



Εικόνα 56. Θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου [79]

Η εισαγωγή των δεδομένων της αντικατάστασης των κουφωμάτων στην προσομοίωση γίνεται στην ενότητα **Zone Airflow** και συγκεκριμένα στο πεδίο **Zone Infiltration:Design Flow Rate**. Λόγω της μειωμένης πλέον διήθησης του αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων, στην επιλογή **air changes per hour**, θα μειωθούν οι ανανεώσεις του αέρα ανά ώρα. Η αλλαγή αυτή θα είναι διαφορετική σε κάθε αίθουσα, ανάλογα με την αρχική τιμή των ανανεώσεων.



Αλλαγή του “air changes per hour” ώστε να προσομοιωθεί η αντικατάσταση των κουφωμάτων

Αντικατάσταση των υαλοστασίων των παραθύρων

Μέσω των υαλοπινάκων των κτιρίων, γίνεται ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του εσωτερικού χώρου. Κατά τους χειμερινούς μήνες, η ροή της θερμότητας είναι από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον και κατά τους εαρινούς μήνες, από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο. Ροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο συμβαίνει και τους χειμερινούς μήνες, αλλά σε μικρότερο βαθμό κι εξαρτάται από τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων, τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού κι εξωτερικού περιβάλλοντος κ.α. υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e),

Επιλέχθηκε λοιπόν, να δοκιμαστούν μέσω της προσομοίωσης, υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e). Τα ενεργειακά τζάμια ή τζάμια χαμηλής εκπομπής Low-emissivity (Low-e), έχοντας μια ειδική επίστρωση μικροσκοπικών μεταλλικών οξειδίων, film μετάλλων τόσο λεπτό που είναι διάφανο, στην μια πλευρά της επιφάνειας τους λειτουργούν σαν καθρέπτες στο υπέρυθρο και υπεριώδες τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα

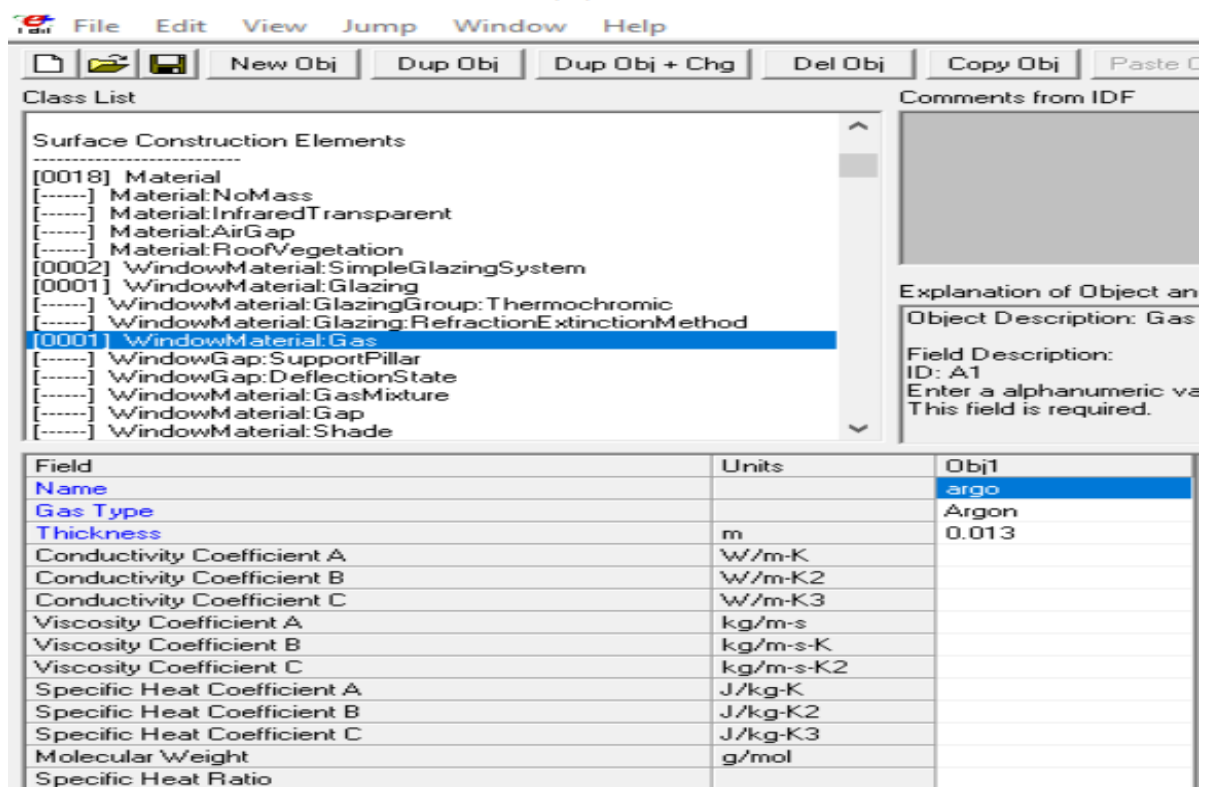
την μείωση της θερμικής ακτινοβολίας που διέρχεται μέσα από το τζάμι, σε ποσοστό μέχρι και 75%, σε σχέση με ένα κοινό γυαλί. Επομένως, οι καινούργιοι διπλοί υαλοπίνακες οι οποίοι δοκιμάστηκαν στην προσομοίωση αποτελούνται από εξωτερικό τζάμι 6mm, 13mm αργό και εσωτερικό τζάμι 6mm.

Η εισαγωγή των δεδομένων της αντικατάστασης έγινε στην ενότητα **Surface Constraction Elements** και συγκεκριμένα στα πεδία **Window Material:Glazing** και **Window Material:Gas** όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

The screenshot shows the software interface with the 'Class List' pane on the left and a data table on the right. The 'Class List' pane shows a hierarchy of elements, with 'WindowMaterial:Glazing' selected. The data table below lists various fields and their values.

Field	Units	Obj1
Name		velt
Optical Data Type		SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name		
Thickness	m	0.006
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.6
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.17
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.22
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.84
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.055
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.078
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.1
Conductivity	W/m-K	0.9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittanc		1
Solar Diffusing		No
Young's modulus	Pa	72000000000
Poisson's ratio		0.22
Window Glass Spectral and Incident Angle Transmittan		
Window Glass Spectral and Incident Angle Front Reflec		
Window Glass Spectral and Incident Angle Back Reflec		

Εισαγωγή του τζαμιού των 6mm στο πεδίο "window material glazing"



Εισαγωγή του αερίου "Αργό" των 13mm στην επιλογή window material gas

Τέλος, δημιουργείται ένα ακόμα **object** στο πεδίο **construction** της ίδιας ενότητας, όπου φαίνονται οι στρώσεις του καινούργιου υαλοπίνακα.

File Edit View Jump Window Help

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [.....] WindowMaterial:Screen:EquivalentLayer
- [.....] WindowMaterial:Glazing:EquivalentLayer
- [.....] WindowMaterial:Gap:EquivalentLayer
- [.....] MaterialProperty:MoisturePenetrationDepth:Settings
- [.....] MaterialProperty:PhaseChange
- [.....] MaterialProperty:PhaseChangeHysteresis
- [.....] MaterialProperty:VariableThermalConductivity
- [.....] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:Settings
- [.....] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:SorptionIsotherm
- [.....] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:Suction
- [.....] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:Redistribution
- [.....] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:Diffusion
- [.....] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:ThermalConductivity
- [.....] MaterialProperty:GlazingSpectralData
- [0007] Construction**
- [.....] Construction:CfactorUndergroundWall
- [.....] Construction:FfactorGroundFloor
- [.....] Construction:InternalSource

Comments from IDF

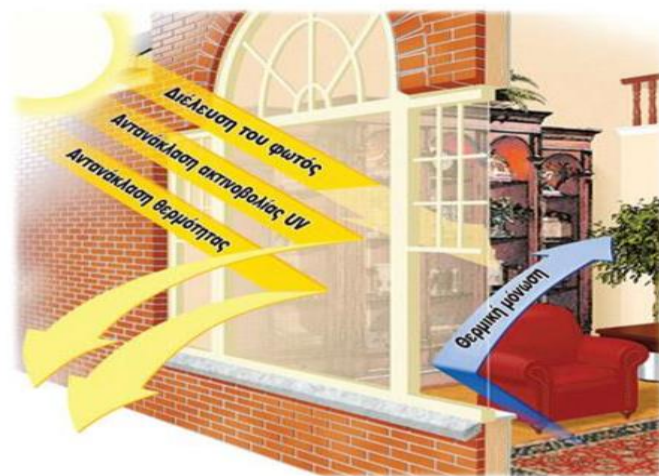
Explanation of Object and Current Field

Object Description: Start with outside layer and work your way to the inside layer
Up to 10 layers total, 8 for windows
Enter the material name for each layer

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		diplos dromikos ther	dromikos	roof	floor	window vel
Outside Layer		epixisma	epixisma 2	epixisma	gipsosanida	velt
Layer 2		thermomonotiko ulik	touvlo 2	tsimentoplaka	keno 3	argo
Layer 3		touvlo	epixisma 2	tsimentokonia	plaka skirodematos	velt
Layer 4		keno		asfaltopano	mosaiko	
Layer 5		touvlo		elafroskirodema	plastiko dapedo	
Layer 6		epixisma		thermomonotiko ulik		
Layer 7				plaka skirodematos		
Layer 8				keno 2		
Layer 9				gipsosanida		
Layer 10						

Εισαγωγή του καινούργιου υαλοπίνακα στο πεδίο "construction"



Εικόνα 57. Τζάμια χαμηλής εκπομπής Low-emissivity (Low-e) [80]

Προσθήκη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους και το δώμα

Σε όσες αίθουσες δεν διέθεταν θερμομόνωση, επιλέχθηκε η τοποθέτηση **εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 7cm**,σαν εξωτερική θερμομόνωση. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η εισαγωγή των δεδομένων της εξωτερικής θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία και το δώμα.

The screenshot shows the Revit software interface. The Class List on the left has 'Material' selected. The Properties palette on the right shows the 'Material' object with the following data:

Field	Units	Obj8	Obj9	Obj10
Name		asfaltopano	elafroskirodema	thermomonotiko ulik
Roughness		Rough	Rough	Rough
Thickness	m	0.02	0.05	0.06
Conductivity	W/m-K	0.23	0.28	0.038
Density	kg/m ³	1100	800	30
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1200
Thermal Absorptance				
Solar Absorptance				
Visible Absorptance				

Εισαγωγή των θερμικών συντελεστών της εξηλασμένης πολυστερίνης, στο πεδίο material

The screenshot shows the Revit software interface. The Class List on the left has 'Construction' selected. The Properties palette on the right shows the 'Construction' object with the following data:

Field	Units	Obj1
Name		diplos dromikos ther
Outside Layer		epixrisma
Layer 2		thermomonotiko ulik
Layer 3		touvlo
Layer 4		keno
Layer 5		touvlo
Layer 6		epixrisma
Layer 7		
Layer 8		
Layer 9		
Layer 10		

Εισαγωγή της εξηλασμένης πολυστερίνης στην εξωτερική τοιχοποιία

Εδώ πρέπει να τονιστεί, ότι η εξηλασμένη πολυστερίνη τοποθετήθηκε σαν δεύτερη στρώση στις εξωτερικές τοιχοποιίες από συμπαγή τούβλα, αμέσως μετά τη στρώση του σοβά. Στις εξωτερικές τοιχοποιίες από σκυρόδεμα, τοποθετήθηκε πάλι σαν δεύτερη στρώση αμέσως μετά τον σοβά και πριν το σκυρόδεμα (ο σοβάς είναι πρώτη στρώση, η οποία βρίσκεται εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον).

Αυτόματο σύστημα νυκτερινού δροσισμού

Δοκιμάστηκε κατά την προσομοίωση η **εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυκτερινού δροσισμού**, με τη χρήση μηχανισμών για το άνοιγμα των παραθύρων. Οι χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύκτας τους εαρινούς μήνες, με τη συμβολή του νυκτερινού δροσισμού, βοηθάνε στην ευκολότερη ψύξη των εσωτερικών χώρων που αντιμετωπίζουν προβλήματα υπερθέρμανσης. Συγκεκριμένα, προτάθηκε η εφαρμογή του να πραγματοποιηθεί από τέλος Μαΐου έως και τα μέσα Σεπτεμβρίου, ανάλογα με τις ενεργειακές ιδιαιτερότητες της κάθε αίθουσας. Το χρονοδιάγραμμα της λειτουργίας του νυκτερινού δροσισμού, δημιουργήθηκε στην ενότητα **Schedules** και στη συνέχεια, στην ενότητα **Zone AirFlow** και συγκεκριμένα στο πεδίο **Zone Ventilation:Wind And Stack Open Area**, εισάγονται πληροφορίες για το σύστημα νυκτερινού δροσισμού, όπως το συνολικό εμβαδόν του αυτόματου ανοίγματος των παραθύρων, το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του κ.α.

Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του νυκτερινού δροσισμού (το always off δηλώνει απενεργοποιημένο σύστημα νυκτερινού δροσισμού)

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left includes 'ZoneVentilation:WindandStackOpenArea' selected. The right pane shows the 'Explanation of Object and Field Description' for this object, including the ID 'A1'. Below the panes is a table of fields for this object.

Field	Units	Obj1
Name		nyxterinos dros
Zone Name		zone
Opening Area	m2	1
Opening Area Fraction Schedule Name		nyxt dros year
Opening Effectiveness	dimensionless	autocalculate
Effective Angle	deg	
Height Difference	m	
Discharge Coefficient for Opening		autocalculate
Minimum Indoor Temperature	C	-100
Minimum Indoor Temperature Schedule Name		
Maximum Indoor Temperature	C	100
Maximum Indoor Temperature Schedule Name		
Delta Temperature	deltaC	-100
Delta Temperature Schedule Name		
Minimum Outdoor Temperature	C	-100
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name		
Maximum Outdoor Temperature	C	100
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name		
Maximum Wind Speed	m/s	40

Εισαγωγή χρονοδιαγράμματος λειτουργίας του νυκτερινού δροσίσμου και συνολικού εμβαδού αυτόματου ανοίγματος των παραθύρων

Τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων

Η τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων εμποδίζει την εισροή μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των κτιρίων, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη του χώρου. Σε όσες αίθουσες λοιπόν καταναλώναν μεγάλα ποσά ενέργειας για ψύξη του εσωτερικού χώρου τους, τοποθετήθηκαν εξωτερικά σκιάστρα, πλάτους όσο το πλάτος του ανοίγματος των παραθύρων τους, σε γωνία 90° ως προς το άνοιγμα των παραθύρων καθ' ύψος και οριζόντιας επέκτασης 1-1.20m, αναλόγως της αίθουσας.

Η εισαγωγή των δεδομένων για τα σκιάστρα γίνεται στην ενότητα **Thermal Zone And Surfaces** και συγκεκριμένα στο πεδίο **Shading Overhang**, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

File Edit View Jump Window Help

New Obj Dup Obj Dup Obj + Chg Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [.....] InternallMass
- [.....] Shading:Site
- [.....] Shading:Building
- [.....] Shading:Site:Detailed
- [.....] Shading:Building:Detailed
- [0006] Shading:Overhang**
- [.....] Shading:Overhang:Projection
- [.....] Shading:Fin
- [.....] Shading:Fin:Projection
- [.....] Shading:Zone:Detailed
- [.....] ShadingProperty:Reflectance

Advanced Construction, Surface, Zone Concepts

- [.....] SurfaceProperty:HeatTransferAlgorithm
- [.....] SurfaceProperty:HeatTransferAlgorithm:MultipleSurface
- [.....] SurfaceProperty:HeatTransferAlgorithm:SurfaceList
- [.....] SurfaceProperty:HeatTransferAlgorithm:Construction

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Overhangs are usually flat shading surfaces that reference a window or door.

Field Description:
ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		shade 1	shade 2	shade 3	shade 4	shade 5	shade 6
Window or Door Name		Window 1	Window 2	Window 3	Window 4	Window 5	Window 6
Height above Window or Door	m	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tilt Angle from Window/Door	deg	90	90	90	90	90	90
Left extension from Window/Door Width	m	0	0	0	0	0	0
Right extension from Window/Door Width	m	0	0	0	0	0	0
Depth	m	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Εισαγωγή της θέσης και της γεωμετρίας των εξωτερικών σκιάστρων

Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Το αυτόματο σύστημα τεχνητού φωτισμού, είναι ένα σύστημα το οποίο διαθέτει αισθητήρες ,με αποτέλεσμα τα επίπεδα του τεχνητού φωτισμού να ρυθμίζονται αυτόματα ανάλογα με επίπεδα του φυσικού φωτισμού που επικρατούν μέσα στην αίθουσα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, αρχικά τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του τεχνητού φωτισμού, άρα και εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και επιπλέον, την ευκολότερη ψύξη του χώρου, ειδικά τους εαρινούς μήνες, κατά τους οποίους τα θερμικά κέρδη λόγω του τεχνητού φωτισμού επιδεινώνουν τυχόν προβλήματα υπερθέρμανσης των αιθουσών. Η εντολή για τη λειτουργία του αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού γίνεται στην ενότητα **Internal Gains** και συγκεκριμένα στο πεδίο **lights**,όπου στην επιλογή **Fraction Replaceable**,επιλέγεται το "1",αντί του "0".Το "0" δηλώνει λειτουργία του τεχνητού φωτισμού χωρίς να γίνεται έλεγχος φυσικού φωτισμού, μόνο με άνοιγμα δηλαδή του διακόπτη.

The screenshot shows the Revit software interface. The 'Class List' on the left has 'Lights' selected. The 'Properties' palette on the right shows the 'Field' list for the 'lights' object. The 'Field' list is as follows:

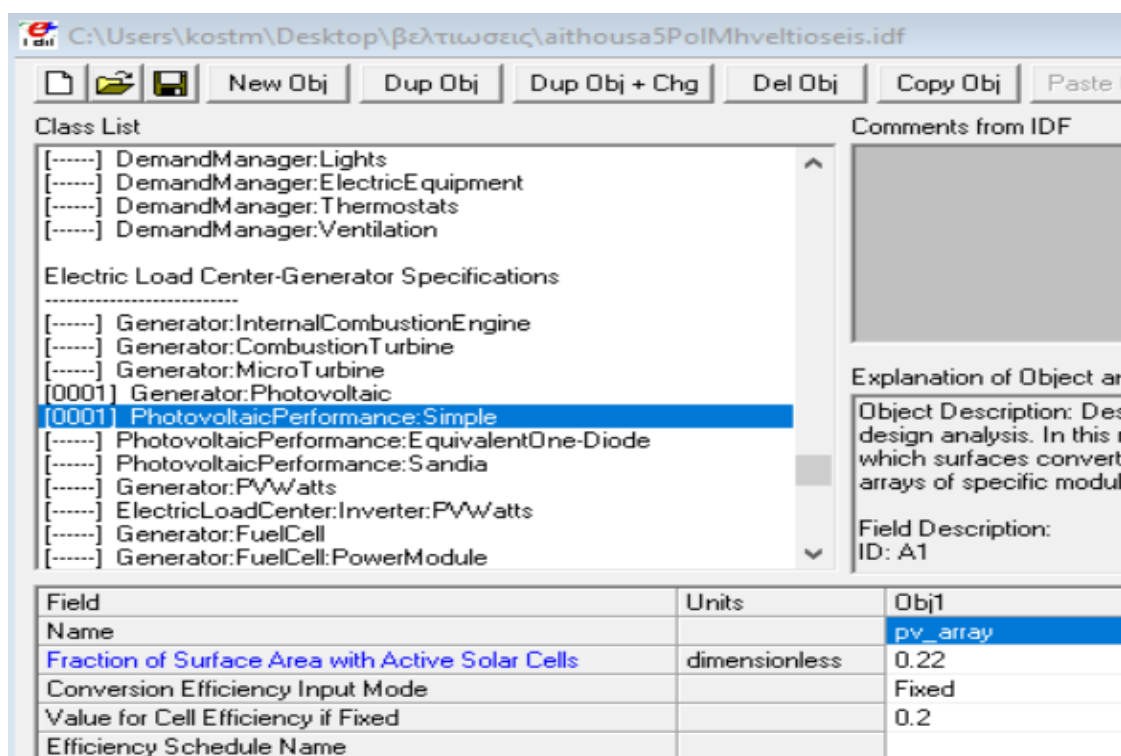
Field	Units	Obj1
Name		lights
Zone or ZoneList Name		zone
Schedule Name		Lights year
Design Level Calculation Method		LightingLevel
Lighting Level	W	2592
Watts per Zone Floor Area	W/m2	
Watts per Person	W/person	
Return Air Fraction		0
Fraction Radiant		0.42
Fraction Visible		0.18
Fraction Replaceable		1
End-Use Subcategory		General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K	
Return Air Heat Gain Node Name		

Ενεργοποίηση του αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα των αιθουσών

Στις αίθουσες οι οποίες είχαν αυξημένη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση, δοκιμάστηκε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στο δώμα τους, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Χρησιμοποιήθηκαν υβριδικά φωτοβολταϊκά πλαίσια υψηλής απόδοσης τα οποία αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καλυμμένο από μια λεπτή στρώση άμορφου πυριτίου. Η εισαγωγή των φωτοβολταϊκών συστημάτων γίνεται στην ενότητα **Electric Load Center-Generator Specifications** και συγκεκριμένα στα πεδία τα οποία φαίνονται στις παρακάτω εικόνες:

Photovoltaic Performance Simple



The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' pane on the left has the object 'PhotovoltaicPerformance:Simple' selected. The 'Field Description' pane on the right shows the following fields:

Field	Units	Obj1
Name		pv_array
Fraction of Surface Area with Active Solar Cells	dimensionless	0.22
Conversion Efficiency Input Mode		Fixed
Value for Cell Efficiency if Fixed		0.2
Efficiency Schedule Name		

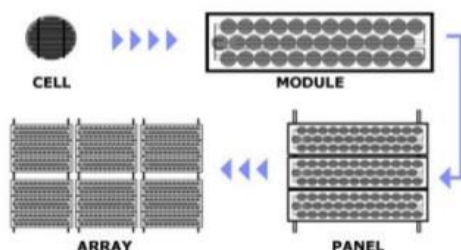
Στο πεδίο αυτό, στην επιλογή **fraction of surface area with active solar cells** δηλώνεται το ποσοστό της επιφάνειας του δώματος το οποίο καλύπτεται από ενεργά ηλιακά κύτταρα. Η τιμή αυτή επιλέχθηκε διαφορετική για κάθε αίθουσα, ανάλογα με τις ενεργειακές της απαιτήσεις. Στην επιλογή **value for cell efficiency if fixed** εισάγεται η απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος, η οποία για τη συγκεκριμένη κατηγορία φωτοβολταϊκών που χρησιμοποιήθηκε, ισούται με περίπου 0.20.

Generator:Photovoltaic

The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left includes various generator types, with 'Generator:Photovoltaic' selected. The 'Comments from IDF' pane on the right provides an explanation of the object. Below the class list is a table with the following data:

Field	Units	Obj1
Name		pv_roof
Surface Name		Roof
Photovoltaic Performance Object Type		PhotovoltaicPerform
Module Performance Name		pv_array
Heat Transfer Integration Mode		Decoupled
Number of Series Strings in Parallel	dimensionless	1
Number of Modules in Series	dimensionless	1

Στο πεδίο αυτό, στην επιλογή **surface name**, εισάγεται η επιφάνεια στην οποία θα εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα εγκατασταθούν στο δώμα (roof). Στο πεδίο Number of Series Strings in Parallel δηλώνουμε τον αριθμό των ενοτήτων που βρίσκονται παράλληλα, εδώ έχουμε μόνο ένα άρα δηλώνουμε 1 και στο πεδίο Number of Modules in series δηλώνουμε τον αριθμό των ενοτήτων που βρίσκονται σε σειρά, άρα έχουμε μόνο ένα, άρα δηλώνουμε 1. Η διαφορά ανάμεσα σε ένα κύτταρο, ενότητα, πάνελ και πίνακα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 58.

Κύτταρο, συστοιχία, Πάνελ, Πίνακας [81]

Electric Load Center:Generators

The screenshot shows the IESVE software interface. The 'Class List' on the left has '[0001] ElectricLoadCenter:Generators' selected. The 'Field' table below shows the configuration for this object.

Field	Units	Obj1
Name		gen_pv_roof
Generator 1 Name		pv_roof
Generator 1 Object Type		Generator:Photovoltaic
Generator 1 Rated Electric Power Output	W	
Generator 1 Availability Schedule Name		
Generator 1 Rated Thermal to Electrical Power Ratio		
Generator 2 Name		
Generator 2 Object Type		
Generator 2 Rated Electric Power Output	W	
Generator 2 Availability Schedule Name		
Generator 2 Rated Thermal to Electrical Power Ratio		

Στο πεδίο αυτό, στην επιλογή **Generator 1 Object type** επιλέγεται το **generator photovoltaic**, ώστε να γίνεται παραγωγή ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκού συστήματος.

Electric Load Center:Distribution

The screenshot shows the software interface with the 'Class List' on the left and the 'Field' table below it. The 'Class List' includes various generator and electric load center classes, with 'ElectricLoadCenter:Distribution' selected. The 'Field' table lists various parameters and their values.

Field	Units	Obj1
Name		pv
Generator List Name		gen_pv_roof
Generator Operation Scheme Type		TrackElectrical
Generator Demand Limit Scheme Purchased Electric D	W	
Generator Track Schedule Name Scheme Schedule Na		
Generator Track Meter Scheme Meter Name		
Electrical Buss Type		AlternatingCurrent
Inverter Name		
Electrical Storage Object Name		
Transformer Object Name		
Storage Operation Scheme		TrackFacilityElectric
Storage Control Track Meter Name		
Storage Converter Object Name		
Maximum Storage State of Charge Fraction		1
Minimum Storage State of Charge Fraction		
Design Storage Control Charge Power	W	
Storage Charge Power Fraction Schedule Name		
Design Storage Control Discharge Power	W	
Storage Discharge Power Fraction Schedule Name		
Storage Control Utility Demand Target	W	
Storage Control Utility Demand Target Fraction Schemul		

Στο πεδίο αυτό, στην επιλογή **Generator Operation Scheme Type** επιλέγεται το **Track Electrical** ώστε να γίνεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

14.2) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Η συγκεκριμένη αίθουσα, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, αντιμετωπίζει σημαντικό πρόβλημα υπερθέρμανσης με αποτέλεσμα να καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας ετησίως για την ψύξη του χώρου. Επομένως, η πλειοψηφία των μεθόδων ενεργειακής αναβάθμισης που δοκιμάστηκαν στην προσομοίωση, στόχευαν στη μείωση του ενεργειακού φορτίου ψύξης και στη βελτίωση των συνθηκών άνεσης εντός του χώρου, ιδιαίτερα κατά τους εαρινούς μήνες. Οι τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης που μέσω της προσομοίωσης έδωσαν το μεγαλύτερο δυνατό όφελος είναι οι ακόλουθοι:

A) **Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης** στις επιφάνειες "1" και "2", στους εξωτερικούς τοίχους δηλαδή.

B) **Αντικατάσταση των υαλοστασίων των παραθύρων**, όπως αναλύθηκε λεπτομερώς στην αρχή του κεφαλαίου.

Γ) **Εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού**. Ο νυχτερινός δροσισμός προγραμματίστηκε να λειτουργεί από τις 20 Μαΐου έως τις 15 Σεπτεμβρίου.

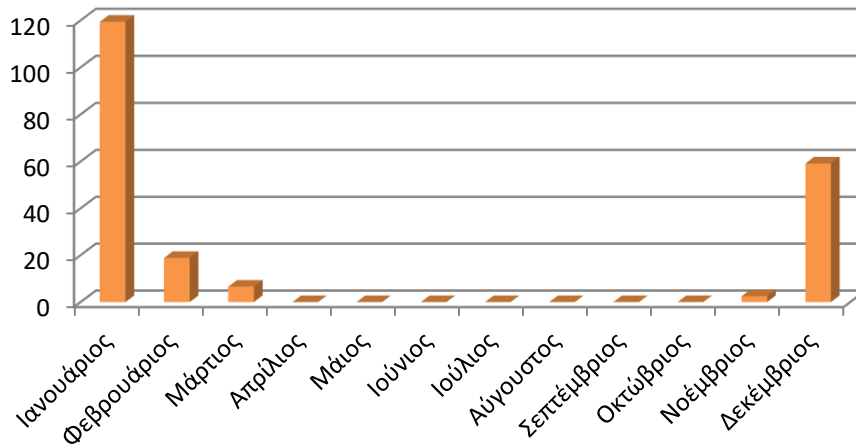
Δ) **Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού**, το οποίο λειτουργεί με αισθητήρες, οι οποίοι εντοπίζουν τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού στο χώρο και προσαρμόζουν τον τεχνητό φωτισμό αναλόγως.

Ε) **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή της αίθουσας**. Το ποσοστό της επιφάνειας του δώματος το οποίο καλύφθηκε από ενεργά ηλιακά κύτταρα, επιλέχθηκε με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις της αίθουσας, ίσο με 0.15. Επομένως, το συνολικό εμβαδόν της εγκατάστασης ισούται με $0.15 \cdot 164.64 = 24.70 \text{m}^2$. Η διαδικασία εισαγωγής των φωτοβολταϊκών πάνελ στο energy plus παρουσιάστηκε στην εισαγωγή του κεφαλαίου.

Υπενθυμίζεται, ότι η συγκεκριμένη αίθουσα διαθέτει σκίαστρα στα παράθυρα της νοτιοδυτικής επιφάνειάς της.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ενεργειακά διαγράμματα της συγκεκριμένης αίθουσας, καθώς και τα διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά την ενεργειακή βελτίωσή της, σύμφωνα με τους παραπάνω τρόπους. Επίσης, θα παρουσιαστούν πίνακες στους οποίους γίνεται σύγκριση των ενεργειακών μεγεθών, των θερμοκρασιών, καθώς και των σχετικών υγρασιών πριν και μετά τη βελτίωση.

Ενεργειακή Κατανάλωση Θέρμανσης(KWh)

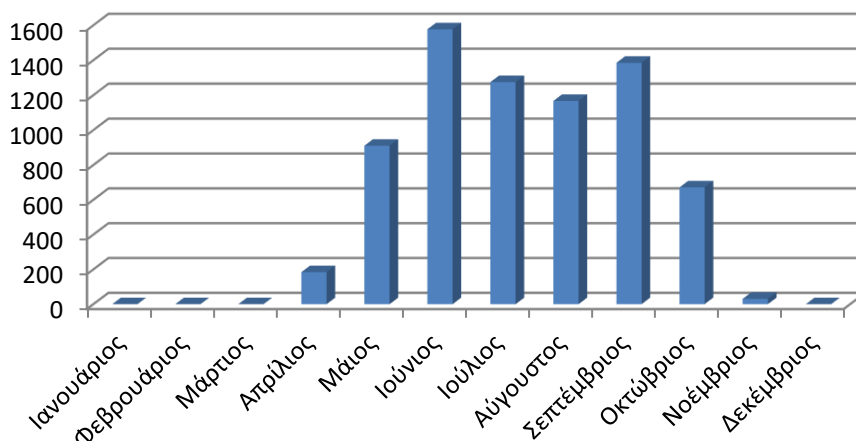


Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	114.48	119.41	-4.93	-4.31%
Φεβρουάριος	3.44	18.83	-15.39	-448.01%
Μάρτιος	1.46	6.57	-5.11	-350.56%
Απρίλιος	0.00	0.00	0.00	76.31%
Μάιος	0.00	0.00	0.00	53.62%
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	47.28%
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	46.77%
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	30.81%
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	52.74%
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	78.10%
Νοέμβριος	0.28	2.49	-2.21	-791.68%
Δεκέμβριος	35.94	59.16	-23.22	-64.60%
Σύνολο	155.59	206.46	-50.87	-32.69%

Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης πριν και μετά τη βελτίωση

Ενεργειακή Κατανάλωση Ψύξης(KWh)

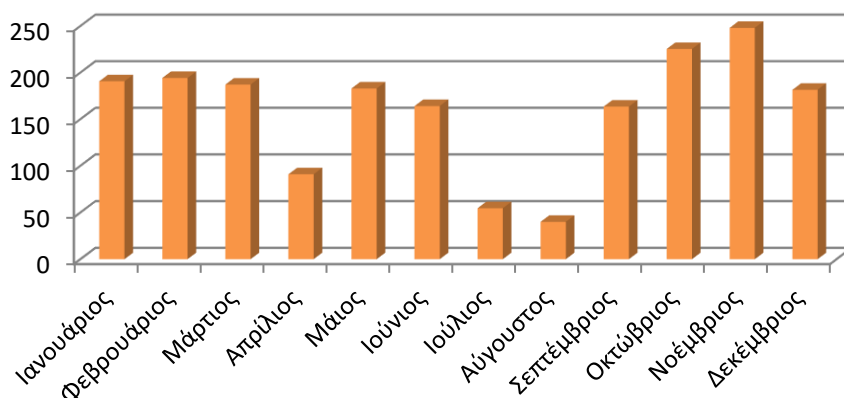


Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	50.50	0.00	50.50	100.00%
Απρίλιος	410.19	183.98	226.21	55.15%
Μάιος	1479.11	910.20	568.91	38.46%
Ιούνιος	2426.66	1576.62	850.04	35.03%
Ιούλιος	1832.15	1274.66	557.49	30.43%
Αύγουστος	1736.34	1166.77	569.57	32.80%
Σεπτέμβριος	2117.29	1384.86	732.43	34.59%
Οκτώβριος	1151.84	671.23	480.61	41.73%
Νοέμβριος	100.42	30.54	72.88	72.58%
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	11307.51	7198.87	4108.64	36.34%

Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης πριν και μετά τη βελτίωση

Ενεργειακή Κατανάλωση Τεχνητού Φωτισμού(KWh)

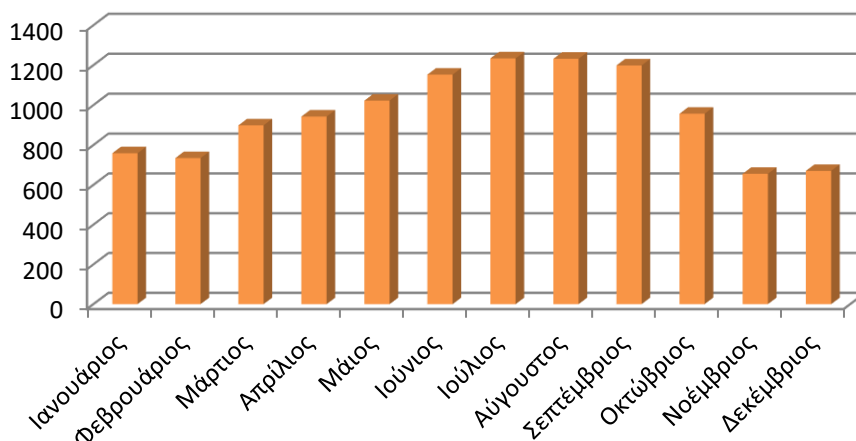


Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Τεχνητό Φωτισμό πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κατανάλωση (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	466.60	190.69	275.91	59.13%
Φεβρουάριος	518.44	194.22	324.22	62.54%
Μάρτιος	570.29	187.15	383.14	67.18%
Απρίλιος	285.14	90.99	194.15	68.09%
Μάιος	596.21	182.93	413.28	69.32%
Ιούνιος	544.36	164.11	380.26	69.85%
Ιούλιος	181.45	54.58	126.88	69.92%
Αύγουστος	129.61	40.03	89.58	69.12%
Σεπτέμβριος	518.44	163.50	354.94	68.46%
Οκτώβριος	596.21	225.34	370.87	62.21%
Νοέμβριος	570.29	248.01	322.27	56.51%
Δεκέμβριος	388.83	181.56	207.27	53.31%
Σύνολο	5365.87	1923.11	3442.76	64.16%

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού πριν και μετά τη βελτίωση.

Θερμικά Κέρδη λόγω Παραθύρων(KWh)

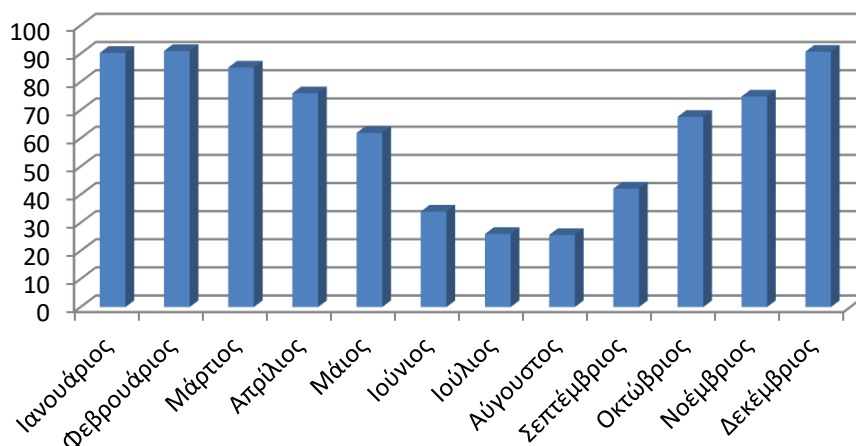


Θερμικά Κέρδη λόγω Παραθύρων πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	1066.76	758.69	308.07	28.88%
Φεβρουάριος	1023.69	734.42	289.27	28.26%
Μάρτιος	1253.35	898.42	354.93	28.32%
Απρίλιος	1321.95	942.62	379.33	28.69%
Μάιος	1443.25	1022.29	420.96	29.17%
Ιούνιος	1643.99	1152.69	491.30	29.88%
Ιούλιος	1779.31	1234.01	545.30	30.65%
Αύγουστος	1784.33	1232.08	552.25	30.95%
Σεπτέμβριος	1729.27	1198.56	530.72	30.69%
Οκτώβριος	1371.89	956.71	415.18	30.26%
Νοέμβριος	925.41	655.44	269.97	29.17%
Δεκέμβριος	937.67	670.07	267.60	28.54%
Σύνολο	16280.87	11455.99	4824.89	29.64%

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων πριν και μετά τη βελτίωση.

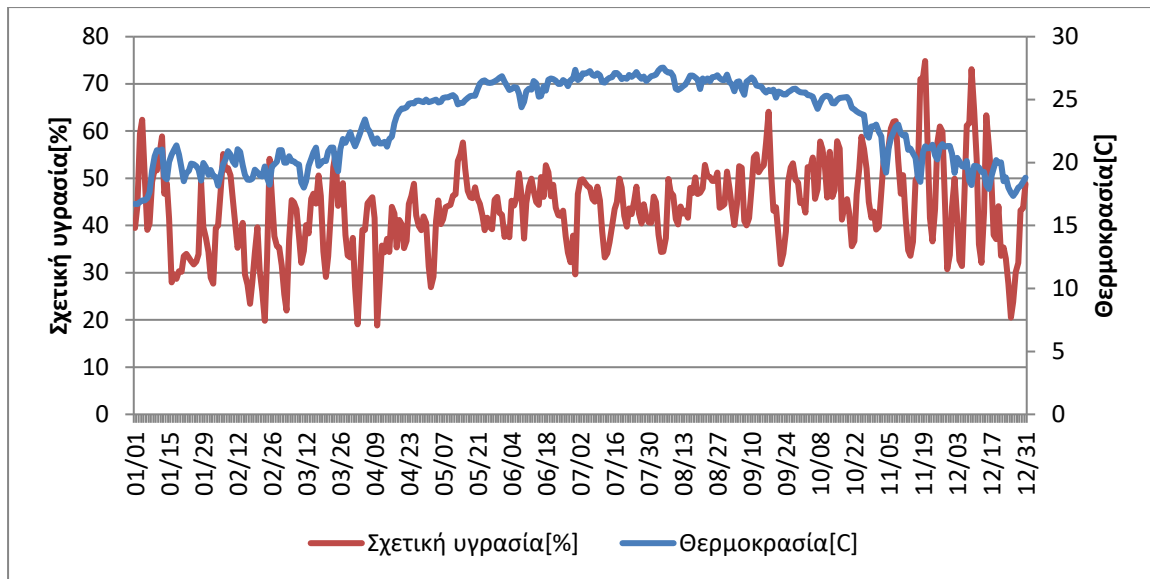
Θερμικές Απώλειες λόγω Παραθύρων(KWh)



Θερμικές Απώλειες λόγω Παραθύρων πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	254.48	90.28	164.21	64.53%
Φεβρουάριος	264.87	90.93	173.94	65.67%
Μάρτιος	258.57	85.07	173.50	67.10%
Απρίλιος	218.04	75.98	142.06	65.15%
Μάιος	177.95	61.90	116.05	65.22%
Ιούνιος	130.39	33.97	96.42	73.95%
Ιούλιος	94.67	26.02	68.65	72.52%
Αύγουστος	97.00	25.66	71.33	73.54%
Σεπτέμβριος	145.10	42.15	102.95	70.95%
Οκτώβριος	200.32	67.60	132.72	66.25%
Νοέμβριος	223.98	74.82	149.16	66.60%
Δεκέμβριος	252.21	90.68	161.52	64.04%
Σύνολο	2317.59	765.06	1552.52	66.99%

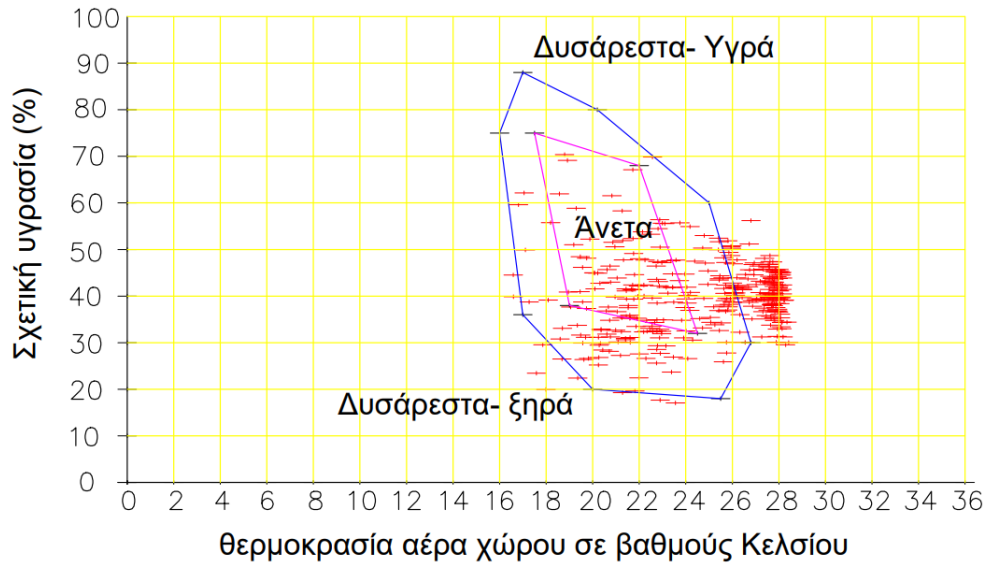
Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων πριν και μετά τη βελτίωση.



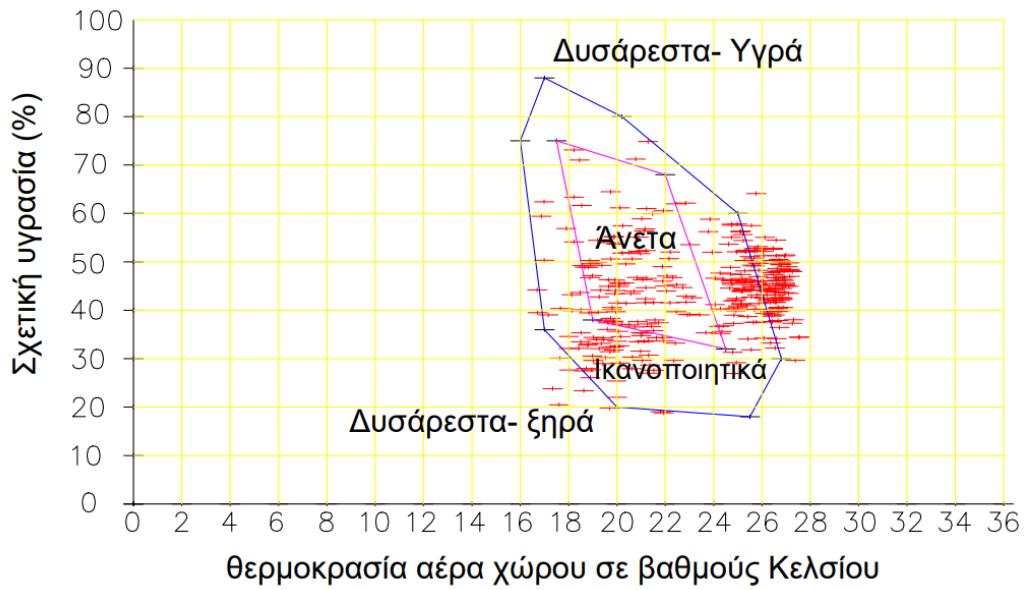
Διάγραμμα μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	20.46	19.22	39.19	41.23
Φεβρουάριος	20.94	19.48	35.46	37.77
Μάρτιος	22.22	20.40	36.49	39.69
Απρίλιος	24.38	23.15	34.97	37.93
Μάιος	26.32	25.53	40.41	43.70
Ιούνιος	27.84	26.06	38.16	43.41
Ιούλιος	27.94	26.84	40.20	43.75
Αύγουστος	27.84	26.70	41.44	45.34
Σεπτέμβριος	27.13	25.90	42.42	47.26
Οκτώβριος	25.37	24.48	44.41	48.25
Νοέμβριος	22.48	21.18	47.26	50.60
Δεκέμβριος	19.99	19.04	41.02	42.92

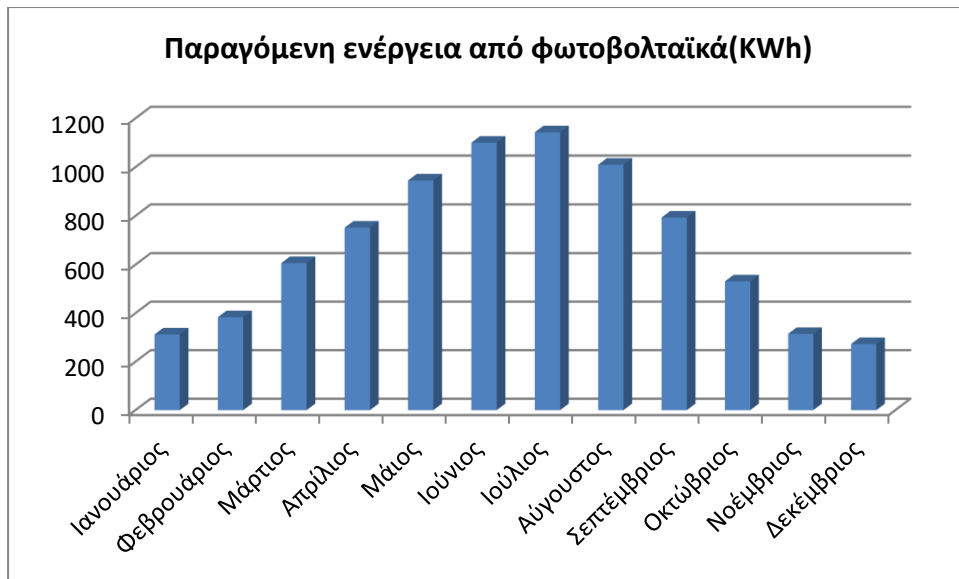
Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις



Ιανουάριος	312.16
Φεβρουάριος	383.40
Μάρτιος	606.55
Απρίλιος	751.73
Μάιος	945.36
Ιούνιος	1100.04
Ιούλιος	1142.59
Αύγουστος	1009.58
Σεπτέμβριος	793.05
Οκτώβριος	531.05
Νοέμβριος	314.44
Δεκέμβριος	272.94
Σύνολο	8162.89

Παραγόμενη ενέργεια από το εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα των ενεργειακών καταναλώσεων και των θερμικών κερδών, η συγκεκριμένη αίθουσα παρουσιάζει αξιοσημείωτη βελτίωση σε πολλούς τομείς. Ο σημαντικότερος δείκτης που αντικατοπτρίζει την ενεργειακή αναβάθμιση της αίθουσας, είναι η μείωση της απαιτούμενης χρονιαίας ενέργειας για την ψύξη του χώρου, η οποία μειώθηκε κατά 36,34%. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομούνται περίπου 4100 KWh, μόνο δηλαδή από την μείωση της κατανάλωσης για ψύξη. Επίσης, πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας προήλθε από την τοποθέτηση του αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού. Με την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού πλέον, παρουσιάζεται μείωση στην

κατανάλωση ενέργειας από τον τεχνητό φωτισμό κατά 64,16%, εξοικονομώντας περίπου 3442 KWh. Η χρονιαία ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, παραμένει πολύ χαμηλή, εξοικονομώντας ελάχιστες κιλοβατώρες. Η αλλαγή των υαλοπινάκων φαίνεται να έπαιξε σημαντικό ρόλο, καθώς τα μεν θερμικά κέρδη λόγω των παραθύρων μειώθηκαν κατά 29,64% και οι θερμικές απώλειες κατά τις 66,99%. Η μείωση των θερμικών κερδών λόγω των παραθύρων καθώς και η θερμομόνωση της νοτιοδυτικής εξωτερικής τοιχοποιίας, βοήθησαν σημαντικά στη μείωση του ρυθμού εισαγωγής της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο και επομένως στην καλύτερευση των συνθηκών εντός της αίθουσας, αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης, σημαντικό ρόλο στη μείωση των συνολικών θερμικών κερδών κι επομένως και στην καλύτερευση των συνθηκών εντός του χώρου, έπαιξε η μειωμένη πλέον λειτουργία του τεχνητού φωτισμού. Τέλος, ο νυχτερινός δροσισμός προκάλεσε θερμική αποσυμφόρηση της αίθουσας την εαρινή περίοδο, καθώς η είσοδος δροσερού αέρα τις βραδινές ώρες επέφερε πτώση των υψηλών θερμοκρασιών.

Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες παρατηρούμε ότι παρέμειναν σχετικά υψηλές τους χειμερινούς μήνες. Αυτό συμβαίνει, διότι παρόλο που τα θερμικά κέρδη λόγω των παραθύρων μειώθηκαν αισθητά, τα μεγάλων διαστάσεων παράθυρα και ο νοτιοδυτικός προσανατολισμός τους, επιτρέπει ακόμα την είσοδο αρκετής ηλιακής ακτινοβολίας στην αίθουσα. Παρατηρώντας το διάγραμμα άνεσης που παρουσιάστηκε παραπάνω, βλέπουμε ότι οι συνθήκες στο εσωτερικό της αίθουσας μετά τις βελτιώσεις, κατατάσσονται σε ικανοποιητικά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με εξαίρεση ενός μέρους της θερινής περιόδου.

Τέλος, όπως φαίνεται στα διαγράμματα, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος ανέρχεται στις 8162,89 KWh ετησίως. **Με δεδομένο λοιπόν, ότι η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση της αίθουσας μετά τις βελτιώσεις ισούται με 9583,69 KWh, η αίθουσα πλέον θα χρειάζεται περίπου 1421 KWh ενέργεια ετησίως από εξωτερικές πηγές. Υπενθυμίζεται, ότι πριν τις βελτιώσεις και την εισαγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος, η αίθουσα χρειαζόταν 17083,62 KWh ετησίως από εξωτερικές πηγές. Επομένως ,ταυτόχρονα με τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης, εξοικονομήθηκαν και τεράστια ποσά ενέργειας ετησίως.**

14.3) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ

Το συγκεκριμένο αμφιθέατρο δεν αντιμετώπιζε σημαντικό πρόβλημα ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση, με το μεγαλύτερο ποσοστό της ενεργειακής του κατανάλωσης ετησίως, να ξοδεύεται για ψύξη του χώρου και τη λειτουργία του τεχνητού φωτισμού. Ωστόσο, με κάποιες βελτιώσεις που έγιναν εξοικονομήθηκε ακόμη περισσότερη ενέργεια. Οι προτάσεις λοιπόν για την ενεργειακή βελτίωσή του είναι οι ακόλουθες:

Α) Τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων στα βορειοανατολικού προσανατολισμού παράθυρα του αμφιθεάτρου.

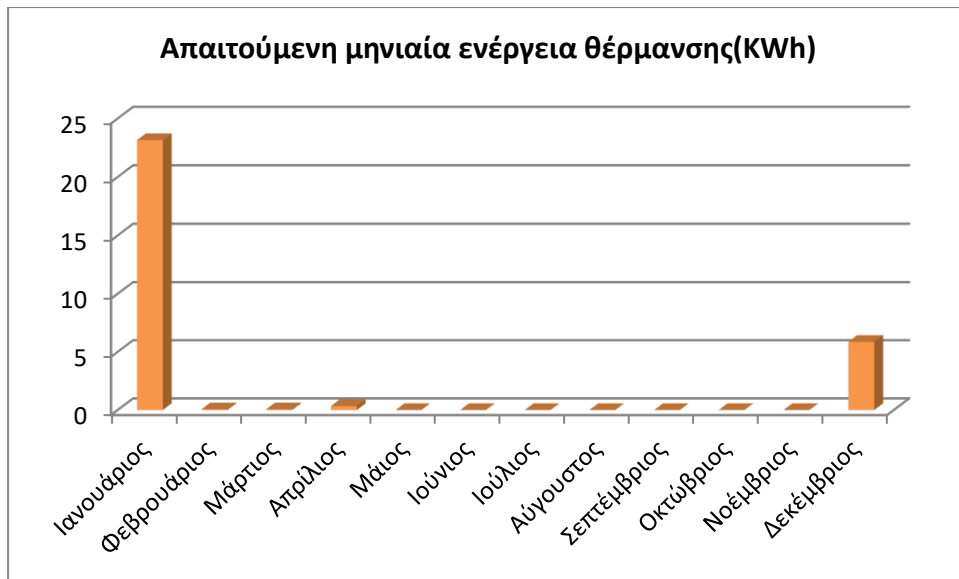
Β) Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στις εξωτερικές τοιχοποιίες.

Γ) Αντικατάσταση των υαλοστασίων με διπλούς υαλοπίνακες e-low 6mm, με στρώση από το υλικό **Αργό** μεταξύ εσωτερικού κι εξωτερικού τζαμιού, όπως αναλύθηκε στην αρχή του κεφαλαίου.

Δ) Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού, το οποίο λειτουργεί με αισθητήρες, οι οποίοι εντοπίζουν τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού στο χώρο και προσαρμόζουν τον τεχνητό φωτισμό αναλόγως.

Ε) Εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού. Ο νυχτερινός δροσισμός προγραμματίστηκε να λειτουργεί από τις 20 Μαΐου έως τις 15 Σεπτεμβρίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ενεργειακά διαγράμματα του συγκεκριμένου αμφιθεάτρου, καθώς και τα διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά την ενεργειακή βελτίωσή του, σύμφωνα με τους παραπάνω τρόπους. Επίσης, θα παρουσιαστούν πίνακες στους οποίους γίνεται σύγκριση των ενεργειακών μεγεθών, των θερμοκρασιών καθώς και των σχετικών υγρασιών πριν και μετά τη βελτίωση.

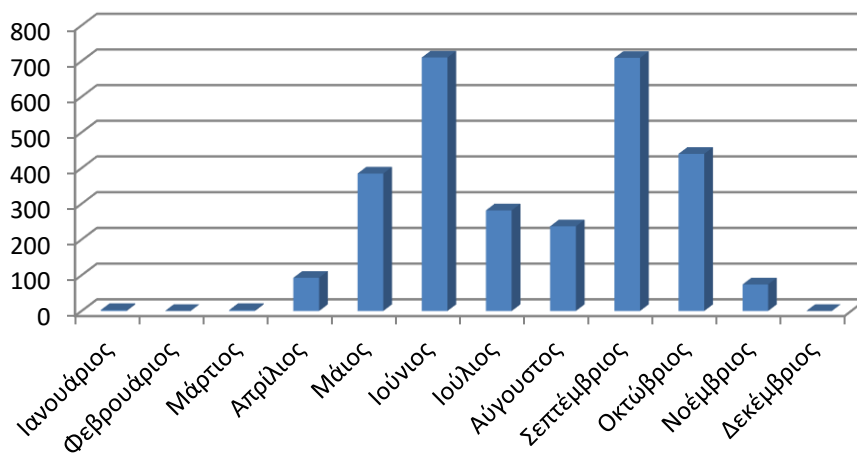


Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	24.62	23.56	1.06	4.31%
Φεβρουάριος	0.13	0.00	0.13	100.00%
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	0.00	0.00	0.00	-
Μάιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	-
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	-
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	-
Νοέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Δεκέμβριος	5.19	5.86	-0.68	-13.07%
Σύνολο	29.93	29.48	0.45	1.50%

Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης πριν και μετά τη βελτίωση.

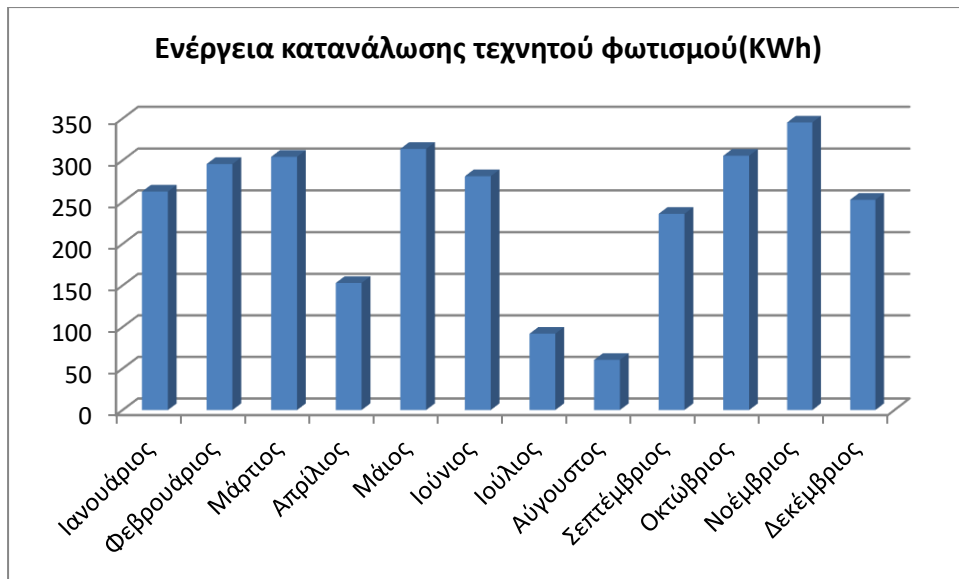
Απαιτούμενη μηνιαία ενέργεια ψύξης(KWh)



Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	15.00	2.74	12.26	81.75%
Απρίλιος	196.96	93.00	103.96	52.78%
Μάιος	637.64	384.75	252.89	39.66%
Ιούνιος	1057.32	710.02	347.30	32.85%
Ιούλιος	462.33	281.65	180.68	39.08%
Αύγουστος	432.44	237.09	195.35	45.17%
Σεπτέμβριος	1159.90	708.91	450.99	38.88%
Οκτώβριος	751.89	472.82	279.07	37.12%
Νοέμβριος	54.28	44.24	10.04	18.50%
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	4767.76	2935.22	1832.53	38.44%

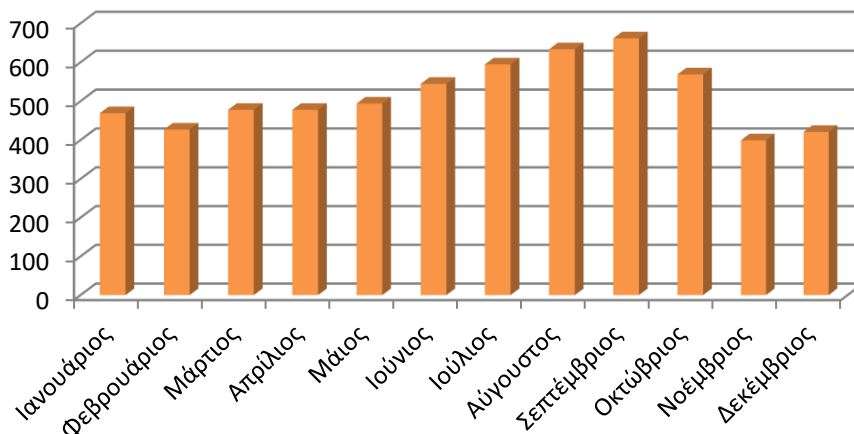
Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης πριν και μετά τη βελτίωση.



Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Τεχνητό Φωτισμό πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Κατανάλωση (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	396.03	262.51	133.52	33.71%
Φεβρουάριος	440.04	295.48	144.55	32.85%
Μάρτιος	484.04	304.14	179.90	37.17%
Απρίλιος	242.02	152.95	89.07	36.80%
Μάιος	506.04	313.64	192.40	38.02%
Ιούνιος	462.04	280.89	181.15	39.21%
Ιούλιος	154.01	91.94	62.07	40.30%
Αύγουστος	110.01	60.41	49.59	45.08%
Σεπτέμβριος	440.04	235.95	204.08	46.38%
Οκτώβριος	506.04	305.39	200.65	39.65%
Νοέμβριος	484.04	345.19	138.85	28.69%
Δεκέμβριος	330.03	252.72	77.30	23.42%
Σύνολο	4554.36	2901.22	1653.14	36.30%

Ενεργειακή κατανάλωση τεχνητού φωτισμού πριν και μετά τη βελτίωση.

Θερμικά κέρδη από παράθυρα(KWh)

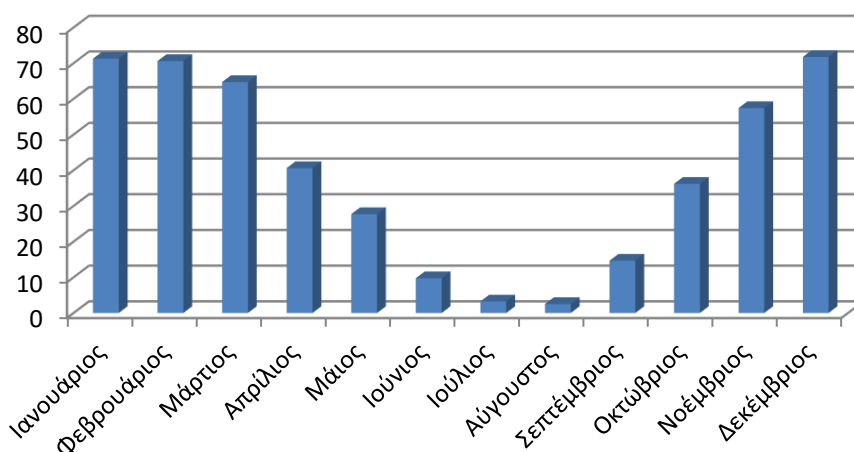


Θερμικά Κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	777.46	469.08	308.38	39.67%
Φεβρουάριος	728.83	427.04	301.79	41.41%
Μάρτιος	842.55	477.74	364.81	43.30%
Απρίλιος	837.66	477.70	359.96	42.97%
Μάιος	838.54	493.75	344.79	41.12%
Ιούνιος	902.99	544.43	358.56	39.71%
Ιούλιος	1008.73	594.36	414.37	41.08%
Αύγουστος	1133.08	633.33	499.74	44.10%
Σεπτέμβριος	1210.07	661.34	548.73	45.35%
Οκτώβριος	1017.15	568.74	448.41	44.08%
Νοέμβριος	680.39	399.37	281.01	41.30%
Δεκέμβριος	687.66	420.87	266.80	38.80%
Σύνολο	10665.13	6167.76	4497.36	42.17%

Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων πριν και μετά τη βελτίωση.

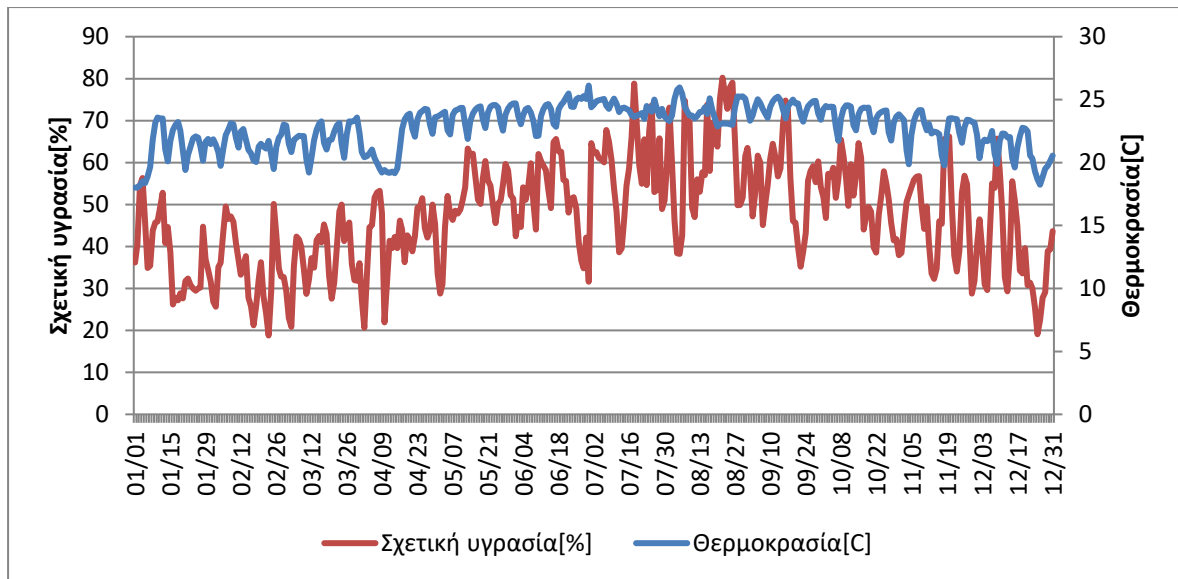
Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)



Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	188.47	71.26	117.21	62.19%
Φεβρουάριος	190.74	70.60	120.14	62.99%
Μάρτιος	179.22	64.71	114.51	63.89%
Απρίλιος	116.54	40.61	75.93	65.15%
Μάιος	83.97	27.72	56.25	66.99%
Ιούνιος	41.50	9.75	31.74	76.50%
Ιούλιος	17.30	3.25	14.05	81.24%
Αύγουστος	18.84	2.53	16.31	86.56%
Σεπτέμβριος	59.63	14.66	44.96	75.41%
Οκτώβριος	110.00	36.20	73.79	67.09%
Νοέμβριος	155.15	57.42	97.73	62.99%
Δεκέμβριος	188.43	71.75	116.67	61.92%
Σύνολο	1349.76	470.47	879.28	65.14%

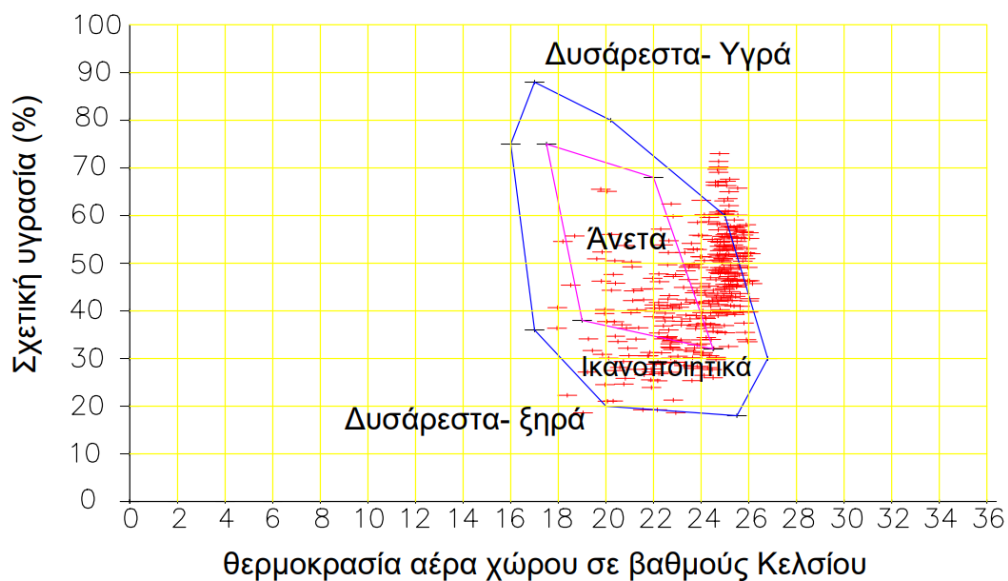
Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων πριν και μετά τη βελτίωση.



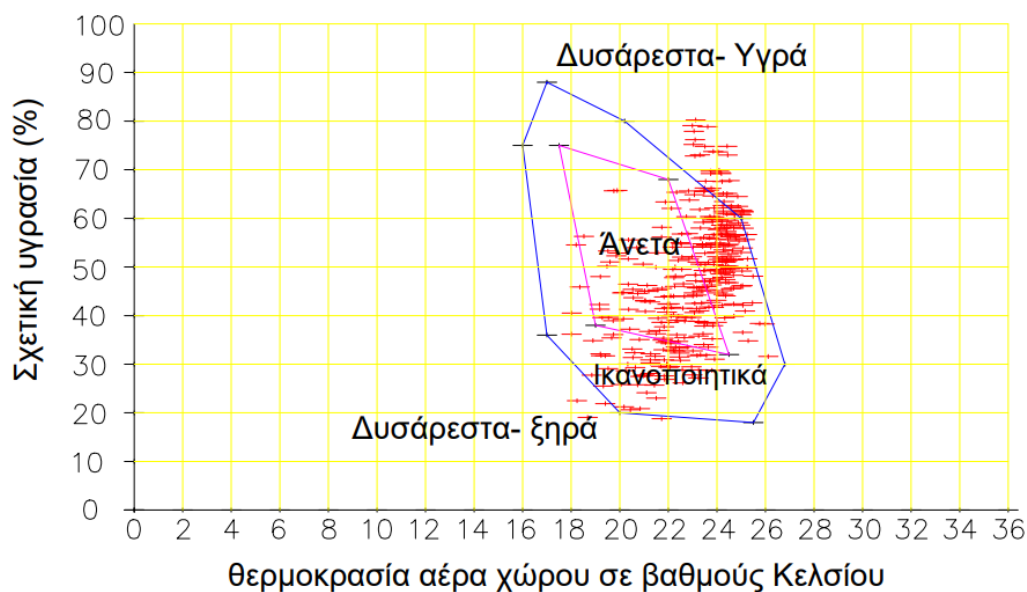
Διάγραμμα θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	21.78	21.10	36.45	37.60
Φεβρουάριος	22.25	21.44	33.38	34.63
Μάρτιος	22.97	22.05	35.23	36.87
Απρίλιος	22.51	21.56	39.45	42.05
Μάιος	24.56	23.79	47.56	50.94
Ιούνιος	25.35	24.25	47.03	51.47
Ιούλιος	25.11	24.28	54.96	58.91
Αύγουστος	25.12	24.13	56.20	61.45
Σεπτέμβριος	25.54	24.34	49.69	55.34
Οκτώβριος	24.55	23.69	48.04	51.76
Νοέμβριος	23.23	22.67	45.25	47.07
Δεκέμβριος	21.50	20.97	38.00	38.92

Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου, παραμένει ουσιαστικά αμετάβλητη, εφόσον και πριν τις βελτιώσεις ήταν ελάχιστη. Η απαιτούμενη ετήσια ενέργεια ψύξης παρουσιάζει μείωση 38,44% που

σημαίνει την εξοικονόμηση σχεδόν 1830 KWh. Επίσης, η λειτουργία του αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αισθητήρες, οδηγεί στην εξοικονόμηση 1653 KWh, μείωση δηλαδή 36,30% της απαιτούμενης ενέργειας για τεχνητό φωτισμό. Η μείωση αυτή της κατανάλωσης ενέργειας για τη λειτουργία του φωτισμού, οδηγεί και σε μειωμένα θερμικά κέρδη λόγω φωτισμού, γεγονός το οποίο διευκολύνει την ψύξη του αμφιθεάτρου, χωρίς να χρειάζεται να καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας. Τα ετήσια θερμικά κέρδη λόγω των παραθύρων παρουσιάζουν μείωση 42,17%, το οποίο ήταν αναμενόμενο με την τοποθέτηση καινούργιων υαλοπινάκων, ενώ και οι θερμικές απώλειες λόγω των παραθύρων μειώθηκαν κατά 65,14%. Επίσης, σημαντικό ρόλο στη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας ψύξης, διαδραματίζει και η εφαρμογή του νυχτερινού δροσισμού, η οποία σε συνδυασμό με το βόρειο προσανατολισμό των παραθύρων, ανακουφίζει το αμφιθέατρο τις νυκτερινές ώρες από τα υψηλά θερμικά φορτία λόγω χρηστών και τεχνητού φωτισμού, κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα άνεσης που παρουσιάστηκε παραπάνω, βλέπουμε ότι τα επίπεδα άνεσης στο εσωτερικό του αμφιθεάτρου, μετά τις βελτιώσεις, κυμαίνονται σε ικανοποιητικά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

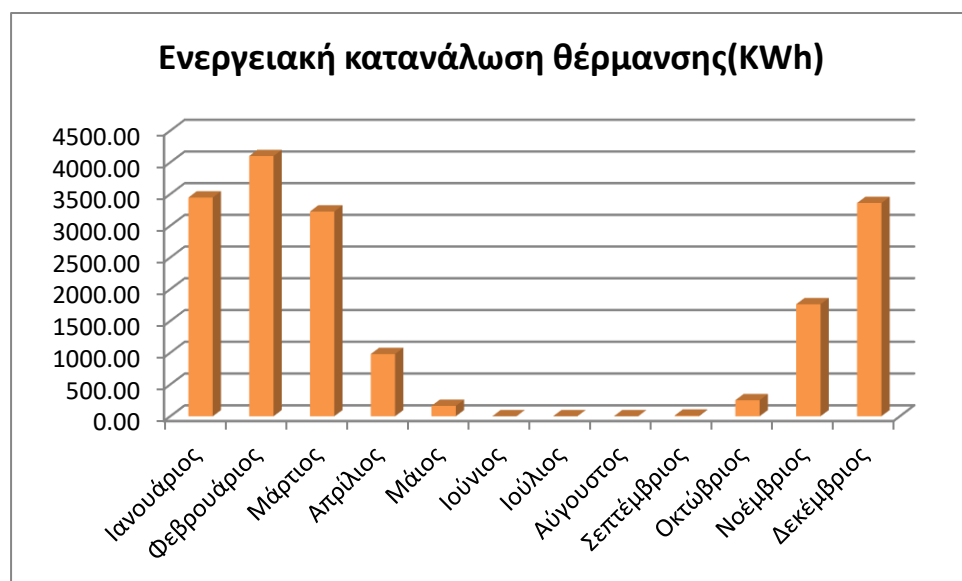
14.4) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Το συγκεκριμένο αμφιθέατρο χαρακτηρίζεται από περισσότερο χαμηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα κατά την περίοδο του χειμώνα. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο ποσοστό στην απουσία παραθύρων, άρα και στην έλλειψη θερμικών κερδών εξ' αιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση λοιπόν, λόγω της έλλειψης ανοιγμάτων στους εξωτερικούς τοίχους, πέραν της **θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους**, ήταν λίγες οι επιλογές για την ενεργειακή αναβάθμιση του αμφιθεάτρου. Γι' αυτό το λόγο, κρίθηκε απαραίτητη η εγκατάσταση **φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή** του αμφιθεάτρου. Με την παρέμβαση αυτή εξοικονομήθηκε πάρα πολλή ενέργεια. Οι προτάσεις λοιπόν για την ενεργειακή βελτίωσή του είναι οι ακόλουθες:

A) **Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του αμφιθεάτρου.** Το ποσοστό της επιφάνειας του δώματος το οποίο καλύφθηκε από ενεργά ηλιακά κύτταρα, επιλέχθηκε με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις του αμφιθεάτρου, ίσο με 0.21. Επομένως, το συνολικό εμβαδόν της εγκατάστασης ισούται με $0.21 \cdot 324 = 68.73 \text{ m}^2$. Η διαδικασία εισαγωγής των φωτοβολταϊκών πάνελ στο **energy plus** παρουσιάστηκε στην εισαγωγή του κεφαλαίου.

Β) Τοποθέτηση εσωτερικής θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους.

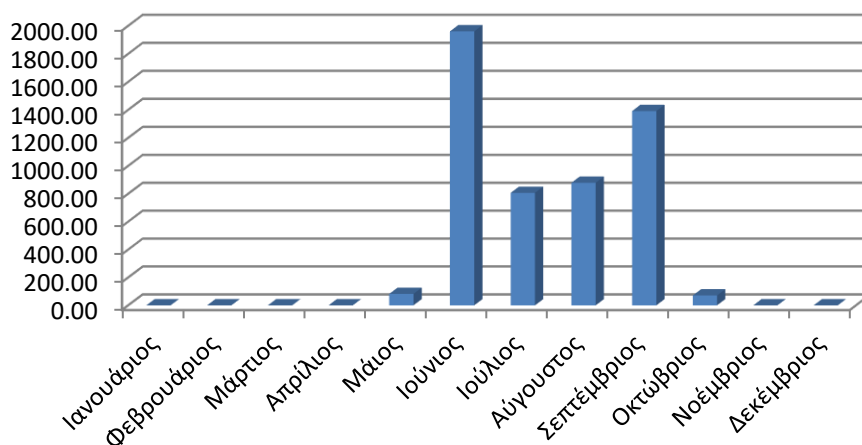
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ενεργειακά διαγράμματα του συγκεκριμένου αμφιθεάτρου, καθώς και τα διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά την ενεργειακή βελτίωσή του, σύμφωνα με τους παραπάνω τρόπους. Επίσης, θα παρουσιαστούν πίνακες στους οποίους γίνεται σύγκριση των ενεργειακών μεγεθών, των θερμοκρασιών καθώς και των σχετικών υγρασιών πριν και μετά τη βελτίωση.



Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	2069.67	3446.93	-1377.26	-66.54%
Φεβρουάριος	2708.66	4100.45	-1391.79	-51.38%
Μάρτιος	1747.47	3225.90	-1478.42	-84.60%
Απρίλιος	405.73	980.12	-574.39	-141.57%
Μάιος	10.62	164.91	-154.28	-1452.36%
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	-
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	-
Σεπτέμβριος	0.00	11.21	-11.21	-
Οκτώβριος	14.31	253.35	-239.04	-1670.12%
Νοέμβριος	786.17	1764.30	-978.13	-124.42%
Δεκέμβριος	2090.47	3360.79	-1270.32	-60.77%
Σύνολο	9833.10	17307.94	-7474.84	-76.02%

Ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης πριν και μετά τη βελτίωση.

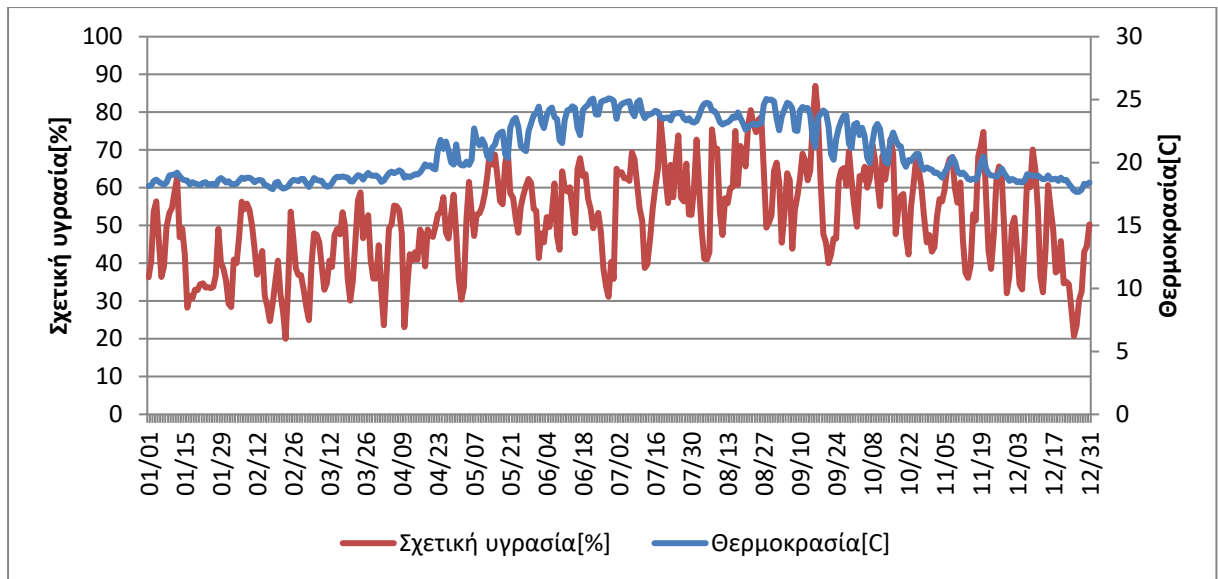
Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης(KWh)



Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	0.00	0.00	0.00	-
Μάιος	66.93	82.11	-15.18	-22.68%
Ιούνιος	1943.57	1960.56	-16.99	-0.87%
Ιούλιος	800.15	805.93	-5.78	-0.72%
Αύγουστος	876.33	878.72	-2.39	-0.27%
Σεπτέμβριος	1351.78	1391.21	-39.44	-2.92%
Οκτώβριος	52.25	71.22	-18.97	-36.31%
Νοέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	5091.00	5189.76	-98.76	-1.94%

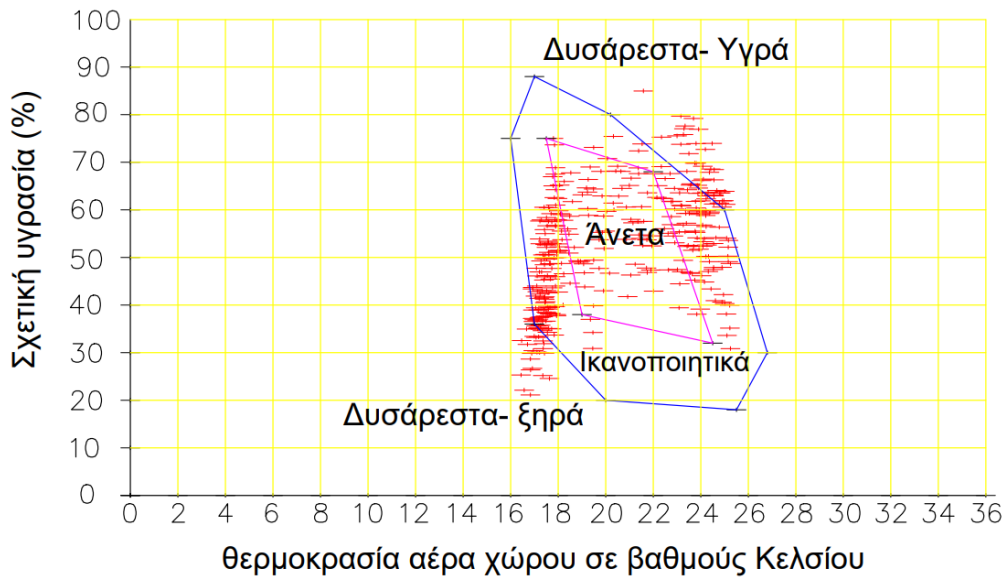
Ενεργειακή κατανάλωση ψύξης πριν και μετά τη βελτίωση.



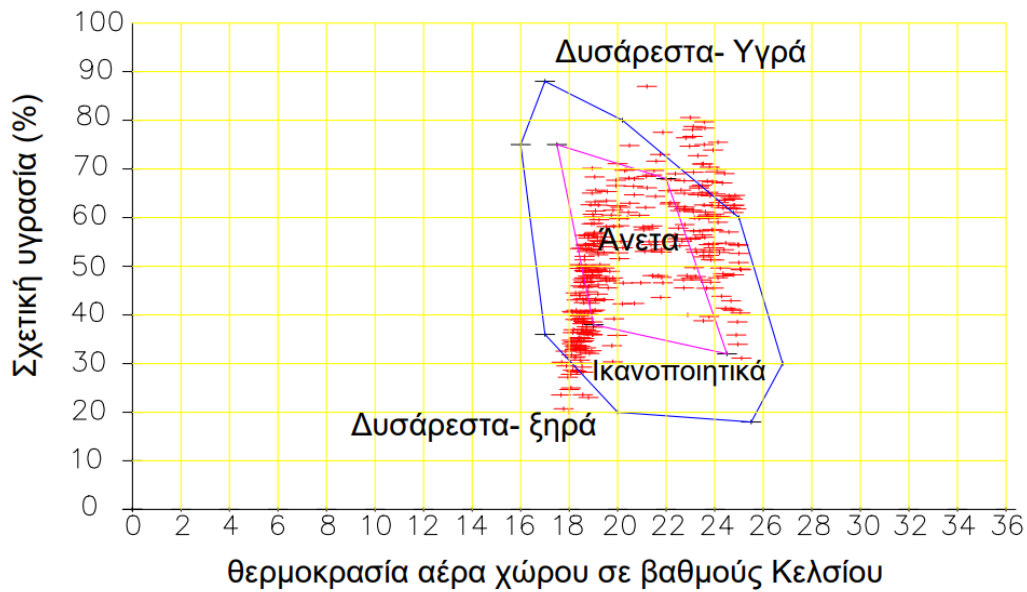
Διάγραμμα θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	17.36	18.51	44.18	41.47
Φεβρουάριος	17.26	18.41	41.82	39.30
Μάρτιος	17.59	18.67	44.66	42.15
Απρίλιος	18.92	19.67	47.77	45.80
Μάιος	21.57	21.59	55.92	55.91
Ιούνιος	24.17	23.98	50.75	51.38
Ιούλιος	24.16	23.93	59.38	60.22
Αύγουστος	23.97	23.76	61.92	62.74
Σεπτέμβριος	23.34	23.14	59.01	59.75
Οκτώβριος	20.90	21.06	59.17	58.70
Νοέμβριος	18.45	19.23	56.37	54.10
Δεκέμβριος	17.37	18.53	46.38	43.48

Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και σχετικές υγρασίες πριν και μετά τις βελτιώσεις



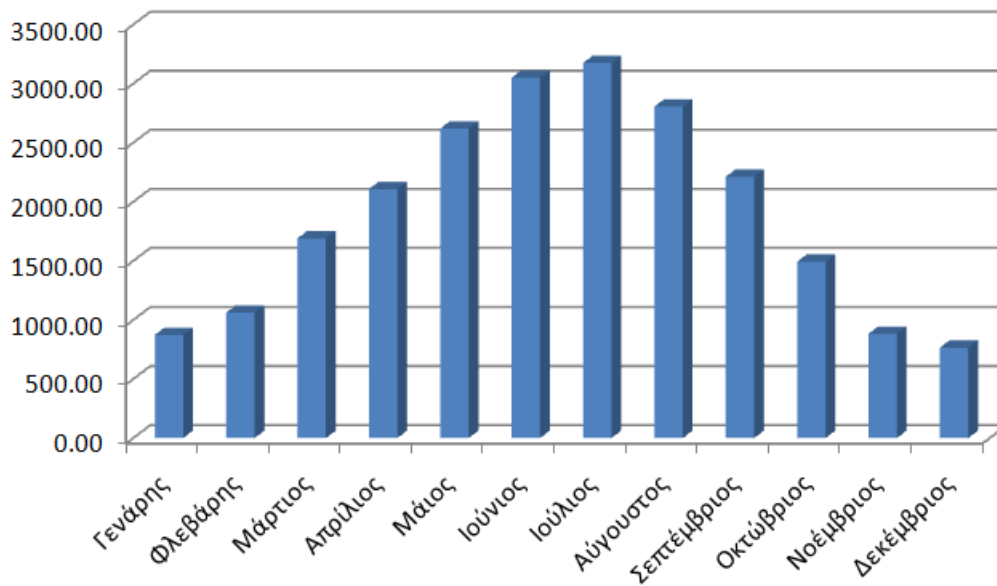
Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Παρατηρούμε πως μετά τις βελτιώσεις στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου οι τιμές θερμικής άνεσης βρίσκονται μέσα στην ικανοποιητική και άνετη ζώνη.

Παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταικά(κwh)



Γενάρης	872.10
Φλεβάρης	1060.33
Μάρτιος	1689.69
Απρίλιος	2106.96
Μάιος	2620.01
Ιούνιος	3050.34
Ιούλιος	3174.46
Αύγουστος	2805.96
Σεπτέμβριος	2211.52
Οκτώβριος	1492.64
Νοέμβριος	882.15
Δεκέμβριος	764.94
Χρονιαία	22731.10

Παραγόμενη ενέργεια από το εγκατεστημένο φωτοβολταικό σύστημα

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω διαγράμματα, μετά τις βελτιώσεις η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης αυξήθηκε κατά 43,19%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια ψύξης αυξήθηκε κατά 1,90%.

Δεν ήταν δυνατή η εξοικονόμηση ενέργειας με ταυτόχρονη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στο συγκεκριμένο αμφιθέατρο, γεγονός το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην έλλειψη θερμικών κερδών λόγω παραθύρων. Με την

εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος όμως στο δώμα του αμφιθεάτρου, εξοικονομούνται ετησίως 22731,10 KWh ,όπως φαίνεται από το διάγραμμα και τον πίνακα παραπάνω. Με δεδομένο λοιπόν, ότι η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του αμφιθεάτρου μετά τις βελτιώσεις ισούται με 29582,89 KWh,το αμφιθέατρο πλέον θα χρειάζεται περίπου 6851,79 KWh ενέργεια ετησίως από εξωτερικές πηγές. Υπενθυμίζεται, ότι πριν τις βελτιώσεις και την εισαγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος, το αμφιθέατρο χρειαζόταν 22009,90 KWh ετησίως από εξωτερικές πηγές. Επομένως, ταυτόχρονα με τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης, εξοικονομήθηκαν και τεράστια ποσά ενέργειας ετησίως.

14.5) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 20 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Για την αίθουσα 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου δοκιμάστηκαν και κρίθηκαν σημαντικές όλες οι προτάσεις βελτίωσης και πιο συγκεκριμένα α) τοποθέτηση αυτόματου συστήματος ελέγχου του τεχνητού φωτισμού, β) αλλαγή των μονών υαλοπινάκων με εξωτερικό τζάμι Low-e 6mm, 13mm αργό και εσωτερικό τζάμι Low-e 6mm, γ) τοποθέτηση εξωτερικών οριζόντιων σκιάστρων στα παράθυρα, δ) αλλαγή των κουφωμάτων των παραθύρων με θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου, ε) μόνωση του εξωτερικού τοίχου και της ταράτσας της αίθουσας, στ) εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού από 20 Μαΐου έως 15 Σεπτεμβρίου και ζ) εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή της αίθουσας.

Πιο αναλυτικά, διαθέτοντας τρία μεγάλα βορειοανατολικά παράθυρα, αποδείχθηκε αποτελεσματική η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με τους προαναφερθέντος υαλοπίνακες Low-e καθώς επίσης και η εγκατάσταση εξωτερικών οριζόντιων σκιάστρων πάνω από τα παράθυρα. Το αποτέλεσμα είναι σημαντική πτώση των θερμικών κερδών και απωλειών από τα παράθυρα που μεταφράζεται σε μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξης της αίθουσας διατηρώντας ταυτόχρονα επαρκή προσέλευση φυσικού φωτός σε αυτήν. Το τελευταίο έρχεται σε αρμονία με την τοποθέτηση συστήματος ελέγχου του τεχνητού φωτισμού όπου λόγω της μειωμένης πλέον χρήσης του αποθηκεύεται ηλεκτρική ενέργεια σε ετήσια μέτρηση κατά 61,45% και πιο συγκεκριμένα από 4695,14 KW σε 1809,94 KW.

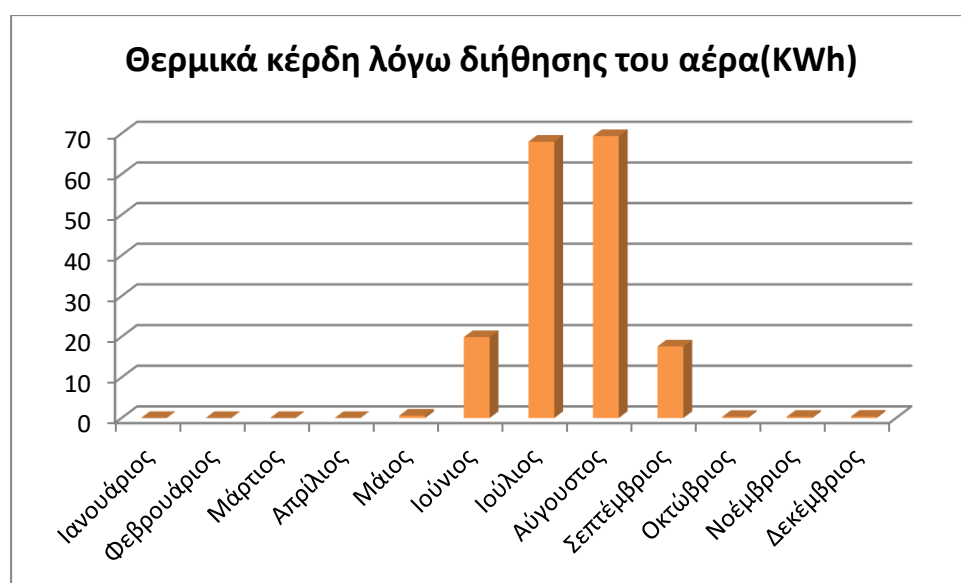
Επιπλέον, σημαντική είναι και η αλλαγή των παλιών κουφωμάτων των παραθύρων καθώς κάτι τέτοιο συνεισφέρει στην μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών της αίθουσας λόγω της διήθησης του αέρα και κατ' επέκταση στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Επίσης, εξίσου αποτελεσματική είναι η τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού στους εξωτερικούς τοίχους της αίθουσας και της ταράτσας καθώς και η εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού για την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες καθώς μειώνεται σε μεγάλο βαθμό η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης και ψύξης της αίθουσας με κάθε μέτρο αντίστοιχα.

Η συνδυασμένη εφαρμογή όλων των προτάσεων αποφέρει μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη για όλο το χρόνο κατά 81,99% και 44,91% αντίστοιχα και πιο συγκεκριμένα από 1479,05 KW σε 266,44 KW και από 5254,04 KW σε 2894,67 KW αντίστοιχα.

Τέλος, το ποσοστό της επιφάνειας του δώματος το οποίο καλύφθηκε από ενεργά ηλιακά κύτταρα, επιλέχθηκε με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις της αίθουσας, ίσο με 0.07. Επομένως, το συνολικό εμβαδόν της εγκατάστασης ισούται με $0.07 \cdot 114.94 = 8.05 \text{m}^2$.

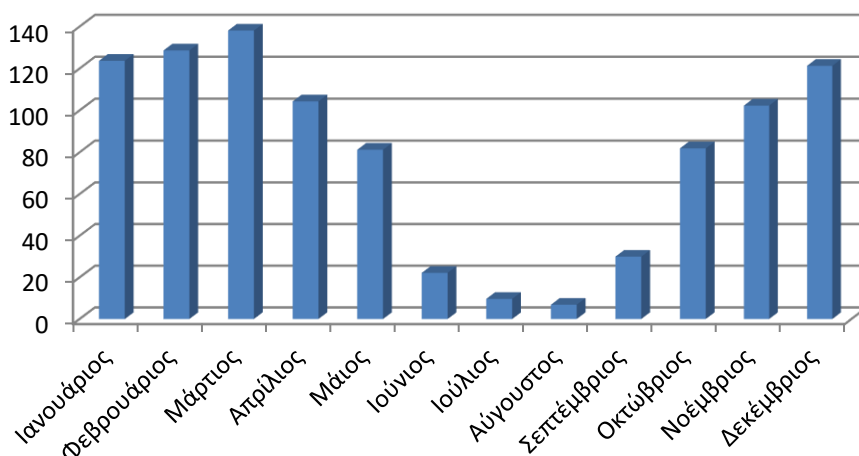
Ακολουθούν αναλυτικά διαγράμματα μηνιαίων μετρήσεων της αίθουσας καθώς και οι αντίστοιχοι πίνακες με την καταγραφή των ενεργειακών μετρήσεων πριν και μετά τις βελτιώσεις και το ποσοστό μείωσης των ενεργειών αυτών.



Θερμικά Κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	0.06	0.01	0.05	78.21%
Μάιος	3.14	0.58	2.57	81.66%
Ιούνιος	47.45	19.89	27.56	58.08%
Ιούλιος	137.41	67.96	69.45	50.54%
Αύγουστος	140.09	69.35	70.74	50.50%
Σεπτέμβριος	41.22	17.61	23.61	57.27%
Οκτώβριος	1.62	0.28	1.34	82.84%
Νοέμβριος	1.41	0.28	1.12	79.79%
Δεκέμβριος	1.03	0.33	0.70	67.84%
Σύνολο	373.42	176.29	197.13	52.79%

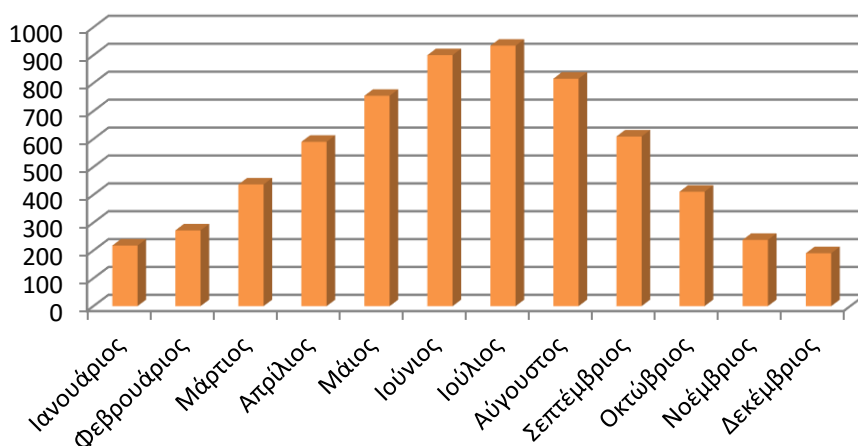
Θερμικές απώλειες λόγω διήθησης του αέρα(KWh)



Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	195.93	123.65	72.28	36.89%
Φεβρουάριος	207.86	128.58	79.28	38.14%
Μάρτιος	222.32	138.08	84.24	37.89%
Απρίλιος	185.56	104.27	81.29	43.81%
Μάιος	159.88	81.21	78.67	49.21%
Ιούνιος	82.91	22.17	60.74	73.25%
Ιούλιος	49.12	9.66	39.46	80.34%
Αύγουστος	40.65	6.84	33.81	83.17%
Σεπτέμβριος	68.79	29.92	38.87	56.51%
Οκτώβριος	124.63	81.88	42.75	34.30%
Νοέμβριος	142.75	102.25	40.49	28.37%
Δεκέμβριος	185.71	121.25	64.46	34.71%
Σύνολο	1666.11	949.76	716.35	43.00%

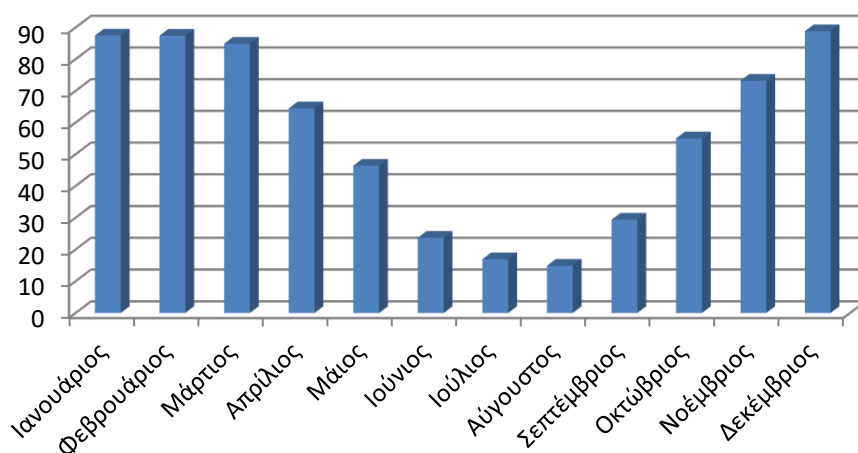
Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)



Θερμικά Κέρδη από τα παραθύρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	406.74	217.68	189.07	46.48%
Φεβρουάριος	499.42	272.10	227.32	45.52%
Μάρτιος	826.93	437.13	389.80	47.14%
Απρίλιος	1152.00	590.01	561.99	48.78%
Μάιος	1474.62	754.58	720.04	48.83%
Ιούνιος	1793.35	900.08	893.27	49.81%
Ιούλιος	1873.39	933.95	939.44	50.15%
Αύγουστος	1616.90	815.89	801.01	49.54%
Σεπτέμβριος	1167.34	609.01	558.32	47.83%
Οκτώβριος	812.80	411.09	401.71	49.42%
Νοέμβριος	476.50	238.02	238.49	50.05%
Δεκέμβριος	353.41	190.15	163.26	46.20%
Σύνολο	12453.40	6369.69	6083.70	48.85%

Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)

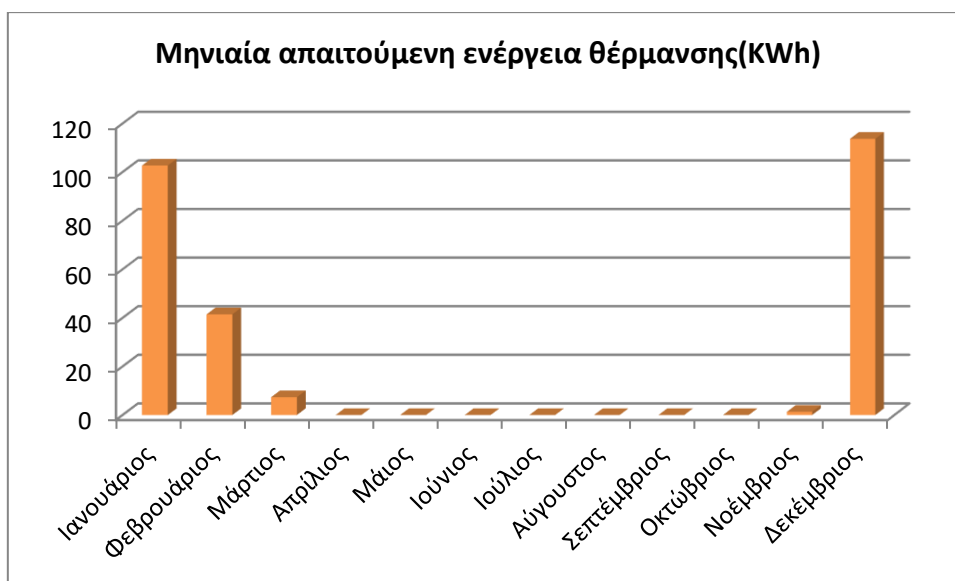


Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	311.04	87.47	223.57	71.88%
Φεβρουάριος	338.15	87.42	250.73	74.15%
Μάρτιος	341.52	84.88	256.65	75.15%
Απρίλιος	288.36	64.49	223.87	77.64%
Μάιος	269.35	46.39	222.97	82.78%
Ιούνιος	214.35	23.71	190.64	88.94%
Ιούλιος	167.65	16.94	150.70	89.89%
Αύγουστος	161.67	14.88	146.79	90.79%
Σεπτέμβριος	195.93	29.39	166.54	85.00%
Οκτώβριος	237.21	55.02	182.19	76.80%
Νοέμβριος	266.98	73.21	193.77	72.58%
Δεκέμβριος	311.39	88.82	222.57	71.48%
Σύνολο	3103.61	672.62	2430.99	78.33%



Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό πριν και μετά τις βελτιώσεις

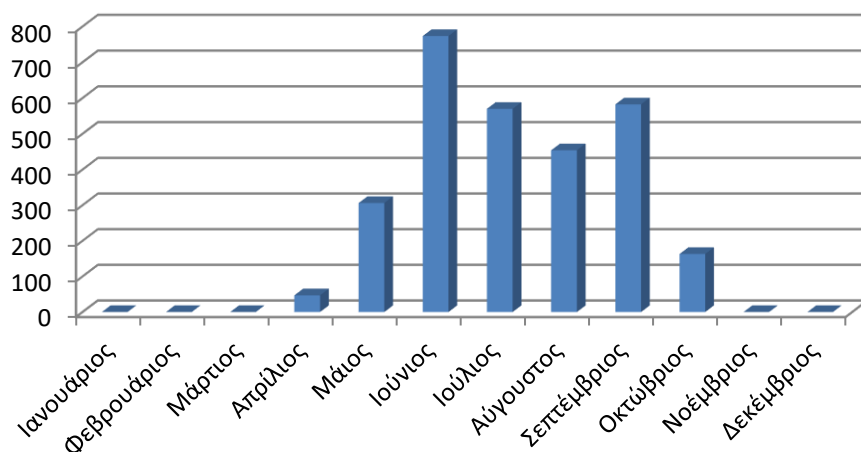
Μήνας	Κατανάλωση (kWh)		Μείωση (kWh)	Ποσοστιαία μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	408,273	190,728	217,545	53,28%
Φεβρουάριος	453,636	188,047	265,590	58,55%
Μάρτιος	499,000	175,942	323,058	64,74%
Απρίλιος	249,500	82,052	167,448	67,11%
Μάιος	521,682	161,859	359,823	68,97%
Ιούνιος	476,318	144,328	331,991	69,70%
Ιούλιος	158,773	48,011	110,762	69,76%
Αύγουστος	113,409	36,167	77,242	68,11%
Σεπτέμβριος	453,636	150,485	303,151	66,83%
Οκτώβριος	521,682	210,911	310,771	59,57%
Νοέμβριος	499,000	241,801	257,199	51,54%
Δεκέμβριος	340,227	179,611	160,616	47,21%
Σύνολο	4695,136	1809,941	2885,195	61,45%



Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

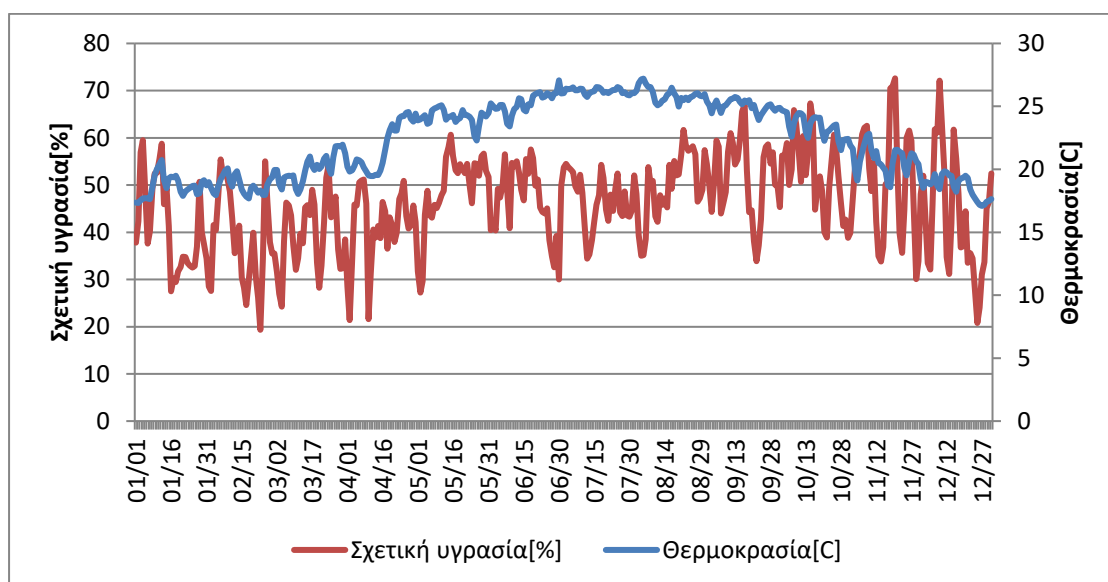
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	407.76	102.67	305.09	74.82%
Φεβρουάριος	334.33	41.44	292.89	87.60%
Μάρτιος	119.99	7.32	112.66	93.90%
Απρίλιος	25.56	0.00	25.56	100.00%
Μάιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	-
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	-
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	-
Νοέμβριος	92.97	1.31	91.65	98.59%
Δεκέμβριος	498.45	113.69	384.76	77.19%
Σύνολο	1479.05	266.44	1212.61	81.99%

Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια ψύξης(KWh)

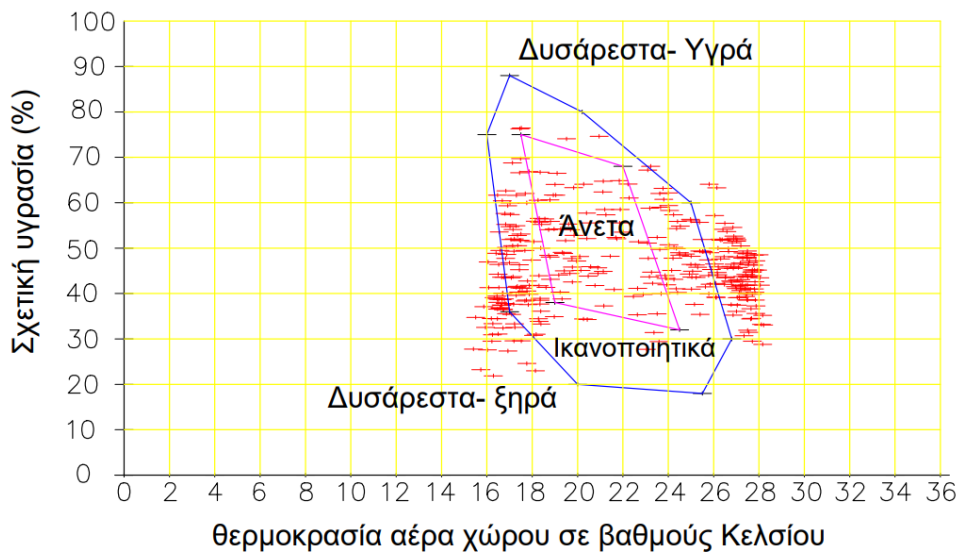


Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

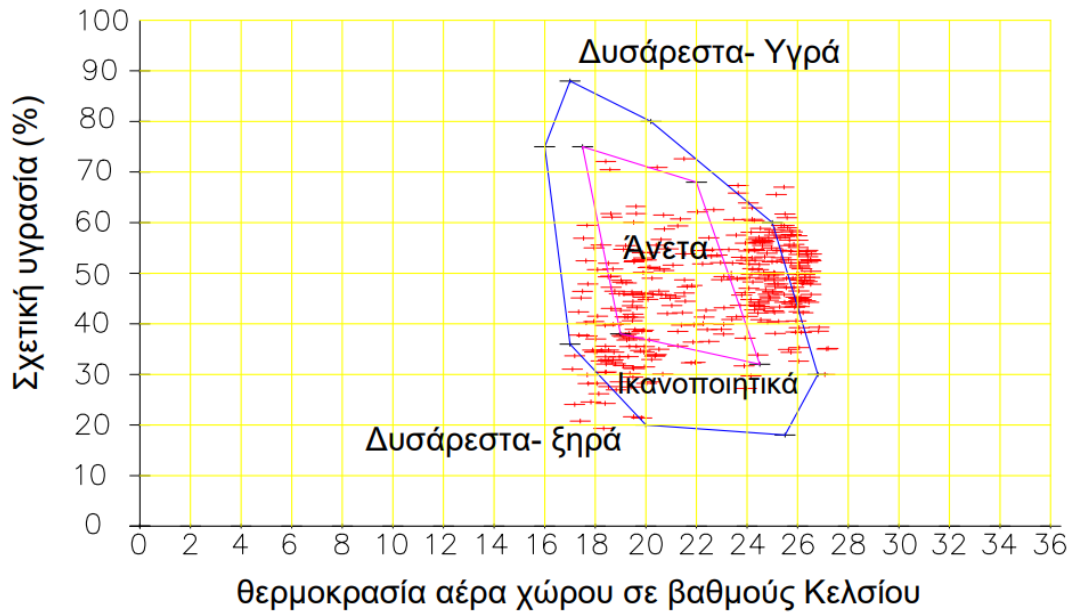
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	76.49	46.91	29.58	38.67%
Μάιος	555.99	305.99	250.00	44.97%
Ιούνιος	1431.35	773.20	658.15	45.98%
Ιούλιος	1183.36	569.65	613.71	51.86%
Αύγουστος	964.52	453.83	510.69	52.95%
Σεπτέμβριος	847.83	582.17	265.66	31.33%
Οκτώβριος	194.48	162.92	31.57	16.23%
Νοέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	5254.04	2894.67	2359.37	44.91%



Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	17.11	18.65	45.08	41.29
Φεβρουάριος	17.09	18.73	42.25	38.47
Μάρτιος	18.52	20.07	42.76	39.37
Απρίλιος	21.05	21.70	42.45	41.22
Μάιος	24.75	24.15	45.96	49.27
Ιούνιος	27.07	25.30	40.82	46.81
Ιούλιος	27.59	26.21	42.51	46.96
Αύγουστος	27.32	25.97	44.93	49.81
Σεπτέμβριος	25.64	25.05	49.19	52.07
Οκτώβριος	22.56	23.50	54.45	52.36
Νοέμβριος	19.00	20.80	55.52	50.73
Δεκέμβριος	16.90	18.62	47.83	43.29

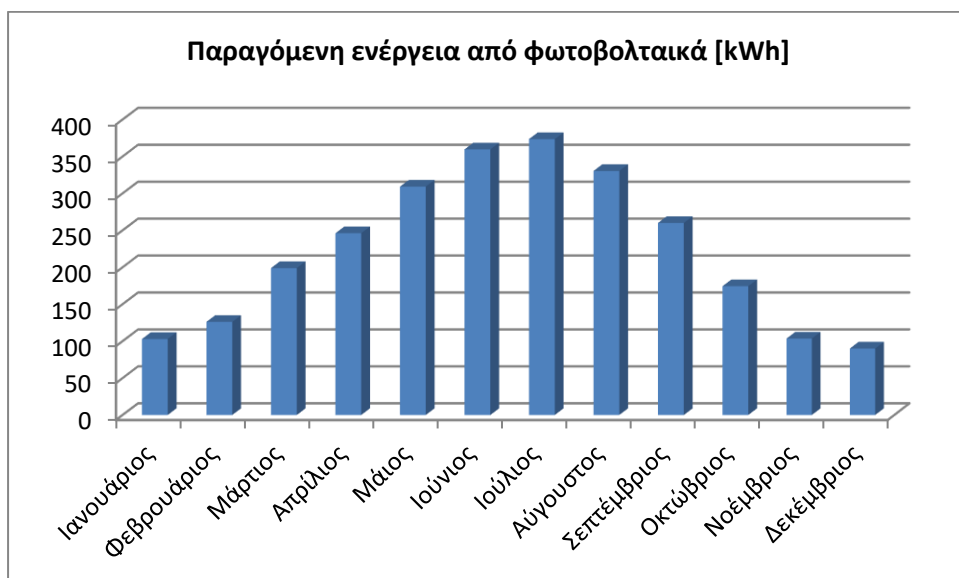


Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων παρατηρείται στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, οι συνθήκες θερμικής άνεσης της αίθουσας είναι κυρίως μέσα σε ικανοποιητικά και άνετα επίπεδα.



Παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά [kWh]	
Ιανουάριος	102,862
Φεβρουάριος	126,042
Μάρτιος	198,879
Απρίλιος	246,073
Μάιος	309,121
Ιούνιος	359,474
Ιούλιος	373,441
Αύγουστος	330,282
Σεπτέμβριος	259,934
Οκτώβριος	174,363
Νοέμβριος	103,424
Δεκέμβριος	89,953
Σύνολο	2673,847

Σε αριθμούς, η αίθουσα 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου χρειάζεται ετησίως **11683,30 kWh** για την λειτουργία της και μετά την εφαρμογή των προτάσεων βελτίωσης χρειάζεται **5226,65 kWh** δηλαδή μείωση κατά **55,26%**. Τα φωτοβολταϊκά που είναι σχεδιασμένα να τοποθετηθούν παράγουν συνολική ενέργεια ετησίως **2673,847 kWh**.

14.6) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Παρομοίως για την αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών αποδείχθηκαν αποτελεσματικές οι περισσότερες προτάσεις όπως είναι, α) η τοποθέτηση αυτόματου συστήματος ελέγχου του τεχνητού φωτισμού, β) τοποθέτηση εξωτερικών οριζόντιων σκιάστρων, γ) αλλαγή των κουφωμάτων των παραθύρων, δ) μόνωση των εξωτερικών τοίχων και του δώματος και ε) εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσίσιμου από 20 Μαΐου έως 15 Σεπτεμβρίου.

Οι αλλαγές αυτές προσφέρουν, όπως σε όλες τις αίθουσες, σημαντική μείωση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών λόγω της διήθησης του αέρα και συνολικά μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη της αίθουσας καθόλη την διάρκεια του χρόνου. Πρέπει να σημειωθεί πως, η χρήση διπλών υαλοπινάκων Low-e με αέριο

αργό ενδιάμεσα δεν είναι αποτελεσματική και προτείνεται η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς υαλοπίνακες καθώς συνεισφέρει στην μείωση θερμικών κερδών και απωλειών από τα παράθυρα και κατ'επέκταση στην μείωση απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη της αίθουσας για όλο το χρόνο.

Η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται στο 52,25% όπου από 5365,87 KW χρειάζονται 2562,30 KW ενώ η μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη πέφτει κατά 87,42% και 43,27% αντίστοιχα και πιο συγκεκριμένα από 4133,75 KW σε 519,85 KW και από 10711,15 KW σε 6076,25 KW.

Τέλος, το ποσοστό της επιφάνειας του δώματος το οποίο καλύφθηκε από ενεργά ηλιακά κύτταρα, επιλέχθηκε με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις της αίθουσας, ίσο με 0.12. Επομένως, το συνολικό εμβαδόν της εγκατάστασης ισούται με $0.12 \cdot 138,02 = 16,56 \text{m}^2$.

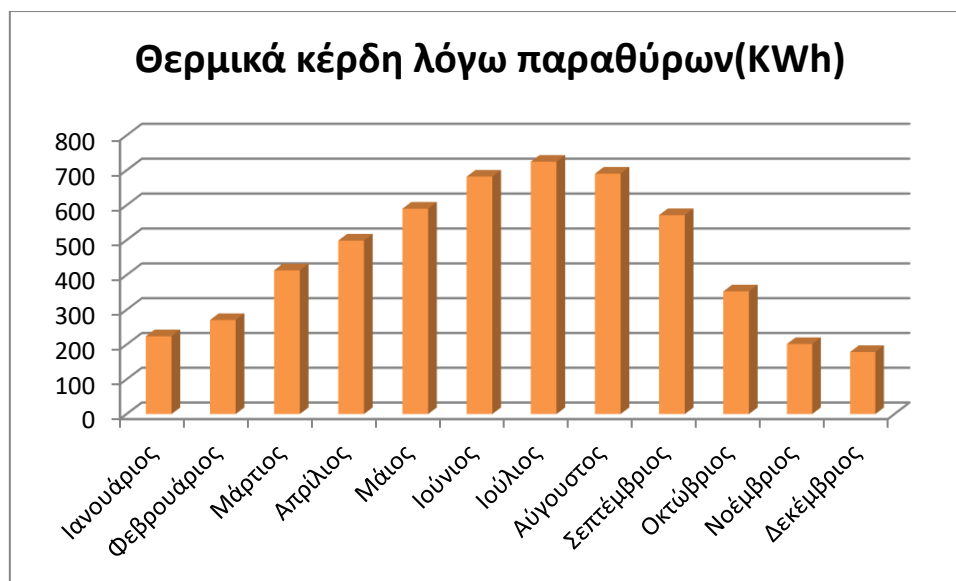
Ακολουθούν αναλυτικά διαγράμματα μηνιαίων μετρήσεων της αίθουσας καθώς και οι αντίστοιχοι πίνακες με την καταγραφή των ενεργειακών μετρήσεων πριν και μετά τις βελτιώσεις και το ποσοστό μείωσης των ενεργειών αυτών.



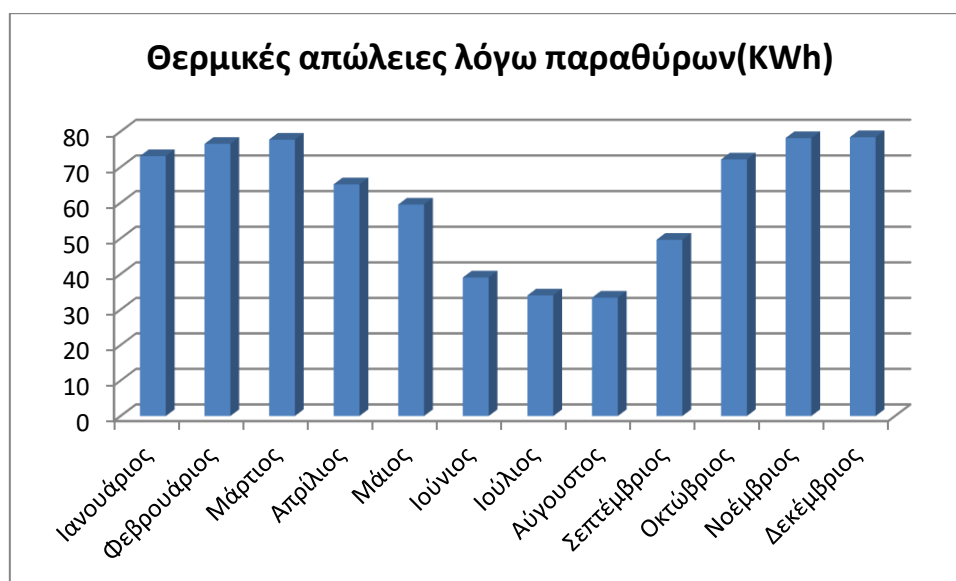
Θερμικά Κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.78	0.00	0.78	100.00%
Φεβρουάριος	0.31	0.00	0.31	100.00%
Μάρτιος	0.01	0.00	0.01	100.00%
Απρίλιος	0.02	0.02	0.00	0.00%
Μάιος	8.27	2.02	6.25	75.57%
Ιούνιος	56.26	24.90	31.35	55.73%
Ιούλιος	155.37	80.75	74.63	48.03%
Αύγουστος	162.01	86.06	75.95	46.88%
Σεπτέμβριος	67.42	32.86	34.56	51.26%
Οκτώβριος	4.11	0.64	3.47	84.37%
Νοέμβριος	2.14	0.14	2.01	93.64%
Δεκέμβριος	2.85	0.37	2.48	87.06%
Σύνολο	459.55	227.76	231.79	50.44%



Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	182.45	130.07	52.38	28.71%
Φεβρουάριος	192.73	137.14	55.59	28.84%
Μάρτιος	222.66	152.04	70.62	31.72%
Απρίλιος	212.21	124.16	88.05	41.49%
Μάιος	192.11	101.71	90.40	47.06%
Ιούνιος	135.88	35.91	99.98	73.57%
Ιούλιος	107.42	25.15	82.27	76.59%
Αύγουστος	98.89	20.50	78.39	79.27%
Σεπτέμβριος	114.18	49.93	64.25	56.27%
Οκτώβριος	140.78	109.59	31.19	22.16%
Νοέμβριος	136.96	137.17	-0.21	-0.15%
Δεκέμβριος	163.05	134.32	28.73	17.62%
Σύνολο	1899.32	1157.69	741.63	39.05%



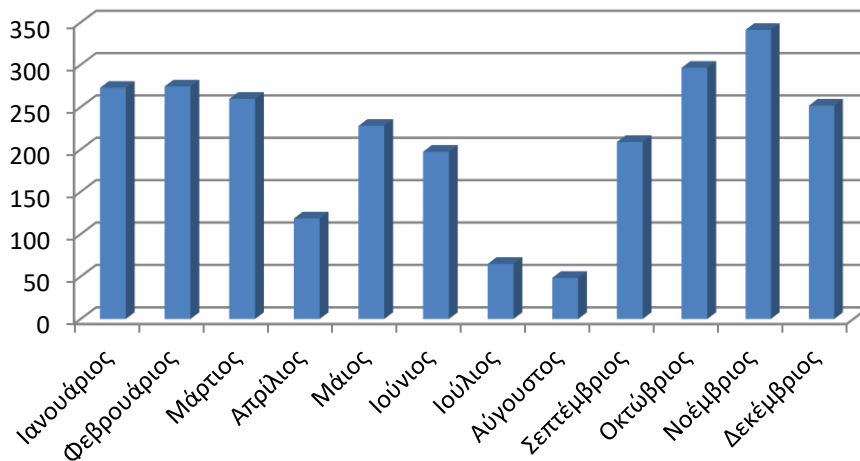
Θερμικά Κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	305.31	223.83	81.48	26.69%
Φεβρουάριος	363.81	270.59	93.22	25.62%
Μάρτιος	552.85	413.55	139.30	25.20%
Απρίλιος	671.21	498.76	172.45	25.69%
Μάιος	832.79	590.10	242.69	29.14%
Ιούνιος	982.34	681.97	300.37	30.58%
Ιούλιος	1034.97	724.57	310.41	29.99%
Αύγουστος	945.18	690.53	254.65	26.94%
Σεπτέμβριος	755.85	571.63	184.22	24.37%
Οκτώβριος	485.62	352.98	132.64	27.31%
Νοέμβριος	290.22	201.59	88.63	30.54%
Δεκέμβριος	252.44	178.66	73.78	29.23%
Σύνολο	7472.58	5398.75	2073.83	27.75%



Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

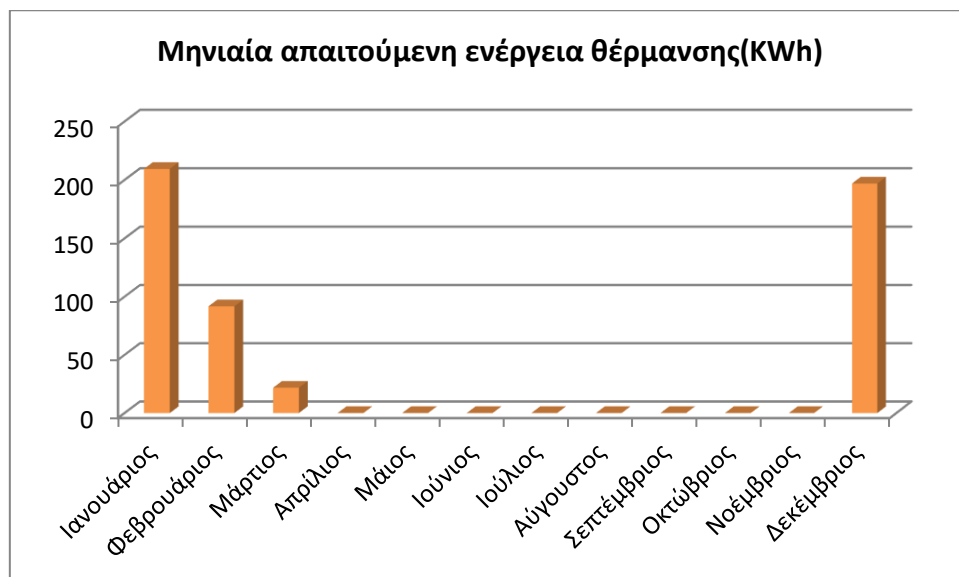
Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	83.04	73.09	9.95	11.98%
Φεβρουάριος	87.25	76.54	10.72	12.28%
Μάρτιος	101.75	77.70	24.05	23.63%
Απρίλιος	107.41	65.18	42.23	39.32%
Μάιος	111.55	59.50	52.05	46.66%
Ιούνιος	108.53	39.04	69.49	64.03%
Ιούλιος	100.28	33.98	66.30	66.11%
Αύγουστος	102.56	33.35	69.21	67.48%
Σεπτέμβριος	102.94	49.62	53.32	51.80%
Οκτώβριος	92.31	72.15	20.16	21.84%
Νοέμβριος	76.76	78.14	-1.38	-1.80%
Δεκέμβριος	75.84	78.40	-2.56	-3.37%
Σύνολο	1150.22	736.69	413.53	35.95%

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό(KWh)



Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό πριν και μετά τις βελτιώσεις

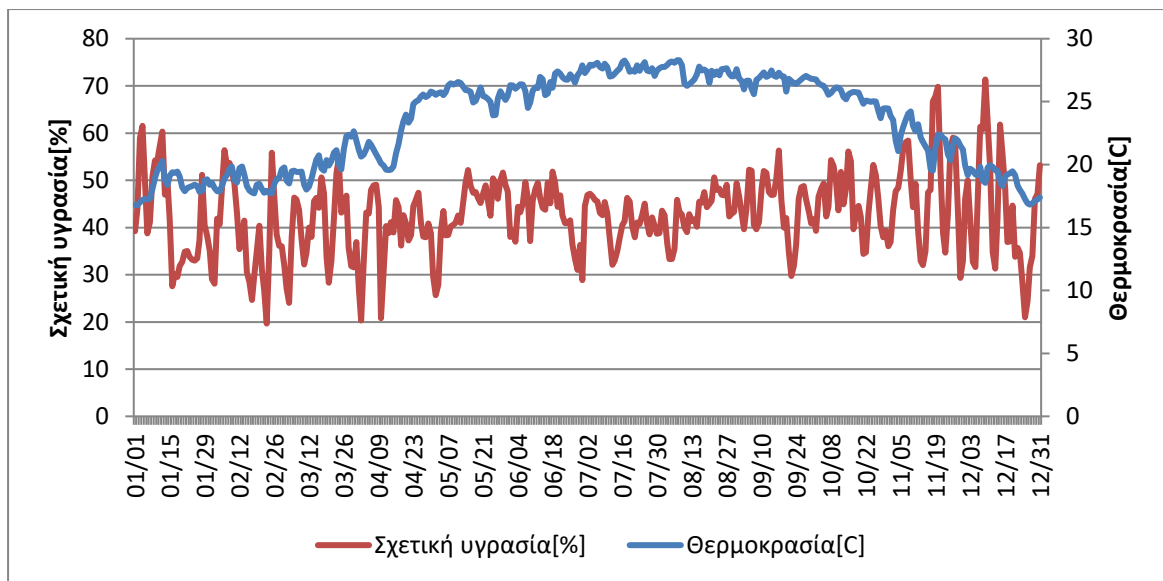
Μήνας	Κατανάλωση (kWh)		Μείωση (kWh)	Ποσοστιαία μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	466,597	272,826	193,771	41,53%
Φεβρουάριος	518,441	274,420	244,022	47,07%
Μάρτιος	570,286	259,721	310,565	54,46%
Απρίλιος	285,143	118,533	166,610	58,43%
Μάιος	596,208	227,893	368,314	61,78%
Ιούνιος	544,364	197,199	347,165	63,77%
Ιούλιος	181,455	64,962	116,493	64,20%
Αύγουστος	129,610	48,487	81,123	62,59%
Σεπτέμβριος	518,441	208,828	309,614	59,72%
Οκτώβριος	596,208	296,405	299,802	50,28%
Νοέμβριος	570,286	341,244	229,042	40,16%
Δεκέμβριος	388,831	251,780	137,051	35,25%
Σύνολο	5365,869	2562,298	2803,571	52,25%



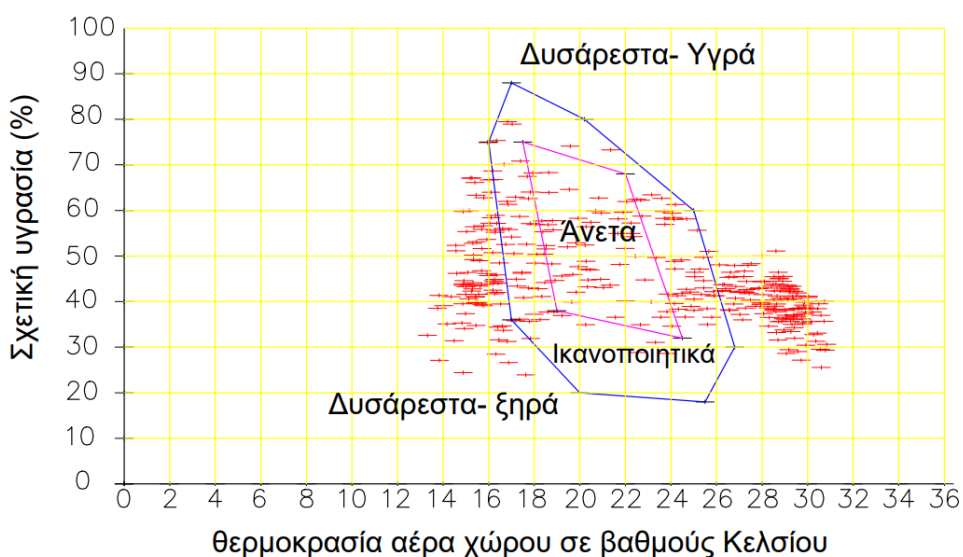
Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	996.42	209.43	786.99	78.98%
Φεβρουάριος	960.30	91.72	868.58	90.45%
Μάρτιος	486.47	21.78	464.69	95.52%
Απρίλιος	153.22	0.00	153.22	100.00%
Μάιος	1.84	0.00	1.84	100.00%
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	-
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	-
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Οκτώβριος	4.58	0.00	4.58	100.00%
Νοέμβριος	334.39	0.00	334.39	100.00%
Δεκέμβριος	1196.54	196.92	999.62	83.54%
Σύνολο	4133.75	519.85	3613.90	87.42%



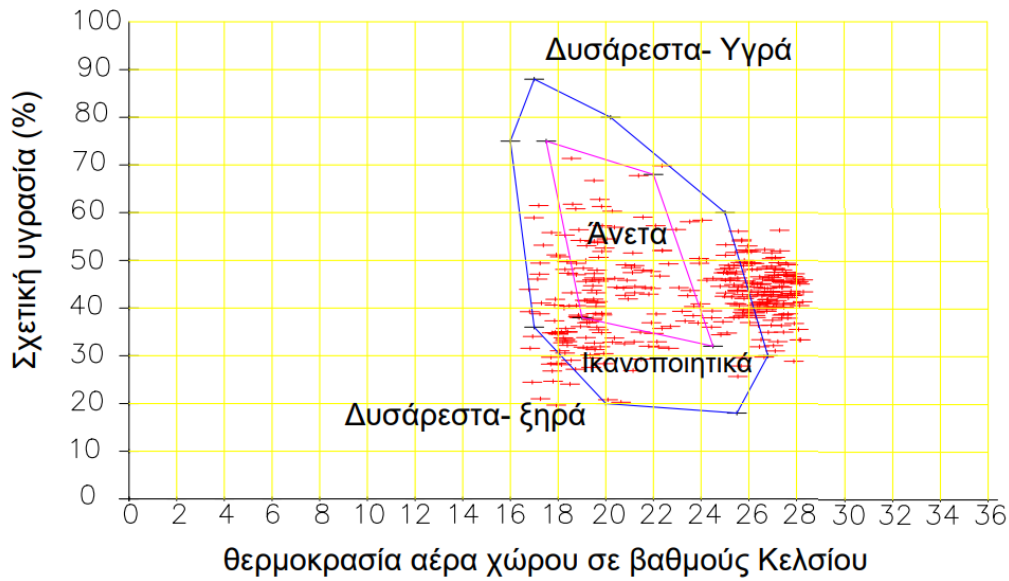
Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	5.41	0.00	5.41	100.00%
Απρίλιος	202.41	95.67	106.74	52.74%
Μάιος	1071.75	725.72	346.02	32.29%
Ιούνιος	2499.46	1279.95	1219.51	48.79%
Ιούλιος	2497.70	1232.48	1265.22	50.66%
Αύγουστος	2274.24	1081.63	1192.62	52.44%
Σεπτέμβριος	1683.52	1205.29	478.23	28.41%
Οκτώβριος	470.78	450.90	19.88	2.12%
Νοέμβριος	5.89	4.61	1.27	21.61%
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	10711.15	6076.25	4634.90	43.27%



Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	16.13	18.35	48.30	42.10
Φεβρουάριος	15.94	18.51	45.81	38.92
Μάρτιος	17.87	20.08	44.96	39.43
Απρίλιος	21.42	22.35	41.57	39.55
Μάιος	25.55	25.61	43.49	43.83
Ιούνιος	28.66	26.46	37.19	42.55
Ιούλιος	29.61	27.63	37.31	41.51
Αύγουστος	29.42	27.40	38.91	43.33
Σεπτέμβριος	27.22	26.75	43.00	44.43
Οκτώβριος	22.92	25.47	52.91	45.20
Νοέμβριος	18.39	22.06	57.65	47.73
Δεκέμβριος	15.66	18.68	52.01	43.16

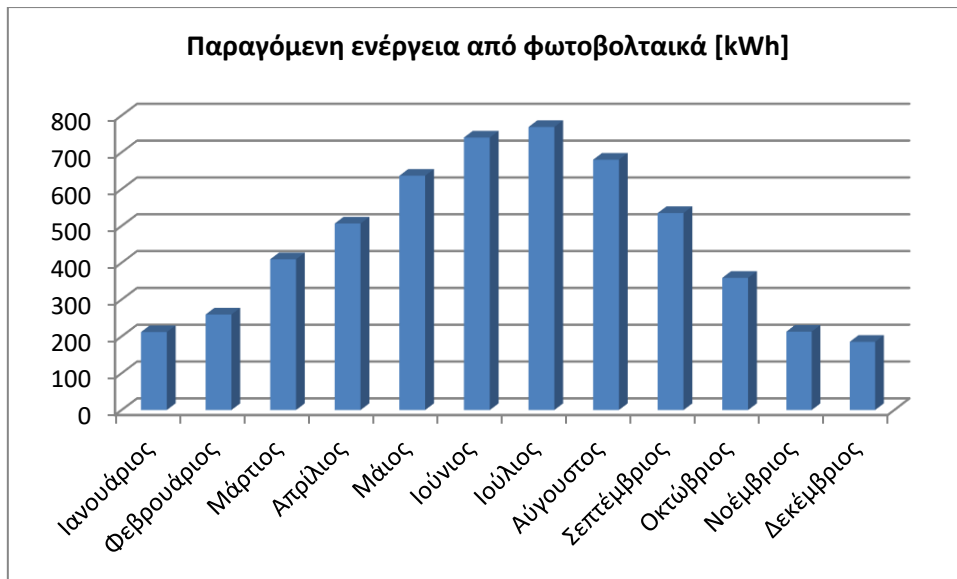


Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων παρατηρείται πως κατά τους χειμερινούς μήνες οι τιμές βρίσκονται πλέον μέσα στην ικανοποιητική και άνετη ζώνη θερμικής άνεσης όμως, κατά τους θερινούς μήνες ενώ υπάρχει σημαντική μείωση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, λόγω του δυτικού προσανατολισμού αυτή παραμένει έξω από την ικανοποιητική ζώνη. Μόνο κατά τους θερινούς μήνες η μέση θερμοκρασία της αίθουσας είναι λίγο μεγαλύτερη από τα ικανοποιητικά επίπεδα. Γενικά παρατηρείται σημαντική βελτίωση των μέσων θερμοκρασιών και της σχετικής υγρασίας.



Παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταικά [kWh]	
Ιανουάριος	211,729
Φεβρουάριος	259,441
Μάρτιος	409,368
Απρίλιος	506,511
Μάιος	636,286
Ιούνιος	739,931
Ιούλιος	768,680
Αύγουστος	679,843
Σεπτέμβριος	535,040
Οκτώβριος	358,905
Νοέμβριος	212,885
Δεκέμβριος	185,157
Σύνολο	5503,775

Σε αριθμούς, η αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών χρειάζεται ετησίως **20465,15 kWh** για την λειτουργία της και μετά την εφαρμογή των προτάσεων βελτίωσης χρειάζεται **9413,72 kWh** δηλαδή μείωση κατά **54,00%**. Τα φωτοβολταικά που είναι σχεδιασμένα να τοποθετηθούν παράγουν συνολική ενέργεια ετησίως **5503,775 kWh**.

14.7) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 15 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

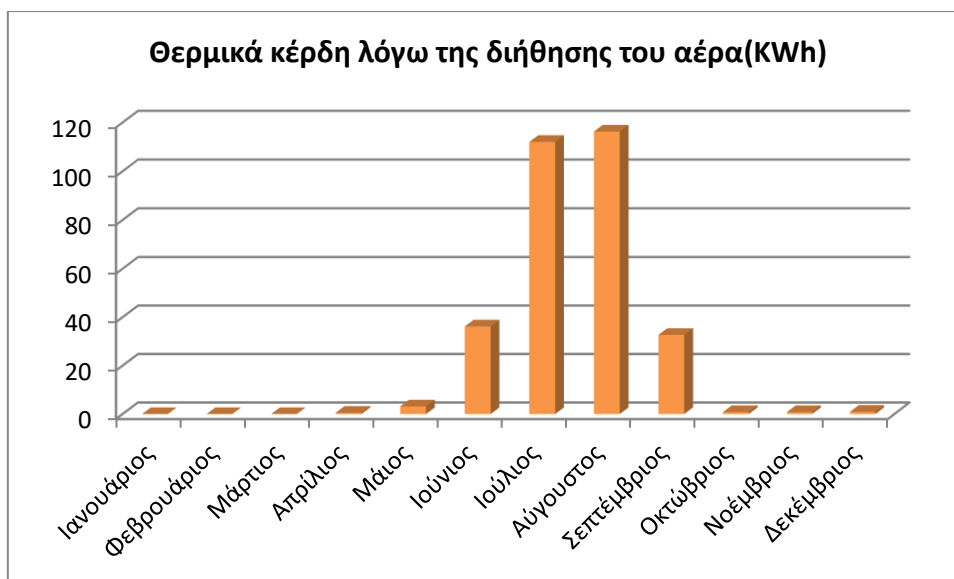
Για το αμφιθέατρο 15 του κτιρίου Λαμπαδαρίου οι πιο αποτελεσματικές προτάσεις αποδείχθηκαν, **α) η τοποθέτηση αυτόματου συστήματος ελέγχου του τεχνητού φωτισμού, β) η μόνωση των εξωτερικών τοίχων και της ταράτσας και γ) η εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού από 20 Μαΐου έως 15 Σεπτεμβρίου.**

Μετά την εφαρμογή των προτάσεων στο energy plus, παρατηρήθηκε πτώση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό κατά 49,67% όπου από 7245,58 KW πέφτει στις 3646,58 KW. Επίσης, η μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης μειώνεται κατά 76,45%, από 3460,69 KW σε 815,14 KW και η απαιτούμενη ενέργεια ψύξης πέφτει κατά 43,66%, από 7371,76 KW σε 4153,02 KW.

Πρέπει να αναφερθεί πως η αντικατάσταση των υπαρχόντων διπλών υαλοπινάκων σε διπλούς υαλοπίνακες Low-e με αέριο αργό ενδιάμεσα δεν κρίθηκε σωστή καθώς λόγω των μικρών παραθύρων του αμφιθεάτρου σε αναλογία με τον όγκο του δεν σημειώνεται ικανοποιητική μείωση των θερμικών κερδών απωλειών από αυτά. Ταυτόχρονα πέφτει η εισερχόμενη ποσότητα του φυσικού φωτισμού με συνέπεια ο τεχνητός φωτισμός να λειτουργεί περισσότερο οπότε να καταναλώνει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Για τον ίδιο λόγο δεν απαιτούνται εξωτερικά οριζόντια σκίαστρα. Επίσης τα υπάρχοντα κουφώματα δεν απαιτούν αντικατάσταση.

Τέλος, το ποσοστό της επιφάνειας του δώματος το οποίο καλύφθηκε από ενεργά ηλιακά κύτταρα, επιλέχθηκε με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις της αίθουσας, ίσο με 0.07. Επομένως, το συνολικό εμβαδόν της εγκατάστασης ισούται με $0,07 \cdot 225,15 = 15,76 \text{m}^2$.

Ακολουθούν αναλυτικά διαγράμματα μηνιαίων μετρήσεων της αίθουσας καθώς και οι αντίστοιχοι πίνακες με την καταγραφή των ενεργειακών μετρήσεων πριν και μετά τις βελτιώσεις και το ποσοστό μείωσης των ενεργειών αυτών.



Θερμικά Κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

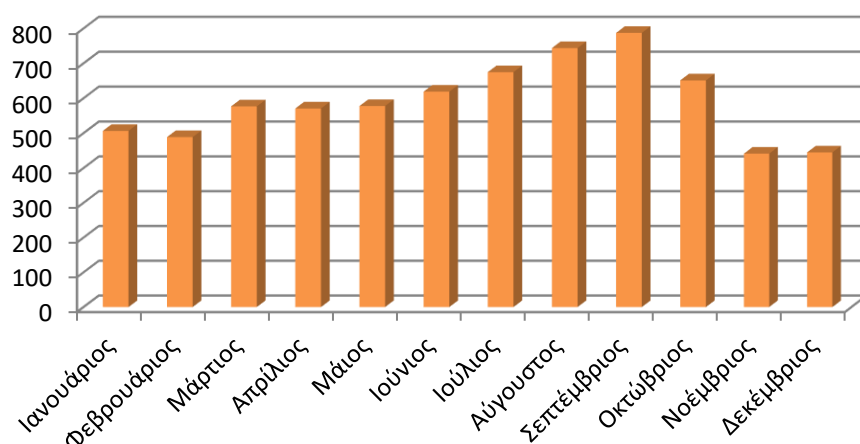
Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.07	0.00	0.07	100.00%
Φεβρουάριος	0.03	0.00	0.03	100.00%
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	0.92	0.52	0.40	43.58%
Μάιος	4.24	3.16	1.09	25.62%
Ιούνιος	43.27	36.15	7.12	16.45%
Ιούλιος	149.22	112.03	37.19	24.92%
Αύγουστος	155.69	116.27	39.41	25.32%
Σεπτέμβριος	46.94	32.67	14.27	30.40%
Οκτώβριος	3.06	0.82	2.24	73.24%
Νοέμβριος	2.19	0.80	1.38	63.20%
Δεκέμβριος	2.10	0.95	1.14	54.54%
Σύνολο	407.73	303.38	104.35	25.59%



Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	226.43	266.66	-40.23	-17.77%
Φεβρουάριος	233.68	272.19	-38.51	-16.48%
Μάρτιος	240.77	275.74	-34.97	-14.52%
Απρίλιος	206.03	202.71	3.32	1.61%
Μάιος	178.28	168.00	10.29	5.77%
Ιούνιος	90.84	46.30	44.55	49.04%
Ιούλιος	53.05	21.99	31.06	58.55%
Αύγουστος	48.50	18.28	30.23	62.32%
Σεπτέμβριος	89.31	72.46	16.85	18.86%
Οκτώβριος	151.61	181.06	-29.45	-19.43%
Νοέμβριος	162.49	213.06	-50.56	-31.12%
Δεκέμβριος	210.90	256.67	-45.77	-21.70%
Σύνολο	1891.91	1995.11	-103.20	-5.46%

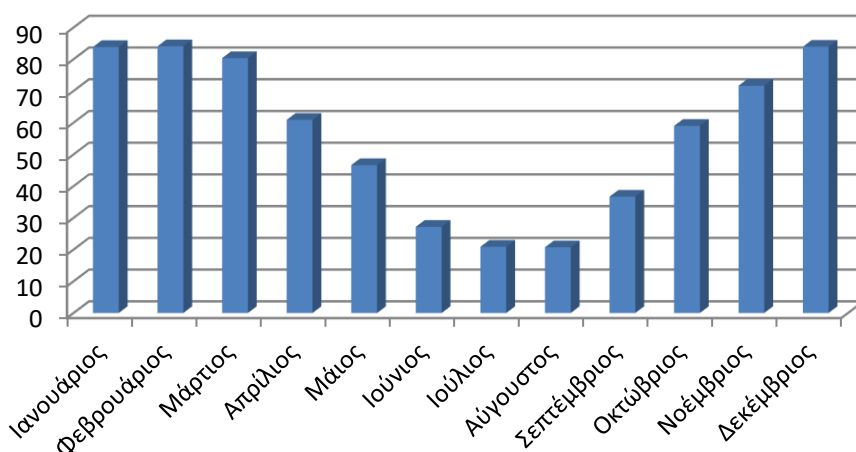
Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)



Θερμικά Κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	514.79	506.22	8.56	1.66%
Φεβρουάριος	497.54	488.56	8.98	1.81%
Μάρτιος	586.56	576.58	9.97	1.70%
Απρίλιος	573.31	570.58	2.73	0.48%
Μάιος	575.66	577.65	-1.99	-0.35%
Ιούνιος	606.22	618.84	-12.62	-2.08%
Ιούλιος	662.28	674.52	-12.24	-1.85%
Αύγουστος	731.91	743.62	-11.70	-1.60%
Σεπτέμβριος	785.08	787.14	-2.06	-0.26%
Οκτώβριος	658.82	651.01	7.80	1.18%
Νοέμβριος	451.34	441.22	10.13	2.24%
Δεκέμβριος	453.66	444.64	9.01	1.99%
Σύνολο	7097.16	7080.59	16.57	0.23%

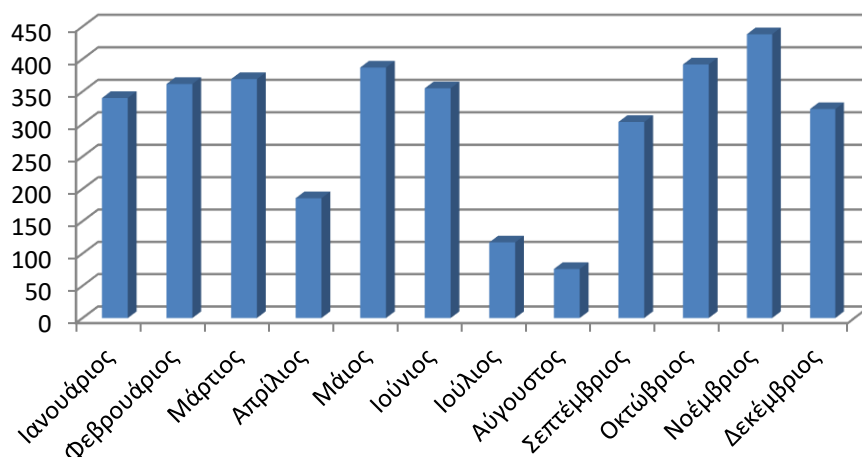
Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)



Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

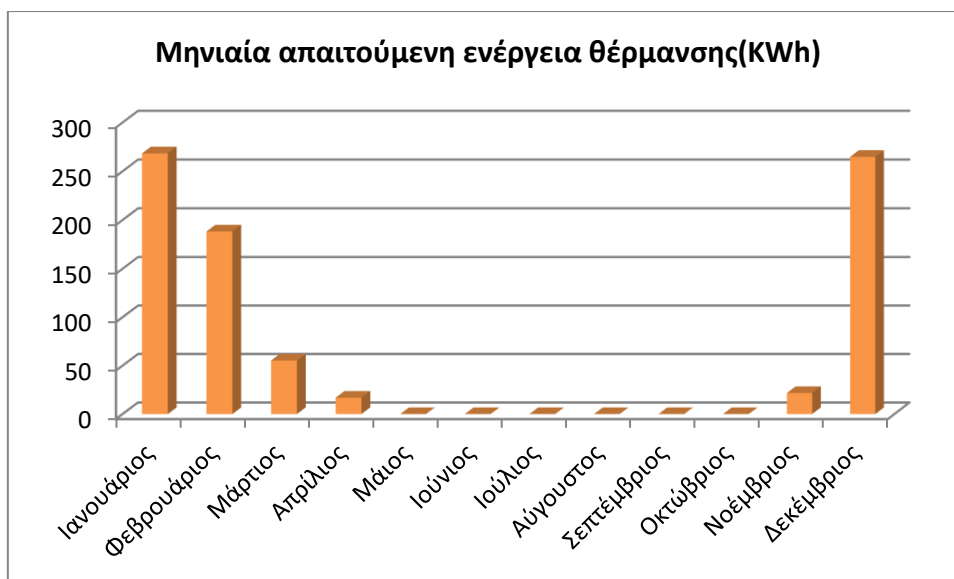
Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	68.22	83.86	-15.64	-22.92%
Φεβρουάριος	68.20	84.09	-15.89	-23.29%
Μάρτιος	69.15	80.35	-11.20	-16.20%
Απρίλιος	62.33	60.89	1.44	2.31%
Μάιος	54.62	46.62	8.01	14.66%
Ιούνιος	45.20	27.18	18.02	39.88%
Ιούλιος	37.61	20.88	16.73	44.48%
Αύγουστος	39.04	20.72	18.32	46.93%
Σεπτέμβριος	46.73	36.67	10.07	21.54%
Οκτώβριος	52.98	58.99	-6.01	-11.35%
Νοέμβριος	55.44	71.64	-16.20	-29.21%
Δεκέμβριος	65.29	83.95	-18.66	-28.57%
Σύνολο	664.82	675.82	-11.00	-1.65%

Κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό(kWh)



Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό πριν και μετά τις βελτιώσεις

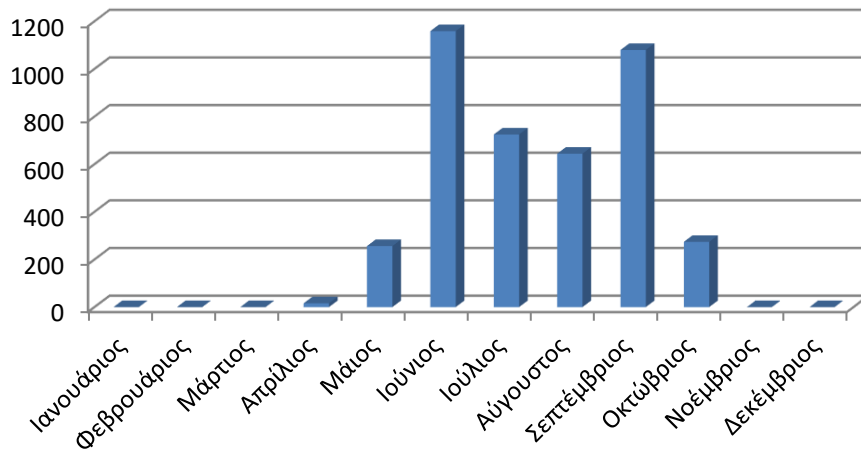
Μήνας	Κατανάλωση (kWh)		Μείωση (kWh)	Ποσοστιαία μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	630,050	339,928	290,123	46,05%
Φεβρουάριος	700,056	361,577	338,479	48,35%
Μάρτιος	770,062	369,089	400,973	52,07%
Απρίλιος	385,031	185,454	199,577	51,83%
Μάιος	805,064	386,857	418,207	51,95%
Ιούνιος	735,059	354,799	380,260	51,73%
Ιούλιος	245,020	117,172	127,848	52,18%
Αύγουστος	175,014	75,938	99,076	56,61%
Σεπτέμβριος	700,056	303,101	396,955	56,70%
Οκτώβριος	805,064	391,652	413,412	51,35%
Νοέμβριος	770,062	438,076	331,985	43,11%
Δεκέμβριος	525,042	322,939	202,103	38,49%
Σύνολο	7245,580	3646,583	3598,997	49,67%



Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

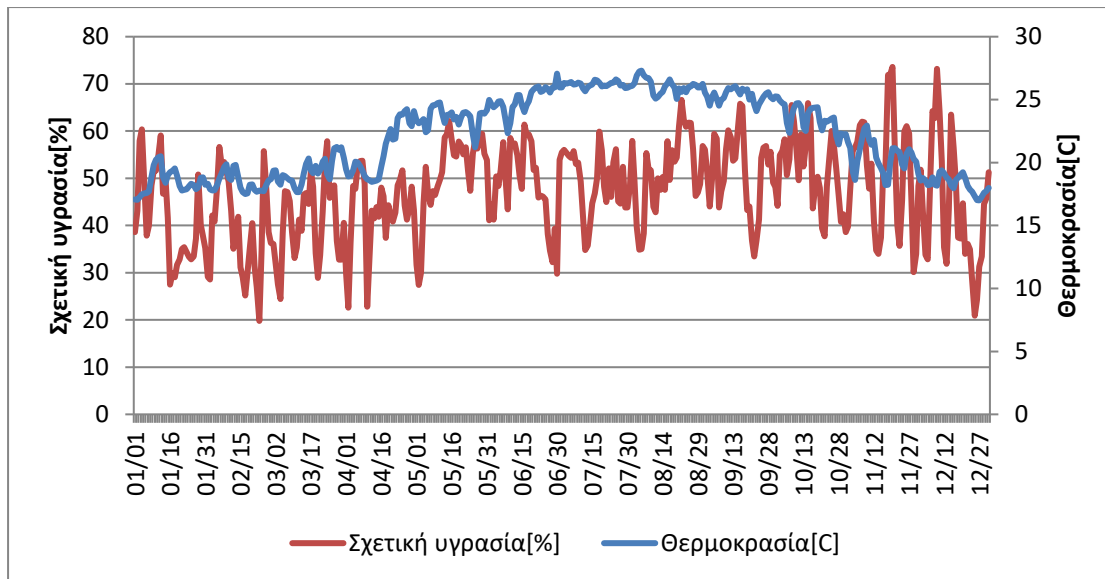
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	869.59	268.33	601.26	69.14%
Φεβρουάριος	821.98	188.23	633.74	77.10%
Μάρτιος	387.60	55.25	332.35	85.75%
Απρίλιος	131.16	16.87	114.29	87.14%
Μάιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	-
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	-
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Οκτώβριος	0.50	0.00	0.50	100.00%
Νοέμβριος	247.50	21.72	225.78	91.22%
Δεκέμβριος	1002.37	264.74	737.63	73.59%
Σύνολο	3460.69	815.14	2645.55	76.45%

Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια ψύξης(KWh)

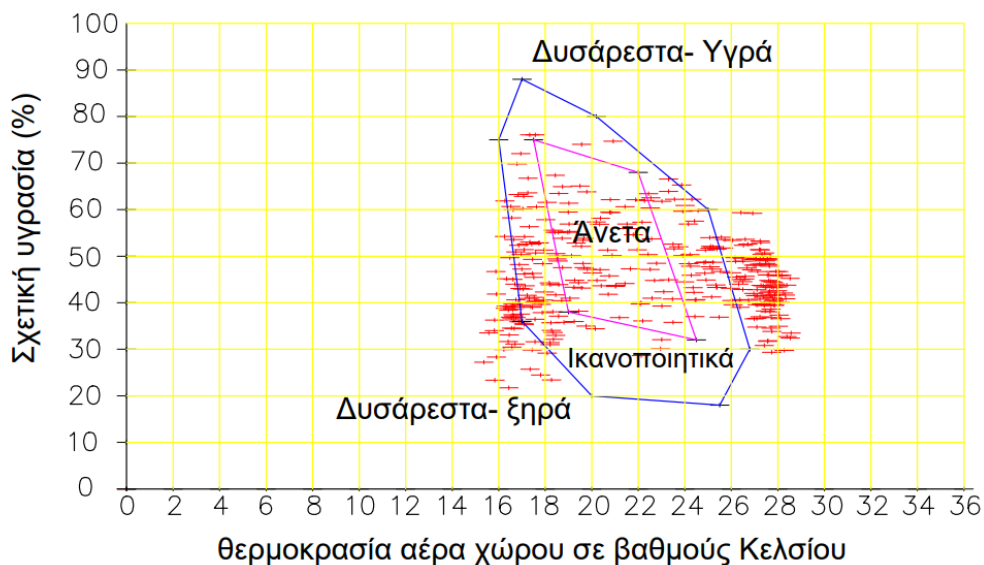


Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

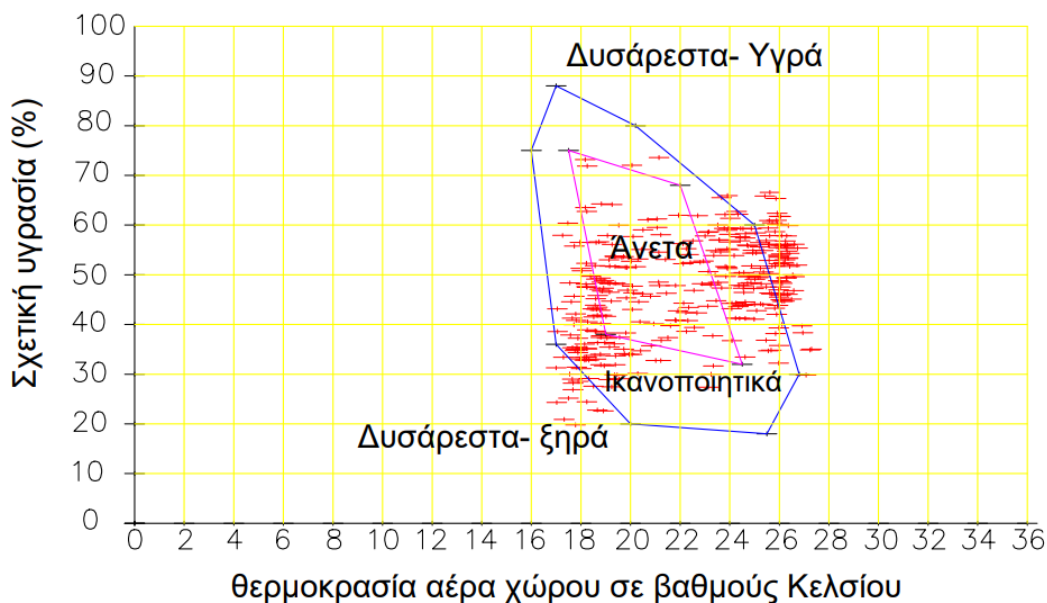
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	48.78	15.88	32.90	67.45%
Μάιος	612.77	256.31	356.47	58.17%
Ιούνιος	1967.44	1158.63	808.80	41.11%
Ιούλιος	1508.48	724.74	783.74	51.96%
Αύγουστος	1407.76	644.04	763.72	54.25%
Σεπτέμβριος	1526.22	1079.52	446.70	29.27%
Οκτώβριος	300.31	273.89	26.42	8.80%
Νοέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	7371.76	4153.02	3218.74	43.66%



Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	17.36	18.48	44.42	41.50
Φεβρουάριος	17.18	18.38	42.02	39.03
Μάρτιος	18.38	19.36	43.00	40.56
Απρίλιος	20.97	20.87	42.78	43.08
Μάιος	24.36	23.56	47.90	51.31
Ιούνιος	27.04	25.02	41.48	48.48
Ιούλιος	27.74	26.20	42.07	49.37
Αύγουστος	27.75	26.10	43.33	51.52
Σεπτέμβριος	26.14	25.30	47.55	51.55
Οκτώβριος	22.81	23.61	53.91	51.71
Νοέμβριος	19.12	20.55	54.98	51.04
Δεκέμβριος	17.01	18.33	47.52	43.85

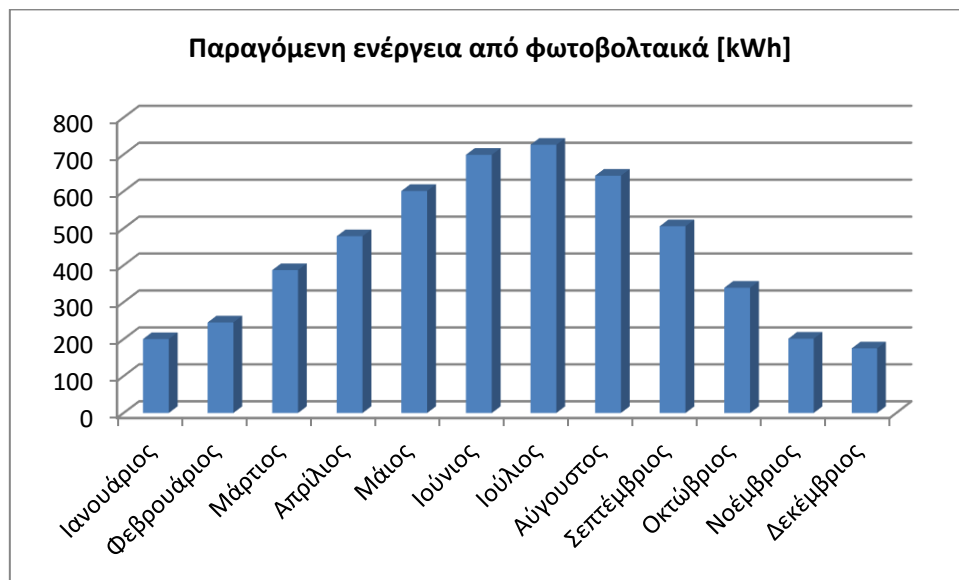


Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων παρατηρείται μεγαλύτερη συνοχή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μέσα στην ικανοποιητική ζώνη με εξαίρεση την θερινή περίοδο και λίγο την χειμερινή όπου βρίσκεται ελαφρώς έξω από αυτή.



Παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταικά [kWh]	
Ιανουάριος	200,029
Φεβρουάριος	245,105
Μάρτιος	386,747
Απρίλιος	478,522
Μάιος	601,126
Ιούνιος	699,043
Ιούλιος	726,204
Αύγουστος	642,275
Σεπτέμβριος	505,475
Οκτώβριος	339,072
Νοέμβριος	201,121
Δεκέμβριος	174,925
Σύνολο	5199,643

Σε αριθμούς, το αμφιθέατρο 15 του κτιρίου Λαμπαδαρίου χρειάζεται ετησίως **18332,58 kWh** για την λειτουργία της και μετά την εφαρμογή των προτάσεων βελτίωσης χρειάζεται **8870,16 kWh** δηλαδή μείωση κατά **51,62%**. Τα φωτοβολταικά που είναι σχεδιασμένα να τοποθετηθούν παράγουν συνολική ενέργεια ετησίως **5199,643 kWh**.

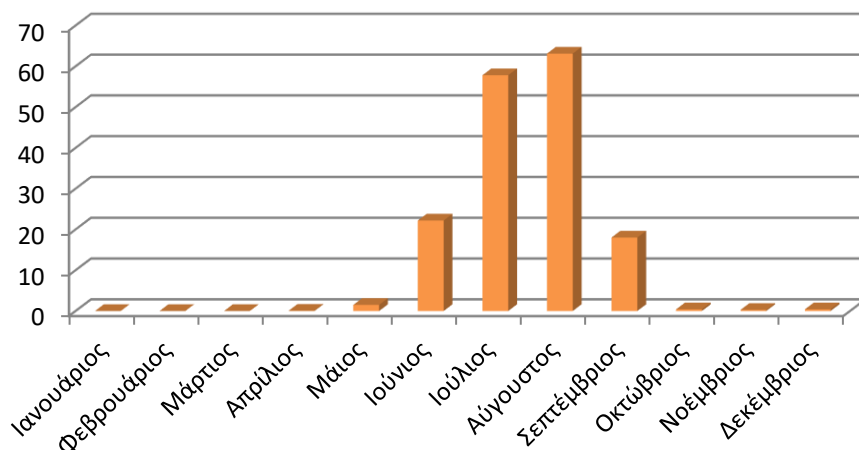
14.8) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

Για το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας μετά από τις δοκιμές στο energy plus, **προτείνονται όλες οι προτάσεις βελτίωσης εκτός από την εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού**. Ακόμη και κατά τους θερινούς μήνες, ο νυχτερινός δροσισμός στην συγκεκριμένη αίθουσα δεν αποφέρει αισθητή μείωση της συνολικής ενέργειας για ψύξη γι' αυτό και δεν συνιστάται η εφαρμογή του. Όλες οι υπόλοιπες προτάσεις προκαλούν μεγάλη μείωση της απαιτούμενης συνολικής ενέργειας λειτουργίας της αίθουσας και πιο συγκεκριμένα: Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό μειώνεται κατά 59,29% από 1490,52 KW σε 606,73 KW, η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης για όλο το χρόνο μειώνεται κατά 60,11% από 615,94 KW σε 245,73 KW και η απαιτούμενη ενέργεια ψύξης για όλο το χρόνο μειώνεται κατά 53,23% από 2933,03 KW σε 1371,74 KW.

Τέλος, να αναφερθεί ότι λόγω της σχετικά μικρότερης ενέργειας που απαιτείται για να λειτουργήσει ετησίως το συγκεκριμένο αμφιθέατρο, κρίθηκε μη απαραίτητη η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

Ακολουθούν αναλυτικά διαγράμματα μηνιαίων μετρήσεων της αίθουσας καθώς και οι αντίστοιχοι πίνακες με την καταγραφή των ενεργειακών μετρήσεων πριν και μετά τις βελτιώσεις και το ποσοστό μείωσης των ενεργειών αυτών.

Θερμικά κέρδη λόγω διήθησης του αέρα(KWh)



Θερμικά Κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

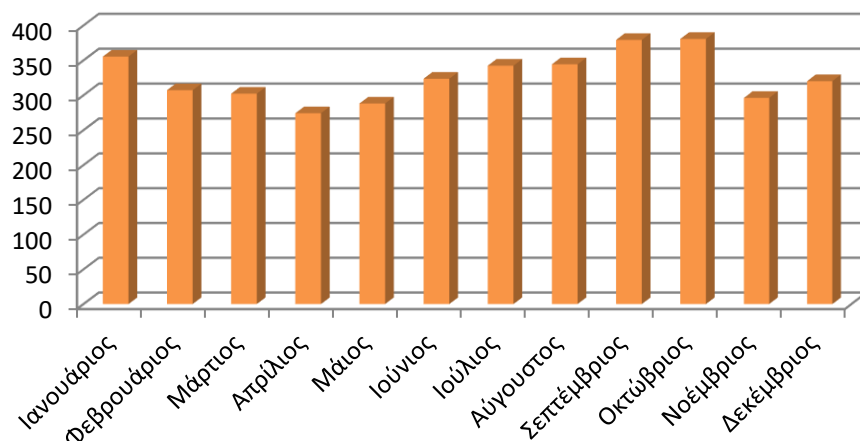
Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	0.00	0.00	0.00	-
Μάιος	2.53	1.50	1.04	40.99%
Ιούνιος	44.41	22.19	22.22	50.03%
Ιούλιος	124.17	57.81	66.36	53.44%
Αύγουστος	137.58	63.17	74.41	54.13%
Σεπτέμβριος	47.43	18.02	29.41	62.01%
Οκτώβριος	1.78	0.40	1.37	77.23%
Νοέμβριος	0.43	0.27	0.16	37.70%
Δεκέμβριος	0.85	0.42	0.44	51.25%
Σύνολο	359.18	163.77	195.42	54.41%



Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	262.12	141.37	120.75	46.06%
Φεβρουάριος	262.58	141.38	121.20	46.16%
Μάρτιος	262.71	134.62	128.08	48.76%
Απρίλιος	205.97	94.96	111.01	53.90%
Μάιος	148.68	74.44	74.25	49.94%
Ιούνιος	64.76	26.08	38.68	59.72%
Ιούλιος	29.59	8.13	21.45	72.51%
Αύγουστος	30.25	6.91	23.34	77.15%
Σεπτέμβριος	73.94	31.97	41.98	56.77%
Οκτώβριος	145.21	78.23	66.98	46.13%
Νοέμβριος	183.76	103.87	79.89	43.47%
Δεκέμβριος	243.09	136.04	107.05	44.04%
Σύνολο	1912.67	978.01	934.65	48.87%

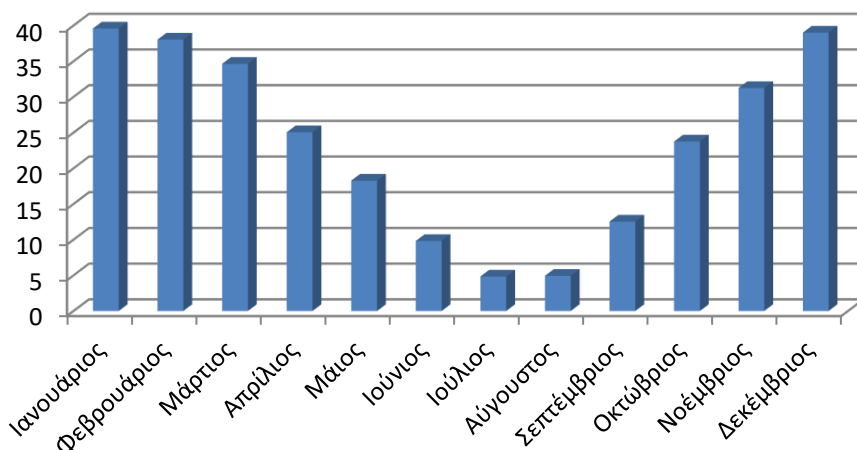
Θερμικά κέρδη λόγω παραθύρων(KWh)



Θερμικά Κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Κέρδη(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	662.74	355.29	307.45	46.39%
Φεβρουάριος	625.18	307.18	318.00	50.87%
Μάρτιος	740.03	302.22	437.81	59.16%
Απρίλιος	727.16	274.16	453.01	62.30%
Μάιος	721.91	288.16	433.75	60.08%
Ιούνιος	784.20	323.59	460.62	58.74%
Ιούλιος	879.09	342.31	536.78	61.06%
Αύγουστος	991.81	344.27	647.55	65.29%
Σεπτέμβριος	1054.26	379.21	675.06	64.03%
Οκτώβριος	879.52	380.59	498.93	56.73%
Νοέμβριος	588.36	296.18	292.18	49.66%
Δεκέμβριος	583.78	320.16	263.62	45.16%
Σύνολο	9238.06	3913.30	5324.76	57.64%

Θερμικές απώλειες λόγω παραθύρων(KWh)



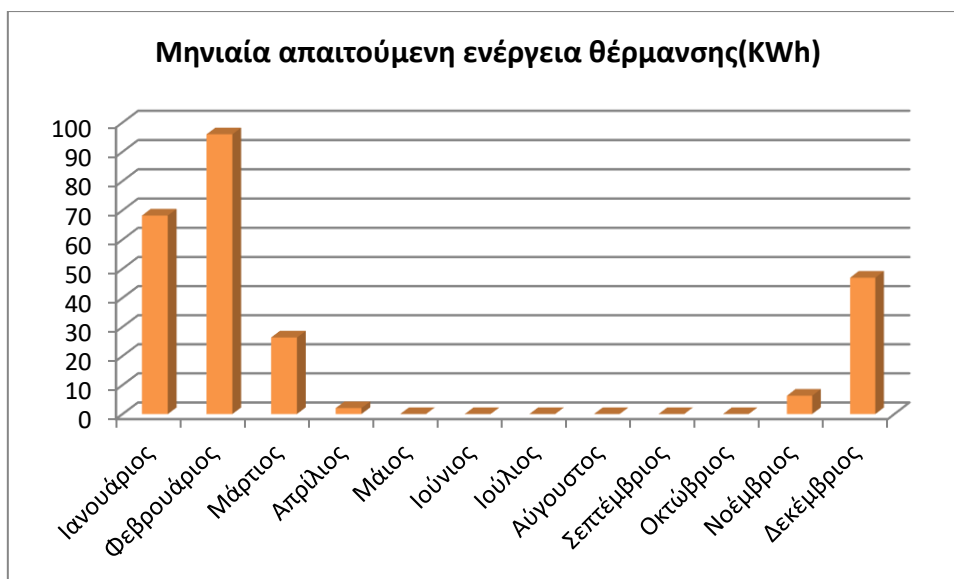
Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

Μήνας	Απώλειες(KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	164.49	39.58	124.91	75.94%
Φεβρουάριος	169.12	38.02	131.09	77.52%
Μάρτιος	162.16	34.63	127.53	78.65%
Απρίλιος	126.34	25.04	101.31	80.18%
Μάιος	99.69	18.27	81.43	81.68%
Ιούνιος	67.32	9.81	57.51	85.42%
Ιούλιος	47.71	4.83	42.88	89.88%
Αύγουστος	51.93	4.93	47.00	90.51%
Σεπτέμβριος	81.86	12.53	69.33	84.69%
Οκτώβριος	116.04	23.74	92.29	79.54%
Νοέμβριος	134.61	31.24	103.37	76.79%
Δεκέμβριος	161.49	39.00	122.49	75.85%
Σύνολο	1382.76	281.62	1101.15	79.63%



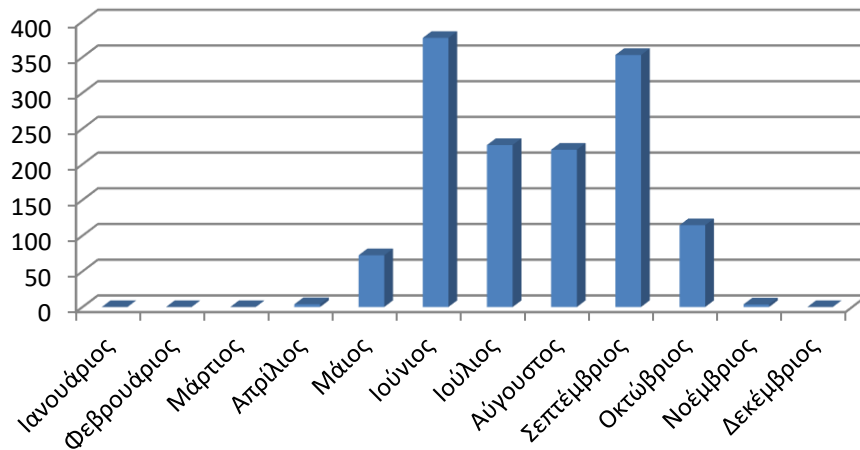
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τεχνητό φωτισμό πριν και μετά τις βελτιώσεις

Μήνας	Κατανάλωση (kWh)		Μείωση (kWh)	Ποσοστιαία μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	129,610	58,805	70,805	54,63%
Φεβρουάριος	144,012	62,450	81,561	56,64%
Μάρτιος	158,413	61,170	97,243	61,39%
Απρίλιος	79,206	30,000	49,207	62,12%
Μάιος	165,613	59,163	106,450	64,28%
Ιούνιος	151,212	51,338	99,874	66,05%
Ιούλιος	50,404	16,870	33,534	66,53%
Αύγουστος	36,003	12,390	23,613	65,59%
Σεπτέμβριος	144,012	50,216	93,795	65,13%
Οκτώβριος	165,613	68,935	96,679	58,38%
Νοέμβριος	158,413	77,712	80,700	50,94%
Δεκέμβριος	108,009	57,677	50,332	46,60%
Σύνολο	1490,519	606,727	883,792	59,29%



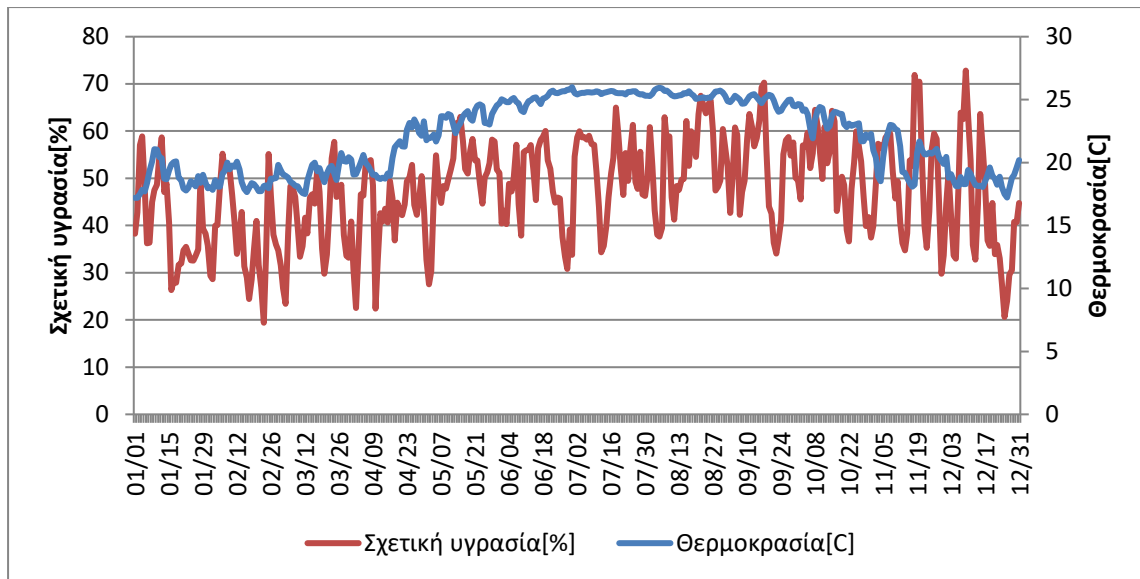
Ενεργειακές Απαιτήσεις για θέρμανση της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)				
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	151.48	68.17	83.31	55.00%
Φεβρουάριος	182.34	95.96	86.37	47.37%
Μάρτιος	72.26	26.34	45.92	63.55%
Απρίλιος	10.02	2.05	7.98	79.60%
Μάιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούνιος	0.00	0.00	0.00	-
Ιούλιος	0.00	0.00	0.00	-
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	-
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	-
Νοέμβριος	48.73	6.31	42.42	87.05%
Δεκέμβριος	151.12	46.90	104.21	68.96%
Σύνολο	615.94	245.73	370.21	60.11%

Μηνιαία απαιτούμενη ενέργεια ψύξης(KWh)

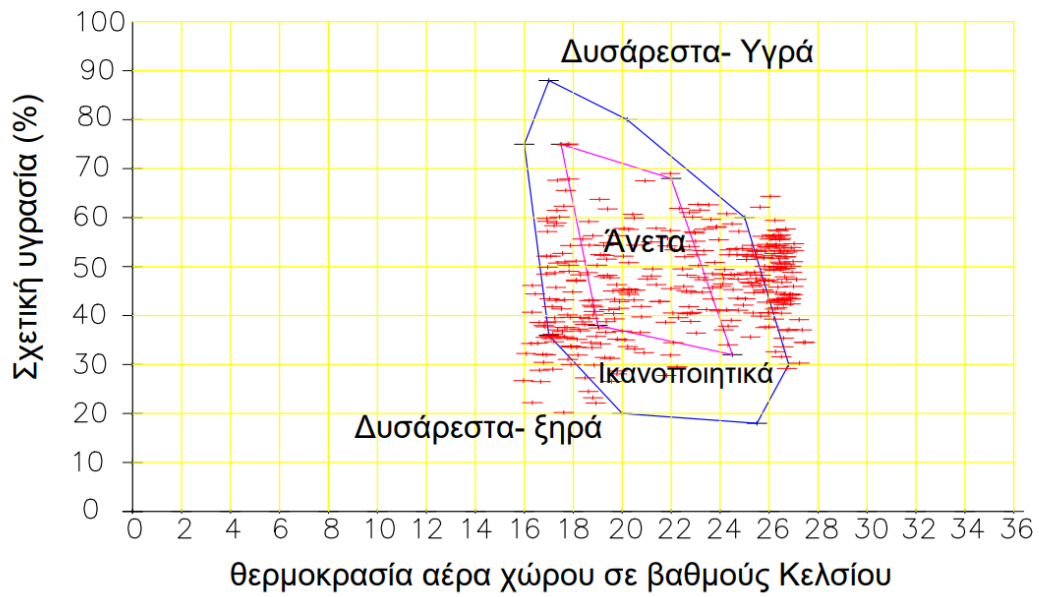


Ενεργειακές Απαιτήσεις για ψύξη της αίθουσας πριν και μετά τις Βελτιώσεις (KWh)

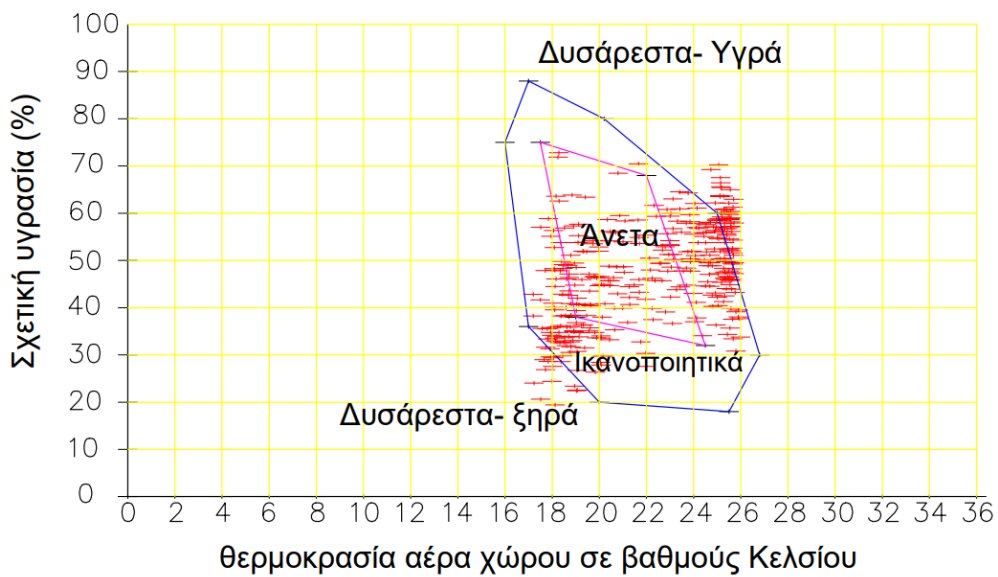
Μήνας	Ενέργεια (KWh)		Μείωση (KWh)	Ποσοστιαία Μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Φεβρουάριος	0.00	0.00	0.00	-
Μάρτιος	0.00	0.00	0.00	-
Απρίλιος	23.97	3.89	20.07	83.75%
Μάιος	196.11	72.49	123.62	63.04%
Ιούνιος	652.73	376.89	275.84	42.26%
Ιούλιος	553.33	226.89	326.44	59.00%
Αύγουστος	607.86	220.31	387.55	63.76%
Σεπτέμβριος	676.06	353.00	323.06	47.79%
Οκτώβριος	211.86	114.67	97.18	45.87%
Νοέμβριος	11.12	3.59	7.52	67.67%
Δεκέμβριος	0.00	0.00	0.00	-
Σύνολο	2933.03	1371.74	1561.29	53.23%



Μέσες Μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας πριν και μετά τις βελτιώσεις				
Μήνας	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική Υγρασία [%]	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ιανουάριος	18.24	18.83	42.09	40.50
Φεβρουάριος	17.95	18.58	39.95	38.42
Μάρτιος	18.97	19.15	41.29	40.73
Απρίλιος	21.15	20.62	41.84	43.30
Μάιος	23.82	23.37	48.53	50.70
Ιούνιος	25.95	25.14	44.64	47.64
Ιούλιος	26.57	25.54	47.52	52.28
Αύγουστος	26.67	25.46	48.40	54.17
Σεπτέμβριος	25.67	24.91	48.86	52.87
Οκτώβριος	23.24	23.28	51.32	51.79
Νοέμβριος	19.89	20.55	51.99	50.17
Δεκέμβριος	17.84	18.66	45.15	42.90



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας πριν τις βελτιώσεις



Διάγραμμα θερμικής άνεσης μέσω ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας μετά τις βελτιώσεις

Το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας παρουσιάζει ικανοποιητική συμπεριφορά ως προς την θερμική άνεση καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου με εξαίρεση κάποιες μικρές περιόδους κατά την θερινή περίοδο.

Σε αριθμούς, το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας χρειάζεται ετησίως **5295,08 kWh** για την λειτουργία του και μετά την εφαρμογή των προτάσεων βελτίωσης χρειάζεται **2480,03 kWh** δηλαδή μείωση κατά **53,16%**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ENERGY PLUS

15.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα του φυσικού φωτισμού μετά την προσομοίωση των αιθουσών με τη χρήση του **energy plus**. Για κάθε αίθουσα ή αμφιθέατρο θα παρουσιαστεί ένα διάγραμμα κι ένας συγκεντρωτικός πίνακας. Στον συγκεντρωτικό πίνακα φαίνονται οι μέγιστες μηνιαίες τιμές (σε lux) που εμφανίστηκαν σε κάθε μία από τις εννιά προεπιλεγμένες θέσεις στο εσωτερικό της κάθε αίθουσας ή αμφιθεάτρου. Στο διάγραμμα θα παρουσιαστεί η ημερήσια διακύμανση των επιπέδων φυσικού φωτισμού στη θέση στην οποία εμφανίζεται η μέγιστη ετήσια τιμή. Επισημαίνεται, ότι η ημερήσια αυτή διακύμανση θα αναφέρεται στη συγκεκριμένη ημέρα του χρόνου, κατά την οποία εμφανίστηκε η υψηλότερη τιμή στα επίπεδα φυσικού φωτισμού. Στη συνέχεια, η ίδια διαδικασία θα επαναληφθεί για την αίθουσα ή το αμφιθέατρο μετά την προσθήκη των ενεργειακών αναβαθμίσεων.

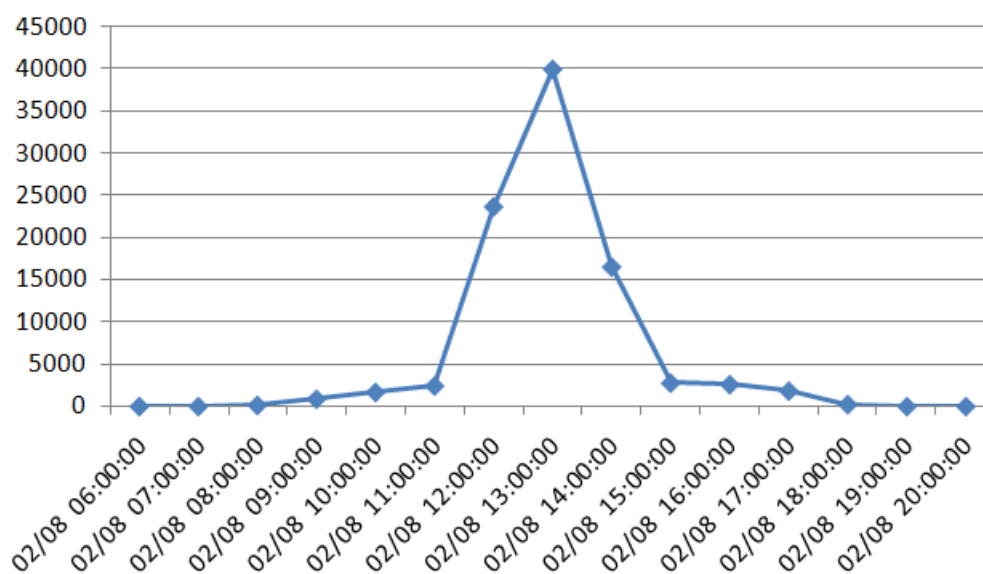
15.2) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

- **Αίθουσα 5 πολιτικών μηχανικών πριν τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	36758.04	22139.99	31763.79	10174.11	10295.48	10299.1	8600.458	2732.845	6389.037
Φλεβάρης	39853.59	23497.3	23302.1	16802.29	16923	16918.64	1614.212	4108.727	9776.793
Μάρτιος	27100.97	22915.99	23131.68	14866.9	15052.51	15037.84	1566.055	1664.795	35584.04
Απρίλιος	24187.94	24424.33	24634.76	1966.463	3224.38	3252.943	1277.345	1401.587	18619.19
Μάιος	23299.67	23468.41	23567.81	1596.034	1794.899	5534.272	1021.131	1156.539	2689.695
Ιούνιος	21176.52	4506.424	4537.028	1458.796	1644.176	5299.591	970.2553	1080.306	2494.974
Ιούλιος	23235.26	23442.35	23570.87	1531.526	1716.275	5050.377	1013.06	1126.413	2443.816
Αύγουστος	23350.33	23596.66	23772.5	1787.844	2065.551	3583.268	1231.305	1374.502	15269.98
Σεπτέμβριος	18712.39	19067.07	27521.06	2115.912	6359.718	6380.546	1391.269	1514.911	18842.66
Οκτώβριος	23407.36	33324.83	32980.92	13649.84	13815.17	13807.98	1547.954	2334.287	14924.31
Νοέμβριος	31274.11	35071.98	34886.68	13679.03	13805.86	13803.58	1480.199	2509.103	8895.814
Δεκέμβριος	32918.57	29944.24	29797.5	6302.667	6408.078	9244.264	5855.214	1597.822	2085.231

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Διάγραμμα φυσικού φωτισμού αίθουσας 5 πολ.μηχ στη θέση 1(Lux)

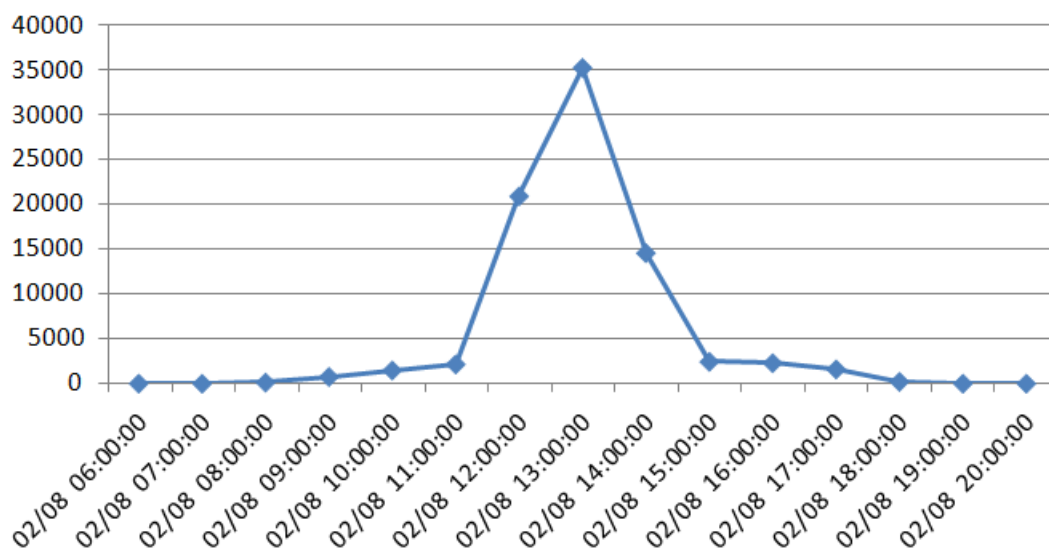


➤ **Αίθουσα 5 πολιτικών μηχανικών μετά τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	32513.92	19618.03	28139.5	9013.429	9120.826	9124.084	7622.449	2418.358	5661.345
Φλεβάρης	35251.63	20820.05	20647.88	14867.1	14973.9	14970.08	1426.296	3635.967	8664.491
Μάρτιος	24042.84	20260.26	20451.06	13154.89	13319.12	13306.19	1383.677	1471.02	31476.08
Απρίλιος	21384.85	21593.72	21779.87	1739.201	2857.99	2883.298	1128.89	1238.793	16465.71
Μάιος	20678.15	20827.18	20915.07	1412.059	1588.01	4896.665	902.9963	1022.858	2379.392
Ιούνιος	18789.7	3980.273	4007.298	1290.542	1454.567	4691.446	857.87	955.2224	2207.179
Ιούλιος	20622.04	20804.98	20918.64	1354.952	1518.418	4469.873	895.7755	996.0503	2161.776
Αύγουστος	20701.31	20918.94	21074.47	1580.972	1826.646	3168.924	1088.197	1214.709	13498.85
Σεπτέμβριος	16553.68	16867.06	24317.94	1870.927	5622.578	5641.019	1228.789	1338.506	16680.51
Οκτώβριος	20712.71	29519.04	29215.42	12089.26	12235.57	12229.29	1367.723	2067.383	13211.47
Νοέμβριος	27686.33	31067.38	30903.82	12115.33	12227.58	12225.62	1308.52	2222.379	7882.808
Δεκέμβριος	29100.54	26509.14	26379.69	5585.52	5678.797	8191.988	5189.209	1412.178	1846.11

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

**Διάγραμμα φυσικού φωτισμού αίθουσας
5 πολ.μηχ στη θέση 1(Lux)**



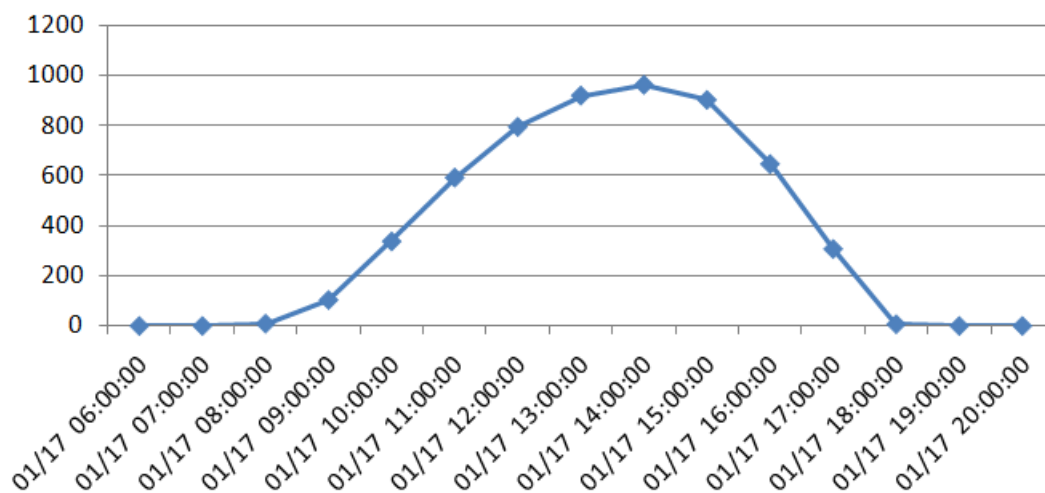
15.3) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 1 ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ

➤ **Αμφιθέατρο 1 κτιρίου Βέη πριν τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	964.2575	964.2575	964.2575	964.2575	964.2575	964.2575	964.2575	964.2575	964.2575
Φλεβάρης	962.4992	962.4992	962.4992	962.4992	962.4992	962.4992	962.4992	962.4992	962.4992
Μάρτιος	913.6482	913.6482	913.6482	913.6482	913.6482	913.6482	913.6482	913.6482	913.6482
Απρίλιος	784.7928	784.7928	784.7928	784.7928	784.7928	784.7928	784.7928	784.7928	784.7928
Μάιος	548.1358	548.1358	548.1358	548.1358	548.1358	548.1358	548.1358	548.1358	548.1358
Ιούνιος	478.9094	478.9094	478.9094	478.9094	478.9094	478.9094	478.9094	478.9094	478.9094
Ιούλιος	513.2197	513.2197	513.2197	513.2197	513.2197	513.2197	513.2197	513.2197	513.2197
Αύγουστος	728.7784	728.7784	728.7784	728.7784	728.7784	728.7784	728.7784	728.7784	728.7784
Σεπτέμβριος	857.7192	857.7192	857.7192	857.7192	857.7192	857.7192	857.7192	857.7192	857.7192
Οκτώβριος	902.763	902.763	902.763	902.763	902.763	902.763	902.763	902.763	902.763
Νοέμβριος	862.2685	862.2685	862.2685	862.2685	862.2685	862.2685	862.2685	862.2685	862.2685
Δεκέμβριος	906.9766	906.9766	906.9766	906.9766	906.9766	906.9766	906.9766	906.9766	906.9766

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Ημερήσιο διάγραμμα φυσικού φωτισμού στη θέση 1 του αμφιθεάτρου 1 του κτιρίου ΒΕΗ(Lux)

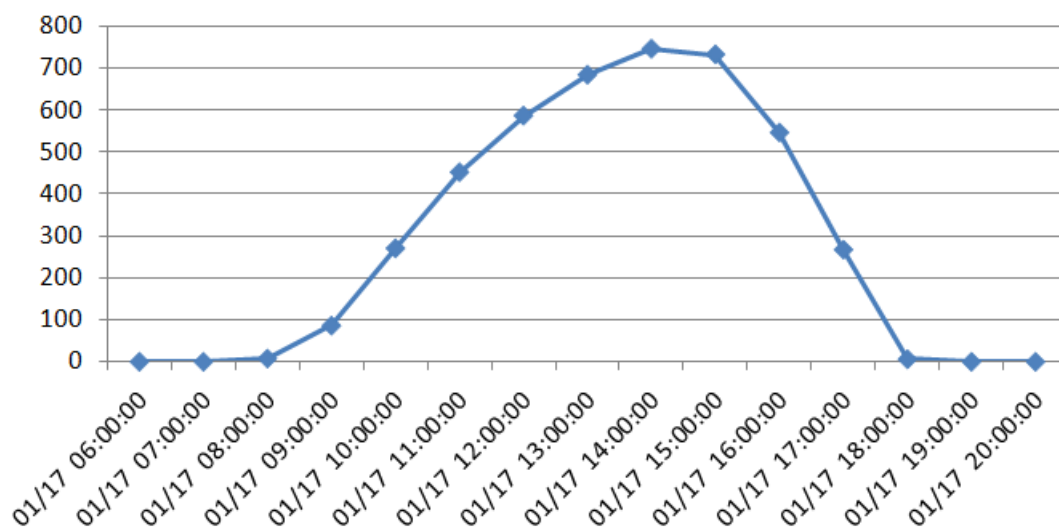


➤ **Αμφιθέατρο 1 κτιρίου Βέη μετά τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	745.5123	745.5123	745.5123	745.5123	745.5123	745.5123	745.5123	745.5123	745.5123
Φλεβάρης	724.565	724.565	724.565	724.565	724.565	724.565	724.565	724.565	724.565
Μάρτιος	685.4262	685.4262	685.4262	685.4262	685.4262	685.4262	685.4262	685.4262	685.4262
Απρίλιος	558.0334	558.0334	558.0334	558.0334	558.0334	558.0334	558.0334	558.0334	558.0334
Μάιος	385.9109	385.9109	385.9109	385.9109	385.9109	385.9109	385.9109	385.9109	385.9109
Ιούνιος	347.9159	347.9159	347.9159	347.9159	347.9159	347.9159	347.9159	347.9159	347.9159
Ιούλιος	369.938	369.938	369.938	369.938	369.938	369.938	369.938	369.938	369.938
Αύγουστος	518.7104	518.7104	518.7104	518.7104	518.7104	518.7104	518.7104	518.7104	518.7104
Σεπτέμβριος	613.1632	613.1632	613.1632	613.1632	613.1632	613.1632	613.1632	613.1632	613.1632
Οκτώβριος	687.7835	687.7835	687.7835	687.7835	687.7835	687.7835	687.7835	687.7835	687.7835
Νοέμβριος	673.8224	673.8224	673.8224	673.8224	673.8224	673.8224	673.8224	673.8224	673.8224
Δεκέμβριος	712.1111	712.1111	712.1111	712.1111	712.1111	712.1111	712.1111	712.1111	712.1111

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

**Διάγραμμα φυσικού φωτισμού
αμφιθεάτρου 1 κτιρίου βεη στη θέση
1(Lux)**



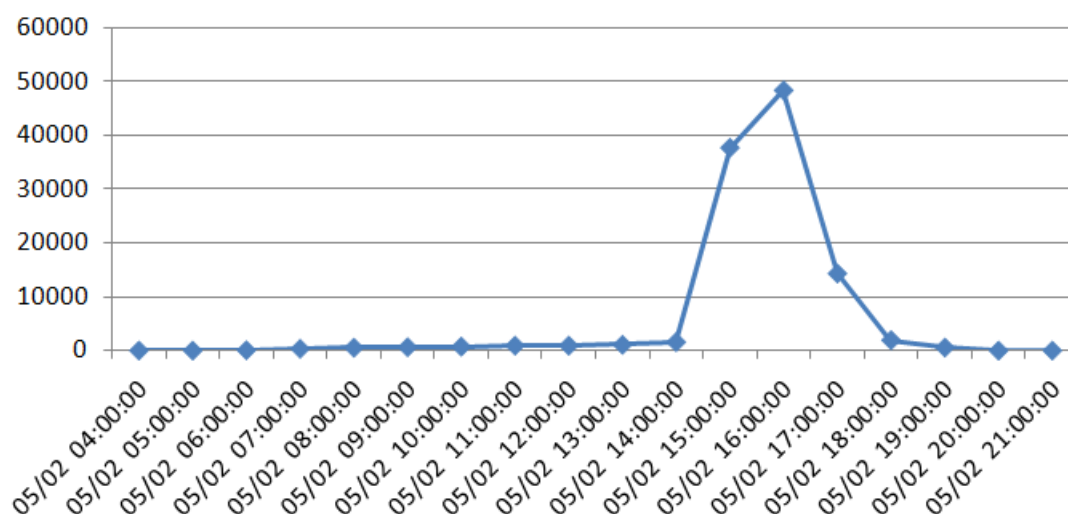
15.4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

➤ Αίθουσα 26 χημικών μηχανικών πριν τις βελτιώσεις

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	2301.023	17206.68	17522.17	8673.723	839.1162	641.7455	2508.01	2512.775	479.0708
Φλεβάρης	23419.9	22690.47	23292.33	1108.384	1071.429	925.0118	3868.105	3873.853	634.1102
Μάρτιος	31692.06	21485.77	25390.34	12174.14	1149.658	1226.241	2944.177	816.0842	767.5274
Απρίλιος	28418.22	2160.337	45380.23	15329.52	1191.345	15346.59	4265.208	4292.269	4301.335
Μάιος	48292.97	2356.466	38415.95	6020.681	6017.925	6141.902	852.8348	889.3316	879.6051
Ιούνιος	4606.85	2329.343	4593.724	7068.307	7113.501	1373.784	808.1904	1069.766	1065.535
Ιούλιος	30408.77	2299.014	4614.444	7317.799	7365.821	6619.532	831.3699	867.8238	1059.549
Αύγουστος	29303.03	2165.158	45074.2	5539.949	5541.007	9813.705	4148.065	4181.082	4182.505
Σεπτέμβριος	21212.31	2118.918	21226.44	1353.325	1254.849	8158.05	6136.294	6132.914	6082.507
Οκτώβριος	14697.04	1977.798	12879.98	5485.363	5456.554	1024.228	2740.577	2744.51	2712.637
Νοέμβριος	19405.06	18918.44	12291.98	5734.7	5703.95	689.6423	551.7616	4027.126	481.6116
Δεκέμβριος	14794.38	19123.85	13520.46	5800.017	743.9905	574.0751	5581.016	5579.308	409.6048

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Διάγραμμα φυσικού φωτισμού στη θέση 1 της αίθουσας 26 των χημικών μηχανικών(Lux)

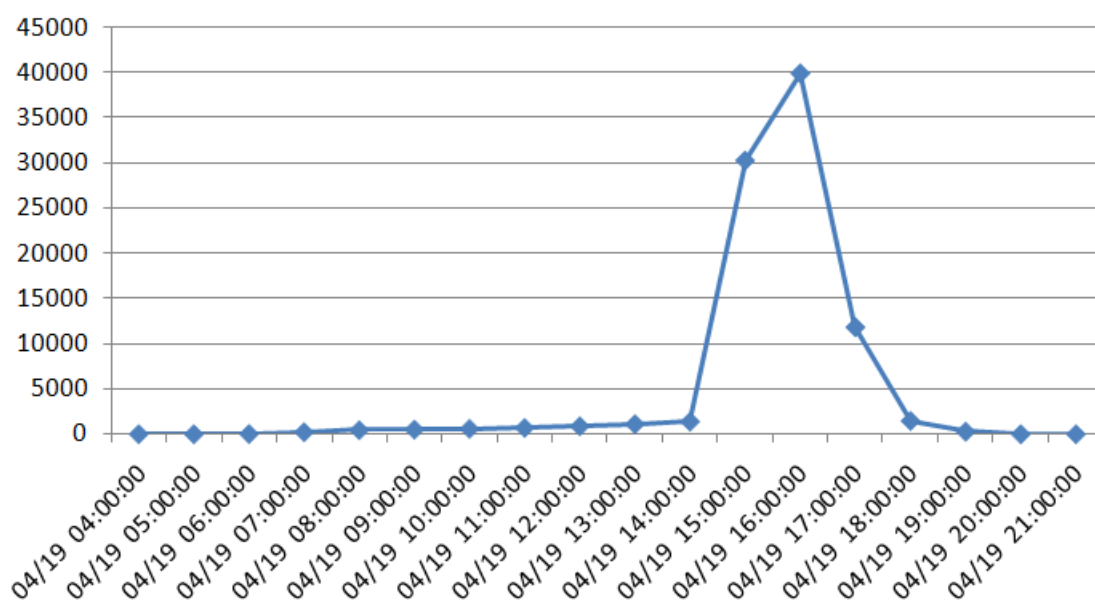


➤ **Αίθουσα 26 χημικών μηχανικών μετά τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	1712.751	14549.46	14814.27	7724.3	733.0516	556.5537	2252.919	2257.516	410.8771
Φλεβάρης	2272.378	19282.08	19769.76	966.4722	933.2478	824.425	3476.148	3481.683	539.4069
Μάρτιος	27158.61	18237.48	22499.73	10955.11	975.9935	1067.267	2662.404	711.201	656.7971
Απρίλιος	25055.19	1572.567	39895.11	1163.341	1008.411	1155.078	3845.239	3869.447	3877.932
Μάιος	26370.71	1684.985	3313.078	5412.185	5408.166	5520.965	669.7232	714.6489	711.7279
Ιούνιος	3131.96	1674.155	3251.578	6338.214	6377.385	1139.642	619.7414	958.0903	954.2469
Ιούλιος	3141.881	1625.571	3271.814	6563.198	6604.829	5941.979	638.4536	671.2386	949.269
Αύγουστος	24706.05	1583.244	39439.91	4971.252	4970.791	8815.447	3731.61	3761.255	3762.77
Σεπτέμβριος	18594.07	1550.21	18663.7	1177.954	1088.613	7327.112	5526.704	733.2454	660.5445
Οκτώβριος	12662.81	1500.212	11223.54	4914.576	4888.577	892.845	2463.985	643.6492	551.1984
Νοέμβριος	12641.35	15817.23	10620.56	5139.867	5112.153	588.7594	463.7144	3602.522	399.3012
Δεκέμβριος	8170.589	11658.14	11508.16	5167.212	637.5326	488.215	4972.689	4971.818	342.9256

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Διάγραμμα φυσικού φωτισμού αίθουσας 26 χημικών μηχανικών στη θέση 3(Lux)



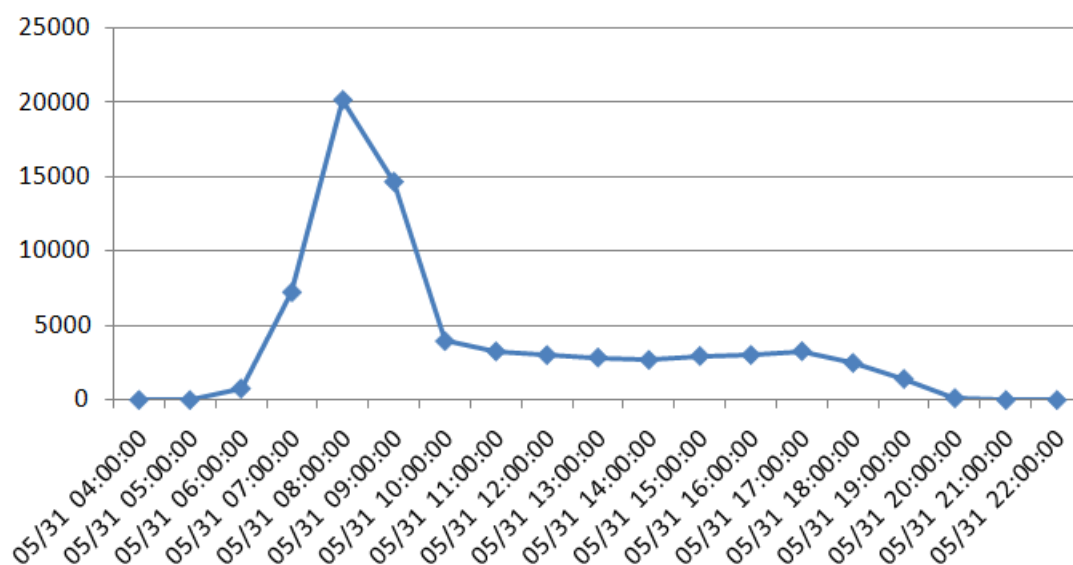
15.5) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 020 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

➤ Αίθουσα 020 κτιρίου Λαμπαδαρίου πριν τις βελτιώσεις

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	2817.863	3063.024	2940.788	877.299	983.7784	910.7368	616.1517	644.4081	611.1148
Φλεβάρης	3483.825	3847.189	3727.965	1078.876	1211.546	1129.037	741.8176	782.1232	750.0296
Μάρτιος	4325.321	4782.771	4649.681	1218.924	1404.259	1324.701	834.6679	875.5866	853.8256
Απρίλιος	5350.005	7799.305	7747.135	1453.367	1713.276	1676.618	1015.374	1074.144	1039.951
Μάιος	6417.085	20135.03	20034.17	1705.941	2659.393	2699.553	1141.498	1291.423	2054.926
Ιούνιος	7009.847	19318.09	19906.5	1795.551	2538.936	2560.1	1174.259	1327.341	1922.229
Ιούλιος	5920.443	15634.78	18838.7	1685.606	2202.903	2225.05	1170.307	1300.821	1622.643
Αύγουστος	6118.165	13902.73	13812.47	1550.23	1909.963	1880.617	1032.042	1147.335	1172.35
Σεπτέμβριος	4700.896	5189.662	5048.739	1383.545	1591.778	1537.892	963.706	1019.053	983.8229
Οκτώβριος	4070.222	4520.396	4400.191	1130.911	1290.611	1242.527	800.186	841.1924	806.9482
Νοέμβριος	2997.223	3307.008	3195.556	941.7615	1045.706	955.7435	652.9346	686.7234	654.2714
Δεκέμβριος	2721.669	2967.506	2842.955	824.525	917.176	838.7424	564.5572	594.5845	565.2721

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Ημερήσιο διάγραμμα φυσικού φωτισμού στη θέση 2 της αίθουσας 20 του λαμπαδαρίου (Lux)

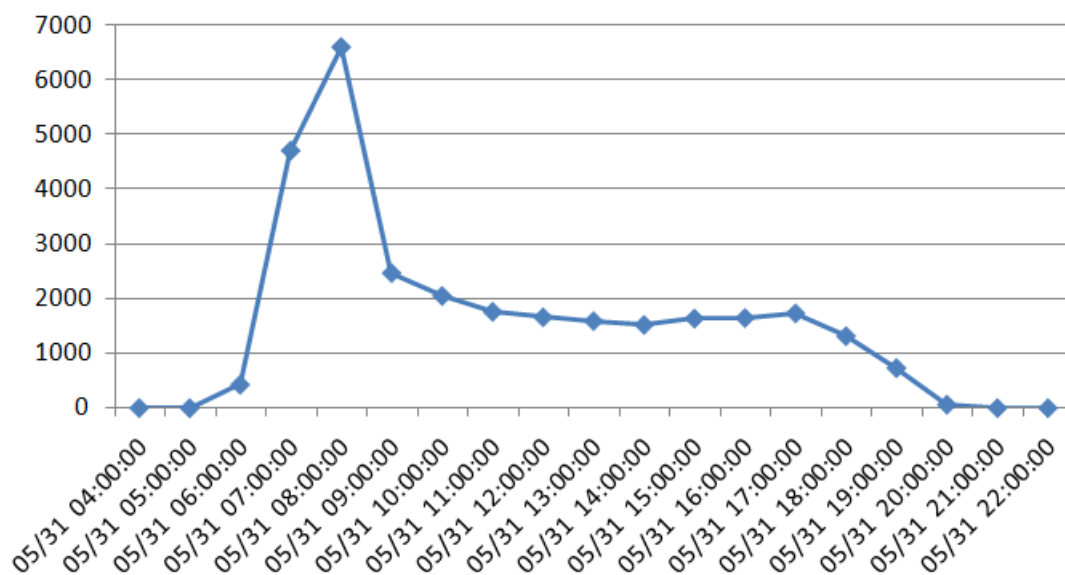


➤ **Αίθουσα 020 κτιρίου Λαμπαδαρίου μετά τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	1448.645	1514.825	1460.003	663.9777	746.7274	687.2493	464.0529	486.8606	460.0554
Φλεβάρης	1829.981	1927.946	1864.525	813.65	916.8175	849.4022	553.6134	583.176	553.6961
Μάρτιος	2238.928	2355.514	2281.345	907.6904	1055.376	988.5143	626.3591	655.4089	624.5871
Απρίλιος	2753.553	4766.998	4683.943	1082.926	1282.348	1236.191	736.0018	783.2339	755.4739
Μάιος	3322.508	6595.362	6492.522	1192.485	2034.273	2060.147	781.5122	850.7524	1555.046
Ιούνιος	3559.362	6462.468	6553.464	1268.742	1945.978	1957.58	779.379	881.3225	1456.918
Ιούλιος	3099.995	5315.377	6245.679	1166.875	1688.762	1698.991	763.5104	863.6865	1228.563
Αύγουστος	3187.422	4774.376	4683.11	1139.28	1424.444	1369.905	731.7252	768.4506	768.9053
Σεπτέμβριος	2431.795	2621.541	2556.639	1036.002	1196.635	1149.849	703.5752	748.0806	719.5102
Οκτώβριος	2136.655	2253.845	2183.62	854.5642	967.1355	926.077	592.9198	625.949	598.27
Νοέμβριος	1581.987	1667.026	1609.858	714.8637	798.2818	725.5965	486.3969	513.6346	487.4477
Δεκέμβριος	1422.72	1491.141	1434.843	626.2592	700.6191	635.0684	420.612	444.8194	421.1705

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

**Διάγραμμα φυσικού φωτισμού αίθουσας
20 λαμπαδαρίου στη θέση 2(Lux)**



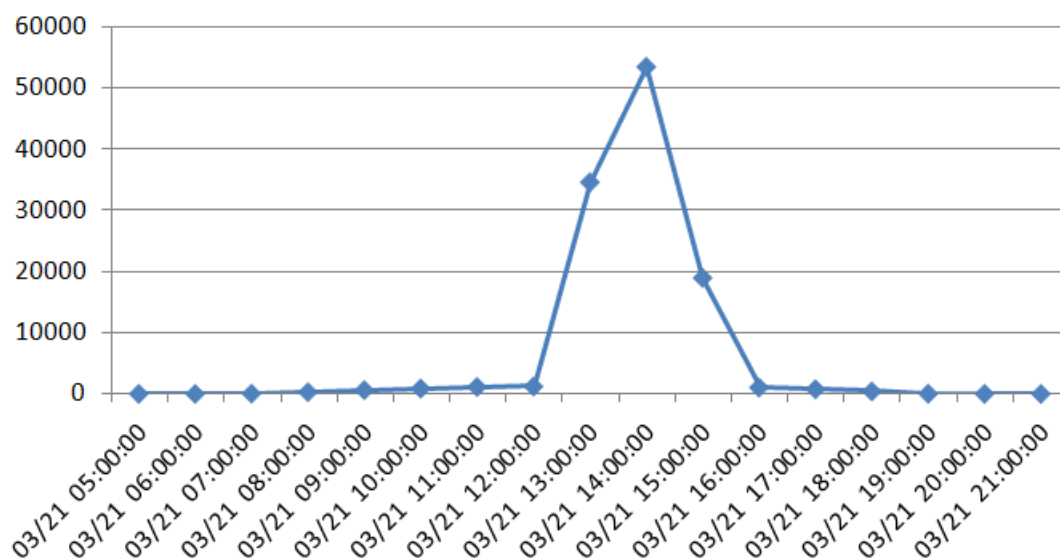
15.6) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ 015 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

➤ Αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου πριν τις βελτιώσεις

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	1013.183	10495.29	36389.47	20458.22	15399.53	7816.509	557.0967	578.3937	2091.293
Φλεβάρης	10258.42	40088.88	43211.04	950.1296	10984.36	6192.258	587.1702	610.6725	3253.673
Μάρτιος	34153.69	53451.31	37714.98	851.8468	952.1108	5164.12	562.9914	587.0525	514.5233
Απρίλιος	34859.21	29831.59	21718.59	680.175	802.0093	653.8817	458.2802	485.7942	432.3875
Μάιος	1585.823	2622.021	2451.397	517.6845	626.0979	511.1594	342.6914	366.7398	326.7941
Ιούνιος	1346.653	2142.15	2083.917	450.2875	564.5716	464.9896	311.0032	332.8964	298.238
Ιούλιος	1352.922	2152.601	2006.281	483.5455	593.0684	498.2563	319.2906	346.6441	314.7719
Αύγουστος	28421.75	28056.15	7565.946	664.6863	743.2153	599.9539	423.4252	448.5074	408.1396
Σεπτέμβριος	31207.71	48238.12	24443.2	765.8294	851.8463	704.6499	479.565	512.3277	459.9992
Οκτώβριος	26128.9	41019.81	35970.3	943.901	1012.825	1810.889	578.7664	581.2947	507.5604
Νοέμβριος	1098.391	14589.37	36620.21	16820.57	10779.61	3744.347	553.2136	3556.752	479.4416
Δεκέμβριος	906.6231	1541.913	28484.99	17520.09	12433.73	5210.482	553.0177	5041.681	487.9967

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Διάγραμμα φυσικού φωτισμού στη θέση 2 του αμφιθεάτρου 015 του κτιρίου λαμπαδαρίου(Lux)

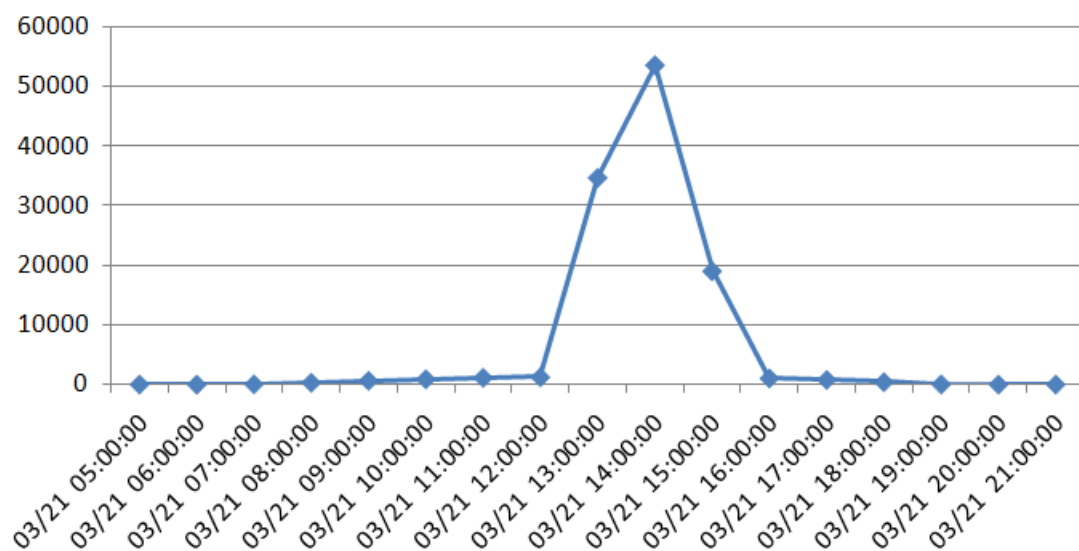


➤ **Αμφιθέατρο 015 κτιρίου Λαμπαδαρίου μετά τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	1013.183	10495.29	36389.47	20458.22	15399.53	7816.509	557.0967	578.3937	2091.293
Φλεβάρης	10258.42	40088.88	43211.04	950.1296	10984.36	6192.258	587.1702	610.6725	3253.673
Μάρτιος	34153.69	53451.31	37714.98	851.8468	952.1108	5164.12	562.9914	587.0525	514.5233
Απρίλιος	34859.21	29831.59	21718.59	680.175	802.0093	653.8817	458.2802	485.7942	432.3875
Μάιος	1585.823	2622.021	2451.397	517.6845	626.0979	511.1594	342.6914	366.7398	326.7941
Ιούνιος	1346.653	2142.15	2083.917	450.2875	564.5716	464.9896	311.0032	332.8964	298.238
Ιούλιος	1352.922	2152.601	2006.281	483.5455	593.0684	498.2563	319.2906	346.6441	314.7719
Αύγουστος	28421.75	28056.15	7565.946	664.6863	743.2153	599.9539	423.4252	448.5074	408.1396
Σεπτέμβριος	31207.71	48238.12	24443.2	765.8294	851.8463	704.6499	479.565	512.3277	459.9992
Οκτώβριος	26128.9	41019.81	35970.3	943.901	1012.825	1810.889	578.7664	581.2947	507.5604
Νοέμβριος	1098.391	14589.37	36620.21	16820.57	10779.61	3744.347	553.2136	3556.752	479.4416
Δεκέμβριος	906.6231	1541.913	28484.99	17520.09	12433.73	5210.482	553.0177	5041.681	487.9967

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

**Διάγραμμα φυσικού φωτισμού
αμφιθεάτρου λαμπαδαρίου στη θέση
2(Lux)**



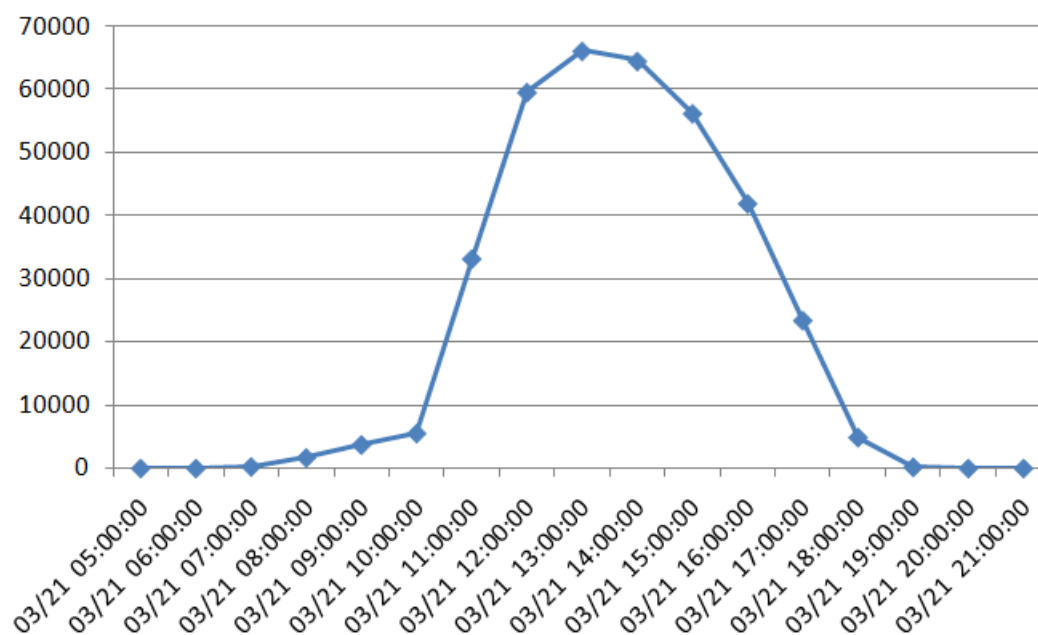
15.7) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

➤ Αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας πριν τις βελτιώσεις

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	9879.709	2118.42	1737.601	30649.77	18857.45	1738.941	44818.8	41783.39	1716.254
Φλεβάρης	7704.608	2193.214	1751.798	23020.04	3626.06	1754.161	55586.92	51028.3	1725.3
Μάρτιος	6593.593	2155.968	1696.097	7605.56	3335.248	1705.858	66156.36	55913.7	1657.106
Απρίλιος	2129.849	1777.942	1452.719	3582.254	2717.859	1458.388	58278.3	57738.4	1438.29
Μάιος	1624.233	1327.566	1070.681	2810.552	2099.348	1078.736	11357.19	9020.515	1056.022
Ιούνιος	1472.849	1209.026	957.04	2520.082	1895.594	967.8542	9311.968	7539.994	938.3506
Ιούλιος	1523.251	1255.977	1018.428	2644.802	1945.194	1027.987	9451.143	7590.091	1001.315
Αύγουστος	1955.319	1659.42	1371.955	3324.661	2505.009	1380.044	49824.9	36016.92	1350.655
Σεπτέμβριος	2241.871	1857.26	1563.808	6853.167	2943.248	1569.313	60939.49	48014.71	1545.099
Οκτώβριος	2564.476	2165.527	1666.728	16520.73	3530.367	1671.042	53339.87	51609.41	1725.159
Νοέμβριος	5083.076	2036.555	1597.51	22621.09	13661.23	1599.696	45109.27	44383.51	1850.942
Δεκέμβριος	6854.548	2073.391	1647.7	33895.62	15523.6	1649.659	39455.05	37231.7	1615.215

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Διάγραμμα φυσικού φωτισμού στη θέση 7 του αμφιθεάτρου ηχοτεχνίας(Lux)

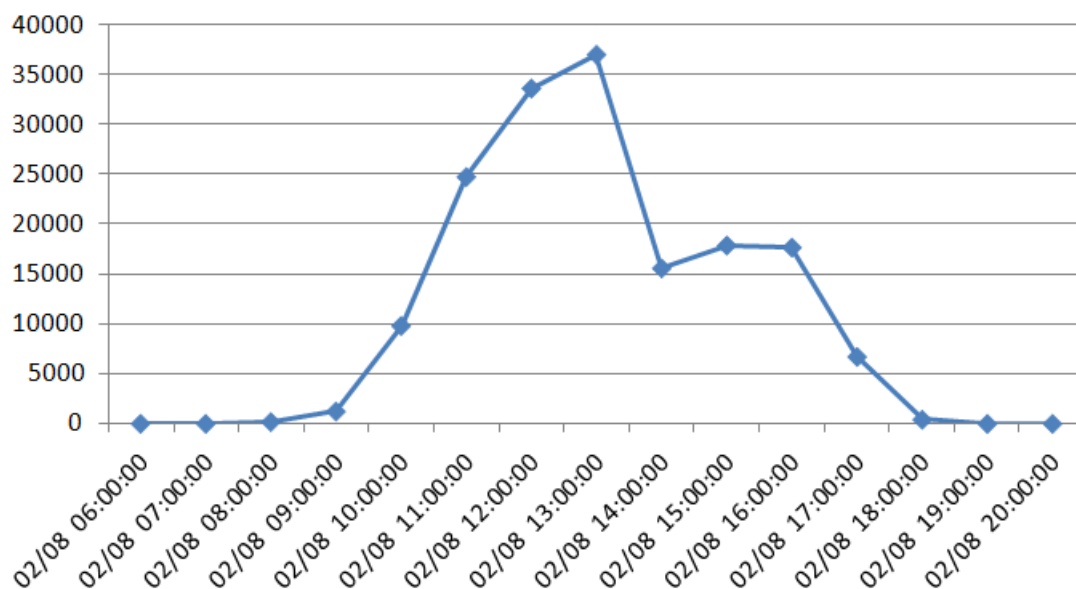


➤ **Αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας μετά τις βελτιώσεις**

Μήνας/Σημείο	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5	Σημείο 6	Σημείο 7	Σημείο 8	Σημείο 9
Γενάρης	7812.535	1554.157	1244.56	14773.5	2582.152	1244.752	34032.97	25586.76	1220.784
Φλεβάρης	5942.379	1549.708	1180.851	10756.31	2690.762	1181.618	36944.38	27519.1	1151.079
Μάρτιος	5079.665	1404.305	1039.111	5283.346	2343.045	1040.628	22674.32	19060.68	1012.601
Απρίλιος	1262.761	944.2816	685.5238	1525.341	1764.566	689.1359	19089.4	18882.33	662.8843
Μάιος	965.2085	727.8126	509.6897	1210.576	1382.772	524.9184	3757.703	2911.943	472.1069
Ιούνιος	898.2695	688.0149	485.6421	1111.85	1233.309	492.679	3285.83	2659.261	456.4647
Ιούλιος	940.9013	690.0074	487.3228	1165.67	1288.609	501.9359	3194.011	2614.794	451.4781
Αύγουστος	1126.898	843.015	633.1952	1420.377	1684.405	637.1546	15789.9	15196.39	610.1621
Σεπτέμβριος	1429.452	1075.083	831.435	4474.823	1943.349	834.3911	14349.13	14117.57	809.7801
Οκτώβριος	1822.468	1484.123	1090.728	11915.63	2570.055	1091.297	28955.9	20984.98	1059.493
Νοέμβριος	4000.913	1463.519	1107.22	11961.5	2559.279	1107.782	29868.45	20719.86	1080.807
Δεκέμβριος	5419.265	1542.689	1191.084	12131.82	2558.105	1190.857	30238.93	28250.88	1166.378

Μέγιστες μηνιαίες τιμές επιπέδων φυσικού φωτισμού στις προεπιλεγμένες θέσεις.

**Διάγραμμα φυσικού φωτισμού
αμφιθεάτρου ηχοτεχνίας στη θέση 7(Lux)**



15.8) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Μετά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του φυσικού φωτισμού για όλες τις αίθουσες και τα αμφιθέατρα, πριν και μετά τις βελτιώσεις, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

A) Η τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων στα παράθυρα, καθώς και η αντικατάσταση των υαλοστασίων με ενεργειακά τζάμια Low-emissivity (Low-e), προκάλεσαν μεγάλη ποσοστιαία μείωση των μέγιστων ετήσιων τιμών στα επίπεδα φυσικού φωτισμού. Παραδείγματα αυτής της μείωσης είναι η αίθουσα 26 των χημικών μηχανικών καθώς και το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας.

B) Στο αμφιθέατρο 15 του Λαμπαδαρίου, στο οποίο δεν τοποθετήθηκαν εξωτερικά σκιάστρα, ούτε έγινε αντικατάσταση των υαλοπινάκων με ενεργειακά τζάμια (low-e), δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή των επιπέδων φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του χώρου.

Γ) Στις αίθουσες οι οποίες διαθέτουν βορειοανατολικό προσανατολισμό ανοιγμάτων, όπως η αίθουσα 020 του Λαμπαδαρίου, διαπιστώθηκε ότι τα υψηλότερα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο παρουσιάζονται κατά τις πρώτες πρωινές ώρες.

Δ) Στις αίθουσες οι οποίες διαθέτουν νοτιοδυτικό προσανατολισμό ανοιγμάτων, όπως η αίθουσα των πολιτικών μηχανικών και το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας, διαπιστώθηκε ότι τα υψηλότερα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο παρουσιάζονται κατά τις μεσημεριανές ώρες.

Ε) Στις αίθουσες οι οποίες διαθέτουν δυτικό προσανατολισμό ανοιγμάτων, όπως η αίθουσα 26 των χημικών μηχανικών, διαπιστώθηκε ότι τα υψηλότερα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο παρουσιάζονται κατά τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΑΡΑΔΟΧΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

16.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό επιδιώκεται να καθοριστεί ο τρόπος που αλληλεπιδρούν κάποιες από τις παραδοχές και τις παραμέτρους που ελήφθησαν κατά την προσομοίωση και να προσδιοριστεί, όσο αυτό είναι δυνατόν, η βαρύτητα της κάθε μίας στην ενεργειακή συμπεριφορά των χώρων. Για τον σκοπό λοιπόν αυτόν, πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές προσομοίωσης, όπου σε κάθε μία από τις προσομοιώσεις, έγινε μεταβολή μόνο μίας παραμέτρου, ενώ οι άλλες διατηρήθηκαν σταθερές. Οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- ✓ Προσομοίωση των χώρων χωρίς την παρουσία χρηστών στο εσωτερικό τους.
- ✓ Προσομοίωση των χώρων χωρίς την ύπαρξη παραθύρων.
- ✓ Προσομοίωση των χώρων με απενεργοποιημένη τη λειτουργία του τεχνητού φωτισμού.
- ✓ Προσομοίωση των χώρων με θεώρηση των επιφανειών οι οποίες συνορεύουν με διάδρομο του κτιρίου, ως αδιαβατικών (αντί της θεώρησης που αναλύθηκε λεπτομερώς στο 11.4.1)
- ✓ Προσομοίωση με αφαίρεση της γυψοσανίδας (άρα και του στρώματος αέρα ο οποίος βρίσκεται εγκλωβισμένος) σε κάποιους χώρους, οι οποίοι έχουν κατασκευαστεί με χρήση γυψοσανίδας στην οροφή τους.
- ✓ Προσομοίωση κάποιων χώρων με θεώρηση συνθηκών δώματος στην οροφή τους, ενώ το κτίριο διαθέτει επιπλέον όροφο.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε συγκεντρωτικούς πίνακες, όπου με τον όρο “υφιστάμενη κατάσταση”, εννοείται η πραγματική κατάσταση των υπό μελέτη χώρων, όπως ακριβώς δηλαδή ελήφθησαν κατά την προσομοίωση.

16.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΑΙΘΟΥΣΑ 5 ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Είδος προμοίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	155.58	11306.61	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	26.77	19802.92	-82.79	75.14
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	293.48	8651.64	88.64	-23.48
Χωρίς παράθυρα	383.25	5136.42	146.34	-54.57
Χωρίς χρήστες	213.05	7140.91	36.94	-36.84
Χωρίς γυψοσανίδα στην οροφή	392.96	10963.98	152.58	-3.03
Με συνέχεια του κτιρίου αντί για δώμα	147.79	11309.99	-5.01	0.03

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για την αίθουσα 5 των πολιτικών μηχανικών (σε KWh)

ΑΙΘΟΥΣΑ 20 ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Είδος προμοίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	1478.93	5253.62	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	1279.67	6611.52	-13.47	25.85
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	2152.95	3939.42	45.57	-25.02
Χωρίς παράθυρα	1098.66	2560.94	-25.71	-51.25
Χωρίς χρήστες	1945.99	3184.75	31.58	-39.38

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για την αίθουσα 20 του κτιρίου Λαμπαδαρίου (σε KWh)

ΑΙΘΟΥΣΑ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Είδος προμοίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	4133.42	10710.30	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	4136.37	12057.83	0.07	12.58
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	5127.84	9156.18	24.06	-14.51
Χωρίς παράθυρα	4501.61	9072.51	8.91	-15.29
Χωρίς χρήστες	5075.95	7969.08	22.80	-25.59

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για την αίθουσα 26 των Χημικών Μηχανικών (σε KWh)

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 15 ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Είδος προμoίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	3460.41	7371.17	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	3040.74	9584.47	-12.13	30.03
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	4611.90	5499.48	33.28	-25.39
Χωρίς παράθυρα	2708.81	6314.68	-21.72	-14.33
Χωρίς χρήστες	4423.63	3675.93	27.84	-50.13

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για το αμφιθέατρο 15 του κτιρίου Λαμπαδαρίου (σε KWh)

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ 1 ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ

Είδος προμoίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	29.93	4767.37	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	25.20	4995.28	-15.80	4.78
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	37.01	2668.62	23.66	-44.02
Χωρίς παράθυρα	71.93	5124.10	140.33	7.48
Χωρίς χρήστες	32.13	1152.41	7.35	-75.83
Με δώμα στην οροφή	34.73	4784.16	16.04	0.35
Με δώμα και χωρίς γυψοσανίδα	739.29	5633.29	2370.06	18.16

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για το αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ (σε KWh)

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

Είδος προμoίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	615.89	2932.80	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	447.89	3663.21	-27.28	24.90
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	811.80	2459.93	31.81	-16.12
Χωρίς παράθυρα	258.71	1025.49	-57.99	-65.03
Χωρίς χρήστες	486.08	1817.58	-21.08	-38.03

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας (σε KWh)

ΔΙΔΥΜΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Είδος προμοίωσης/Ενεργ.καταναλ.	Θέρμανση	Ψύξη	Άυξηση/Μείωση θέρμανσης(%)	Άυξηση/Μείωση Ψύξης(%)
Υφιστάμενη κατάσταση	9832.32	5090.60	-	-
Με αδιαβατικές επιφάνειες	8440.08	5373.76	-14.16	5.56
Χωρίς τεχνητό φωτισμό	11681.20	3869.01	18.80	-24.00
Χωρίς χρήστες	4983.72	14.84	-49.31	-99.71

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων με διάφορες περιπτώσεις προσομοιώσεων, για τα Δίδυμα Αμφιθέατρα των Πολιτικών Μηχανικών (σε KWh)

16.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- ❖ Η απουσία των χρηστών κατά τις προσομοιώσεις, προκάλεσε θεαματική μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη των χώρων. Αυτό είναι λογικό, αφού οι χρήστες εισάγουν στο χώρο θερμικά κέρδη μέσω της μεταβολικής τους δραστηριότητας, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των χώρων και την αύξηση της θερμοκρασίας τους.
- ❖ Η θεώρηση των επιφανειών οι οποίες συνορεύουν με διάδρομο του κτιρίου, ως αδιαβατικών, προκάλεσε στις περισσότερες περιπτώσεις, μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση των χώρων και αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη. Αυτό συνέβη, επειδή λόγω της θεώρησης των αδιαβατικών επιφανειών, η θερμότητα εγκλωβίζεται στους χώρους με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας τους.
- ❖ Η απενεργοποίηση του τεχνητού φωτισμού προκάλεσε αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη, καθώς σχεδόν ολόκληρη η ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον τεχνητό φωτισμό μετατρέπεται σε θερμότητα.
- ❖ Η αφαίρεση της γυψοσανίδας από την οροφή της αίθουσας 5 των Πολιτικών Μηχανικών κατά την προσομοίωση, προκάλεσε αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση κατά 152,58%, καθώς και πολύ μικρή μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη. Ωστόσο, η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης, παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα, σε σχέση με άλλες αίθουσες με δώμα στην οροφή τους. Αυτό εκτιμάται ότι συνέβη, λόγω των πολλών και μεγάλων διαστάσεων ανοιγμάτων της, νοτιοδυτικού προσανατολισμού, τα οποία επιτρέπουν την είσοδο μεγάλης ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Επίσης, η προσομοίωση της ίδιας αίθουσας με συνθήκες συνέχειας του κτιρίου καθ' ύψος αντί για δώμα, δεν προκάλεσε αξιοσημείωτες μεταβολές στις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη, αφού ούτως ή άλλως διαθέτει γυψοσανίδα με στρώμα αέρα μεγάλου πάχους από πάνω, ο οποίος λειτουργεί σαν θερμομονωτικό υλικό.

- ❖ Η προσομοίωση του αμφιθεάτρου 1 του κτιρίου ΒΕΗ με συνθήκες δώματος στην οροφή του, δεν προκάλεσε σχεδόν καμία μεταβολή στις ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης. Αντιθέτως, όταν ταυτόχρονα αφαιρέθηκε και η γυψοσανίδα από την οροφή του, οι απαιτούμενες ενέργειες για θέρμανση και ψύξη αυξήθηκαν κατά 2370% και 18,16% αντίστοιχα. Αυτό εκτιμάται ότι συνέβη, επειδή ο εγκλωβισμένος αέρας πάνω από την γυψοσανίδα, λειτουργεί σαν θερμομονωτικό υλικό.

Μέρος 5: Συμπεράσματα - Βιβλιογραφία/Ιστότοποι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1) Από τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας που πραγματοποιήθηκαν μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας με τα θερμογρόμετρα παρατηρούμε ότι **όταν οι τιμές της θερμοκρασίας αυξάνονται, τότε σημειώνεται μείωση στις τιμές της σχετικής υγρασίας και το αντίθετο**, κάτι το οποίο αν αναλογιστούμε τη αντίστροφη σχέση των δύο μεγεθών είναι απολύτως λογικό. Επίσης, στο μεγαλύτερο μέρος κατά το σύνολο των μετρήσεων, παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας να εμφανίζονται τις μεσημεριανές ώρες οι οποίες παρατείνονται κάποιες φορές και κατά το απόγευμα οπότε και αντίστοιχα παρατηρούνται τα ελάχιστα ποσοστά σχετικής υγρασίας, ενώ το αντίθετο συμβαίνει κατά την διάρκεια της νύχτας έως και νωρίς το πρωί, δηλαδή ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας και μεγαλύτερα ποσοστά της σχετικής υγρασίας.

2) Χωρίζοντας το σύνολο των αιθουσών σε δύο κατηγορίες μπορούμε να διακρίνουμε αξιοσημείωτα συμπεράσματα όσον αφορά τις επιτόπιες πειραματικές μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας και πιο συγκεκριμένα στις α) απλές αίθουσες διδασκαλίας και β) στα αμφιθέατρα.

Για τις απλές αίθουσες διδασκαλίας τα αποτελέσματα είναι πολύ θετικά, καθώς και οι τρεις αίθουσες παρουσίασαν πολύ καλή συμπεριφορά. **Η διακύμανση των τιμών της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας ήταν πολύ μικρή** και σχετικά κοντά στα επιθυμητά επίπεδα θερμικής άνεσης.

Για το σύνολο των αμφιθεάτρων έχουμε μεγαλύτερη ποικιλία αποτελεσμάτων. **Ως προς την θερμοκρασία η διακύμανση είναι σχετικά μεγαλύτερη από αυτήν των αιθουσών** χωρίς όμως να βγαίνει έξω από τα επιθυμητά όρια θερμικής άνεσης με εξαίρεση αυτή του αμφιθέατρου 015 του κτιρίου Λαμπαδαρίου η οποία έφτασε λόγω χρήσης κλιματιστικού, ελάχιστη θερμοκρασία 17,71 C που είναι αρκετά χαμηλή ακόμη και για καλοκαιρινή περίοδο οπότε προτείνεται πιο σωστή χρήση του κλιματιστικού. Ως προς την **διακύμανση της σχετικής υγρασίας παρατηρούμε ότι είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτήν των αιθουσών.**

Γενικά, καλή συμπεριφορά ως προς την διακύμανση της σχετικής υγρασίας παρουσίασαν το αμφιθέατρο 1 του κτιρίου ΒΕΗ και το αμφιθέατρο 015 του κτιρίου Λαμπαδαρίου σε αντίθεση με τα δίδυμα αμφιθέατρα Πολιτικών Μηχανικών και το αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας που η διακύμανση ήταν πολύ μεγαλύτερη.

Συμπερασματικά προκύπτει πως στο σύνολό τους οι αίθουσες μπορούν και βρίσκονται μέσα ή κοντά στις επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας κατά την λειτουργία τους, είτε λόγω της σωστής δόμησής τους είτε και λόγω υποβοήθησης με χρήση κλιματιστικών σε αυτές το καλοκαίρι και πιθανότερα σωμάτων θέρμανσης το χειμώνα. Αυτό που αλλάζει μεταξύ τους είναι η συμπεριφορά της υγρασίας μέσα σε αυτές. Παρατηρούμε πως στις μικρότερες αίθουσες η διακύμανση είναι μικρότερη ενώ στα αμφιθέατρα είναι μεγαλύτερη. Ακόμη και στην περίπτωση του αμφιθέατρου 015 Λαμπαδαρίου όπου η διακύμανση της σχετικής υγρασίας είναι μικρή, παρατηρείται πολύ μεγαλύτερη διακύμανση της θερμοκρασίας. Συμπερασματικά, στις μικρότερες αίθουσες η διακύμανση των επιπέδων θερμικής άνεσης είναι αρκετά μικρότερη από αυτή των αμφιθεάτρων.

3) Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή του ΚΕΦ. 9 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ, οι μετρήσεις φυσικού φωτισμού πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες πλήρους ηλιοφάνειας. Πρέπει όμως να αναφερθεί πως παρουσιάστηκαν σε μερικές αίθουσες πρακτικές δυσκολίες και φυσικά εμπόδια που δεν επέτρεψαν την καταγραφή της πραγματικής ύψιστης διέλευσης του ηλιακού φωτός σε αυτές όπως ήταν επιθυμητό. Αυτές ήταν:

- Μόνιμα κατεβασμένα ή προβληματικά στόρια (αίθουσα 26 Χημικών Μηχανικών, αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας, αμφιθέατρο Λαμπαδαρίου).
- Πυκνή βλάστηση και πρασινάδα έξω από τα παράθυρα (αμφιθέατρο Ηχοτεχνίας, αμφιθέατρο ΒΕΗ, αίθουσα 20 Λαμπαδαρίου).

Παρ' όλες τις δυσκολίες που προέκυψαν καταγράφονται σημαντικά συμπεράσματα:

Α) Οι αίθουσες με νότιο προσανατολισμό δέχονται (και όχι έχουν) περισσότερο ηλιακό φως καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και αν αυτός συνδυαστεί με ανατολικό προσανατολισμό τότε το ηλιακό φως που εισέρχεται είναι περισσότερο ήδη από τις πρωινές ώρες (αίθουσα 5 Πολιτικών Μηχανικών) ενώ αν αυτός συνδυαστεί με δυτικό προσανατολισμό το ηλιακό φως που εισέρχεται είναι περισσότερο μέχρι και τις απογευματινές ώρες (αμφιθέατρο 15 Λαμπαδαρίου).

Β) Η αίθουσα 26 των Χημικών Μηχανικών έχοντας μόνο δυτικό προσανατολισμό δέχεται πολύ περισσότερο φως τις απογευματινές ώρες. Χρήση αυτού του χώρου είναι κατάλληλη τους χειμερινούς μήνες και ακατάλληλη τους θερινούς λόγω υπερθέρμανσης. Επίσης, σε αυτή την αίθουσα τα παράθυρα έχουν τοποθετηθεί λοξά ώστε να έχουν βορειοδυτικό προσανατολισμό με σκοπό να αποφεύγονται φαινόμενα θάμβωσης και να επιτυγχάνεται ομαλότερη κατανομή του φωτός μέσα σε αυτή.

Γ) Η αίθουσα 20 Λαμπαδαρίου και το αμφιθέατρο ΒΕΗ που έχουν βορειοανατολικό προσανατολισμό δέχονται περισσότερο ηλιακό φως κατά τις πρωινές ώρες

εξυπηρετώντας καλύτερα τον σκοπό τους ως αίθουσες διδασκαλίας και επίσης έχουν σταθερότερο φυσικό φωτισμό καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, προνόμιο που προσφέρει ο βόρειος προσανατολισμός.

Δ) Παρατηρείται πως οι αίθουσες με μικρότερο όγκο έχουν καλύτερη κατανομή του φωτός σε ολόκληρη την επιφάνεια των μετρήσεων που ορίστηκε και πραγματοποιήθηκε. Η περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία καταγράφεται πάντα όπως είναι φυσικό κοντά στα παράθυρα όμως αυτή κατανέμεται όσο το δυνατόν περισσότερο και σε μεγαλύτερο βάθος του όγκου των αιθουσών. Σε αντίθεση με τις αίθουσες που έχουν μεγαλύτερο όγκο όπου στις οποίες η μεγάλη ποσότητα ηλιακού φωτός που καταγράφεται κοντά στα παράθυρα δεν κατανέμεται το ίδιο αποδοτικά στον υπόλοιπο χώρο.

4) Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο της ανάλυσης του ακουστικού σχεδιασμού (ΚΕΦ. 10), η κατασκευή χώρων με υπέρμετρο όγκο δημιουργεί προβλήματα στην ακουστική των χώρων, λόγω της αύξησης του χρόνου αντήχησης. Το πρόβλημα αυτό δεν επιλύεται ούτε με την αύξηση της ηχοαπορρόφησης στο χώρο, αφού σε αυτή την περίπτωση προκαλείται σχετικά αυξημένη απόσβεση του ήχου. Επιπλέον, η κατασκευή χώρων με υπέρμετρο όγκο έχει δυσμενείς επιπτώσεις και στον ενεργειακό σχεδιασμό τους. Αυτό οφείλεται στις αυξημένες απαιτήσεις των χώρων αυτών για θέρμανση, ψύξη και τεχνητό φωτισμό. Συνδυάζοντας τα παραπάνω με τα συμπεράσματα των παραγράφων (2), (3) που προέκυψαν για αίθουσες με υπέρμετρο όγκο, δηλαδή:

- A) Μεγάλη διακύμανση στα επίπεδα θερμικής άνεσης σε αυτές
- B) Φτωχή κατανομή του φωτός στο σύνολο της επιφάνειάς τους

Θα πρέπει να αποφεύγεται η κατασκευή αιθουσών διδασκαλίας με υπέρμετρο όγκο, αφού δημιουργεί προβλήματα τόσο στον ακουστικό και ενεργειακό σχεδιασμό τους, όσο και στις συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.

5) Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στις κατηγορίες των τυπικών σφαλμάτων κατά τον ακουστικό σχεδιασμό των αιθουσών (ΚΕΦ 10), οι δοκοί με μήκος κατά την εγκάρσια διεύθυνση των χώρων οι οποίες διαθέτουν μεγάλη κρέμαση, προκαλούν ανεπαρκείς πρώτες ανακλάσεις και μείωση της ευκρίνειας του ήχου. Επίσης, είναι γνωστό ότι ο ακίνητος ή αλλιώς εγκλωβισμένος μεταξύ δύο επιφανειών αέρας είναι το υλικό με το μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, άρα άκρως αποτελεσματικό θερμομονωτικό υλικό. Επομένως, η χρήση γυψοσανίδας κάτω από

τις οροφές των χώρων, η οποία εγκλωβίζει τον αέρα μεταξύ της πλάκας του υπερκείμενου ορόφου ή δώματος και της ίδιας της γυψοσανίδας, προσφέρει υψηλή θερμομόνωση και μειωμένες απώλειες από τις οροφές των χώρων.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι η χρήση γυψοσανίδας κάτω από τις οροφές των χώρων, έτσι ώστε οι εγκάρσιες δοκοί της οροφής να βρίσκονται εξ' ολοκλήρου πάνω από τη γυψοσανίδα, έχει ευεργετικές επιδράσεις τόσο στην ακουστική των χώρων όσο και στην ενεργειακή τους συμπεριφορά.

6) Οι χώροι διδασκαλίας οι οποίοι διαθέτουν γυψοσανίδα στην οροφή τους με μεγάλο πάχος στρώματος εγκλωβισμένου αέρα, απαιτούν μικρότερα ποσά ενέργειας για θέρμανση το χειμώνα σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους, κάτι που είναι λογικό, αφού ο εγκλωβισμένος αέρας λειτουργεί σαν θερμομονωτικό υλικό.

7) Όπως παρατηρήθηκε στο κεφάλαιο της συγκριτικής αξιολόγησης(κεφ.13) μεταξύ επιτόπιων μετρήσεων και αποτελεσμάτων προσομοίωσης, στην ανάλυση των επιτόπιων μετρήσεων παρατηρήθηκε πολύ μικρή διακύμανση της θερμοκρασίας. Αντιθέτως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, η διακύμανση ήταν αρκετά μεγαλύτερη. Δεδομένου, ότι τους θερινούς μήνες η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας απαιτεί συνεχή χρήση κλιματισμού, συμπεραίνουμε ότι η θεώρηση λειτουργίας του κλιματισμού έως τις πρώτες απογευματινές ώρες κατά την προσομοίωση στο πρόγραμμα energy plus, να μην ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

8) Η τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αισθητήρες σε χώρους διδασκαλίας, προσφέρει εξαιρετικά αποτελέσματα, υπό την προϋπόθεση ότι ο χώρος διαθέτει σχετικά υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού.

Το συμπέρασμα αυτό επαληθεύεται στην περίπτωση της αίθουσας 5 των Πολιτικών Μηχανικών, η οποία διαθέτει νότιου προσανατολισμού ανοίγματα, μεγάλων διαστάσεων. Στη συγκεκριμένη αίθουσα λοιπόν, παρατηρείται η μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση στη κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό, μετά την εισαγωγή του αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού με αισθητήρες. **Σε άλλους χώρους, οι οποίοι διαθέτουν μέτρια επίπεδα φυσικού φωτισμού, η τοποθέτηση του αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού προκάλεσε μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας.**

Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι τα συμπεράσματα αυτά έχουν εξαχθεί με βάση τα αποτελέσματα των επιπέδων φυσικού φωτισμού μετά την ανάλυση με τη βοήθεια του **energy plus** κι όχι από τα πραγματικά επίπεδα φυσικού φωτισμού.

Στην πραγματικότητα, η διέλευση του φωτός στους χώρους διδασκαλίας, σε πολλές περιπτώσεις παρεμποδίζεται από παράγοντες όπως η φύτευση του περιβάλλοντος χώρου ή η απρόβλεπτη χρήση των στοριών των παραθύρων από τους χρήστες με συνέπεια η παραγματική εξοικονόμηση ενέργειας να είναι μικρότερη.

9) Όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο 14, όπου παρουσιάζονται οι προτάσεις για την ενεργειακή βελτίωση των χώρων, η τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων στα παράθυρα, είχε πολύ ευεργετικά αποτελέσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας για την ψύξη των χώρων. Παρ' όλα αυτά, θα πρέπει να μελετάται προσεκτικά η τοποθέτηση των σκιάστρων για τους εξής λόγους:

A) Σχετικά μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία θα εισερχόταν στο χώρο, με την τοποθέτηση των σκιάστρων δε θα εισαχθεί. Γι' αυτό το λόγο, καταλληλότεροι χώροι για την τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων θεωρούνται οι χώροι που παρουσιάζουν πρόβλημα υπερθέρμανσης. Αντιθέτως, η τοποθέτηση σκιάστρων σε χώρους οι οποίοι έχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση μπορεί να επιδεινώσει το πρόβλημα.

B) Σε περιπτώσεις όπου συνυπάρχει αυτόματο σύστημα τεχνητού φωτισμού με αισθητήρες, η μείωση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας πιθανόν να αυξήσει την κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό.

10) Η αντικατάσταση των υαλοστασίων των παραθύρων με ενεργειακά τζάμια (Low-e) οδηγεί σε σημαντική μείωση τόσο των θερμικών κερδών όσο και των θερμικών απωλειών. Επίσης, σε χώρους με ήδη χαμηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού, είναι πιθανόν να μειωθούν ακόμη περισσότερο τα επίπεδά του κι έτσι να αυξηθεί η κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό. (Εάν συνυπάρχει αυτόματο σύστημα τεχνητού φωτισμού)

11) Οι χώροι διδασκαλίας, λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού χρηστών που φιλοξενούν, παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλά θερμικά κέρδη λόγω των χρηστών τους και συγκεκριμένα τις ώρες και τις ημέρες του χρόνου που αυτοί παρευρίσκονται στο χώρο. Επομένως, η ενεργειακή τους συμπεριφορά

διαφοροποιείται πλήρως κατά τις ώρες τις οποίες οι χρήστες παρευρίσκονται στο χώρο. Για παράδειγμα, κατά τους χειμερινούς μήνες, η ύπαρξη μεγάλου αριθμού χρηστών στο χώρο, αρκετές φορές οδηγεί σε μείωση ή εξάλειψη της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τους θερινούς μήνες, όπου τα θερμικά κέρδη πιθανόν να προκαλέσουν υπερθέρμανση του χώρου και αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων για ψύξη.

12) Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει για την απόκλιση των μετρήσεων φυσικού φωτός μέσα στις αίθουσες με φωτόμετρα και σε αυτές που υπολόγισε το energy plus. Πιο αναλυτικά, η γειτνίαση ορισμένων αιθουσών με διάφορα κτήρια εμπόδιζαν τη διέλευση του φωτός είτε σε μεγαλύτερο είτε σε μικρότερο βαθμό κατά την διάρκεια της ημέρας. Ξεκαθαρίζουμε πως αυτό δεν εμπόδισε την καταγραφή της πραγματικής μέγιστης διέλευσης φωτεινής ακτινοβολίας αλλά αυτό σε συνδυασμό με την πυκνή βλάστηση και τα μόνιμα κατεβασμένα στόρια δεν επέτρεψε την επακριβής προσομοίωση των συνθηκών στο energy plus και γι' αυτό το λόγο τα αποτελέσματα μεταξύ τους έχουν σημαντική απόκλιση.

13) Όπως συμπεραίνουμε από όλα όσα αναφέρθηκαν σε αυτή την εργασία, η ενεργειακή μελέτη και η ενεργειακή αναβάθμιση ενός χώρου και κατ' επέκταση ενός κτιρίου, είναι πολύπλοκες διαδικασίες οι οποίες εξαρτώνται από ένα πλήθος παραγόντων. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι οι εξής:

- ✓ Υλικά των επιφανειών
- ✓ Γεωμετρία του κτιρίου
- ✓ Αριθμητική κατανομή χρηστών κατά τη διάρκεια της ημέρας
- ✓ Θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος
- ✓ Προσανατολισμός, αριθμός και διαστάσεις ανοιγμάτων
- ✓ Γειτνίαση του υπό μελέτη κτιρίου με άλλα κτίρια
- ✓ Είδος και χαρακτηριστικά των κουφωμάτων και των υαλοστασίων
- ✓ Στοιχεία που αφορούν τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου (ισχύς, ώρες λειτουργίας κ.α.)
- ✓ Χαρακτηριστικά και ώρες λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης)

Όλοι οι παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και είναι πολύ δύσκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων για το πώς επηρεάζεται η μία παράμετρος σε μία πιθανή μεταβολή μιας άλλης. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, κατά τη διαδικασία των προτάσεων βελτίωσης των χώρων, έγιναν πολλές δοκιμές προσομοίωσης των χώρων με το energy plus. Κάθε δοκιμή είχε στόχο να καταγράψει τον τρόπο αλληλεπίδρασης όλων αυτών των παραμέτρων μεταξύ τους και να βρεθεί ο συνδυασμός ο οποίος καθιστά τον κάθε χώρο ενεργειακά αποδοτικότερο.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ - ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το χειμώνα σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ, σελ.26

Πίνακας 2: συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το καλοκαίρι σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ, σελ.27

Εικόνα 1. Σχέση μεταξύ της ταχύτητας του αέρα v και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος t_{sk} . [37] Σελ. 28

Εικόνα 2. Σχέση μεταξύ του βαθμού της τυρβώδους ροής Tu και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος t_{sk} [37] σελ.28

Πίνακας 3. Επίπεδα έντασης φωτισμού ανά κατηγορία εργασίας σύμφωνα με το F.A. Party [42] σελ.31

Εικόνα 3. Η πρόσπτωση του ηλίου σε κτίρια το χειμώνα και το καλοκαίρι [57] σελ.36

Εικόνα 4. Η τροχιά του ήλιου και η γωνία αζιμουθίου και ύψος ηλίου [58] σελ.37

Εικόνα 5. Εσωτερικός διάδρομος κυκλοφορίας σε εκπαιδευτικό κτίριο [57] σελ.39

Εικόνα 6. Κίνηση του ανέμου γύρω από το κτίριο [57] σελ.44

Εικόνα 7. Διαμπερή κίνηση του ανέμου [57] σελ.44

Εικόνα 8. Κίνηση του ανέμου μέσα στους χώρους του κτιρίου [57] σελ.45

Εικόνα 9. Κίνηση του ανέμου μέσα από οριζόντιους χώρους φρεατίων [57] σελ.45

Εικόνα 10. Κατανομή πιέσεων μέσα στο χώρο [57] σελ.46

Εικόνα 11. Βασικές αρχές σχεδιασμού φυσικού αερισμού με το φαινόμενο του ελκυσμού [57] σελ.47

Εικόνα 12. Δημιουργία κατακόρυφων διόδων φρεατίων [57] σελ.47

Εικόνα 13. Ηλιακή καμινάδα [57] σελ.49

Εικόνα 14. Πύργος ψύξης [57] σελ.49

Εικόνα 15. Μεταλλικός ακτινοβολητής [66] σελ.51

Εικόνα 16. Άμεσος εξαμιστικός δροσισμός [66] σελ.51

Εικόνα 17. Διάγραμμα ροής του κύκλου δροσισμού άμεσης εκτόνωσης [65] σελ.52

Εικόνα 18. Διάταξη δροσισμού με ψύξη νερού [65] σελ.53

Εικόνα 19. Απεικόνιση λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας [65] σελ.54

Εικόνα 20. Οριακή γωνία ηλιακής πρόσπτωσης την 21^η Δεκεμβρίου [57] σελ.56

Εικόνα 21. Οριακή γωνία ηλιακής πρόσπτωσης την 21^η Ιουνίου [57] σελ.57

Εικόνα 22. Οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα [74] σελ.57

Εικόνα 23. Σχεδιασμός σκιάστρου για χειμερινό ηλιασμό / θερινή ηλιοπροστασία και ενίσχυση του φυσικού φωτισμού [74] σελ.58

Εικόνα 24. Κινητό σκίαστρο [74] σελ.59

Εικόνα 25. Συνεισφορά βλάστησης στη ηλιοπροστασία [74] σελ.60

Εικόνα 26. Ράφια φωτισμού [68] σελ.63

Εικόνα 27. Ανακλαστικές περσίδες [68] σελ.63

Εικόνα 28. Με υπερέψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση πολυώροφου κτιρίου].

Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση πολυώροφου κτιρίου]. [57] σελ.67

Εικόνα 29. Με υπερέψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση μονώροφου κτιρίου]

Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας [περίπτωση μονώροφου κτιρίου] [57] σελ.68

Εικόνα 30. Χρήση φωτιστικών ραφιών για μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός. Περσίδες, στόρια ή άλλες ανακλαστικές επιφάνειες δίπλα σε φωτιστικά ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ομοιόμορφη διασπορά του φωτός σε όλο τον χώρο. [57] σελ.68

Εικόνα 31. Η διείσδυση του φωτός ισούται περίπου με το 1,5 ως 2 φορές το ύψος του πρεκιού του παραθύρου. Για ομοιόμορφο φωτισμό της αίθουσας διδασκαλίας ενδείκνυται οι συνδυασμοί ανοιγμάτων σε αντιδιαμετρικές πλευρές της. [57] σελ.71

Εικόνα 32. Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους [11] σελ.74

Εικόνα 33. Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michelle) [11] σελ.76

Εικόνα 34. Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση [11] σελ.77

Εικόνα 35. Χειμερινή λειτουργία θερμοκηπίου [6] σελ.79

Εικόνα 36. Θερινή λειτουργία θερμοκηπίου [6] σελ.80

Εικόνα 37. Ηλιακό αίθριο [15] σελ.80

Εικόνα 38. Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου [6] σελ.83

Εικόνα 39. Φωτοβολταϊκή συστοιχία [76] σελ.91

Εικόνα 40. Μετάδοση θερμότητας με αγωγή [22] σελ.96

Εικόνα 41. Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή [22] σελ.96

Εικόνα 42. Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία [22] σελ.97

Εικόνα 43. Ποσοστά θερμικών απωλειών από τα δομικά στοιχεία της κατασκευής [27] σελ.101

- Εικόνα 44.** Θερμομονωτικά υλικά [29] σελ.103
- Εικόνα 46.** Στρώσεις εσωτερικής θερμομόνωσης [75] σελ.113
- Εικόνα 47.** Στρώσεις εξωτερικής θερμομόνωσης [75] σελ.114
- Εικόνα 48.** Τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα [34] σελ.115
- Εικόνα 49.** Χρήση θερμομονωτικών τούβλων [34] σελ.116
- Εικόνα 50.** Θερμομόνωση επίπεδης οροφής κάτω από την πλάκα οπλισμένου Σκυροδέματος [35] σελ.118
- Εικόνα 51.** Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην κάτω πλευρά της πλάκας [35] σελ.119
- Εικόνα 52.** Θερμομόνωση δαπέδου εκτεθειμένου στο εξωτερικό περιβάλλον τοποθετημένη στην πάνω πλευρά της πλάκας [35] σελ.120
- Εικόνα 53.** Μετάδοση θερμοκρασίας και διακίνηση υγρασίας μέσα στην κατασκευή [45] σελ.124
- Εικόνα 54.** Τοποθέτηση φράγματος υδρατμών σε στέγη [47] σελ.126
- Εικόνα 55.** Υγρομόνωση δώματος με ασφαλτόπανο [48] σελ.128
- Εικόνα 56.** Θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου [79] σελ.318
- Εικόνα 57.** Τζάμια χαμηλής εκπομπής Low-emissivity (Low-e) [80] σελ.322
- Εικόνα 58.** Κύτταρο, συστοιχία, Πάνελ, Πίνακας [81] σελ.329

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

- 1) Διπλωματική εργασία Γεωργίας Χρυσανθακοπούλου (ΕΜΠ), “Κατηγορίες τυπικών σφαιμάτων στον ακουστικό σχεδιασμό αιθουσών διδασκαλίας”
- 2) Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ελένη, “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: περιβάλλον και βιωσιμότητα, University Studio Press”, Θεσσαλονίκη, 2006.
- 5) Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια-αθλητικά κέντρα-βιομηχανίες-μεταφορές, Στ. Πέρδιος.
- 6) [Sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses](http://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses)
- 7) Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης “Αναλυτική προσέγγιση κεντρικών θερμάνσεων”, Αθήνα, 2004
- 8) Κτίρια για έναν πράσινο κόσμο, οικολογική δόμηση, βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Μαργαρίτα Καραβασίλη, Ευώνυμος οικολογική βιβλιοθήκη, Psystems international ΑΕ, Αθήνα 1999
- 9) Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα, ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής, ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002, Ευγενεία Α. Λαζάρη, www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf
- 10) Παπαδόπουλος Α.Μ., Αξαρή Ν.Κ., “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ-ΔΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ”, Δεκέμβριος 2015
- 11) Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων, Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε, 2010
- 12) Περιοδικό "ΚΤΙΡΙΟ", τεύχος 117, σελ.27
- 13) ktirio.gr/εφαρμογές/θέρμανση/τοίχος Trombe
- 14) Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα (www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf)
- 15) Daylighting in buildings, a thermie Programm Action, the European Comission Directorate-General for energy, DGXVII (http://erg.ucd.ie/mb_daylighting_in_buildings.pdf)
- 16) <http://www.azsolarcenter.com/design/passive-2.html>
- 17) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos.htm
- 18) www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm

- 19) BARRA CONSTANTINI
SYSTEM(www.osti.gov/accomplishments/pdf/DE90012500/066.pdf)
- 20) Ενεργειακός σχεδιασμός, εισαγωγή για Αρχιτέκτονες, Μάλλιαρης-Παιδεία για την ευρωπαϊκή επιτροπή, 1994
- 21) Ιωάννης Κ. Νικολός, Μηχανολόγος Μηχανικός, λέκτορας, σημειώσεις μαθήματος για μετάδοση θερμότητας, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης. (site http://users.uoi.gr/vkalpak/files/Notes_Heat-Transfer_Nikolos.pdf)
- 22) Αρχές Μηχανολογίας, 2 ο επάλ Ηρακλείου (site <http://2epal-am.weebly.com/>)
- 24) www.monodomiki.gr
- 25) Οδηγός θερμομόνωσης κτιρίων, 2007. (site http://www.moec.gov.cy/technikes_ypiresies/nomoi/odigos_thermomonosis_ktirion.pdf)
- 26) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm
- 27) www.domical.gr/frames.php
- 28) Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης rpt, Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας, 20701-1/2010
- 30) Εργαστήριο μετάδοσης θερμότητας και περιβαλλοντικής μηχανικής, πολυτεχνική σχολή Α.Π.Θ, ομάδα μελετών κτιριακού περιβάλλοντος, τμήμα φυσικής Καποδιστριακού Πανεπιστημίου, εταιρεία FIBRAN ΑΕ, εταιρεία TETRAS Α.Ε, Ημερίδα: Σύγχρονα θερμομονωτικά υλικά: απαιτήσεις και προοπτικές νέων προϊόντων σε μία εξελισσόμενη αγορά , Σ.Α.Π.Ε.Κ, Θεσσαλονίκη, Μάιος 2004
- 31) <http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/6325/1/STEF862004.pdf>
- 32) Κ.Δημητράτος, “Φύλλα Τεχνικής Ενημέρωσης”, εκδόσεις: Κ.Φερέτος-Σ.Γοργογιάννης, Αθήνα 1987
- 33) <https://greenbuilding.gr/thermomonose/%CF%85%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CF%82/>
- 34) Δημήτρης Αραβαντινός, Θεόδωρος Θεοδοσίου, εργαστήριο οικοδομικής και φυσικής των κτιρίων, τμήμα Πολ.Μηχ/κων Α.Π.Θ, ενέργεια στα κτίρια, η θέση της θερμομονωτικής στρώσης στα δομικά στοιχεία των κτιρίων.

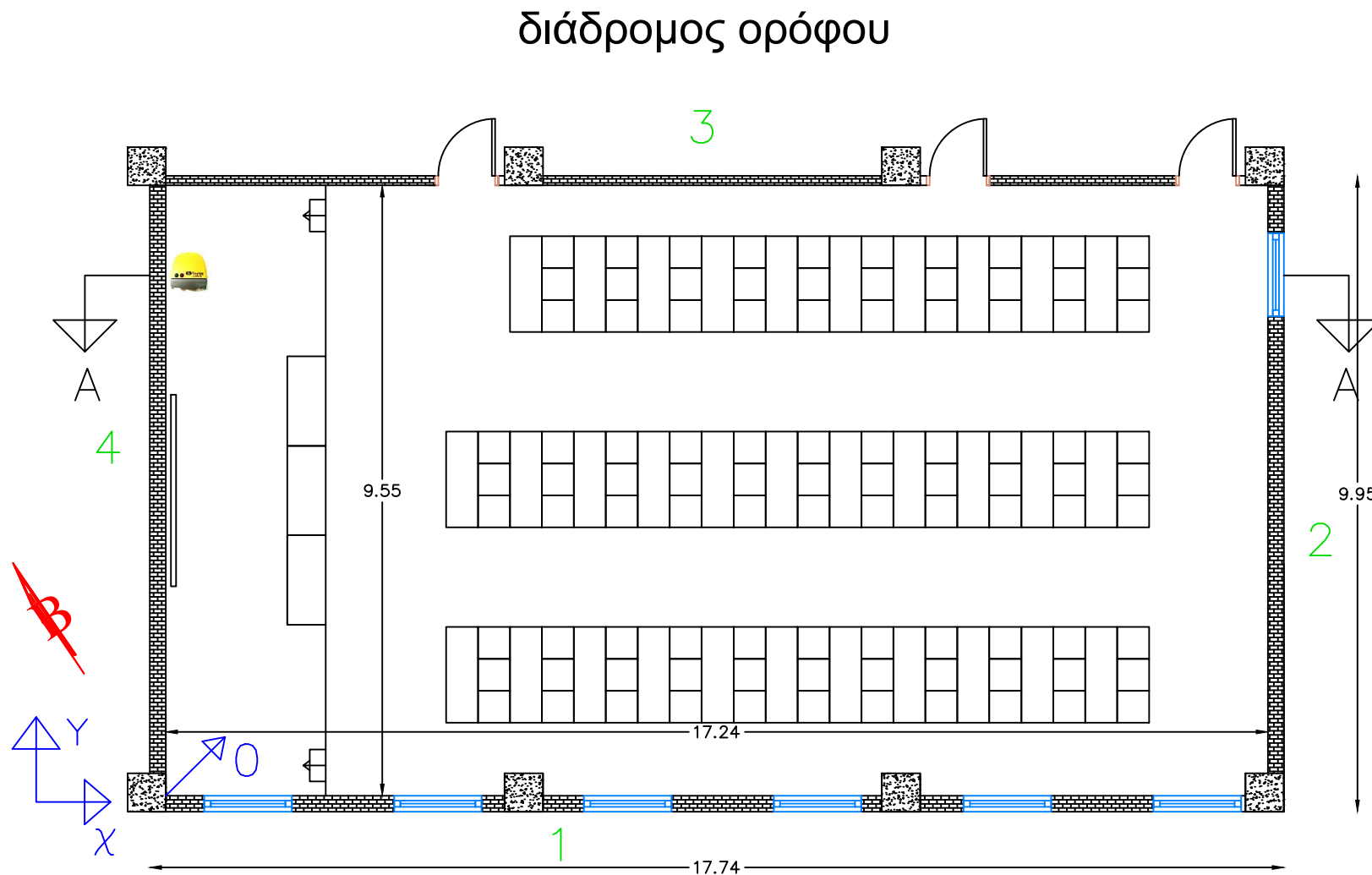
- 35) Οδηγός θερμομόνωσης κτιρίων, 2η έκδοση, υπηρεσία ενέργειας, υπουργείο εμπορίας, βιομηχανίας και τουρισμού.
- 36) www.ktizontastomellon.gr/idex.php/katoikies/monwsh-orofhs
- 37) Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, θερμική άνεση στα κτίρια, Νέα Πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης στα κτίρια, Αναπληρωτής Καθηγητής, Άγις Παπαδόπουλος
- 38) ANSI/ASHRAE Standard 55. Thermal Environment Conditions for Human Occupancy, 2004
- 39) Hensen JLM, On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system, Phd thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 1991
- 40) Noel Djongyang, Rene Tchinda, Donatien Njomo, Thermal Comfort: A review paper, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 2010, σελ 2626-2640
- 41) Μ.Σανταμούρης, ομάδα φυσικής κτιριακού περιβάλλοντος, τμήμα φυσικής πανεπιστημίου Αθήνας, " Οπτική άνεση στα κτίρια, παράγοντες και τεχνικές βελτίωσης της οπτικής άνεσης στα κτίρια" Αθήνα (site <https://slideplayer.gr/slide/1942853/>)
- 42) Διπλωματική εργασία Μαρίας Παπαντώνη, "Ενεργειακή αναβάθμιση μεσαίου τμήματος κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου", Αθήνα 2014
- 43) <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/NOMOTHESIA/KTIRIOOIKODOMIKOS%20KSNONISMOS/097620FC1F4B1F54E0440003BA2D133C>
- 44) http://aoes.gr/%cf%80%cf%81%ce%bf%cf%86%ce%b9%ce%bb/%cf%80%cf%81%ce%bf%cf%86%ce%b9%ce%bb_%ce%b2%ce%b9%ce%bf%ce%b3%cf%81%ce%b1%cf%86%ce%b9%ce%ba%ce%bf/%ce%b4%ce%b7%ce%bc%ce%bf%cf%83%ce%b9%ce%b5%cf%85%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%83/%ce%bc%ce%bf%ce%bd%cf%89%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%83-%ce%ba%cf%84%ce%b9%cf%81%ce%b9%cf%89%ce%bd-%ce%b2%ce%b5%ce%bb%cf%84%ce%b9%cf%8e%ce%bd%ce%bf%cf%85%ce%bd-%cf%84%ce%b7%ce%bd-%cf%80%ce%bf%ce%b9/
- 45) Αιμ.Γ.Κορωναίος Καθηγητής Ε.Μ.Π, Γ.Ι.Πουλάκος Αν.Καθηγητής Ε.Μ.Π, 2005, "Τεχνικά Υλικά", Τόμος 2, Εκδόσεις Ε.Μ.Π
- 46) Από διπλωματική εργασία Νικόλαου Κονδύλη και Μιχάλη Ροκανά με τίτλο: "θερμομονωτικά και υγραπομονωτικά υλικά στις σύγχρονες κατασκευές" σελ. 38,39
- 47) <https://el.decorexpro.com/paroizolyaciya/dlya-kryshi/>

- 48) <http://www.ecdm.gr/erga/21-ygromonosi-hounda.html>
- 49) http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf
- 50) www.ktizontastomellon.gr
- 51) www.anelixi.org
- 52) www.euroblinds.com
- 53) www.mcit.gor.cy
- 54) Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ) & ΥΠΕΧΩΔΕ, Δν/ση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας, 2000. 'Οικολογική δόμηση'. Ελληνικά Γράμματα. Αθήνα
- 55) <http://www.oikosocial.gr/index.php/2009-05-16-16-51-03/700-2012-10-19-15-24-29>
- 56) R. Colombo, A. Landabaso. "Εγχειρίδιο Σχεδιασμού, Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου". Κοινό Κέντρο Ερευνών-Ευρωπαϊκή Επιτροπή & Ινστιτούτο Μηχανικής Συστημάτων και Πληροφορικής, A. Sevilla, 1994.
- 57) https://www.ktyp.gr/files/prodiagrafes/ypodomes_paideias/Bioklimatika.pdf
- 58) <http://docplayer.gr/5032121-Energeiakos-shediasmos-kai-energeiaki-apodosi-ktirion-genikes-arhes-toy-vioklimatikoy-shediasmoy.html>
- 59) C.Grindley, Lessons from Passive Solar: Principals and experiences, Workshop «Passive Solar Schools», Castricum, Netherlands, March 2000
- 60) Ν.Χρυσομαλλίδου, « Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.
- 61) «High Performance Schools Best Practices Manual», vol.III- Criteria, 2002, Collaborative for High Performance Schools, www.chps.net
- 64) National Best Practises Manual for Building High Performance Schools, US DOE, www.energysmartschools.gov
- 65) T.M.Mroz, Subtask A: Overview of Retrofitting Measures, IEA ECBCS Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings-Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures, Poznan, Poland, September 2003.
- 66) Κ.Σ. Τσίππρας, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων», Εκδόσεις Psystems, Αθήνα 2000.

- 67) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
- 68) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm
- 69) Χρυσούλα Λύτρα, “Ενεργειακή αναβάθμιση βόρειου τμήματος κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου”, Αθήνα, Μάρτιος 2013
- 70) Παρασκευή Ν. Εμμανουήλ, Μαρίνα Ν. Κούγια, “Ενεργειακή αναβάθμιση νότιου τμήματος κτηρίου Χημικών Μηχανικών Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου”, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
- 71) http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/anan_piges_enegeias/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%AF%20%CF%83%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82.pdf
- 72) <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC>
- 73) <https://slideplayer.gr/slide/6017657/>
- 74) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm
- 75) www.ktizontastomellon.gr/idex.php/katoikies/monwsh-prosopshs
- 76) <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1>
- 77) www.cres.gr
- 78) [Τεχνική οδηγία Τ.Ε.Ε\(ΤΟΤΕΕ 20710-1 του 2017\)](#)
- 79) <https://kataskevastikh.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%80%CF%84%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%86%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%AF%CE%BF%CF%85>
- 80) https://www.avantech.gr/userfiles/2014522233015_7811.pdf
- 81) [oogleg.com/search?q=Κύτταρο,+συστοιχία,+Πάνελ,+Πίνακας&rlz=1C1GCEA_enGR816GR816&sxsrf=ALeKk00K6u4vIKSBqIoldMkMBGON-oJulQ:1626809991563&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=ttX32HbapkeQkM%252CZOmWQ29L6GpSiM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kSeRhG2pilhUbyXfSuhqCn7FQUwQ&sa=X&ved=2ahUKEwjA0ae9s_LxAhUNGuwKHdK1DJkQ9QF6BAGMEAE#imgrc=ttX32HbapkeQkM](https://www.google.com/search?q=Κύτταρο,+συστοιχία,+Πάνελ,+Πίνακας&rlz=1C1GCEA_enGR816GR816&sxsrf=ALeKk00K6u4vIKSBqIoldMkMBGON-oJulQ:1626809991563&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=ttX32HbapkeQkM%252CZOmWQ29L6GpSiM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kSeRhG2pilhUbyXfSuhqCn7FQUwQ&sa=X&ved=2ahUKEwjA0ae9s_LxAhUNGuwKHdK1DJkQ9QF6BAGMEAE#imgrc=ttX32HbapkeQkM)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ – ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ

αίθουσα διδασκαλίας



εξωτερικό περιβάλλον

εξωτερικό περιβάλλον

ΚΑΤΟΨΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΠΟΛ. ΜΗΧ.
ΚΛ 1:100

εξωτερικό περιβάλλον



αίθουσα διδασκαλίας

αίθουσα διδασκαλίας

ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 5 ΠΟΛ.ΜΗΧ.

ΚΛ 1:100

διάδρομος ορόφου

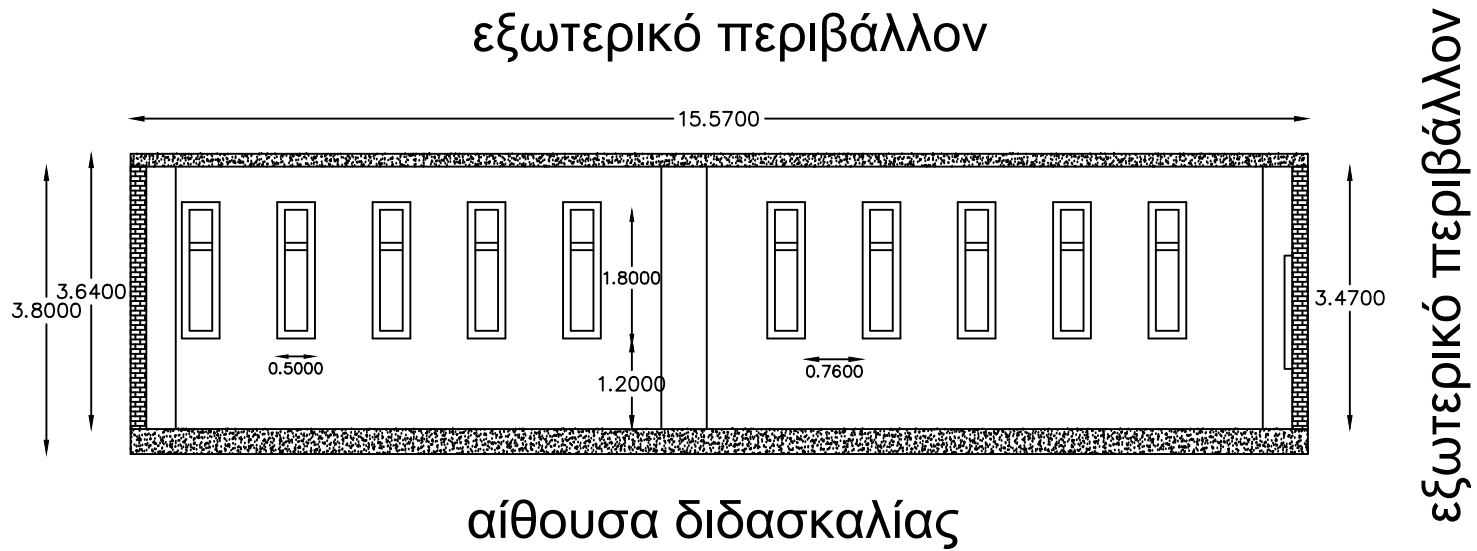


εξωτερικό περιβάλλον

ΚΑΤΟΨΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ

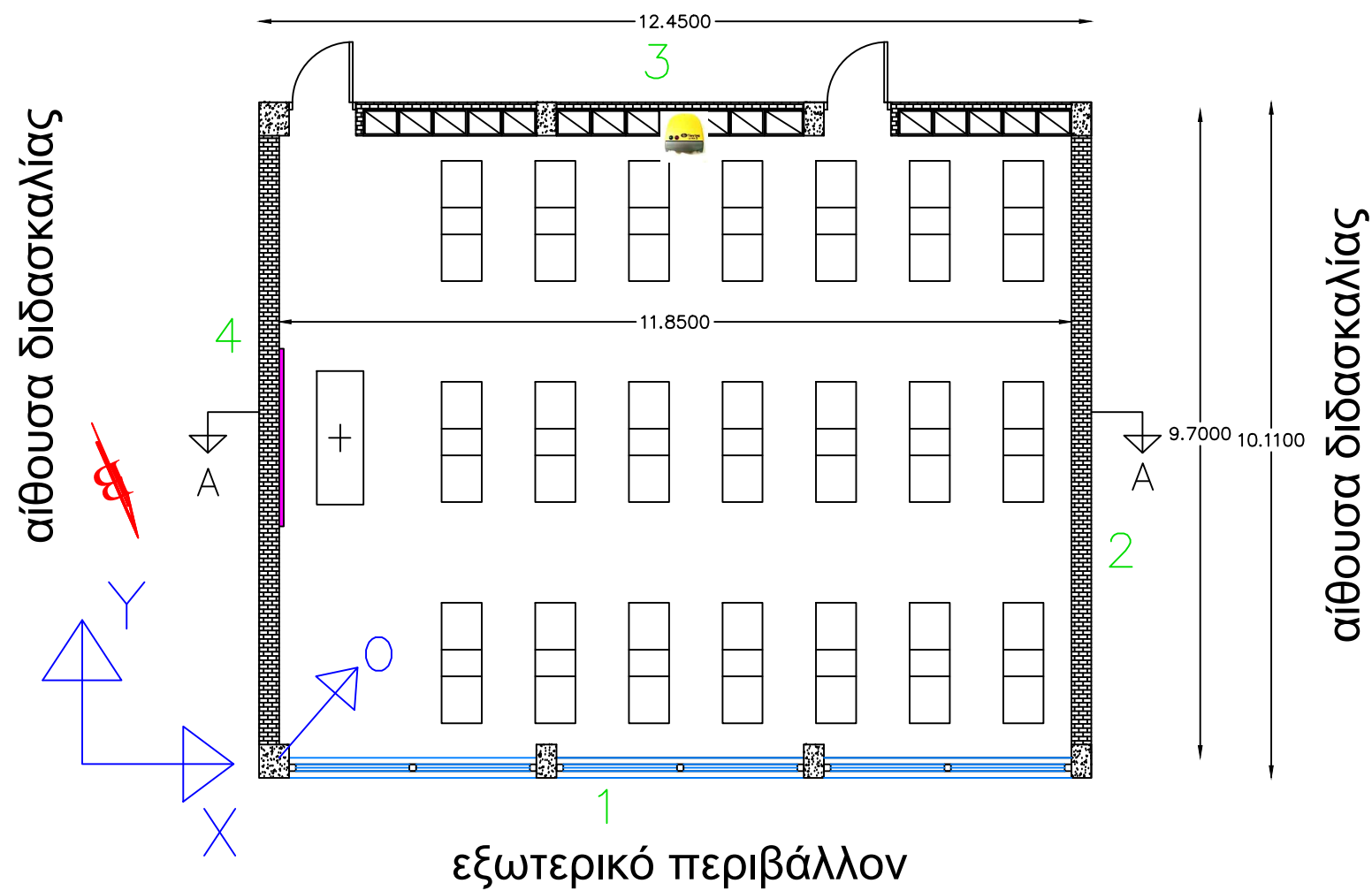
ΚΛ 1:100

αίθουσα διδασκαλίας



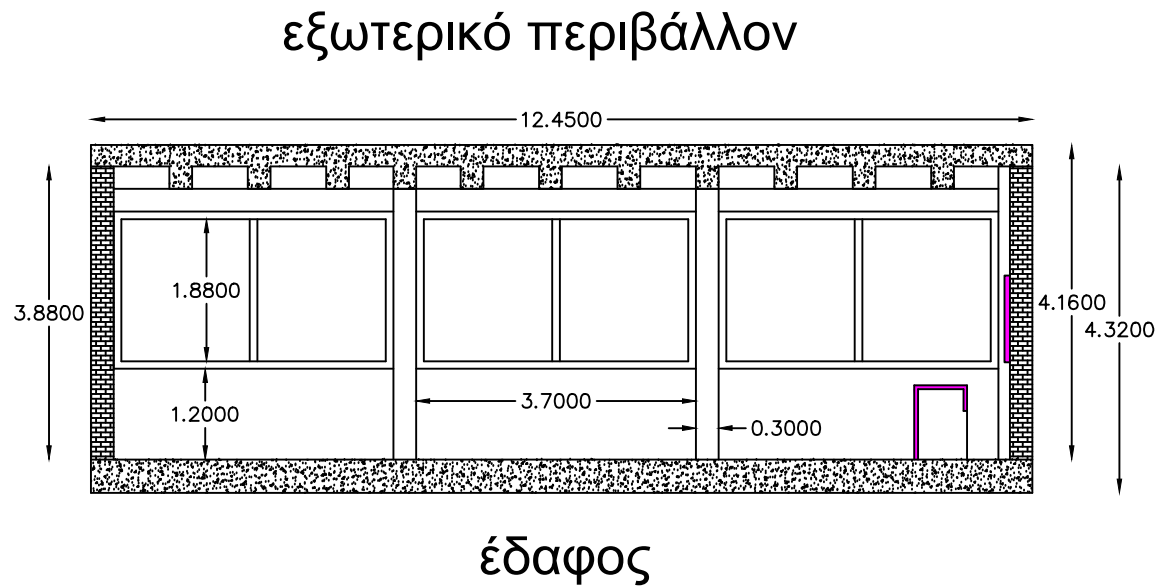
ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΙΘΟΥΣΑΣ 26 ΧΗΜΙΚΩΝ
ΚΛ 1:100

διάδρομος ισογείου



ΚΑΤΟΨΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ
ΚΛ 1:100

αίθουσα διδασκαλίας

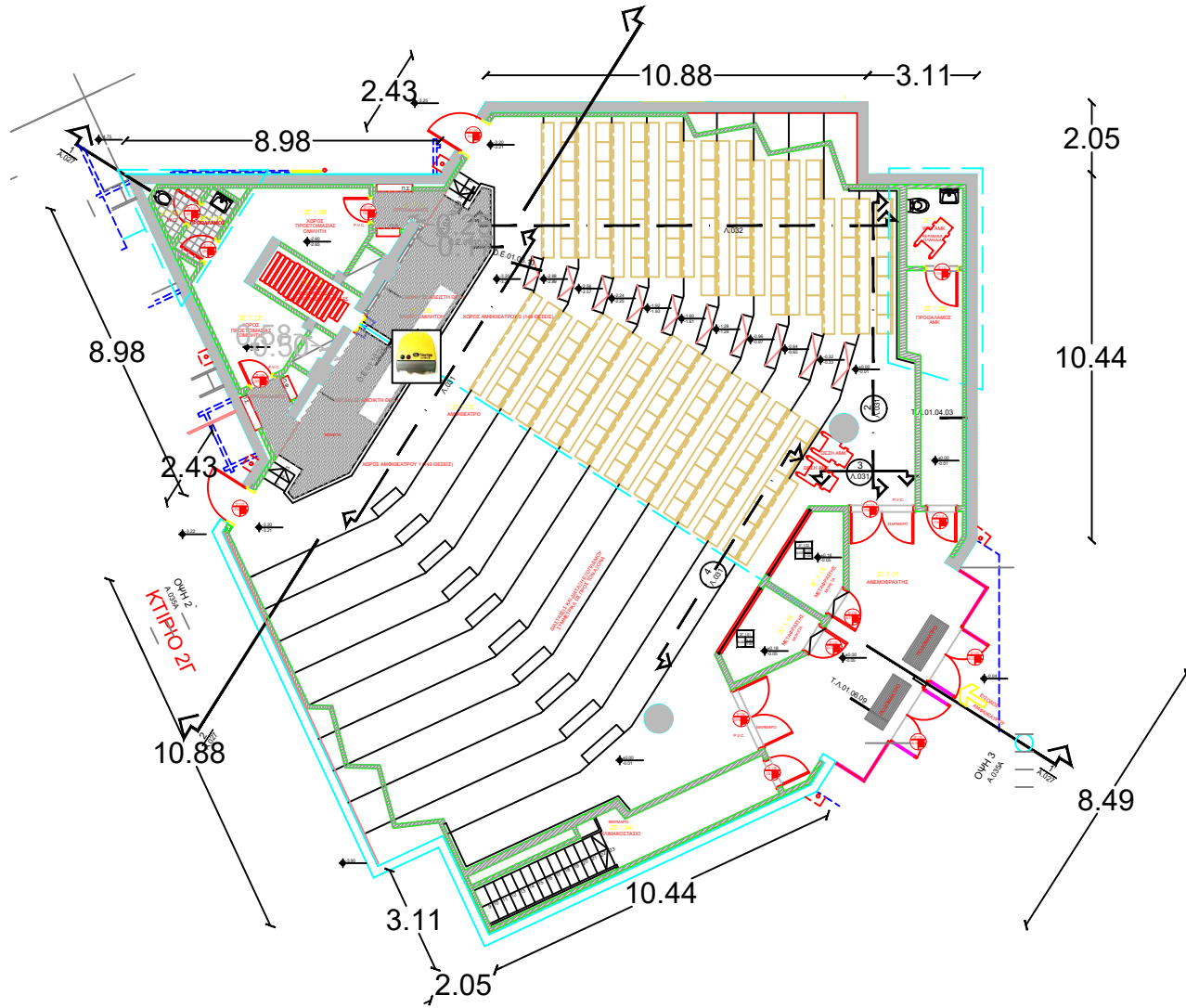


αίθουσα διδασκαλίας

ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ
ΚΛ 1:100

εξωτερικό περιβάλλον

εξωτερικό περιβάλλον



εξωτερικό περιβάλλον

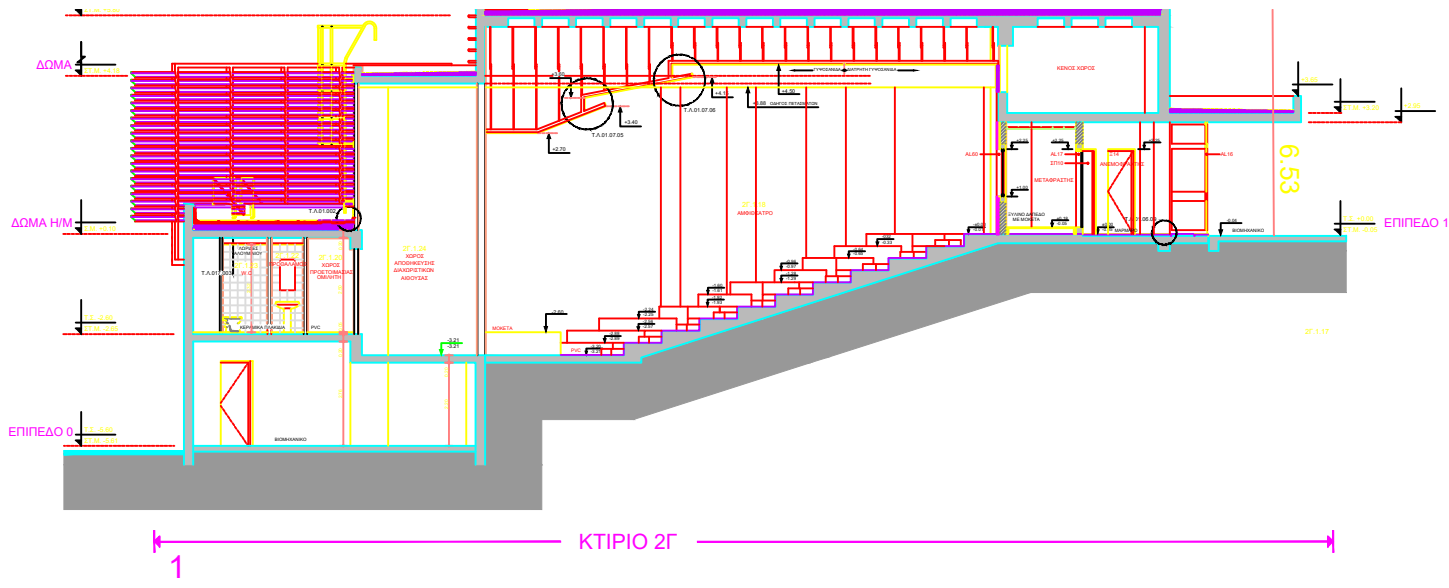
εξωτερικό περιβάλλον

ΚΛ. 1:200

Κάτοψη Αμφ. Πολιτικών Μηχανικών

εξωτερικό περιβάλλον

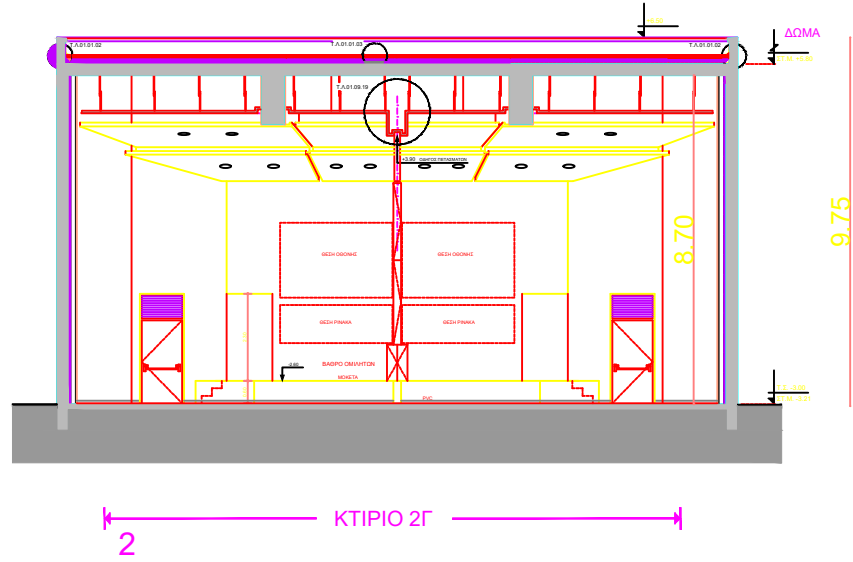
12.09



εξωτερικό περιβάλλον

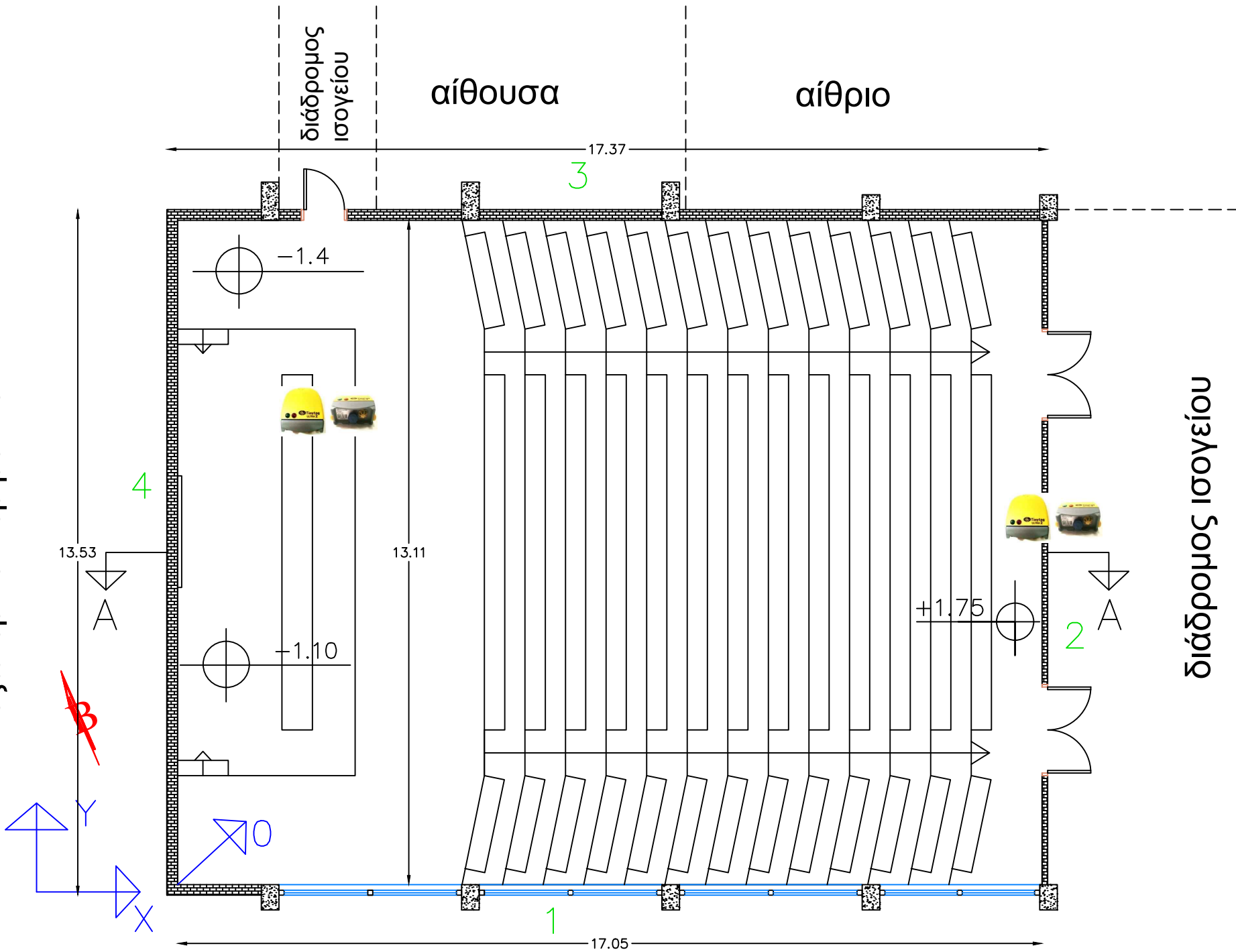
έδαφος
εξωτερικό περιβάλλον

εξωτερικό περιβάλλον



εξωτερικό περιβάλλον

εξωτερικό περιβάλλον



διάδρομος
ισογείου

αίθουσα

αίθριο

3

4

2

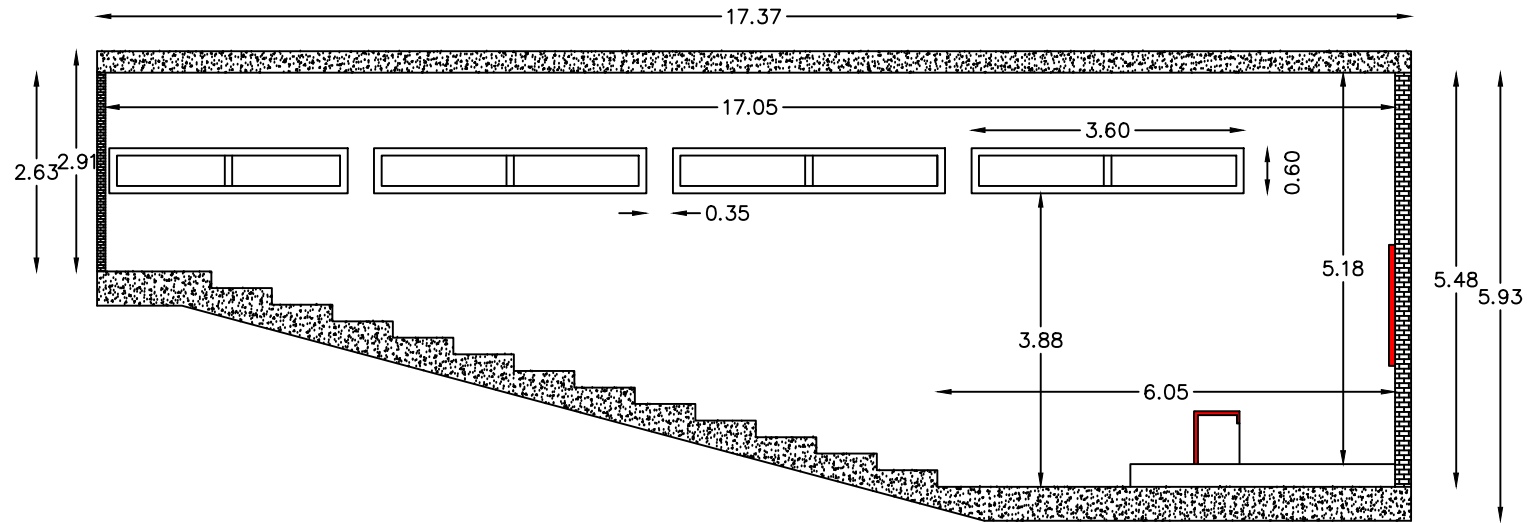
1

διάδρομος
ισογείου

εξωτερικό περιβάλλον

ΚΑΤΟΨΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΚΛ 1:100

διάδρομος ισογείου



εξωτερικό περιβάλλον

εξωτερικό περιβάλλον

έδαφος

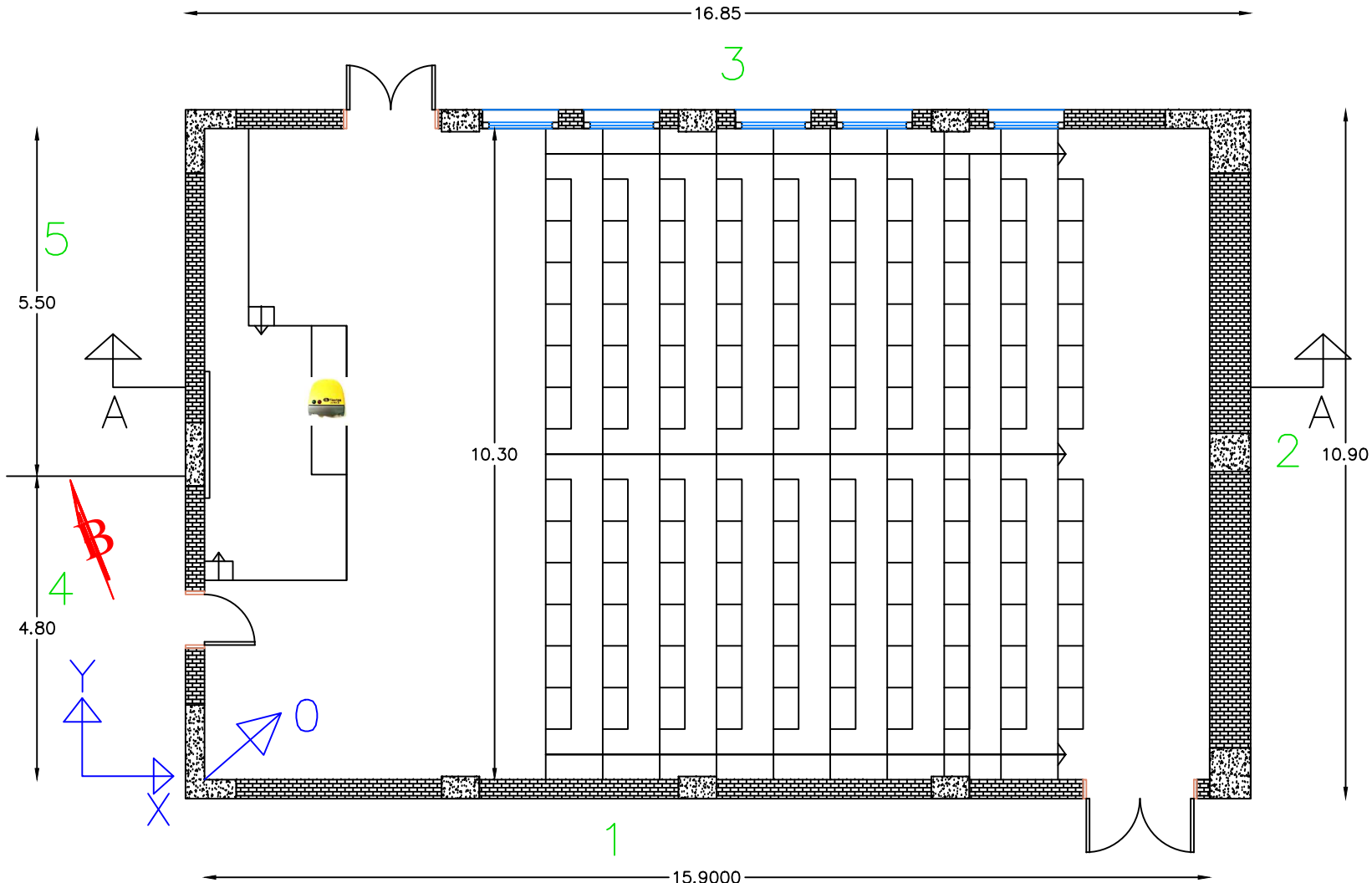
ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

ΚΛ 1:100

εξωτερικό περιβάλλον

εξωτερικό περιβάλλον

διάδρομος ισογείου

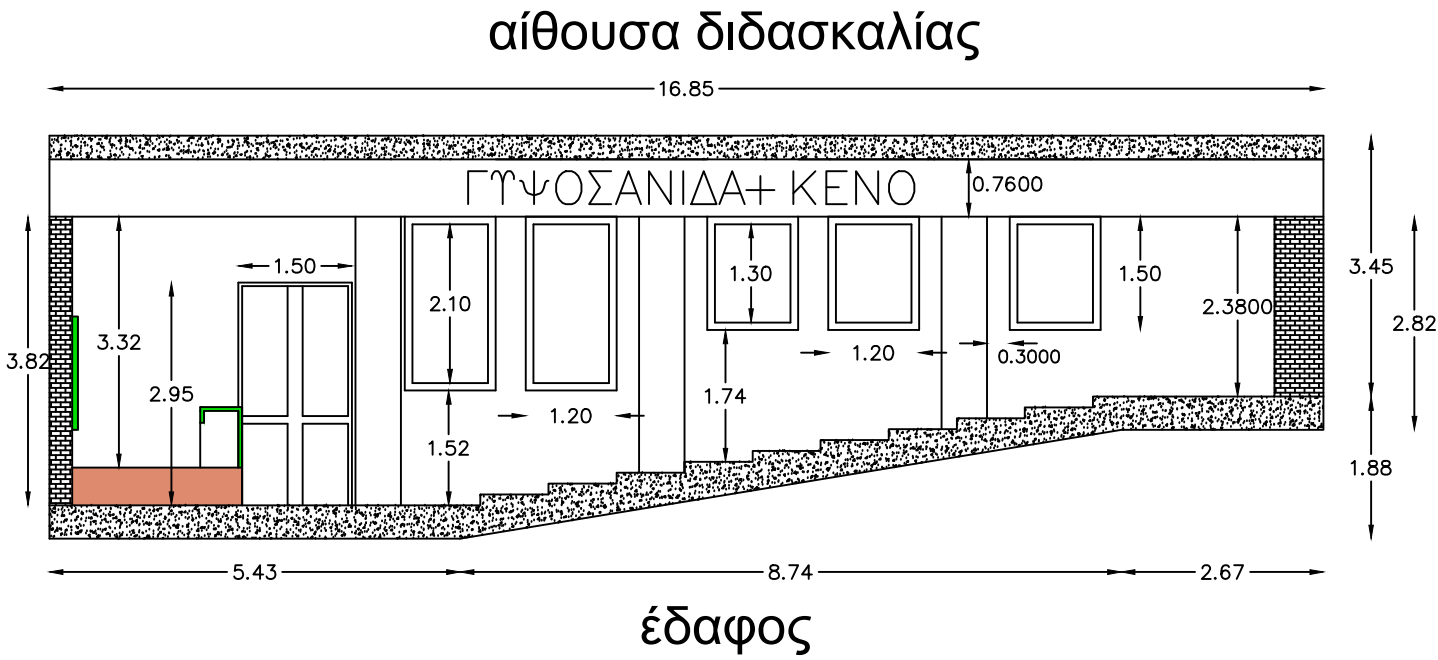


διάδρομος ισογείου

διάδρομος ισογείου

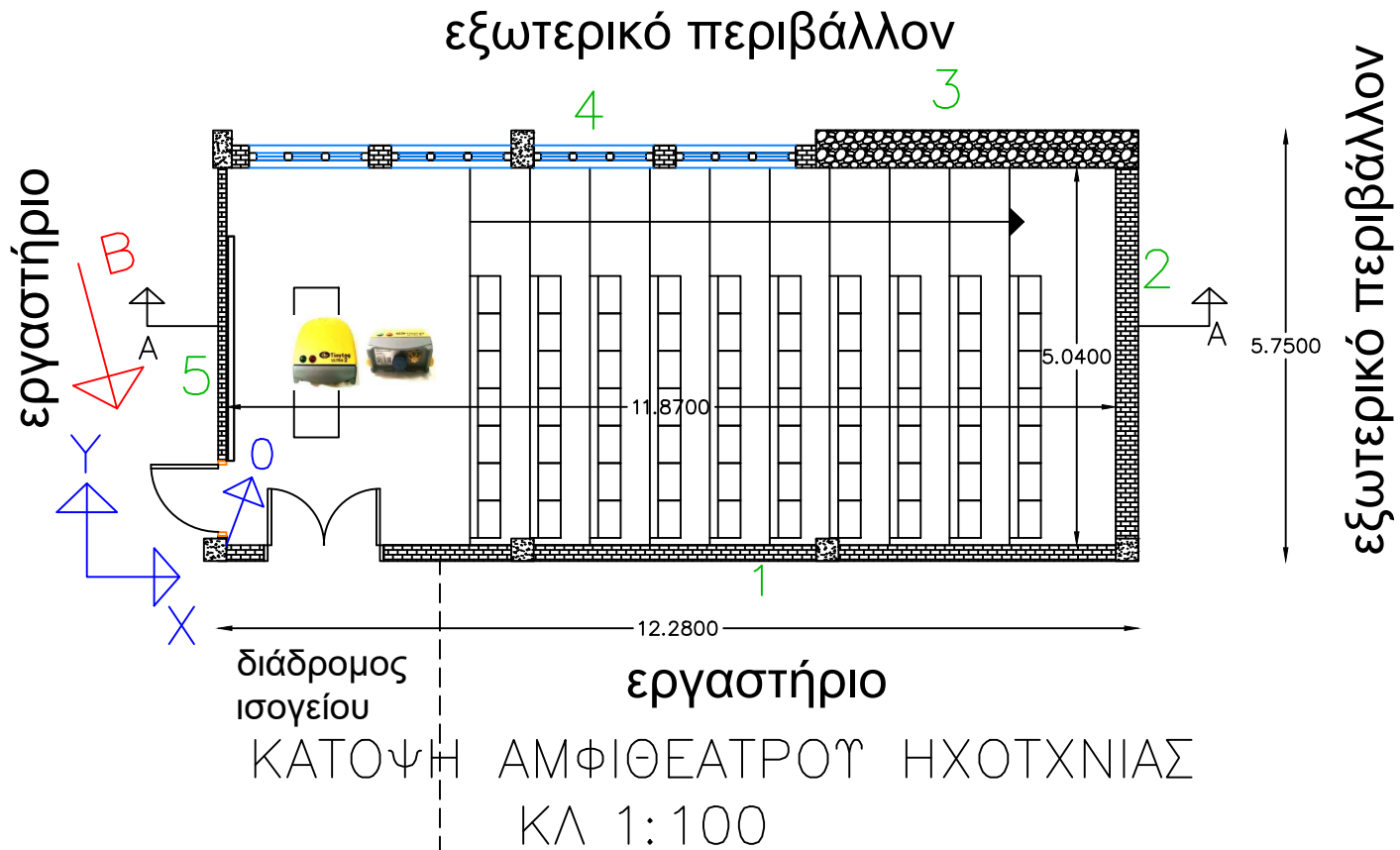
ΚΑΤΟΨΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΒΕΗ
ΚΛ 1:100

εξωτερικό περιβάλλον

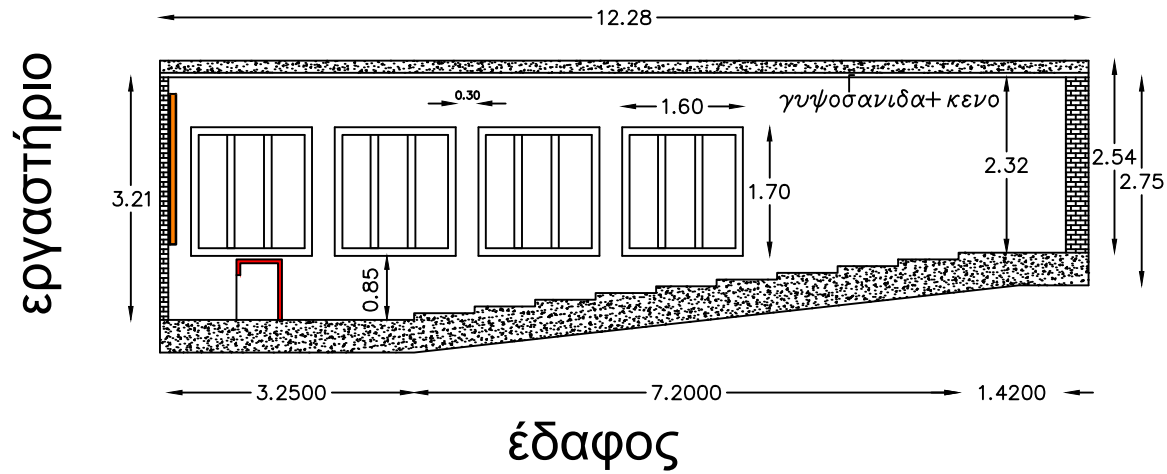


διάδρομος ισογείου

ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΒΕΗ
ΚΛ 1:100

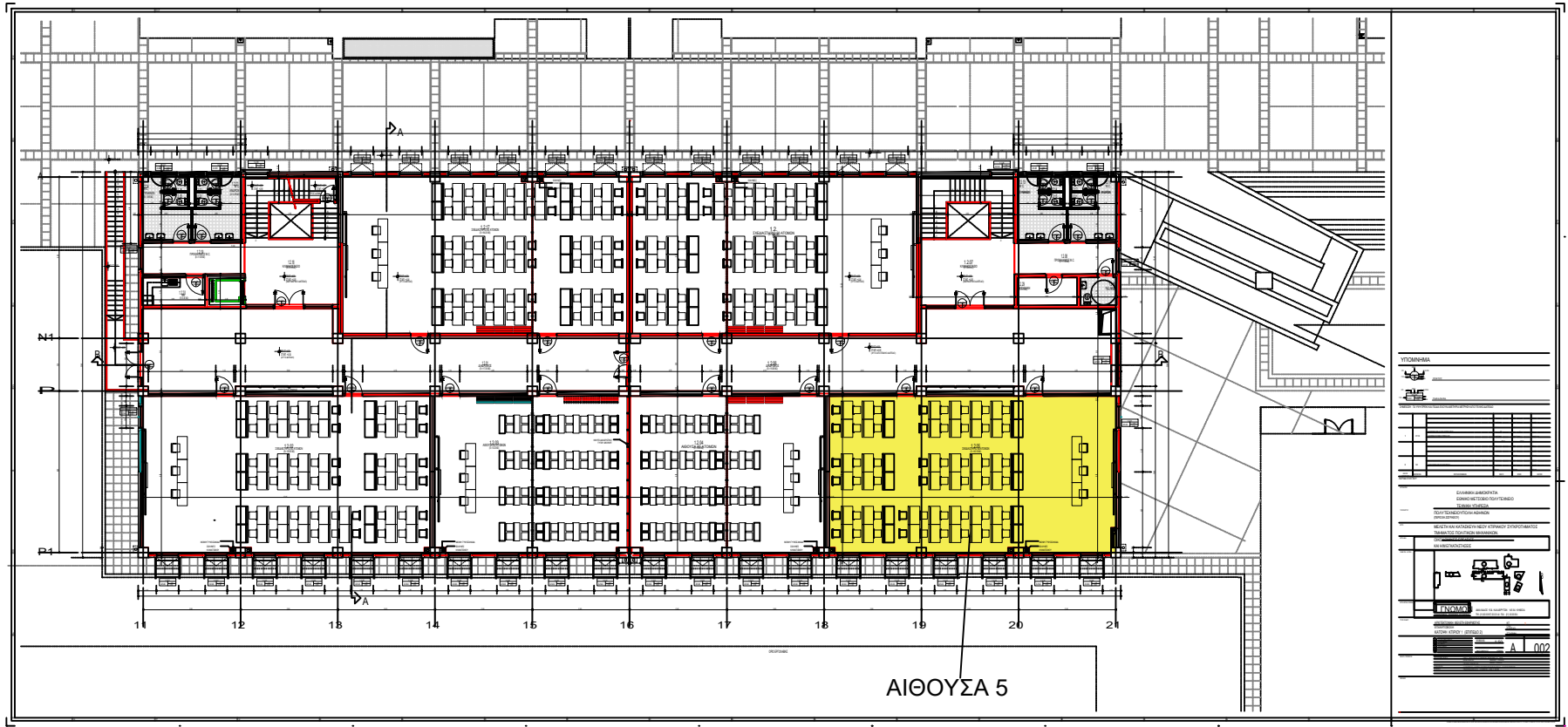


εξωτερικό περιβάλλον



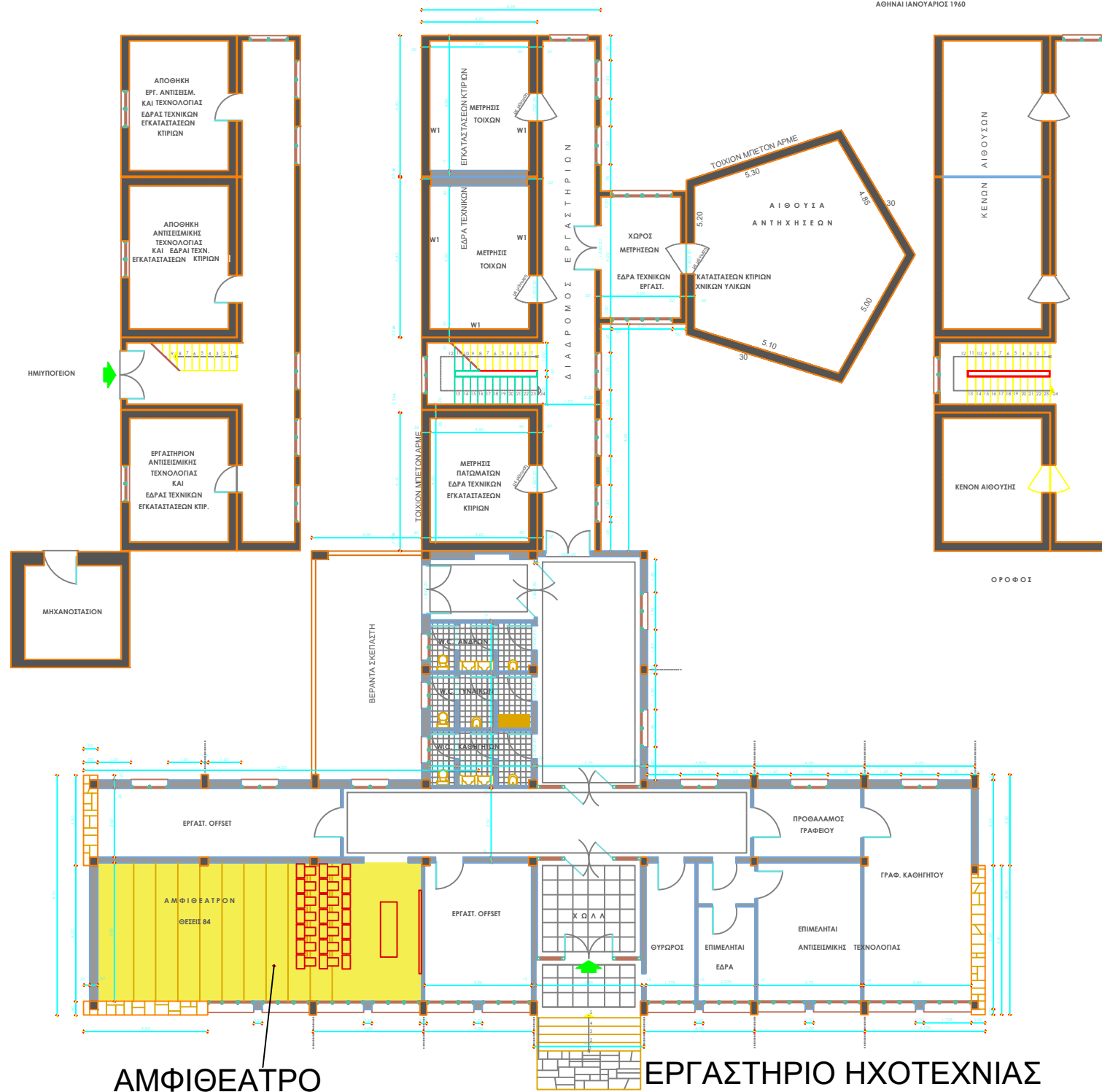
εξωτερικό περιβάλλον

ΤΟΜΗ ΑΑ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ
ΚΛ 1:100



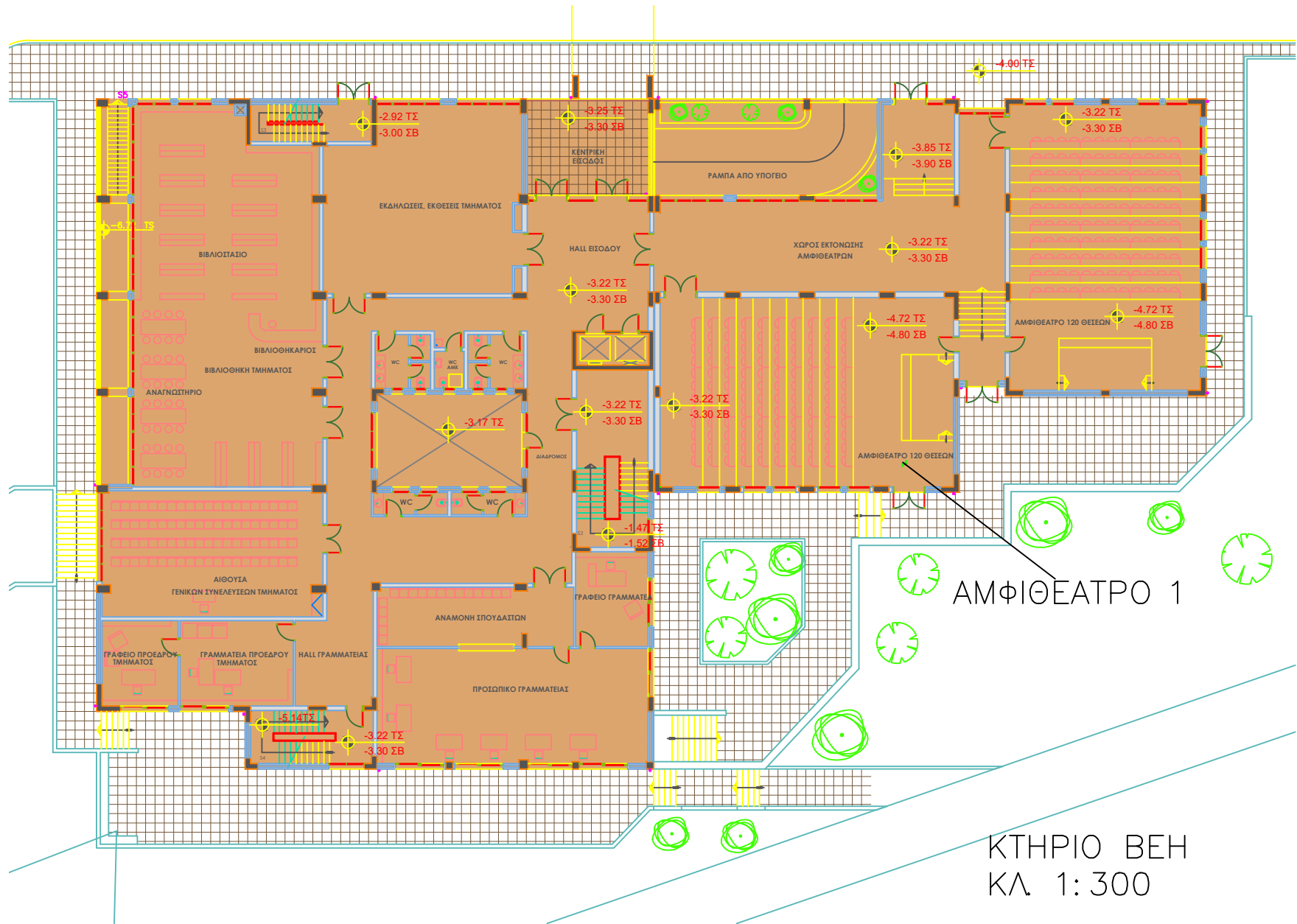
ΑΙΘΟΥΣΑ 5

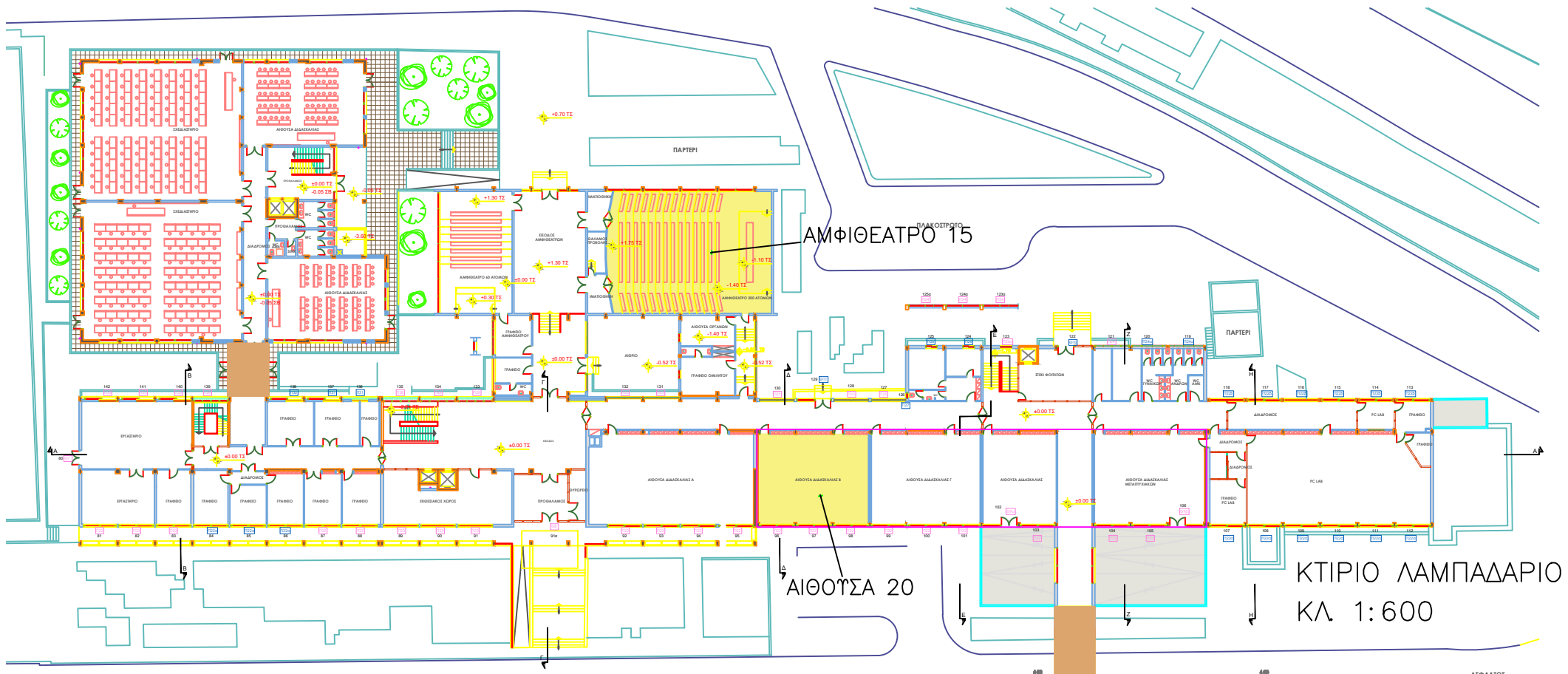
ΝΕΑ ΚΤΗΡΙΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ (ΟΡΟΦΟΣ)
 ΚΛ. 1:400

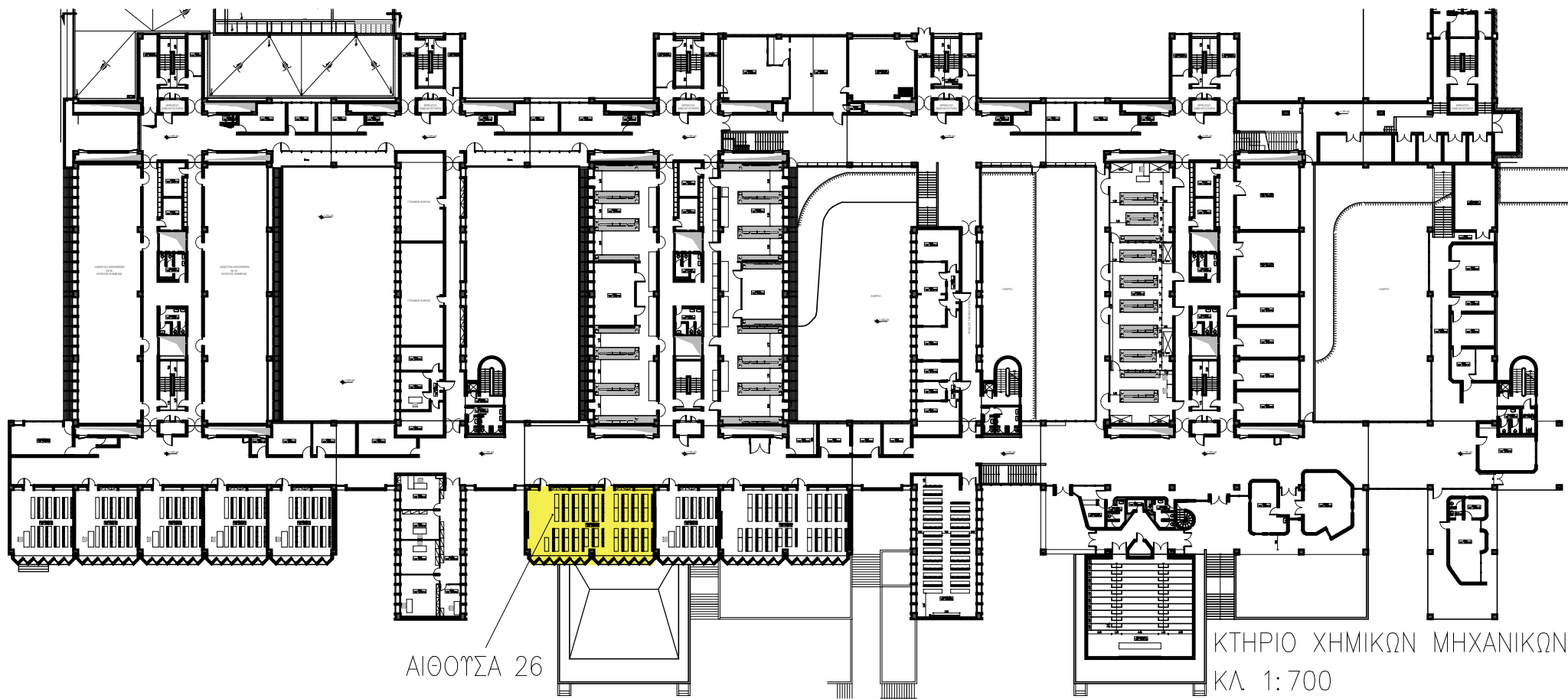


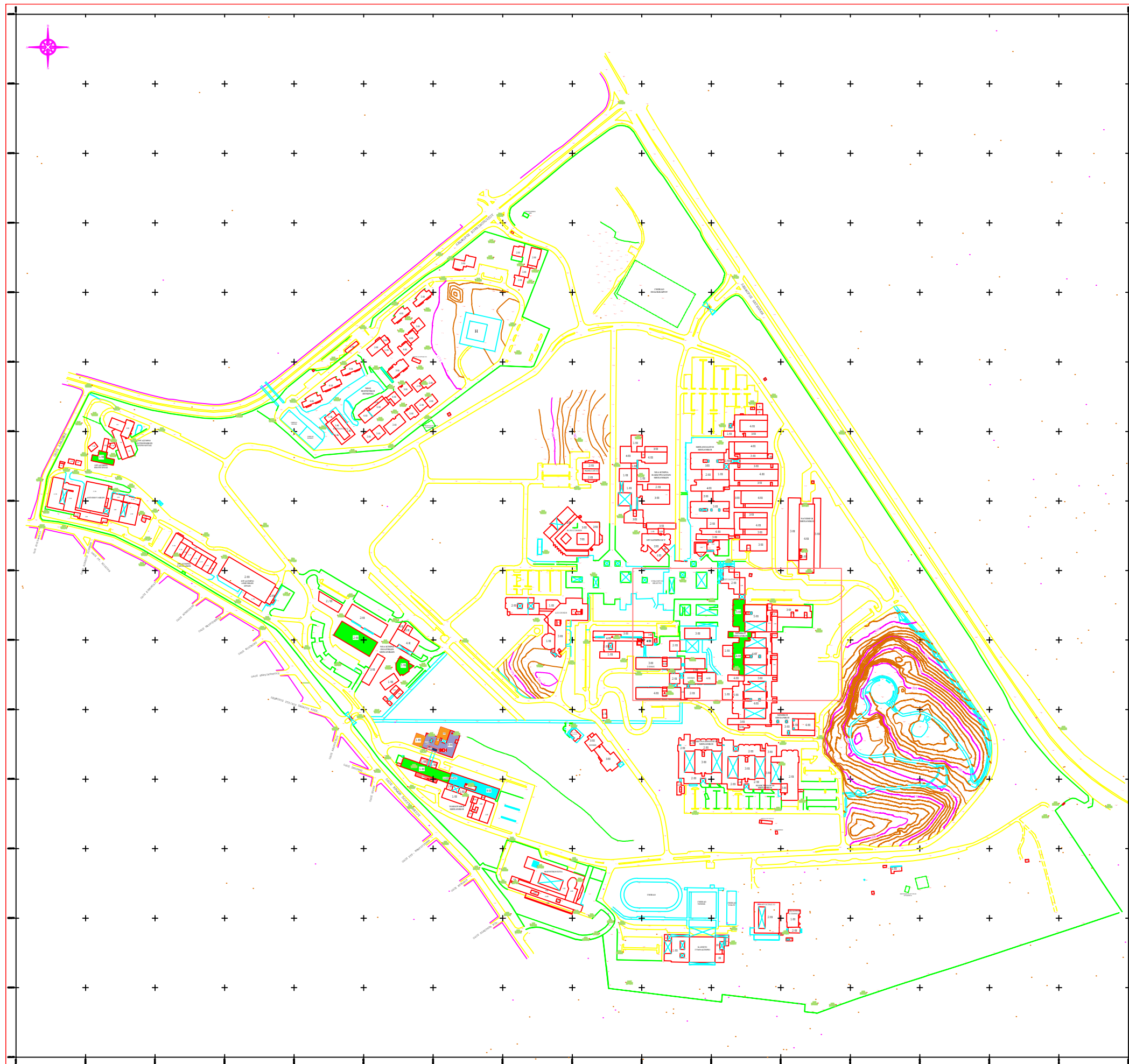
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ ΚΛ. 1:200









ΟΔΟΣ ΔΡΑΧΜΗΣ

ΟΔΟΣ ΕΥΡΥΣΤΕΝΟΥΣ

ΧΑΓΟΥ ΣΙΣΜΑΝΗ

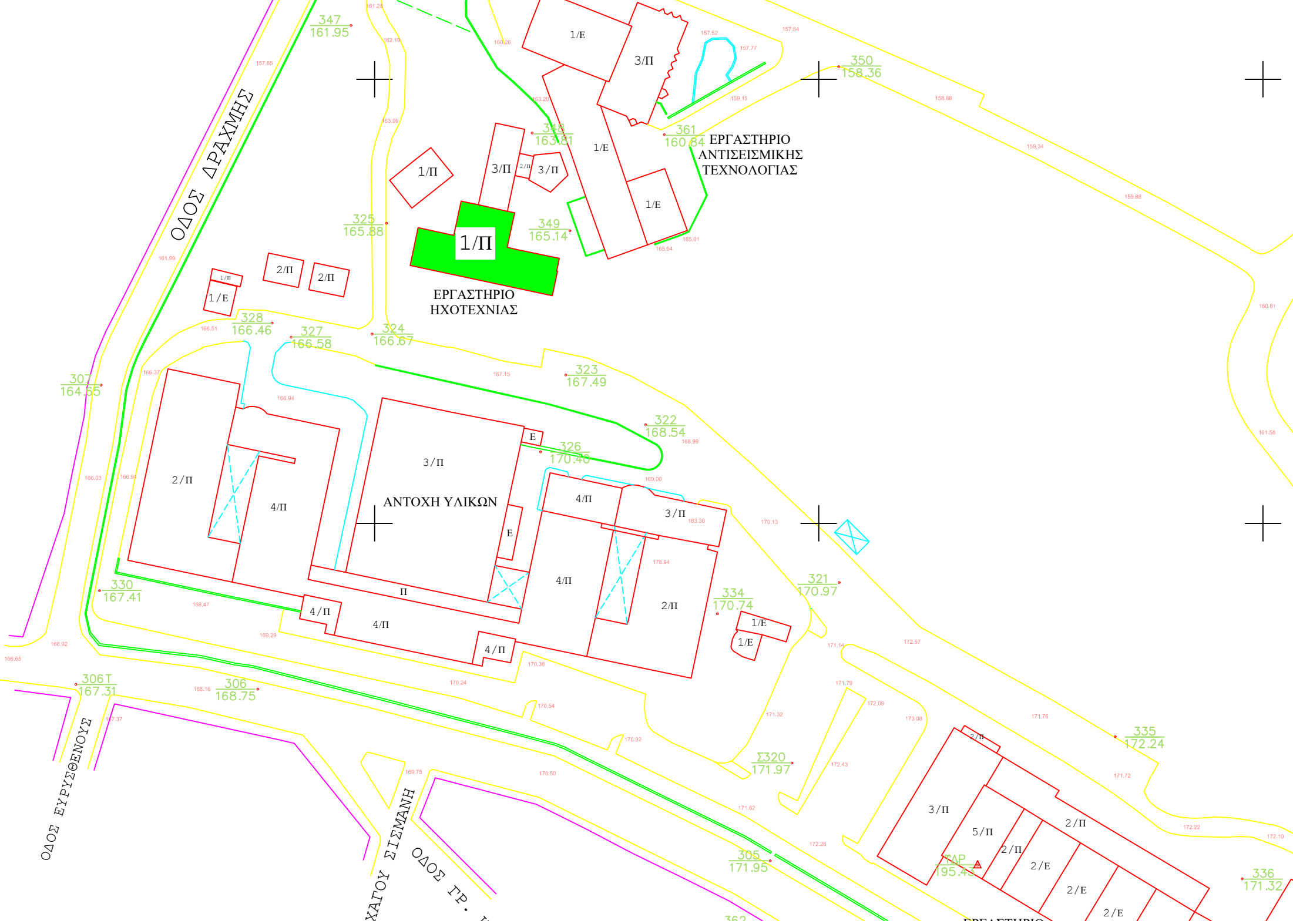
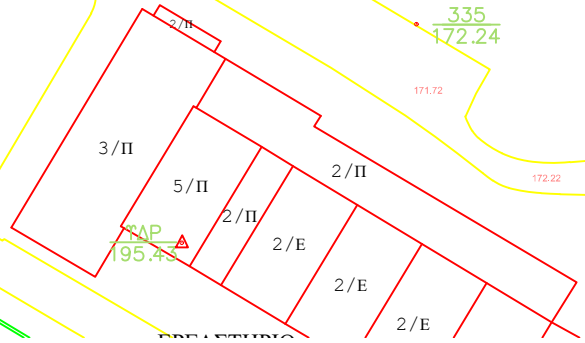
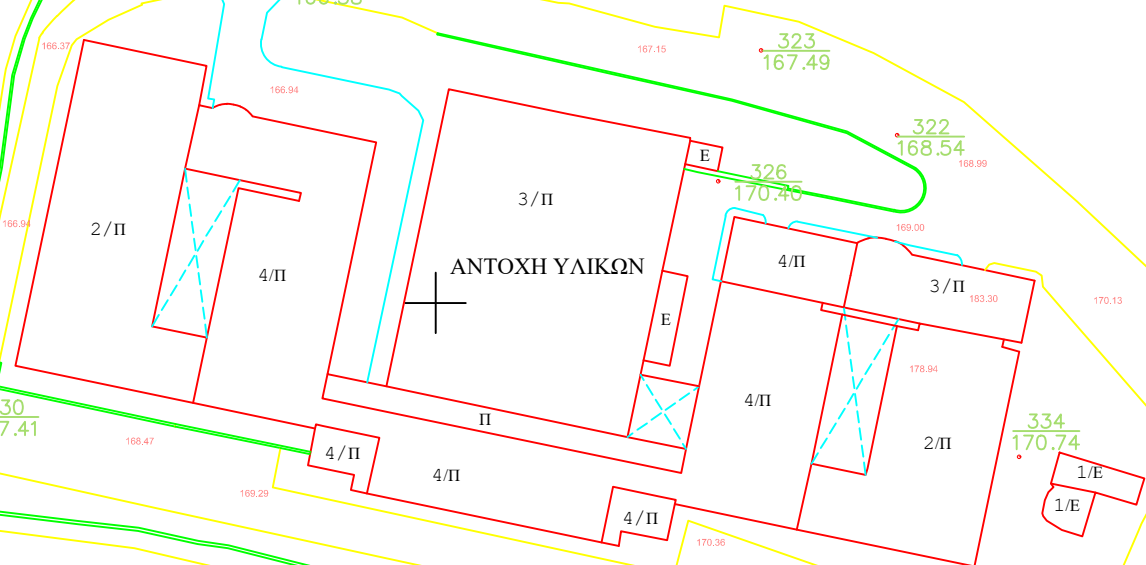
ΟΔΟΣ ΓΡ. Τ.

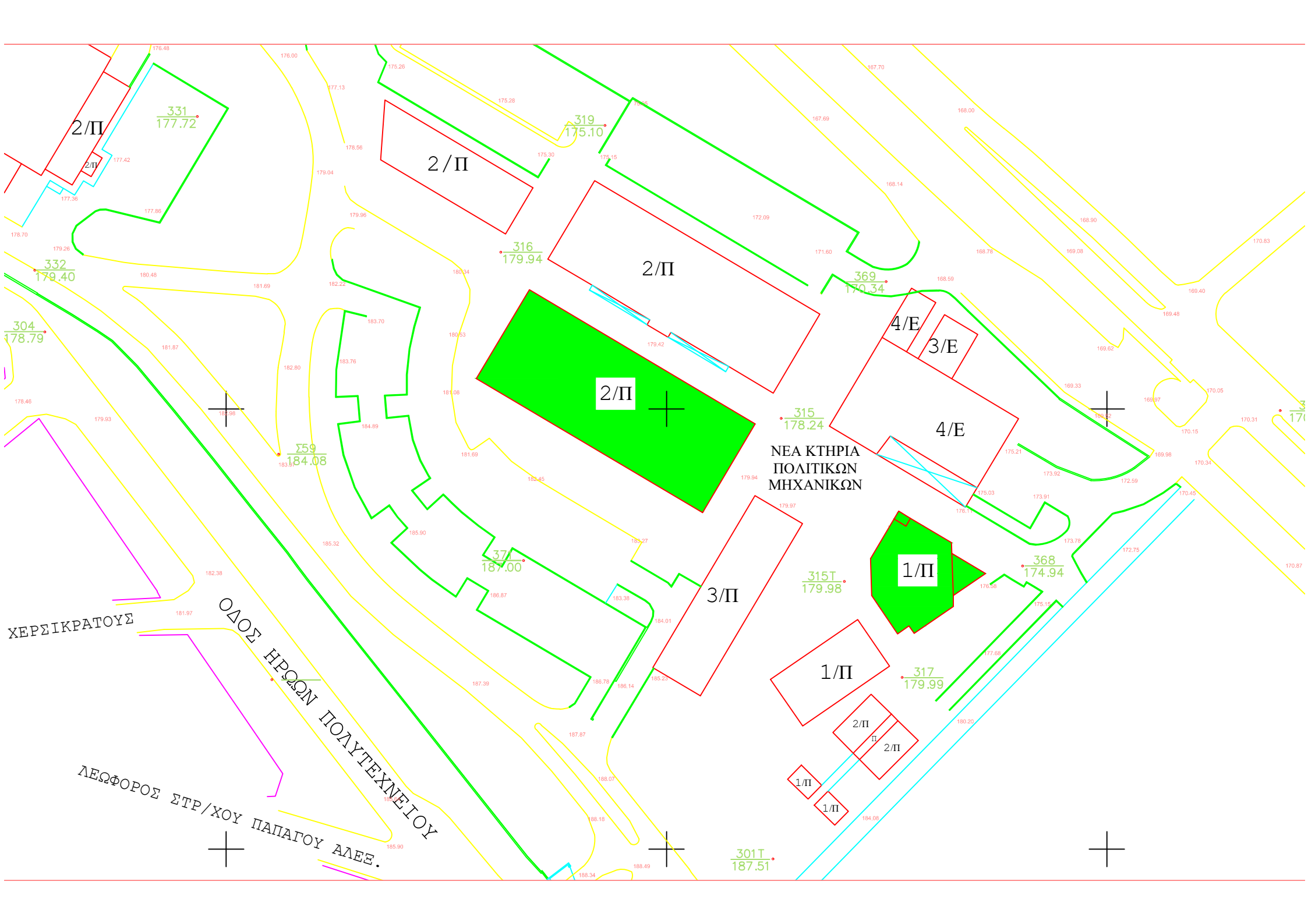


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΤΟΧΗ ΥΛΙΚΩΝ





2/Π

331
177.72

2/Π

319
175.10

2/Π

316
179.94

369
170.34

4/Ε

3/Ε

2/Π

315
178.24

4/Ε

ΝΕΑ ΚΤΗΡΙΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

1/Π

368
174.94

3/Π

315T
179.98

1/Π

2/Π

2/Π

1/Π

1/Π

301T
187.51

ΧΕΡΣΙΚΡΑΤΟΥΣ

ΟΔΟΣ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ΔΕΩΦΟΡΟΣ ΣΤΡ/ΧΟΥ ΠΑΠΑΓΟΥ ΑΛΕΞ.

