



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ενεργειακή αναβάθμιση μεσαίου τμήματος κτιρίου**

**Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π**

**Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου**



**Παπαντώνη Μαρία**

Επιβλέπων: Ιωάννης Τζουβαδάκης,

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Ευφροσύνη Τριάντη,

Γραφείο Ενεργειακής Διαχείρισης Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014



Copyright © Μαρία Παπαντώνη

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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





Στη μνήμη της Μητέρας μου...



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

---

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη και την κ. Ευφροσύνη Τριάντη από το Γραφείο Ενεργειακής Διαχείρισης του Ε.Μ.Π., για την ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Μίχο για την πολύτιμη βοήθεια του σχετικά με την εκμάθηση του προγράμματος Energy Plus. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον κ. Μενέλαο Ξενάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π για τις πολύτιμες συμβουλές του.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η ενεργειακή αναβάθμιση του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών, στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Για τον σκοπό αυτό, γίνεται εκτενής αναφορά στο Βιοκλιματικό Σχεδιασμό και τις βασικές αρχές του, καθώς και στα παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης, καταγράφεται η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου, καθώς και η θερμική, οπτική και ακουστική άνεση των χρηστών του, μέσω της χρήσης θερμοϋγρόμετρων και φωτόμετρων χειρός, καθώς και ερωτηματολογίων προς τους χρήστες. Γίνεται προσομοίωση του τμήματος του κτιρίου με τη χρήση του προγράμματος Google sketch up και μέσω του λογισμικού Open studio. Στη συνέχεια, με τη χρήση του ενεργειακού προγράμματος Energy plus πραγματοποιείται η ενεργειακή ανάλυσή του και εξάγονται συμπεράσματα για την ενεργειακή του απόδοση. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, οι οποίες προσομοιώνονται μέσω των ίδιων προγραμμάτων και αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λύσεων.

## ABSTRACT

---

This thesis discusses the energy retrofitting process of the central part of the Chemical Engineering Department building complex, located in the campus of the National Technical University of Athens in Zografou. For this purpose, extensive reference to bioclimatic design and its basic principles, as well as to passive and active solar systems, is made. Within the context of this study, the existing energy performance of the building as well as the thermal, visual and acoustic comfort of its users, via the use of thermodynamic temperature and humidity data loggers, manual photometers and user questionnaires, is recorded. The building was modeled with the use of software "Google SketchUp" and "Open Studio". Subsequently, thermal analysis of the building is conducted and conclusions about its energy efficiency are drawn using the program "Energy Plus". Finally, suggestions about the energy upgrade of the building, simulated by the same software, are given and the efficiency of the proposed solutions is evaluated.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ</b> .....	4
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	6
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	10
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	18
<b>ΜΕΡΟΣ 1<sup>ο</sup> : Θεωρητικά στοιχεία</b> .....	22
<b>1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ</b> .....	24
<b>2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b> .....	28
<b>2.1 Εισαγωγή</b> .....	28
<b>2.2 Είδη μορφών ενέργειας</b> .....	30
2.2.1 Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.....	31
<b>2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια</b> .....	33
2.3.1 Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.....	33
2.3.2 Εξοικονόμηση ενέργειας για φωτισμό .....	33
2.3.3 Συμπεριφορά των χρηστών.....	35
<b>3. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ</b> .....	36
<b>3.1 Εισαγωγή</b> .....	36
<b>3.2 Θερμική άνεση</b> .....	36
3.2.1 Η φυσιολογία της θερμικής άνεσης.....	36
3.2.2 Παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την θερμική άνεση .....	36
3.2.2.1 Θερμοκρασία.....	38
3.2.2.2 Υγρασία.....	38
3.2.2.3 Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.....	39
3.2.2.4 Ταχύτητα αέρα .....	40
3.2.2.5 Μεταβολισμός.....	41
3.2.2.6 Ρουχισμός.....	41
<b>3.3 Οπτική άνεση</b> .....	42
<b>3.4 Ακουστική άνεση</b> .....	45
<b>3.5 Ποιότητα αέρα -Ρύπανση εσωτερικών χώρων</b> .....	45

<b>4.</b>	<b>ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</b> .....	50
4.1	Εισαγωγή.....	50
4.2	Βασικές Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....	51
4.3	Παράμετροι που επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό.....	52
4.3.1	Περιβαλλοντικές παράμετροι.....	52
4.3.1.1	Το κλίμα του τόπου.....	52
4.3.1.2	Το φυσικό περιβάλλον.....	54
4.3.2	Αστικό μικροκλίμα.....	55
4.3.2.1	Χαρακτηριστικά του αστικού μικροκλίματος.....	55
4.3.2.2	Επιπτώσεις αστικού μικροκλίματος.....	57
<b>5.</b>	<b>ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b> .....	58
5.1	Εισαγωγή.....	58
5.2	Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης.....	59
5.2.1	Συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος.....	60
5.2.2	Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος.....	61
5.3	Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους.....	68
5.3	Συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού.....	69
5.3.2	Εισαγωγή.....	69
5.3.3	Ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου.....	70
5.3.4	Επάρκεια θερμικής μάζας.....	75
5.3.5	Φυσικός αερισμός.....	77
5.3.6	Υβριδικός αερισμός.....	82
5.3.7	Εξαναγκασμένος αερισμός.....	83
5.3.8	Νυχτερινή ακτινοβολία θερμότητας προς τον ουρανό.....	84
5.3.9	Διαμόρφωση μικροκλίματος.....	85
5.4	Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	88
5.4.2	Εισαγωγή.....	88
5.4.3	Παράγοντες που επηρεάζουν το φυσικό φωτισμό.....	90
<b>6.</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b> .....	92
6.1	Εισαγωγή.....	92
6.2	Τύποι ενεργητικών ηλιακών συστημάτων.....	92
6.2.1	Ηλιακά συστήματα νερού.....	92
6.2.2	Ηλιακά συστήματα αέρος.....	94
6.3	Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	95
6.3.1	Εισαγωγή.....	95
6.3.2	Δομή φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	97
6.3.3	Ενσωμάτωση σε κτίρια.....	97



<b>7. ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ-ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</b> .....	98
<b>7.1 Εισαγωγή</b> .....	98
<b>7.2 Μόνωση κελύφους</b> .....	98
<b>7.2.1 Θερμομόνωση</b> .....	99
7.2.1.1 Η έννοια της θερμογέφυρας.....	100
7.2.1.2 Θερμομονωτικά υλικά.....	101
7.2.1.3 Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων .....	106
7.2.1.4 Θερμομόνωση οροφής .....	107
7.2.1.5 Θερμομόνωση δαπέδου.....	109
7.2.1.6 Ειδικές τεχνικές θερμικής προστασίας του κελύφους .....	110
<b>7.2.2 Υγρομόνωση</b> .....	112
7.2.2.1 Αλλαγή διάταξης των στρώσεων της κατασκευής .....	115
7.2.2.2 Τοποθέτηση φράγματος υδρατμών .....	115
<b>7.2.3 Ηχομόνωση</b> .....	116
7.2.3.1 Ηχοαπορροφητικά υλικά.....	116
<b>7.3 Ο ρόλος των υλικών στη θερμική και οπτική άνεση</b> .....	118
7.3.1 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων .....	118
7.3.1.1 Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.....	118
7.3.1.2 Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.....	120

<b>8. ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ</b> .....	122
<b>8.1 Εισαγωγή</b> .....	122
<b>8.2 Η συμβολή της βλάστησης</b> .....	122
<b>8.2 Φύτευση στεγών – δωμάτων</b> .....	124
8.3.1 Τύποι φυτεμένων δωμάτων .....	125
8.3.1.1 Εκτατικό φυτεμένο δώμα .....	125
8.3.1.2 Εντατικό φυτεμένο δώμα.....	126
8.3.1.3 Ημιεντατικό φυτεμένο δώμα .....	126
8.3.2 Δομή τυπικού φυτεμένου δώματος .....	127
<b>8.3 Φύτευση όψεων</b> .....	128

## **ΜΕΡΟΣ 2<sup>ο</sup> : Μελέτη του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των**

<b>Χημικών Μηχανικών</b> .....	130
--------------------------------	-----

<b>9. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b> .....	132
<b>9.1 Εισαγωγή</b> .....	132
<b>9.2 Γενικά στοιχεία του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών</b> .....	132
<b>9.3 Περιγραφή του μεσαίου τμήματος του κτιρίου</b> .....	135
9.3.1 Χρήσεις χώρων.....	137

9.3.1.1	Υπόγειο .....	139
9.3.1.2	Πτέρυγα Α .....	140
9.3.1.3	Πτέρυγα Ε .....	142
9.3.1.4	Πτέρυγα Δ .....	145
9.3.1.5	Πτέρυγα Θ .....	147
9.3.1.6	Αμφιθέατρο .....	148
9.3.2	Κέλυφος .....	149
9.3.2.1	Φέρων οργανισμός .....	149
9.3.2.2	Στοιχεία πλήρωσης .....	150
9.3.2.3	Δώμα .....	150
9.3.2.4	Δάπεδο .....	152
9.3.2.5	Ανοίγματα .....	153
9.3.3	Ηλιοπροστασία .....	154
9.3.4	Φυσικός φωτισμός .....	157
9.3.5	Τεχνητός φωτισμός .....	158
9.3.6	Εγκαταστάσεις θέρμανσης .....	160
9.3.7	Εγκαταστάσεις κλιματισμού .....	162
9.3.8	Ηλεκτρικός και μηχανολογικός εξοπλισμός .....	164
9.3.9	Περιβάλλον χώρος – Βλάστηση .....	165
<b>9.4</b>	<b>Βασικά προβλήματα του κτιρίου .....</b>	<b>166</b>
<b>10.</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>168</b>
<b>10.1</b>	<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>168</b>
<b>10.2</b>	<b>Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας .....</b>	<b>172</b>
10.2.1	Διάδρομος στάθμης 2 της πτέρυγας Ε .....	180
10.2.2	Γραφείο της στάθμης 2 της πτέρυγας Ε .....	180
10.2.3	Γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4 .....	181
10.2.4	Αμφιθέατρο στάθμη 1 .....	181
10.2.5	Αμφιθέατρο στάθμη 0 .....	182
10.2.6	Βόρειο εργαστήριο στάθμης 1 της πτέρυγας Δ .....	182
10.2.7	Νότιο εργαστήριο στάθμης 1 της πτέρυγας Δ .....	183
<b>10.3</b>	<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>183</b>
<b>11.</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....</b>	<b>186</b>
<b>11.1</b>	<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>186</b>
<b>11.2</b>	<b>Διαδικασία μετρήσεων .....</b>	<b>187</b>
<b>11.3</b>	<b>Φωτομετρικές καμπύλες .....</b>	<b>192</b>
11.3.2	Δυτική αίθουσα ασκήσεων της στάθμης 2 .....	192
11.3.3	Δυτική αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α της στάθμης 2 .....	194
11.3.4	Ανατολικά γραφεία στάθμης 1 .....	197
11.3.5	Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 .....	199
11.3.6	Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4 .....	201

11.3.7	Νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ στάθμης 2.....	203
11.3.8	Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ στάθμης 4.....	205
<b>11.4</b>	<b>Σύγκριση</b> .....	<b>208</b>
11.4.2	Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε στις στάθμες 2 και 4 .....	208
11.4.3	Νότια εργαστήρια της πτέρυγας Δ στις στάθμες 2 και 4.....	210
11.4.4	Ανατολικά γραφεία και δυτική αίθουσα διδασκαλίας.....	212
<b>11.5</b>	<b>Μετρήσεις τεχνητού φωτισμού στο Αμφιθέατρο</b> .....	<b>212</b>
<b>12.</b>	<b>ΕΡΕΥΝΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΑΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ</b> .....	<b>214</b>
<b>12.1</b>	<b>Εισαγωγή</b> .....	<b>214</b>
<b>12.2</b>	<b>Στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των χρηστών στα ερωτηματολόγια</b> .....	<b>215</b>
<b>12.3</b>	<b>Συμπεράσματα</b> .....	<b>244</b>
	<b>ΜΕΡΟΣ 3<sup>ο</sup> : Ανάλυση μέσω του προγράμματος Energy Plus και προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου</b> .....	<b>246</b>
<b>13.</b>	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Energy Plus</b> .....	<b>248</b>
<b>13.1</b>	<b>Εισαγωγή</b> .....	<b>248</b>
<b>13.2</b>	<b>Περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε</b> .....	<b>248</b>
13.2.1	Το πρόγραμμα Google SketchUp.....	248
13.2.2	Το λογισμικό Legacy OpenStudio Plug-in.....	248
13.2.3	Το πρόγραμμα EnergyPlus .....	249
<b>13.3</b>	<b>Χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες</b> .....	<b>250</b>
<b>13.4</b>	<b>Εισαγωγή στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του Legacy OpenStudio Plug-in</b> .....	<b>254</b>
13.4.1	Σχεδίαση του μοντέλου μέσω του προγράμματος Google SketchUp.....	254
13.4.2	Ρυθμίσεις στο υπό μελέτη μοντέλο .....	260
<b>13.5</b>	<b>Εισαγωγή στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του Energy Plus</b> .....	<b>264</b>
13.5.1	Εισαγωγή σχεδιαστικών δεδομένων του OpenStudio .....	264
13.5.2	Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων .....	264
13.5.3	Εισαγωγή δεδομένων στη λίστα παραμέτρων.....	266
13.5.3.1	Παράμετροι Προσομοίωσης .....	267
13.5.3.2	Τοποθεσία και Κλίμα .....	268
13.5.3.3	Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας.....	269
13.5.3.4	Κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών .....	273

13.5.3.5	Θερμικές ζώνες και επιφάνειες.....	276
13.5.3.6	Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη.....	277
13.5.3.7	Ροή του αέρα στους χώρους του κτιρίου.....	282
13.5.3.8	Ζήτηση Αποτελεσμάτων .....	283
13.5.4	Εκτέλεση του προγράμματος.....	286
13.5.5	Εμφάνιση αποτελεσμάτων .....	287
<b>14.</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....</b>	<b>288</b>
14.1	Εισαγωγή.....	288
14.2	Γενικά αποτελέσματα.....	288
14.3	Εσωτερικά θερμικά κέρδη .....	289
14.4	Κατανάλωση ενέργειας .....	293
14.5	Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων.....	295
13.6	Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα .....	297
13.7	Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού .....	299
13.8	Θερμική άνεση.....	301
13.9	Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για κάθε θερμική ζώνη .....	301
13.10	Σκίαση του κτιρίου.....	320
13.11	Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	323
<b>15.</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ.....</b>	<b>324</b>
<b>16.</b>	<b>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ .....</b>	<b>328</b>
16.1	Εισαγωγή.....	328
16.2	Αντικατάσταση των παραθύρων.....	328
16.2.2	Αντικατάσταση των εξωτερικών κουφωμάτων.....	328
16.2.3	Αντικατάσταση των υαλοστασίων των παραθύρων.....	331
16.3	Προσθήκη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους.....	338
16.4	Προσθήκη θερμομόνωσης στο δώμα.....	342
16.4.2	Φυτεμένο δώμα.....	342
16.4.3	Μόνωση του δώματος .....	347
16.5	Αξιοποίηση του φυσικού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες .....	350
16.5.1	Φυσικός αερισμός κατά τις απογευματινές ώρες.....	350
16.5.2	Αυτόματο σύστημα νυχτερινού δροσισμού .....	352
16.6	Τοποθέτηση σκίαστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης4 .....	353
16.7	Άλλες προτεινόμενες επεμβάσεις.....	359
16.8	Εφαρμογή όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων.....	362
16.8.2	Σενάριο Α .....	362
16.8.3	Σενάριο Β.....	364

16.8.4 Σενάριο Γ .....	366
<b>16.9 Αξιολόγηση των επεμβάσεων .....</b>	<b>367</b>
16.9.1 Αξιολόγηση για την κάθε επέμβαση .....	368
16.9.2 Αξιολόγηση για το κάθε σενάριο επεμβάσεων .....	374
<b>16.10 Τελική πρόταση .....</b>	<b>377</b>
<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....</b>	<b>378</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>380</b>
<b>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>382</b>
<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>386</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ .....</b>	<b>388</b>
<b>ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ .....</b>	<b>392</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....</b>	<b>396</b>



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Η ενεργειακή κρίση που άρχισε το 1973 και σύμφωνα με τις προβλέψεις θα συνεχιστεί με αυξανόμενο ρυθμό καθιερώνει όλο και περισσότερο τον ενεργειακό παράγοντα σαν ένα από τους καθοριστικότερους στο σχεδιασμό και στην κατασκευή των κτιρίων. Τα κτίρια που χτίστηκαν τις τελευταίες δεκαετίες στον ελληνικό χώρο, και αντιπροσωπεύουν τη μεγάλη πλειοψηφία των υφιστάμενων, χτίστηκαν σε μία εποχή ύπαρξης φτηνής ενέργειας και έτσι σήμερα παρουσιάζονται τουλάχιστον τρεις φορές περισσότερο «ενεργοβόρα» από ό,τι θα έπρεπε να είναι με ένα σωστό σχεδιασμό.

Μέσα σε αυτά τα πλαίσια αναπτύχθηκε συστηματική ερευνητική δραστηριότητα σε πολλά κράτη, αρχικά προσανατολισμένη προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Αργότερα, στην προσπάθεια να εναρμονιστεί το κτίσμα με το φυσικό περιβάλλον οδηγήθηκε στη συνολική αξιοποίηση των θετικών κλιματικών παραμέτρων, με αποτέλεσμα να προκύψει η έννοια της «βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής».

Σύμφωνα με τις σύγχρονες αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού το κέλυφος θεωρείται ως οργανισμός με ικανότητα προσαρμογής στις κλιματικές μεταβολές της περιοχής γύρω από αυτό -μικροκλίμα- και όχι ως ένα σταθερό προστατευτικό περίβλημα που απομονώνει τις εσωτερικές λειτουργίες του κτιρίου από το περιβάλλον. Ως μικρόκλιμα του κτιρίου μπορούν να θεωρηθούν η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία, οι συνθήκες του ανέμου και του εδάφους κοντά σε αυτό. Το κέλυφος έχει ως βασική λειτουργία την εξασφάλιση ενός άνετου εσωκλίματος για τους ενοίκους, δηλαδή επαρκή θερμική και οπτική άνεση στους χρήστες του.

Συνεπώς, η *βιοκλιματική αρχιτεκτονική* επιλέγει τις καλύτερες λύσεις από τη σκοπιά της εξοικονόμησης ενέργειας, της μειωμένης οικολογικής επιβάρυνσης και των εσωκλιματικών συνθηκών άνεσης. Βασίζεται στην εκλεκτική λειτουργία του κελύφους του κτιρίου και εφαρμόζει ρυθμίσεις, τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα και τις τεχνικές φυσικού δροσισμού και φωτισμού για την εκμετάλλευση των «ήπιων» μορφών ενέργειας.

Προκειμένου το κτίριο να λειτουργήσει «βιοκλιματικά», θα πρέπει να λειτουργεί ως «φυσικός ηλιακός συλλέκτης», ως «αποθήκη θερμότητας», ως «παγίδα θερμότητας» και ως «παγίδα φυσικού δροσισμού και αποθήκη ψύξης».

Στις «ήπιες» ή «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (ΑΠΕ) κατατάσσονται η ηλιακή, η γεωθερμική, η αιολική, η υδραυλική και η βιομάζα, οι οποίες είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες και για το λόγο αυτό είναι ανεξάντλητες και φιλικές προς το περιβάλλον.

Μέσα στα πλαίσια της προσπάθειας εξοικονόμησης ενέργειας και προσαρμογής στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, με αξιοποίηση των φυσικών πηγών ενέργειας, τα τελευταία χρόνια το Ε.Μ.Π. μελετά την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων του.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών που βρίσκεται στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Η ενεργειακή αναβάθμιση θα γίνει με βιοκλιματικά κριτήρια με στόχο την βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για την θέρμανση και ψύξη του κτιρίου.

Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο του Βιοκλιματικού σχεδιασμού και η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου, μέσα από επί τόπου επισκέψεις, μετρήσεις θερμοκρασίας- υγρασίας και φυσικού φωτισμού, και έρευνα μέσω ερωτηματολογίων. Ακόμη, έγινε προσομοίωση του κτιρίου με τη βοήθεια του ενεργειακού προγράμματος EnergyPlus. Ο χρόνος εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας διήρκησε περίπου ένα χρόνο.

Το **πρώτο μέρος** της εργασίας περιλαμβάνει τα θεωρητικά στοιχεία σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Ακόμη, γίνεται αναφορά στις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων και στις αρχές και τεχνικές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή των Παθητικών, Ενεργητικών και Φωτοβολταϊκών Συστημάτων. Τέλος, γίνεται αναφορά στην προστασία του κτιριακού κελύφους και τη χρήση των δομικών υλικών, καθώς και στη συνεισφορά της βλάστησης στον βιοκλιματικό σχεδιασμό.



Στο **δεύτερο μέρος** γίνεται περιγραφή της υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου και καταγραφή της ενεργειακής απόδοσής του μέσω μετρήσεων με θερμοϋγρόμετρα και φωτόμετρα χειρός σε διάφορους αντιπροσωπευτικούς χώρους, καθώς και με τη χρήση ερωτηματολογίων που μοιράστηκαν στους χρήστες. Στη συνέχεια, αξιολογούνται τα αντίστοιχα αποτελέσματα σχετικά με την υγρασία και θερμοκρασία, την ένταση του φωτός και την θερμική, οπτική και ακουστική άνεση που επικρατεί σε κάθε χώρο.

Στο **τρίτο μέρος** γίνεται η προσομοίωση του κτιρίου με τη χρήση του προγράμματος Google SketchUp, μέσω του λογισμικού Legacy OpenStudio, και πραγματοποιείται η θερμική ανάλυσή του μέσω του προγράμματος EnergyPlus. Τα αποτελέσματα που εξάγονται αφορούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτιρίου, από τους χρήστες, τον τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, καθώς τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες λόγω των παραθύρων, της διήθησης του αέρα και του φυσικού αερισμού. Επίσης, εξάγονται αποτελέσματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για τον τεχνητό φωτισμό, τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και το σύστημα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου. Ακόμη, ως αποτελέσματα δίνονται και η μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία των χώρων του κτιρίου.

Τέλος, παρουσιάζονται διάφορες προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, μέσω των προβλημάτων που εντοπίστηκαν από την θερμική ανάλυσή του, οι οποίες με τη σειρά τους προσομοιώνονται μέσω των ίδιων προγραμμάτων ώστε να γίνει η αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων.



## *ΜΕΡΟΣ 1<sup>ο</sup> : ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ*

---



# 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

---

Οι πρόγονοί μας επιβίωσαν άνετα για χιλιάδες χρόνια κάτω από τις ίδιες ή όμοιες συνθήκες με τις δικές μας. Αυτό ήταν εφικτό με την αποκλειστική χρήση της φυσικής ενέργειας που προερχόταν από το περιβάλλον. Στην προσπάθεια αυτή δημιούργησαν ποικίλους τύπους σπιτιών απαράμιλλης λειτουργικότητας και αισθητικής ισορροπίας και ομορφιάς.<sup>[42]</sup>

Ήδη από την αυγή της ανάπτυξης της αγροτικής κοινωνίας, στο πρώτο στάδιο του Πολιτισμού, γύρω στο 8.000 π.Χ., οι άνθρωποι άρχισαν να εγκαταλείπουν τις σπηλιές και τα πρόχειρα καταφύγια και να εγκαθίστανται σε οικισμούς, οργανωμένοι σε ομάδες που είχαν ως βάση την εκτεταμένη οικογένεια.

Οι οικισμοί αυτοί, που είχαν το μέγεθος και τη δομή των σύγχρονων χωριών, κατασκευάζονταν από υλικά που βρίσκονταν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, όπως το χώμα με τη μορφή πύλου και οι φυτικές ύλες. Ιδιαίτερα οι φυτικές ύλες, είτε στη ζωντανή είτε στην αποξηραμένη μορφή τους (φυτά και άχυρο π.χ.), αποτελούσαν κυρίαρχα υλικά δόμησης καθώς προσέφεραν πολλαπλά οφέλη ως προς τη θερμομόνωση, την στεγανοποίηση, την σταθερότητα και την αισθητική αυτών των πρώτων κατοικιών.<sup>[44][51]</sup>

Ο άνθρωπος βέβαια από νωρίς αναγνώρισε τη χρησιμότητα του παραθύρου και του σκιάστρου, ώστε να ελέγχει το μικροκλίμα, την ικανότητα του εδάφους και του νερού να αποθηκεύουν θερμότητα, την συμβολή των φυτών στη θερμομόνωση, καθώς και τη σημασία του μεσημβρινού προσανατολισμού. Μορφολογικά χαρακτηριστικά που ήταν συστήματα εμπνευσμένα από τη φύση ήταν οι φεγγίτες και οι ηλιακές καμινάδες, η χρήση του προσανατολισμού στην τοποθέτηση του κτιρίου και η επιλογή των ανοιγμάτων ανάλογα με τη θέση της κάθε όψης.<sup>[45]</sup>



Εικ. 1.1: Εσωτερικό σκεπής με φεγγίτη σε ορεινό χωριό της βόρειας Χαλκιδικής [47]

Οι **πράσινες στέγες** είναι κυριολεκτικά παλιές όσο κι άνθρωπος και χρησιμοποιούνταν πολύ πριν τη σύλληψη της ιδέας της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι «Οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας», οι οποίοι μνημονεύονται μέχρι σήμερα ανάμεσα στα Επτά Θαύματα του αρχαίου κόσμου. Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα οι άνθρωποι εξακολούθησαν τις ίδιες πρακτικές δόμησης. Τα δείγματα κελτικής αρχιτεκτονικής, που βλέπουμε στα Χάιλαντς της Σκωτίας, την Ουαλία και την Ιρλανδία, μας δίνουν μια καλή εικόνα για τη χρήση του φυτεμένου δώματος μέχρι και μετά την Αναγέννηση.<sup>[44]</sup>



Εικ. 1.2: Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας (600 π.Χ.) [51]

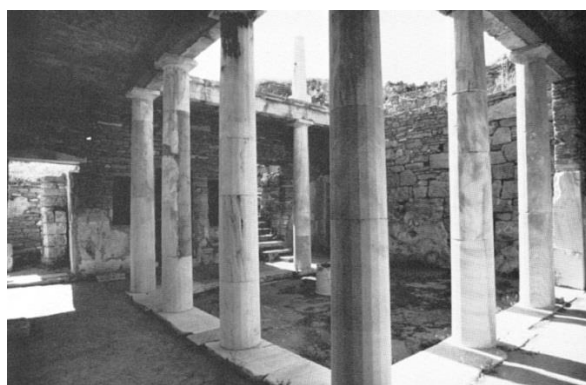
Ο **άνεμος** έχει χρησιμοποιηθεί επί αιώνες ως πηγή ισχύος, ακόμη και από πολύ παλιά, με τους ανεμόμυλους και όχι μόνο. Με τη βοήθεια του αντλούσαν νερό για άρδευση, κινούνταν πλοία, παράγονταν αλεύρι για την άλεση σιτηρών κλπ. Στην Ελλάδα η χρήση των ανεμόμυλων υπήρξε αρκετά εκτεταμένη, λόγω των ισχυρών ανέμων της χώρας. Το 1887 εμφανίζεται η πρώτη μορφή ανεμογεννήτριας, δημιουργημένη από τον Αμερικάνο Charles F. Brush. Από τότε το ενδιαφέρον για ανεμογεννήτριες αυξανόταν ολοένα.<sup>[52]</sup>

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική προϋπήρχε στα σπίτια των αρχαίων Ελλήνων. Στην **αρχαία Ελλάδα** ο αρχιτέκτονας που αναλάμβανε να σχεδιάσει και να χτίσει ένα κτίριο θα έπρεπε να είναι γνώστης διαφόρων επιστημών όπως γεωμετρία, ιστορία, φιλοσοφία, μουσική, ιατρική. Ακόμη, ήταν αναγκαίο να είχε έστω και μέτριες γνώσεις αστρονομίας, μετεωρολογίας και γενικά να γνώριζε, όσο γινόταν καλύτερα τους νόμους της Φύσης. Όπως συμφωνούν μεταξύ τους όλοι οι μεγάλοι φιλόσοφοι αλλά και οι αρχιτέκτονες της αρχαιότητας (Ξενοφώντας, Αριστοτέλης, Βιτρούβιος

και άλλοι), το πρώτιστο που πρέπει να γνωρίζει ο αρχιτέκτονας ή ο ιδιοκτήτης πριν κτίσει ή αγοράσει ένα σπίτι είναι ο σωστός ηλιασμός και ο προσανατολισμός.<sup>[46]</sup>

Σε ότι αφορά το πρώτο, πρέπει να μελετήσει τη διεύθυνση των ηλιακών ακτινών σε διαφορετικές ώρες και ημέρες του έτους, ως προς το μέρος που έχει επιλεγεί για να κτιστεί ή να αγοραστεί το σπίτι. Γενικά, ο προσανατολισμός του σπιτιού ήταν με πρόσωπο προς το νότο, μία πρακτική που περιγράφεται από τον Ξενοφώντα και τον Αριστοτέλη, γεγονός που έδινε τη δυνατότητα στην αυλή, τα βόρεια δωμάτια και τον επάνω όροφο να εκμεταλλεύονται το μέγιστο του φυσικού φωτός το χειμώνα και να αποφεύγουν τον πολύ ήλιο το καλοκαίρι, όταν ο αυτός βρίσκεται πολύ ψηλά.<sup>[48]</sup>

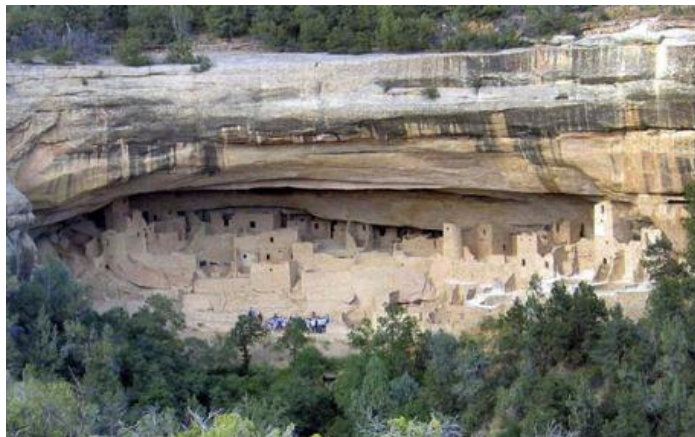
Κύριος στόχος τους ήταν τα σπίτια να εξασφαλίζουν μια αρμονική σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον. Το αρχαίο σπίτι είχε για θεμέλια και βάσεις τοίχων την πέτρα, όπου πάνω τοποθετούσαν πλίνθους με ξηροδεσιές για να υψώσουν τους τοίχους. Οι στέγες είχαν κεραμίδια, αν και πολλές φορές αναφέρεται η ύπαρξη ταράτσας. Το σχέδιο που δίνουν αρχαίοι συγγραφείς για τα σπίτια της εποχής καταγράφει μια στενόμακρη είσοδο που οδηγεί σε μια τετράπλευρη αυλή, όπου στο κέντρο της βρισκόταν ένα πηγάδι. Η αυλή αποτελούσε το κέντρο της ζωής της οικογένειας, χωρίς κήπο, συνήθως με κάλυψη από πέτρες ή ψηφιδωτά, λειτουργώντας ως βασική πηγή αερισμού και φωτισμού της οικίας.



*Εικ. 1.3: Αρχαία ελληνική κατοικία [49]*

Γενικότερα, στην **παγκόσμια ιστορία** της αρχιτεκτονικής, παρατηρούμε την κατασκευή των κατοικιών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες του χώρου και του κλίματος. Για παράδειγμα, οι οικισμοί των Ινδιάνων

Ηοπί, τα λεγόμενα Pueblos στην Αριζόνα, κατάφεραν έξυπνα να μετριάσουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα και να διατηρήσουν το μικροκλίμα των λασπόχτιστων κατοικιών τους σταθερό όλο το χρόνο.



*Εικ. 1.4: Pueblos των Ινδιάνων Ηοπί [80]*

Οι άνθρωποι, ακόμα και σε δύσβατες περιοχές, κατάφεραν να αξιοποιήσουν την ικανότητα του εδάφους, η οποία αποθηκεύει τη θερμότητα. Έτσι έφτιαχναν τα σπίτια τους μέσα στη γη, με αποτέλεσμα να διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι, αντλώντας θερμότητα από το έδαφος. Οι άνθρωποι των υγρών τροπικών περιοχών έχτιζαν τις καλύβες τους με κλαδιά και χόρτα, που επέτρεπαν στον αέρα να περνά από τα διάκενά τους. Από την άλλη, τα igloo στις πολικές περιοχές παρόλο που χτίζονται από πάγο, δημιουργούν βιώσιμες θερμικές συνθήκες ανακλώντας όλη την ακτινοβολία στο κέντρο τους.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι ανάμεσα στους πόλους και τον ισημερινό έχει αναπτυχθεί μια τεράστια ποικιλία αρχιτεκτονικών τύπων, που απεικονίζουν με πόση σοφία και με πόσο βάθος κατάφεραν οι άνθρωποι να προσεγγίσουν την αρμονία στη σχέση κλίματος, περιβάλλοντος, κτιρίου και θερμικής άνεσης. Στην σύγχρονη εποχή, όπου ο άνθρωπος αναζητά εύκολες και γρήγορες λύσεις για την κατασκευή κτιρίων, οι οποίες είναι όχι μόνο ενεργειακά σπάταλες αλλά και επιβλαβείς για το περιβάλλον, οφείλει να αξιοποιήσει τα εργαλεία της φύσης που διαθέτει στα χέρια του, έτσι ώστε δημιουργήσει κτίρια σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.



## 2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

---

### 2.1 Εισαγωγή

Ο άνθρωπος συνδέθηκε με την έννοια της ενέργειας από την πρώτη στιγμή της ύπαρξής του πάνω στη Γη. Αρχικά, ο πρωτόγονος άνθρωπος, όπως και οι άλλοι ζωντανοί οργανισμοί, μέσω της τροφής συσώρευε στις κατάλληλες αποθήκες του σώματός του ενέργεια, την οποία χρησιμοποιούσε για να κινηθεί, να κυνηγήσει και να αντιμετωπίσει τους εχθρούς του.

Η εκμετάλλευση της ενέργειας που υπήρχε άφθονη και σε διάφορες μορφές στο φυσικό περιβάλλον (ενέργεια καυσίμων, αιολική, υδραυλική ενέργεια) ήταν το όχημα που μαζί με την ανάπτυξη των ιδιαίτερων ψυχοπνευματικών του ικανοτήτων, του έδωσαν τη δυνατότητα να ακολουθήσει την μεγαλειώδη εξελικτική του πορεία φτάνοντας στο σημερινό τεχνολογικό θαύμα. Τα ίδια αυτά στοιχεία θα καθορίσουν την πορεία και την τεχνολογική εξέλιξή του και στο μέλλον, μόνο που οι πρώτες ανησυχίες τόσο για τις επιπτώσεις στον ίδιο και στο περιβάλλον, όσο και για την τελική κατάληξη αυτής της πορείας, πολλαπλασιάζονται και ενισχύονται με ανάλογους ρυθμούς.<sup>[53]</sup>

Παράλληλα με την εξέλιξη του ανθρώπου αυξάνεται και η ανάγκη να καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια. Μέχρι το 1850 η κύρια πηγή ενέργειας ήταν το ξύλο. Τα επόμενα χρόνια και μέχρι το 1910, το ξύλο αντικαταστάθηκε από τον άνθρακα. Στο διάστημα 1910-1960, ο άνθρακας έδωσε τη θέση του στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο, πηγές ενέργειας με μικρότερο κόστος και πιο εύχρηστες.

Όμως, τις τελευταίες δεκαετίες, η χρήση των ανωτέρω όχι μόνο μεγαλώνει τη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, αλλά η ολοένα μεγαλύτερη εκμετάλλευση ορυκτών καυσίμων, εκτός από μία σχεδόν σίγουρη οικολογική καταστροφή, θα οδηγήσει και στην εξάντλησή τους. Οι πιο δυσοίωνες προβλέψεις αναμένουν εξάντληση του πετρελαίου πριν το 2035. Η συνεχής άνοδος των τιμών του πετρελαίου αναμένεται να αυξήσει τη ζήτηση του φυσικού αερίου, οδηγώντας και αυτό σε εξάντληση πριν από το τέλος του ίδιου έτους. Παρομοίως και με την περίπτωση του άνθρακα.

Για την κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει το περιβάλλον, ευθύνεται κατά κύριο λόγο η ραγδαία οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών, όπου η ευμάρεια και η αύξηση του βιοτικού επιπέδου είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την κατανάλωση των φυσικών και ορυκτών πόρων χωρίς όρια και περιορισμούς.

Συγκεκριμένα, κατά τη δεκαετία του 1970, οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις αύξησαν το κόστος ενέργειας ως και 300%. Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας θεωρήθηκε το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου ως το ενεργειακό του ισοζύγιο, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση των εσωτερικών του χώρων. Όμως, παρόλο που οι πρώτες προσπάθειες προσέγγισης είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα στον τομέα της θέρμανσης, συντέλεσαν και στη δημιουργία αρκετών προβλημάτων μειώνοντας την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι, εμφανίστηκαν φαινόμενα όπως ο ανεπαρκής φυσικός φωτισμός, η απουσία οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον, η χαμηλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα και τα αυξημένα επίπεδα υγρασίας λόγω ανεπαρκούς αερισμού.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, τη δεκαετία του 1980 να ξεκινήσει μια προσπάθεια για την επίλυση των προβλημάτων αυτών, μέσω της λήψης μέτρων για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Έτσι αρχίζουν να εμφανίζονται κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, δίνοντας έμφαση στο βιοκλιματικό σχεδιασμό, αξιοποιώντας το φυσικό περιβάλλον και όχι απομονώνοντας το από αυτό, λαμβάνοντας μέτρα για τον απαραίτητο ηλιασμό, την ηλιοπροστασία, την κατάλληλη θερμοχωρητικότητα και το φυσικό αερισμό.

Ωστόσο, από τη δεκαετία του 1990, ξεκίνησε να διερευνάται και το επιστημονικό υπόβαθρο με την παράλληλη χρήση υπολογιστικών εφαρμογών, καθιστώντας δυνατή τη ανάλυση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ζωής του. Επιπλέον, η συνεχής θεσμοθέτηση ολοένα και υψηλότερων απαιτήσεων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ενέργειας που χρειάζονται τα σύγχρονα συμβατικά κτίρια ως και 80% σε σχέση με αυτή που απαιτούσαν τα αντίστοιχα κτίρια που κτίστηκαν τη δεκαετία του 1970.

Αποκορύφωμα αποτελούν τα κτίρια μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου τα οποία παράγουν όση ενέργεια απαιτείται για τη λειτουργία τους.

Συνεπώς, η προοπτική για ένα βιώσιμο μέλλον εξαρτάται από το πόσο γρήγορα οι κοινωνίες θα στραφούν από τα ορυκτά καύσιμα σε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, καθώς προβλέπεται ότι στο τέλος του 21ου αιώνα η ζήτηση για ενέργεια θα είναι τριπλάσια σε σχέση με την τωρινή. Αυτή φαντάζει η μόνη ελπιδοφόρα λύση για να καλυφθούν τα υπέρογκα ποσά ενέργειας.

Τα κτίρια αναμένεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή την προσπάθεια, καθώς είναι ένας τομέας που δαπανά παγκοσμίως μεγάλα ποσά ενέργειας και είναι υπεύθυνος για την εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα κτίρια ευθύνονται για το 35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, το 65% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, το 35% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και για το 10% της συνολικής κατανάλωσης νερού.

Επιπλέον, ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας καταναλώνεται για τη διατήρηση των εσωτερικών συνθηκών και την αντιμετώπιση της θερμότητας, που δεν θα έπρεπε να είχε εισέλθει στο κτίριο εάν είχαν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα, όπως η απαραίτητη θερμομόνωση, η προστασία του κελύφους, η βελτιστοποίηση του μεγέθους των ανοιγμάτων, η ηλιοπροστασία και η αποφυγή των διαρροών αέρα.

Επομένως, ο κατάλληλος αρχικός σχεδιασμός λαμβάνοντας υπόψη ποικίλους παράγοντες, όπως ο προσανατολισμός, το έδαφος, τα περιβάλλοντα κτίρια, τα κλιματικά και φυσικά φαινόμενα, καθώς και τις επιθυμίες, τις απαιτήσεις και τις συνήθειες των χρηστών, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση μεγάλου μέρους των ενεργειακών απαιτήσεων.<sup>[54]</sup>

## 2.2 ΕΙΔΗ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι πηγές ενέργειας είναι ταξινομημένες σε δύο ομάδες τις συμβατικές ή μη ανανεώσιμες και τις ανανεώσιμες.

Οι *συμβατικές ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας* είναι πηγές που υπάρχουν αυτούσιες στη φύση σε ορισμένες ποσότητες και ανανεώνονται δύσκολα ή καθόλου.

Ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, το προπάνιο και το ουράνιο ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία. Στις περισσότερες χώρες, όπως και στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο μέρος της χρησιμοποιούμενης ενέργειας προέρχεται από τις μη ανανεώσιμες πηγές.

Οι *ανανεώσιμες πηγές ενέργειας* περιλαμβάνουν τη βιομάζα (συνολική μάζα των φυτικών και ζωικών οργανισμών), τη γεωθερμική ενέργεια (ενέργεια που περικλείεται στο εσωτερικό της γης με τη μορφή θερμότητας), την ενέργεια του νερού, την ηλιακή ενέργεια και την ενέργεια του αέρα (αιολική). Καλούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επειδή ανανεώνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα.

### 2.2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο ή άνθρακας), και είναι οι εξής:

- **Αιολική Ενέργεια:** Η αιολική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία παρέχει δυναμικό για μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανεμογεννητριών χωρίς σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι ανεμογεννήτριες (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) χρησιμοποιούνται τόσο μαζί με μπαταρία σε μικρές εγκαταστάσεις όσο και συμπληρωματικά μαζί με φωτοβολταϊκά στοιχεία, και είναι τις περισσότερες φορές συνδεδεμένες με το δίκτυο. Η επερχόμενη απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας το 2001 έχει οδηγήσει στην κατασκευή πολλών αιολικών πάρκων ανά την Ελλάδα.
- **Βιομάζα:** Βιομάζα ονομάζονται τα κατάλοιπα διαφόρων διεργασιών που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο τα οποία χρησιμοποιούνται για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και κίνηση. Τα κατάλοιπα αυτά μπορεί να είναι από αστικά σκουπίδια, από την αγροτική παραγωγή (υπολείμματα ξυλείας, σοδειάς, ζωικά απόβλητα), καθώς επίσης και υποπροϊόντα της βιομηχανίας (από επεξεργασία τροφίμων ή οργανικών υλών). Με κατάλληλη επεξεργασία, η βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο (biofuel). Με την καύση του αερίου αυτού παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, με μεγάλη απόδοση αλλά και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παράλληλα. Η τεχνολογία αυτή παρέχει το μέγιστο δυναμικό για παραγωγή ενέργειας σε πανευρωπαϊκό επίπεδο.

- **Γεωθερμική Ενέργεια:** Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται με τη μετατροπή ζεστού νερού ή υδρατμού που βρίσκεται σε αρκετό βάθος από την επιφάνεια της γης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25°C μέχρι 350°C. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτιρίων ή κτιριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κ.λπ. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150°C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χώρα μας λόγω της διαμόρφωσης του υπεδάφους της, είναι πλούσια σε γεωθερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή αξιοποιείται σήμερα με αυξανόμενους ρυθμούς.
- **Ηλιακή Ενέργεια:** Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση των κτιρίων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη χρήση ενεργητικών ή και παθητικών συστημάτων, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους: α) με τη χρησιμοποίηση Φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και β) τα ηλιακά θερμικά συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο παράγει ατμό ο οποίος τροφοδοτεί μία τουρμπίνα και μία γεννήτρια.
- **Κυματική Ενέργεια:** Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την κινητική ενέργεια των κυμάτων. Το φαινόμενο των ανέμων έχει ως συνέπεια το σχηματισμό κυμάτων τα οποία είναι εκμεταλλεύσιμα σε περιοχές με υψηλό δείκτη ανέμων και σε ακτές ωκεανών.
- **Παλιρροϊκή ενέργεια:** Είναι η μορφή ενέργειας που προκύπτει από την βαρυτική έλξη της σελήνης και της γης και η οποία είναι εκμεταλλεύσιμη κατά την διαφορά του ύψους της επιφάνειας της στάθμης των νερών-άμπωτη και πλημμυρίδα.
- **Υδροηλεκτρική Ενέργεια:** Στα υδροηλεκτρικά έργα η ενέργεια από την πτώση του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια μιας τουρμπίνας. Παρόλο που στα υδροηλεκτρικά έργα δεν παράγονται επιβλαβή αέρια, στα μεγάλα φράγματα λαμβάνονται υπόψη και άλλες περιβαλλοντικές παράμετροι,

όπως αντιπλημμυρικά έργα, η ποιότητα του ύδατος, καθώς επίσης και η επιρροή στην ζωή των ψαριών του ποταμού αλλά και των υπόλοιπων ζώων της περιοχής. Κατά συνέπεια, μόνο τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά (με δυναμικό λιγότερο των 30MW) θεωρούνται “πράσινα”, ενώ τα μεγάλης κλίμακας θεωρούνται απλώς “καθαρά”.<sup>[43]</sup>

## **2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια**

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή που, ταυτοχρόνως, διαθέτει υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία για την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου έχει η χρήση των τεχνικών του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ο οποίος περιγράφεται λεπτομερώς στο επόμενο κεφάλαιο. Εκτός από την εφαρμογή αυτών των τεχνικών, δυνατότητες εξοικονόμησης υπάρχουν και στα συστήματα που καταναλώνουν ενέργεια για να καλύψουν τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη, καθώς και στο σύστημα τεχνητού φωτισμού.

### **2.3.1 Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη**

Για τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης ιδιαίτερη σημασία έχει η σωστή διαστασιολόγησή τους, η τακτική συντήρησή τους, καθώς και η κατάλληλη μόνωση των μερών τους. Επίσης, η χρήση αυτοματισμών, όπως οι θερμοστατικοί διακόπτες και οι χρονοδιακόπτες, εξασφαλίζουν, με χαμηλό κόστος, σημαντική μείωση στην κατανάλωση καυσίμου. Αντίστοιχα, τα συστήματα ψύξης πρέπει να διαστασιολογούνται και να συντηρούνται σωστά. Εξάλλου, οι κλιματιστικές συσκευές, όπως και όλες σχεδόν οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, φέρουν ειδική ενεργειακή σήμανση, που βοηθά στην επιλογή της πλέον κατάλληλης και ενεργειακά αποδοτικής.

### **2.3.2 Εξοικονόμηση ενέργειας για φωτισμό**

Σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μπορούμε να έχουμε και από το σύστημα τεχνητού φωτισμού. Η αντικατάσταση του τεχνητού φωτισμού από φυσικό μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση ενέργειας (30-70%), όταν η ένταση των

λαμπτήρων αυξομειώνεται σε σχέση με τα διαθέσιμα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο. Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό αντιστοιχεί περίπου στο 20% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού παγκοσμίως και αυξάνεται με ρυθμό (2005-2010) περίπου 2.4% το χρόνο. Από μελέτη προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό ενός γραφείου 54 τ.μ. αποτελεί περίπου το 35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (για θέρμανση, δροσισμό και φωτισμό), είτε ο χώρος βρίσκεται στην Αθήνα, είτε στο Λονδίνο, είτε στην Κοπεγχάγη.

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, η κατανάλωση για φωτισμό, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, αντιπροσωπεύει το 4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα και 18% στον τριτογενή. Στα κτίρια γραφείων ειδικότερα ο φωτισμός αποτελεί το 28% της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης με το ποσοστό αυτό να τροποποιείται ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου.

Η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος, μέσα από τη χρήση αποδοτικότερων συστημάτων και βελτιωμένου σχεδιασμού, είτε με τη μείωση του χρόνου λειτουργίας, μέσα από την προσωπική ευαισθητοποίηση και την υιοθέτηση συστημάτων ελέγχου.

Η χρήση ροοστατών συμβάλλει στο να έχουμε την ποσότητα του φωτισμού που επιθυμούμε και οι χρονοδιακόπτες μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να κλείνουν και να ανοίγουν την παροχή του ρεύματος σε συσκευές και στο φωτισμό όποτε είναι επιθυμητό. Παρά το γεγονός ότι οι γνωστοί τοπικοί διακόπτες έναυσης, οι αισθητήρες ανίχνευσης της παρουσίας φωτός και ο χρονοπρογραμματισμός αποφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, δεν σχετίζονται με τα επίπεδα φυσικού φωτισμού στο χώρο.

Η καλύτερη λύση για την αξιοποίηση του διαθέσιμου φυσικού φωτός είναι τα συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν με φωτοκύτταρο το οποίο ανιχνεύει τα επίπεδα φυσικού φωτισμού (και τεχνητού εάν υπάρχει) στο επίπεδο εργασίας και στέλνει το ανάλογο σήμα στη μονάδα ελέγχου (controller) η οποία αυξομειώνει την ένταση των λαμπτήρων ή τους αναβοσβήνει. Είναι ευνόητο πως ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι οι χώροι με άπλετο φυσικό φως.

Ακόμη, εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με νέους ενεργειακούς, οι οποίοι μπορεί να έχουν υψηλότερο κόστος, αλλά χρησιμοποιούν το ένα τέταρτο της ενέργειας και διαρκούν πολύ περισσότερο, περίπου 10.000 ώρες. Έχει υπολογισθεί ότι το αυξημένο κόστος κτήσης ενός τέτοιου λαμπτήρα αποσβένεται σε 500 ώρες περίπου, και από εκεί και πέρα η χρήση του αφήνει κέρδος. Επίσης, μελλοντική επιλογή αποτελεί και η τεχνολογία LED που προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία και περισσότερη διάρκεια από τους ενεργειακούς λαμπτήρες. Η χρήση λαμπτήρων φθορισμού ή led αντί για τους συμβατικούς λαμπτήρες πυράκτωσης μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος πάνω από 90%.

### **2.3.3 Συμπεριφορά των χρηστών**

Η ενεργειακή συμπεριφορά του χρήστη ενός κτιρίου είναι ένας κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας οποιουδήποτε προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης και καθορίζει πλήρως την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και τη λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων του. Αν δεν είναι κατάλληλα ενημερωμένος, μπορεί να κάνει λάθος επιλογές, οι οποίες να μην είναι ενεργειακά αποδοτικές και να μην συνεισφέρουν στη βελτίωση της θερμικής και οπτικής άνεσης. Σε κτίρια του τριτογενούς τομέα (γραφεία, εμπορικά, ξενοδοχεία, κ.λπ.), συχνά η αποδοτική λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων απαιτεί εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμού, καθώς είναι δυσχερής η συμβολή του χρήστη στη λειτουργία των συστημάτων.



## **3. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**

---

### **3.1 Εισαγωγή**

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο εσωτερικό του. Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning), ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες.<sup>[58]</sup>

### **3.2 Θερμική άνεση**

#### **3.2.1 Η φυσιολογία της θερμικής άνεσης**

Η υγεία και ευεξία του ανθρώπου εξαρτώνται άμεσα από τον καιρό και το κλίμα και ειδικότερα από τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα, την ηλιοφάνεια, τον άνεμο και την ατμοσφαιρική πίεση. Σύμφωνα με τη φυσιολογία, η θερμοκρασία του δέρματος είναι ο κατάλληλος δείκτης για τη θερμική αίσθηση του περιβάλλοντος. Συμπληρωματικά, έχει προταθεί η εισαγωγή και άλλων φυσικών παραμέτρων για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης όπως:

- Μέση θερμοκρασία δέρματος
- Ρυθμός εφίδρωσης
- Ξηρότητα του δέρματος<sup>[58]</sup>

#### **3.2.2 Παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την θερμική άνεση**

Όπως είναι προφανές η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Έτσι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο

να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο άτομο τη δυσαρέσκεια του.

Η λέξη άνεση εμπεριέχει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που την ορίζουν κάθε φορά για κάθε άτομο. Πέρα από τους παράγοντες που συνδέονται με την κοινωνική και ψυχολογική κατάσταση του ατόμου, προκειμένου να αξιολογηθεί επιστημονικά η θερμική άνεση και επομένως να αποκτήσει και αντικειμενικό χαρακτήρα, ορίστηκαν οι παράμετροι που την επηρεάζουν, οι οποίες μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

Φυσικές παράμετροι:

- Θερμοκρασία του αέρα
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών
- Η υγρασία και η σχετική υγρασία του αέρα
- Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα
- Η ατμοσφαιρική πίεση
- Βιολογικές παράμετροι
  - Το φύλλο των χρηστών του χώρου
  - Η ηλικία των χρηστών του χώρου
  - Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου
  - Η κατάσταση της υγείας των χρηστών του χώρου
- Εξωτερικές παράμετροι
  - Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου
  - Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου <sup>[58]</sup>

### 3.2.2.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται 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 του εσωτερικού αέρα.

Συγκεκριμένα, ευνοϊκή και άνετη για τον άνθρωπο θερμοκρασία αέρα είναι μεταξύ 18 °C και 22 °C, σε συνδυασμό με σχετική υγρασία από 30% έως 60% και ασθενή άνεμο, μέχρι 2 m/sec.<sup>[73]</sup>

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες:

- το εξωτερικό περιβάλλον
- το σχεδιασμό του κτιρίου
- το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού<sup>[58]</sup>

### 3.2.2.2 Υγρασία

Η υγρασία, μαζί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, αποτελούν τα δυσκολότερα μεγέθη κατά την αξιολόγηση του εσωκλίματος και εκφράζονται 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.

Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι πολυπαραγοντικό με τη θερμοκρασία του αέρα να παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω, τα διαγράμματα θερμικής άνεσης, όπως αυτά της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση της θερμοκρασίας, οριοθετούν το πεδίο

θερμικής ευεξίας και προσδιορίζουν το κατάλληλο ζεύγος τιμών θερμοκρασίας και 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, τα οποία παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα.<sup>[58]</sup>

Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους σύμφωνα με την τεχνική οδηγία 2425/86 του ΤΕΕ ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ (ΤΟΤΕΕ 2425/86)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	
Κατοικίες	22	30-50	
Κτίρια γραφείων	21-23	30-35	
Βιβλιοθήκες - Μουσεία	20-22	40-50	
Νοσοκομεία	24	30	
Εσπατόρια και Κέντρα διασκέδασης	21-23	30-40	
ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ (ΤΟΤΕΕ 2425/86)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	
Κατοικίες	25-26	40-50	
Κτίρια γραφείων	25-26	40-50	
Βιβλιοθήκες - Μουσεία	22	40-55	
Εσπατόρια και Κέντρα διασκέδασης	23-26	50-60	
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50	
Νοσοκομεία	Αίθουσες	24	45-50
	Χειρουργεία	20-24	50-60
	Αναρρωτήρια	24	50-60

Εικ. 3.1: Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους [58]

### 3.2.2.3 Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ενός χώρου ορίζεται ως εκείνη η θερμοκρασία μιας συμπαγούς μαύρης επιφάνειας στην οποία παρατηρείται η ίδια απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, σε σχέση με την εξεταζόμενη επιφάνεια.

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας παίζει κυρίαρχο ρόλο στην ανταλλαγή θερμότητας λόγω ακτινοβολίας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος. Σε χαμηλές ταχύτητες αέρα κοντά στα 0,1 m/s, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 1°C προκαλεί το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας κατά 1°C. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας διαφοροποιείται από τη θερμοκρασία του αέρα, γιατί είναι πρωτίστως υπεύθυνη για τις χωροταξικές διαφορές της θερμοκρασίας σε ένα χώρο και τη δημιουργία τοπικής δυσφορίας.<sup>[58]</sup>

Κατά την ASHRAE κάθε διαφορά  $0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$  μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης ακτινοβολούμενης, αντισταθμίζεται με μεταβολή της αισθητής θερμοκρασίας κατά  $0,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ .<sup>[7]</sup>

#### 3.2.2.4 Ταχύτητα αέρα

Η κίνηση του αέρα συνδέεται με δύο παραμέτρους:

- Την ταχύτητα του αέρα
- 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 από τον ανθρώπινο εγκέφαλο και από τις μεταβολές της θερμοκρασίας 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. Η ταχύτητα του αέρα σε φυσικά αεριζόμενα κτίρια είναι κοντά στα  $0,1\text{ m/s}$ .

Η άλλη 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. Ο τύπος της ροής και συγκεκριμένα ο βαθμός της τύρβης επηρεάζει τη θερμοκρασία του δέρματος ακόμη και όταν η μέση ταχύτητα του αέρα είναι σταθερή.<sup>[58]</sup>

### 3.2.2.5 Μεταβολισμός

Ο μεταβολισμός και γενικά οι δραστηριότητες του ανθρώπινου σώματος οδηγούν σε έκλυση θερμότητας η οποία στη συνέχεια διοχετεύεται στο περιβάλλον ώστε να παραμένει η θερμοκρασία του σώματος σε επιτρεπτά επίπεδα. Για καθιστική εργασία η θερμοκρασία του δέρματος για την επίτευξη θερμικής άνεσης είναι 33-34°C και ελαττώνεται όσο αυξάνεται η δραστηριότητα. Αντίθετα με την επιδερμική, η εσωτερική θερμοκρασία αυξάνει όσο αυξάνεται η δραστηριότητα. Η φυσιολογική θερμοκρασία ενός ανθρώπου που αναπαύεται είναι 36,8°C και διαφέρει αισθητά από τις συνηθισμένες θερμοκρασίες των εσωτερικών χώρων, αυξάνει στους 37,4°C για ελαφρύ περπάτημα και φτάνει τους 37,9°C για τρέξιμο.<sup>[33]</sup>

### 3.2.2.6 Ρουχισμός

Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη μόνωση που παρέχει ο ρουχισμός στο ανθρώπινο σώμα είναι 1 clo. Το 1 clo είναι η απαραίτητη ποσότητα ρουχισμού ώστε να διατηρηθεί σε συνθήκες ευεξίας ένα άτομο σε χώρο θερμοκρασίας 21,1°C.<sup>[33]</sup>

Οι ιδιότητες θερμικής μόνωσης των διαφόρων ειδών ένδυσης δίνονται στην παρακάτω εικόνα.

ΕΝΔΥΜΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ	
	m <sup>2</sup> .K/W	clo
Γυμνός	0	0
Κοντό παντελονάκι	0,015	0,1
Τυπικός τροπικός ρουχισμός: σλιπ, κοντό παντελόνι, κοντομάνικο πουκάμισο με ανοιχτό λαιμό, ελαφριές κάλτσες και σανδάλια	0,045	0,3
Καλοκαιρινή ενδυμασία: σλιπ, μακρύ ελαφρύ παντελόνι, κοντομάνικο πουκάμισο με ανοιχτό λαιμό, ελαφριές κάλτσες και παπούτσια	0,08	0,5
Ενδυμασία για ελαφριά δουλειά: Ελαφρύ εσώρουχο, βαμβακερό μακρυμάνικο πουκάμισο, παντελόνι της δουλειάς, μάλλινες κάλτσες και παπούτσια	0,11	0,7
Τυπική ενδυμασία για εσωτερική δουλειά το χειμώνα: Εσώρουχα, μακρυμάνικο πουκάμισο, παντελόνι, σακάκι ή μακρυμάνικο πουλόβερ, βαριές κάλτσες και παπούτσια	0,16	1,0
Βαρύ παραδοσιακό Ευρωπαϊκό επαγγελματικό κοστούμι: βαμβακερά εσώρουχα μακριά και με μανίκια, πουκάμισο, κοστούμι με παντελόνι, σακάκι και γιλέκο, μάλλινες κάλτσες και βαριά παπούτσια	0,23	1,5

Εικ. 3.2: Παρεχόμενη θερμική μόνωση από διάφορους συνδυασμούς ρουχισμού [9]

### 3.3 Οπτική άνεση

Η παρουσία φωτός είναι απολύτως απαραίτητη σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Πλημμελής παρουσία φωτός ή λανθασμένος φωτισμός μπορεί να προκαλέσει αρνητικές συνέπειες στον εργαζόμενο, όπως μείωση της οπτικής αντίληψης ή ικανότητας. Φως μπορεί να παραχθεί από φυσικές φωτεινές πηγές, όπως ο ήλιος, οπότε μιλάμε για φυσικό φωτισμό ή με μηχανικά μέσα οπότε μιλάμε για τεχνητό ή ηλεκτρικό φωτισμό.<sup>[59]</sup>

Οι απαιτήσεις σε φωτισμό στο εσωτερικό ενός κτιρίου διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος των εργασιών ή δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται μέσα σε αυτό και με βάση αυτές πρέπει να γίνεται ο κατάλληλος σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού. Η οπτική άνεση σε ένα χώρο καθορίζεται, σε γενικές γραμμές, από τρεις παραμέτρους:

#### 1. την ποσότητα του φυσικού φωτισμού

Τα ποσοτικά κριτήρια του φωτισμού στα κτίρια αναφέρονται στις τιμές φωτισμού (lx) κυρίως για τεχνητό αλλά και για φυσικό φωτισμό, ή στον Συντελεστή Φυσικού Φωτισμού (%) για φυσικό φωτισμό, συνήθως στο επίπεδο εργασίας, δηλαδή σε ύψος 70-80cm από το δάπεδο.

Το Lux (σύμβολο: lx) είναι η μονάδα SI (International System) (Μετρικό Σύστημα) του φωτισμού και φωτεινής εκπομπής. Χρησιμοποιείται στην φωτομετρία ως μέτρο της έντασης του φωτός, που πέφτει ή διέρχεται σε μία επιφάνεια, ανά τετραγωνικό μέτρο, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι ( $lux = lm/m^2$ ). Η μέτρηση της έντασης του φυσικού φωτισμού πραγματοποιείται με ειδικά όργανα που ονομάζονται φωτόμετρα χειρός. Το φωτόμετρο χειρός είναι μία συσκευή που διαθέτει ψηφιακή οθόνη υγρών κρυστάλλων ανάλυσης 0.1 και ένα αισθητήριο φωτός, που συνδέεται με αυτή και έχει ικανότητα μέτρησης από 0 έως 50.000 Lux, με ακρίβεια μετρήσεων 5% και τρεις κλίμακες μέτρησης: X1, X10 και X100.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα όρια έντασης φωτισμού σύμφωνα με την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού:

Lux	Είδος Εργασίας
150	Διάδρομοι
150-200	Αποθήκες
300-400	Απλή κατεργασία
300-500	Εργασία με Η/Υ
500	Εργασία γραφείου
500-700	Συναρμολόγηση
1500 και επάνω	Εργασίες ακριβείας

Εικ. 3.3: Όρια έντασης φωτισμού σύμφωνα με την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού[59]

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, <u>λεπτοδουλειά σε μηχανές</u>
240-600	Μέτρια δύσκολες και μεγάλης διάρκειας εργασίες, όπως γραφική δουλειά, διάβασμα, ράψιμο
120-240	Εργασίες μέτρια 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.

Εικ. 3.4: Επίπεδα έντασης φωτισμού ανά κατηγορία εργασίας σύμφωνα με το F.A. Party [59]

## 2. την κατανομή του φωτισμού στο χώρο

Η ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού στο χώρο, αφενός, μειώνει τις αντιθέσεις σε φωτεινότητα (άρα, μειώνει έμμεσα και την πιθανότητα θάμβωσης), αφετέρου προσφέρει τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Ένας χώρος φαίνεται στους χρήστες φωτεινότερος, όταν είναι ομοιόμορφα φωτισμένος, ακόμα κι όταν ποσοτικά το φως είναι λιγότερο.



Άρα, 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.

### **3. την ύπαρξη ή απουσία θάμβωσης**

Σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού, θάμβωση είναι η έλλειψη οπτικής άνεσης ή η μείωση της ικανότητας να διακρίνονται οι λεπτομέρειες των αντικειμένων, η οποία οφείλεται είτε σε ακατάλληλες αναλογίες λαμπρότητας των γύρω επιφανειών, είτε σε πολύ έντονες αντιθέσεις στη φωτεινότητά τους.

Η θάμβωση αποτελεί σύνθετο φαινόμενο, στο οποίο εμπλέκεται η κατανόηση πολλών παραμέτρων, όπως η χρονική διάρκεια της πηγής θάμβωσης, οι αναλογίες λαμπρότητας μεταξύ της πηγής θάμβωσης και των γύρω επιφανειών και οι απαιτήσεις σε φωτισμό του χώρου.

Δυστυχώς, η θάμβωση είναι σχετικά δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια. Σήμερα, βέβαια, υπάρχουν εξελιγμένα λογισμικά που έχουν τη δυνατότητα να υπολογίσουν είτε τις αναλογίες λαμπρότητας σε ένα χώρο (άρα και τις πιθανές πηγές θάμβωσης), είτε απευθείας το Δείκτη Θάμβωσης Φυσικού Φωτισμού DGI.

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.<sup>[59]</sup>

### 3.4 Ακουστική άνεση

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" <sup>[60]</sup>

### 3.5 Ποιότητα αέρα - Ρύπανση εσωτερικών χώρων

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια, καθώς είναι στενά συνδεδεμένη τόσο με την υγεία όσο και με την άνεση των ανθρώπων που ζούν ή εργάζονται μέσα σε αυτό.

Η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων εξαρτάται από τις εσωτερικές συγκεντρώσεις ραδιενεργών στοιχείων, τις τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας, το ρυθμό ανανέωσης του εσωτερικού αέρα, το φωτισμό του χώρου, το θόρυβο, τις υπάρχουσες οσμές μέσα στο χώρο και την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να ταξινομηθούν σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ	
<b>ΦΥΣΙΚΟΙ</b>	Θερμοκρασία (20-26 °C)
	Σχετική υγρασία (20-70%)
	Αερισμός (περίπου 8l/s κατά άτομο, απουσία καπνιστών)
	Φωτισμός
	Θόρυβος (<70-80 dB) και δονήσεις
	Σκόνη
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ</b>	Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου, <u>υαλονήματα</u> )
	Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία ( <u>Pb</u> , <u>Cd</u> , <u>As</u> , <u>Hg</u> , κ.α.)
	Ιόντα
	Πτητικές οργανικές ενώσεις
	Ανόργανες αέριες ενώσεις ( <u>SO<sub>2</sub></u> , <u>NO<sub>x</sub></u> , <u>O<sub>3</sub></u> , <u>Rn</u> , κ.α.)
<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ</b>	Μικροοργανισμοί (ιοί, <u>βακτήρια</u> , <u>μύκητες</u> , κ.α.)
	Αλλεργιογόνα (γύρη, έντομα, ζώα, κ.α.)

Εικ. 3.5: Ταξινόμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα [58]

Οι μολυσματικές πηγές που προέρχονται από το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις χαρακτηριστικές κατηγορίες:

- Ανθρώπινος και ζωικός μεταβολισμός
- Δραστηριότητες κατόχων
- Οικοδομικά υλικά και συσκευές κτιρίου
- Σύστημα ψύξης, θέρμανσης και αερισμού <sup>[58]</sup>

Η λειτουργία του συστήματος εξαερισμού ενός κτιρίου είναι σημαντική για την ποιότητα αέρα, δεδομένου ότι ο πρωταρχικός ρόλος του εξαερισμού είναι να βελτιωθεί το εσωτερικό κλίμα του κτιρίου. Επομένως, η απόδοση του συστήματος εξαερισμού καθορίζει άμεσα από την ποιότητα αέρα ενός εσωτερικού χώρου. Ο εξαερισμός είναι απαραίτητος για να αραιώσει και να εξαντλήσει τους εσωτερικούς ρύπους, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και τις πτητικές οργανικές ενώσεις.

Η κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία και αποτελεί το αίτιο του συνδρόμου του «**αρρώστου κτιρίου**», που αναφέρεται στις καταστάσεις στις οποίες οι χρήστες των κτιρίων βιώνουν οξεία

προβλήματα υγείας ή /και ταλαιπωρία που συνδέονται προφανώς με το χρόνο που ξοδεύουν σε ένα κτίριο, ενώ την ίδια στιγμή καμία συγκεκριμένη ασθένεια ή αιτία αυτών των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί.

Τα πιο κοινά συμπτώματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, ωστόσο μπορεί να ποικίλλουν από κτίριο σε κτίριο, ανάλογα με τους διαφορετικούς αιτιώδεις παράγοντες που τα προκαλούν σε κάθε περίπτωση.

<b>ΚΟΙΝΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ ΤΟΥ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>	
<b>Δερματικά συμπτώματα</b>	Αναφυλαξία προσώπου
	Αναφυλαξία χεριών
	<u>Εγκζέματα</u>
<b>Συμπτώματα στα μάτια</b>	Ερεθισμός ματιών
	Πρήξιμο βλεφάρων
<b>Ρινικά συμπτώματα</b>	Ρινική καταρροή
	Ρινική συμφόρηση
<b>Συμπτώματα φάρυγγα</b>	Ξηρός λαιμός
	Πόνος στο λαιμό
	Βήχας
<b>Γενικά συμπτώματα</b>	Πονοκέφαλος
	Κόπωση
	Υπνηλία

*Εικ. 3.6: Κοινά συμπτώματα του Συνδρόμου του Άρρωστου Κτιρίου [74]*

Η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων εξαρτάται, επίσης, από τις εσωτερικές συγκεντρώσεις αερίων ρύπων και σκόνης. Οι ρύποι αυτοί μπορεί να προκαλέσουν πονοκεφάλους, σοβαρές αλλεργίες και άλλες ασθένειες και υποβαθμίζουν την ποιότητα της ζωής των χρηστών του κτιρίου.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί από τους κυριότερους ρύπους που καθορίζουν την ποιότητα του αέρα και του περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων, οι περισσότεροι από τους οποίους σχετίζονται και με το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου.

Το **διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)** αποτελεί φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας και εμπεριέχεται σε αυτή σε ποσοστό 0.035%. Επίσης, μικρές ποσότητες CO<sub>2</sub> είναι παρούσες στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς CO<sub>2</sub> παράγεται μέσω του μεταβολισμού και υπάρχει διαλυμένο στο αίμα, ενώ CO<sub>2</sub> εκκρίνεται από το σώμα με την εκπνοή. Το CO<sub>2</sub> είναι επίσης κύριο προϊόν των καύσεων.

Το **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** αποτελεί προϊόν ατελούς καύσης. Έτσι CO εκπέμπεται από τα αέρια των συστημάτων θέρμανσης και τα τσιγάρα, ενώ μεγάλες ποσότητες CO εμπεριέχονται στα καυσαέρια των αυτοκινήτων ή παράγονται από βιομηχανικές δραστηριότητες και εισέρχονται στους εσωτερικούς χώρους με τη διείσδυση του εξωτερικού αέρα. Οι δηλητηριάσεις με CO μπορούν να αποβούν θανατηφόρες όπως έχει αποδειχτεί συχνά στο παρελθόν. Κύρια πηγή δηλητηρίασης αποτελούν και σήμερα οι καυστήρες που δεν έχουν καλή απαγωγή αερίων.

Τα **οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)** στους εσωτερικούς χώρους προέρχονται από τον καπνό του τσιγάρου, από την καύση φυσικού αερίου, τις θερμάστρες κηροζίνης ή φωτιστικού πετρελαίου και την καύση των ξύλων.

Το **διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)** προέρχεται κυρίως από την καύση υλικών. Σε εσωτερικούς χώρους, οι κύριες πηγές είναι η καύση φυσικού αερίου, ξύλου και άλλων υλικών που περιέχουν θείο. Το διοξείδιο του θείου εισέρχεται επίσης στους εσωτερικούς χώρους από τον εξωτερικό αέρα όπου υπάρχει ως αποτέλεσμα κυρίως βιομηχανικών (δουλιστήρια, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας) αλλά και φυσικών (οξείδωση αερίου υδρόθειου που προέρχεται π.χ. από ηφαίστεια) διεργασιών.

Το **όζον (O<sub>3</sub>)** στο εσωτερικό των κτιρίων παράγεται κατά τη χρήση φωτοτυπικών μηχανημάτων, εκτυπωτών laser και συσκευών που περιέχουν λάμπες υπεριωδών (UV). Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως όζον παράγεται και από τους ιονιστές που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό του αέρα των χώρων.

Ο όρος **VOCs** αποτελεί ένα συλλογικό όνομα για διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις όπως το βενζόλιο, το τολουένιο, το τριχλωροαιθυλένιο, το τριχλωροαιθέριο, το τριχλωρομεθάνιο καθώς και άλλους αλογονωμένους διαλύτες, πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες κ.α. Περιέχονται ως διαλύτες σε χρώματα και βερνίκια, αλλά και σε πλαστικά και κόλλες, έπιπλα, ταπετσαρίες, μοκέτες, σε απορρυπαντικά και καλλυντικά, εντομοκτόνα, καθώς και στον καπνό του τσιγάρου. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των χώρων προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα και ερεθισμό στις βλεννώδεις μεμβράνες. Κάποιες από τις ενώσεις είναι τοξικές ή και καρκινογόνες (βενζόλιο, πολυκυκλικό υδρογονάνθρακες).

Το **ραδόνιο** είναι ένα φυσικό ραδιενεργό αέριο που σχηματίζεται κατά τη ραδιενεργό διάσπαση του ραδίου 226 και εκπέμπει α-ακτινοβολία. Αποτελεί φυσικό συστατικό του εδάφους και των πετρωμάτων που περιέχουν ουράνιο και εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους σε αέρια μορφή από ανοίγματα ή ρωγμές στην οικοδομή. Μπορεί επίσης να εκπέμπεται από οικοδομικά και κατασκευαστικά υλικά τα οποία προέρχονται από τον στερεό φλοιό της γης, όπως οι μαύροι σχιστόλιθοι, ο γρανίτης κ.α. Το ραδόνιο έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί καρκίνο του πνεύμονα και λευχαιμία. Στην πραγματικότητα δεν είναι το ίδιο το ραδόνιο ο κύριος υπεύθυνος για την εμφάνιση του καρκίνου, καθώς το ραδόνιο στο μεγαλύτερο ποσοστό του διαφεύγει μέσω εκπνοής, αλλά τα υποπροϊόντα που διαμορφώνονται.

Ο **αμίαντος** αποτελεί συλλογική ονομασία ορισμένων ορυκτών ινώδους μορφής και κρυσταλλικής δομής. Μέχρι το 1973 ο αμίαντος έβρισκε ευρεία εφαρμογή στις οικοδομές και τα κτίρια λόγω της ανθεκτικότητάς του κυρίως σαν θερμομονωτικό υλικό. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε σωληνώσεις, πλακάκια, φούρνους, σόμπες και ηλεκτρικά σίδερα, στέγαστρα, μέσα πυροπροστασίας, ηχομόνωσης, θερμομόνωσης μηχανολογικών εγκαταστάσεων κ.α. Τη δεκαετία του 1970, η χρήση του αμιάντου απαγορεύτηκε επειδή, όπως αποδείχτηκε, με την πάροδο του χρόνου τα δομικά υλικά καταστρέφονται ελευθερώνοντας ίνες που έχουν μεγάλες πιθανότητες να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, όπως αμιαντίαση, καρκίνο του πνεύμονα και μεσοθηλίωμα.

Η **ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία** σε εσωτερικούς χώρους εκπέμπεται από μικρές ηλεκτρικές οικιακές συσκευές (φούρνοι μικροκυμάτων, στεγνωτήρες μαλλιών, ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτρική θέρμανση, οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρικές κουβέρτες, κινητά τηλέφωνα), γραμμές ηλεκτρικής παροχής, λαμπτήρες κ.α.. Ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί όμως να προέρχονται και από ηλεκτροφόρα καλώδια υψηλής τάσης που βρίσκονται κοντά σε κτίρια, από γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κοντινούς ηλεκτρικούς σταθμούς, μεγάλους μετασχηματιστές, κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ, ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς.

## 4. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

---

### 4.1 Εισαγωγή

Το κλίμα σε κάθε περιοχή του πλανήτη μπορεί να περιγραφεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα, πηγαίνοντας από το γενικό προς το ειδικό, από τη μεγαλύτερη κλίμακα στη μικρότερη: το μακροκλίμα, το μεσοκλίμα και το μικροκλίμα. Το μικροκλίμα μιας περιοχής είναι η διαφοροποίηση του μακροκλίματος και του μεσοκλίματος, η οποία οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινες παρεμβάσεις, όπως το δομημένο περιβάλλον ή οι γεωργικές καλλιέργειες.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, συνήθως αναφερόμενο ως μικροκλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος, αποσκοπώντας στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων.

Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων εξυπηρετεί τέσσερις (4) βασικούς στόχους:

α) Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας,

β) Την εξοικονόμηση χρήματος, μέσω της χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους,

γ) Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα,

δ) Τη βελτίωση του εσω-κλίματος των κτιρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης –θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα– και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.<sup>[1]</sup>

Οι ειδικότεροι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι:

- Η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα
- Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους του χειμώνα
- Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα
- Η προστασία από τον ήλιο του καλοκαιριού
- Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι
- Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι

## **4.2 Βασικές Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού**

Η γενικότερη αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού θέτει ότι η Νότια πλευρά του κτιρίου πρέπει να χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση, ενώ αντίθετα η Βόρεια για προστασία από τους ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας. Ειδικότερα, οι βασικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού σχετίζονται με την αρχιτεκτονική δομή και τον προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και με τον περιβάλλοντα χώρο. Ο σχεδιασμός του κτιρίου οφείλει να συνάδει με τις ακόλουθες βιοκλιματικές αρχές λειτουργίας του:

- Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης
- Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας
- Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας
- Το κτίριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης



## 4.3 Παράμετροι που επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό

### 4.3.1 Περιβαλλοντικές παράμετροι

Από τις παραμέτρους του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων διακρίνονται το κλίμα του τόπου και το φυσικό περιβάλλον.

#### 4.3.1.1 Το κλίμα του τόπου

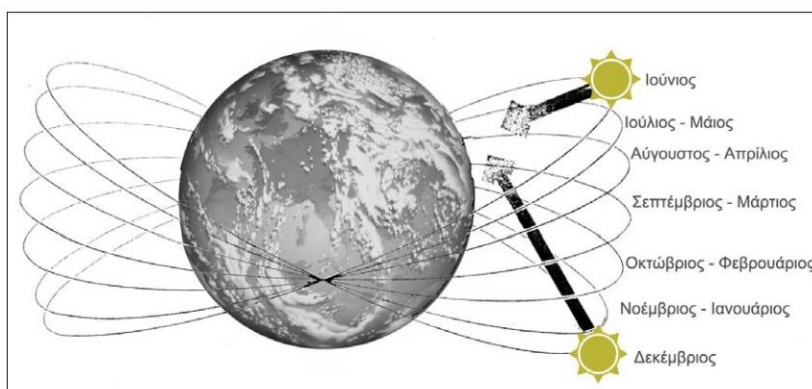
Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτει το κλίμα κάθε τόπου ή περιοχής. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης - ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και ποιότητα του παρεχόμενου φυσικού φωτός και κατά συνέπεια την αίσθηση οπτικής άνεσης.

Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι
- Η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηνιαία βάση
- Οι άνεμοι -χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί- κατεύθυνση και ένταση <sup>[1]</sup>

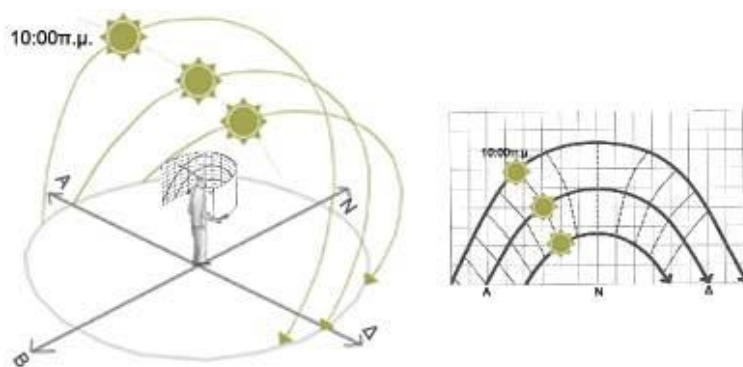
Προκειμένου να προσδιοριστεί ο ηλιασμός ενός κτιρίου ή ενός οικοπέδου υιοθετείται η παραδοχή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, δηλαδή θεωρείται ότι η γη παραμένει σταθερή, ενώ ο ήλιος κινείται. Αυτή η παραδοχή διευκολύνει στη γεωμετρική απεικόνιση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, οι οποίες ακολουθούν μια μεγάλη συνεχή σπείρα. Οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου ταυτίζονται ανά δύο μήνες εκτός του Δεκεμβρίου και του Ιουνίου. Ο μήνας Δεκέμβριος έχει τη χαμηλότερη τροχιά, ενώ ο Ιούνιος την υψηλότερη.

Οι Ηλιακοί χάρτες είναι διαγράμματα τα οποία απεικονίζουν τις φαινόμενες τροχιές του ηλίου στο επίπεδο ορθής προβολής για το συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Με από διαγράμματα αυτά προσδιορίζεται η θέση και το ύψος του ηλίου για οποιαδήποτε ημέρα και ώρα του χρόνου. Για να συσχετιστούν οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, κατά το σχεδιασμό τους, πρέπει να είναι γνωστή η θέση του ήλιου στον ουρανό και στον ορίζοντα αντίστοιχα.

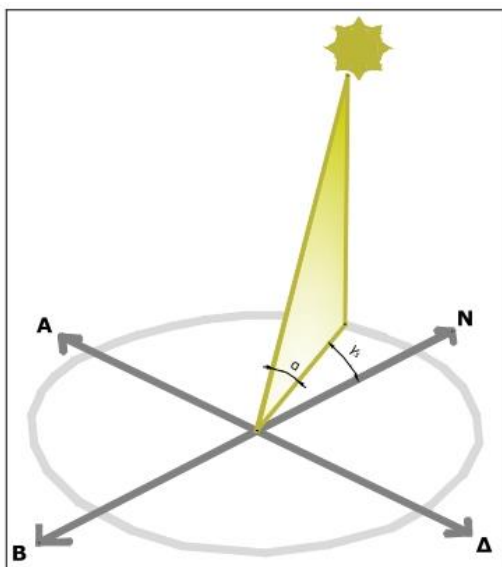


Εικ. 4.1: Σχηματική αναπαράσταση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου [6]

Η θέση αυτή προσδιορίζεται από τη στερεά γωνία, η οποία αναλύεται σε δύο επίπεδες γωνίες, τη γωνία ύψους του ηλίου ( $\alpha$ ) (ηλιακό ύψος), που ορίζεται από τη θέση του ήλιου στον ουρανό ως προς το οριζόντιο επίπεδο, και τη γωνία αζιμουθίου ( $\gamma_s$ ) (ηλιακό αζιμούθιο), η οποία ορίζεται από την ορθή προβολή της θέσης του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο, σε σχέση με τον τοπικό μεσημβρινό Βορρά-Νότου. Στην κατεύθυνση του Νότου, σύμφωνα με παραδοχή, ορίζεται η γωνία αζιμουθίου ίση με  $0^\circ$ , αρνητική προς την ανατολή και θετική προς τη δύση.



Εικ. 4.2: Οι γωνίες ύψους και αζιμουθίου ορίζουν τη θέση του ήλιου. Ορθή προβολή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου στον ηλιακό χάρτη [3]



Εικ. 4.3: Γωνία ύψους ( $\alpha$ ) και αζιμουθίου του ήλιου ( $\gamma_s$ ) [6]

Γνωρίζοντας την κατακόρυφη γωνία σκίασης, μπορεί εύκολα να οριστεί ο ηλιασμός και ο σκιασμός από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία των επιφανειών του κτιρίου ή/και στοιχείων του, σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.<sup>[1]</sup>

#### 4.3.1.2 Το φυσικό περιβάλλον

Οι βασικές παράμετροι του φυσικού περιβάλλοντος, οι οποίες επηρεάζουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, είναι:

- Το ανάγλυφο του εδάφους, επίπεδο ή με κλίση, επηρεάζει την τοποθέτηση του κτιρίου, αλλά και τη μορφολογία του, σε επίπεδη διάταξη ή κλιμακωτή προσαρμοσμένη στο έδαφος.
- Ο προσδιορισμός των προσήλιων και υπήνεμων περιοχών, σε σχέση με τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους καθορίζει την ένταξη του κτιρίου στο οικόπεδο.
- Το τοπίο -βλάστηση χαμηλή ή δέντρα- καθορίζει τις επιλογές για τη χωροθέτηση του κτιρίου -αποφυγή της σκίασης το χειμώνα, εξαρτώμενης από το ύψος των γύρω στοιχείων - κτιρίων, ανάγλυφου και δέντρων -φυλλοβόλα ή αιθαλή, ενώ αντίστροφα το καλοκαίρι επιδιώκεται η σκίασή του από τα δέντρα και τα γύρω στοιχεία, εφόσον είναι εφικτή.

- Η θέα -εφόσον υπάρχει- είναι καθοριστικός παράγων ως προς την τοποθέτηση του κτιρίου και των ανοιγμάτων στο κέλυφός του, καθώς και ως προς τη διάταξη των εσωτερικών χώρων. Στην περίπτωση που η θέα βρίσκεται στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτίριο προς το Βορρά, παρά το γεγονός ότι ίσως αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους.
- Η γειτνίαση με νερό -θάλασσα, ποτάμι, λίμνη- αποτελεί στοιχείο βοηθητικό για τη δημιουργία άνετου μικροκλίματος το καλοκαίρι στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αρκεί να διασφαλίζεται η προστασία του από την υγρασία, κυρίως το χειμώνα. <sup>[1]</sup>

## **4.3.2. Αστικό μικροκλίμα**

### **4.3.2.1. 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.<sup>[5]</sup>

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

#### **α) 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 είναι 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.<sup>[57]</sup>

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 αυτά 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 <sup>[4][5]</sup>

### **β) 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 στροβίλους. Η μείωση της ταχύτητας περιορίζει τον αερισμό και τον δροσισμό των πόλεων και οι στροβίλοι 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 αναπτύσσουν 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.<sup>[57]</sup>

#### 4.3.2.2 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 θερινής 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 την θέρμανση των κτιρίων.<sup>[57]</sup>

## 5. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

---

### 5.1 Εισαγωγή

Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων έχουν αναπτυχθεί τρεις κατηγορίες τεχνικών συστημάτων, ανάλογα με το αν παρεμβάλλονται ή όχι μηχανολογικά συστήματα.

**Τα 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 του κτιρίου 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, εναλλάκτες θερμότητας, κλπ)-και προϋποθέτουν 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 υβριδικά** είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στην 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.<sup>[1]</sup>

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας προϋποθέτει ένα σωστά ενεργειακά σχεδιασμένο κτίριο, σύμφωνα με τις αρχές που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Ιδιαίτερα, η διαμόρφωση του κελύφους του κτιρίου πρέπει να είναι τέτοια, που να επιτρέπει τη μέγιστη συλλογή

της ηλιακής ενέργειας, τη μέγιστη δυνατότητα για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Κρίσιμο, βέβαια, ζήτημα είναι αυτή η συνεισφορά θερμότητας να μην επιβαρύνει τον εσωτερικό χώρο την περίοδο του καλοκαιριού.

Τα παθητικά συστήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
2. Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
3. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

## 5.2 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης

Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα συστήματα εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο θερμικής λειτουργίας τους :

1. Σε συστήματα άμεσου ή απευθείας ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν τα ανοίγματα, τα προσανατολισμένα στο νότο,
2. Σε συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι και οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης, οι ηλιακοί χώροι ή θερμοκήπια και τα ηλιακά αίθρια.
3. Σε συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν τα λεγόμενα «υβριδικά» συστήματα, στα οποία η συλλεκτήρια επιφάνεια διαχωρίζεται από το κτίριο και για τη μεταφορά της θερμότητας χρησιμοποιούνται απλά μηχανικά μέσα, όπως ανεμιστήρες κ.α.

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων στηρίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη



μεταφορά της θερμότητας από τη συλλογή στην αποθήκη και στο χώρο που θα θερμανθεί.

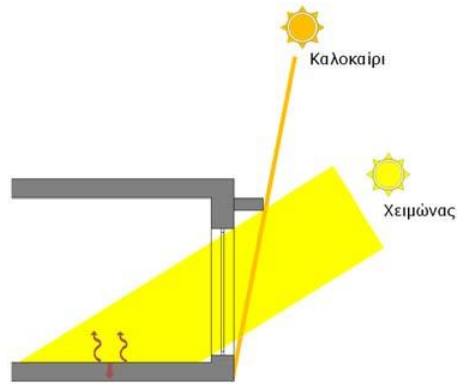
### 5.2.1 Συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος

Ο απλούστερος τρόπος, για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων, είναι η συλλογή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα, τα προσανατολισμένα στο νότο (με αποκλίσεις  $+30^\circ$  ή  $-30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά του νότου). Τα νότια ανοίγματα συμμετέχουν στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου πάντα θετικά, ανεξάρτητα αν ο σχεδιασμός τους είναι συμβατικός ή βιοκλιματικός.

Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%.

Συνοπτικά, οι παράγοντες, που καθορίζουν τη λειτουργία τους συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος, είναι :

- 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 συλλεγείσα θερμότητα και οποιαδήποτε απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας,
- 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.



Εικ. 5.1: Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους [1]

Τα **κριτήρια σχεδιασμού για το άνοιγμα** των συστημάτων «άμεσου ηλιακού κέρδους» αφορούν:

- την περίοδο ηλιασμού του ανοίγματος συμπεριλαμβανομένου της ώρας
- την ηλιοπροστασία και τον προσανατολισμό
- την επιλογή του υαλοστασίου
- την απαίτηση για φυσικό φωτισμό του κτιρίου με ταυτόχρονη αποφυγή θάμβωσης

Τα **κριτήρια σχεδιασμού για τη θερμική αποθήκη** 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 <sup>[1]</sup>

### 5.2.2 Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος

Συστήματα έμμεσου κέρδους είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την αποδίδουν με έμμεσο τρόπο στους

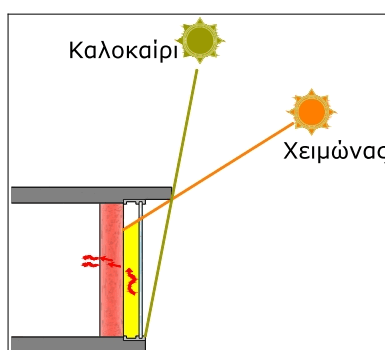
εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, μέσω είτε δομικών στοιχείων είτε ανοιγμάτων διαφόρων ειδών (θυρίδων, αγωγών, κ.ά.).

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους διακρίνονται :

1. Στους τοίχους συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης, που πρέπει να συνδέονται με γυάλινα ανοίγματα, προσανατολισμένα στο νότο, μια και αυτά εξασφαλίζουν τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.
2. Στα προσαρτημένα θερμοκήπια στη νότια πλευρά του κτιρίου
3. Στα ηλιακά αίθρια

### 1. Τοίχοι συλλέκτες ή θερμικής αποθήκευσης

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας), η οποία αποτελεί τμήμα του κτιριακού περιβλήματος.



Εικόνα 5.2: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης [1]

Αναλόγως της κατασκευής του διακρίνεται σε:

- Ηλιακό τοίχο μη θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού)
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe-Michelle)

Έτσι, προκύπτουν οι εξής κατηγορίες:

- **Ηλιακοί τοίχοι μάζας**

Ο τοίχος μάζας είναι ένας νότιος τοίχος του κτιριακού κελύφους, κατασκευασμένος από βαριά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και καλυμμένος στην εξωτερική του πλευρά από υαλοστάσιο τοποθετημένο σε απόσταση περίπου 10cm από τον τοίχο. Το χρώμα του τοίχου πρέπει να είναι σκούρο και η επιφάνεια του αδρή, ώστε να αυξάνεται η θερμοαπορροφητική της ικανότητα.

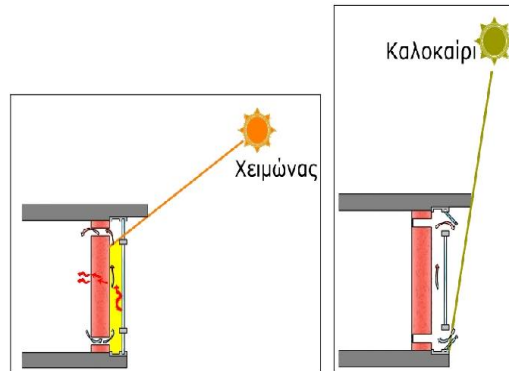
Η ηλιακή ακτινοβολία παγιδεύεται από το υαλοστάσιο και θερμαίνει τον τοίχο και τον αέρα που μεσολαβεί μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου με αγωγή και στη συνέχεια με συναγωγή στον εσωτερικό αέρα και με ακτινοβολία στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

- **Ηλιακοί τοίχοι «Trombe-Michelle»**

Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα, οπότε η μετάδοση της θερμότητας γίνεται εκτός από την αγωγιμότητα και με φυσικό θερμοσιφωνισμό. Δηλαδή, η ηλιακή ακτινοβολία περνώντας μέσα από το γυαλί απορροφάται σαν θερμική ακτινοβολία από τον τοίχο και η εξωτερική του επιφάνεια θερμαίνεται (μπορεί να φθάνει ως τους 65 °C ).

Στη συνέχεια, η θερμότητα μεταδίδεται στον αέρα που κυκλοφορεί μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου. Από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου, ο θερμός αέρας μπαίνει στον κατοικήσιμο χώρο, ενώ συγχρόνως ο ψυχρός, εξαιτίας της υποπίεσης που δημιουργείται, μπαίνει από τις χαμηλές θυρίδες στο χώρο μεταξύ γυαλιού και τοίχου όπου και ξαναθερμαίνεται.

Με αυτή την κατασκευή του τοίχου αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο στις περιόδους της ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως με τη λειτουργία του τοίχου. Το βράδυ κλείνοντας τις θυρίδες ο τοίχος λειτουργεί σαν τον κλασσικό τοίχο θερμικής αποθήκευσης αποδίδοντας με ακτινοβολία και έμμεση μεταφορά τη θερμότητα που έχει συγκεντρωθεί στη μάζα του.



Εικόνα 5.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michelle) [1]

- **Τοίχος Νερού**

Ο τοίχος νερού μοιάζει με τα συστήματα τοίχου μάζας και τοίχου «Trombe», με τη διαφορά ότι το περιεχόμενο νερό αντικαθιστά τον τοίχο μάζας. Επειδή το νερό έχει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου από το τούβλο ή το σκυρόδεμα και επειδή τα ρεύματα μεταφοράς μέσα στο νερό το αναγκάζουν να λειτουργήσει ως μία σχεδόν ισόθερμη αποθήκη θερμότητας, το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει πιο αποτελεσματικά από ό,τι ο τοίχος μάζας ή ο τοίχος «Trombe». Το νερό έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει άμεσα τη θερμότητα, λόγω της ισοθερμικής του φύσης, κάτι που διαφοροποιεί το σύστημα αυτό σε σχέση με τον τοίχο Trombe, στον οποίο υπάρχει χρονική απόκλιση. Γι' αυτό το σύστημα μπορεί μεν να θερμαίνεται γρήγορα, αλλά ψύχεται και γρήγορα.

Η απόδοση του συστήματος (ηλιακοί τοίχοι) εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου
- Το πάχος του τοίχου και τα υλικά της κατασκευής του
- Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του

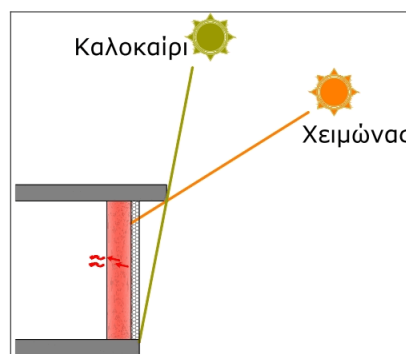
Ακόμη δύο κατηγορίες συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους είναι οι εξής:

- **Τοίχος με διαφανή μόνωση**

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 30°, 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.



Εικ. 5.4: Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση [1]

- **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.<sup>[1]</sup>

## **2. Ηλιακοί χώροι ή θερμοκήπια**

Ο προσαρτημένος ηλιακός χώρος ή αλλιώς θερμοκήπιο είναι συνδυασμός παθητικού συστήματος «απευθείας κέρδους» και τοίχου θερμικής συσσώρευσης. Κατασκευάζεται στη νότια πλευρά του κτιρίου, περιβάλλεται από τη μια ή μέχρι τις τρεις πλευρές του με υαλοστάσιο και από τις υπόλοιπες από συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα με τον οποίο και συνδέεται με το κυρίως κτίριο.

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

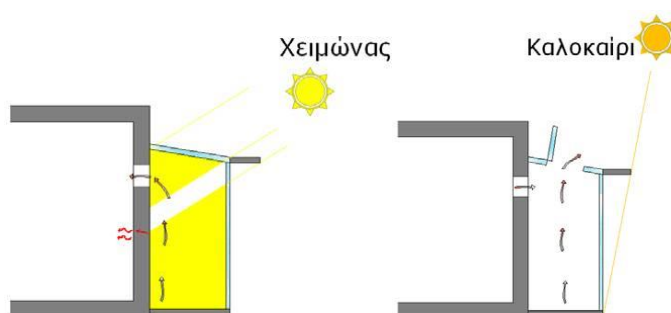
Το θερμοκήπιο επίσης λειτουργεί σαν φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας ο ηλιακός χώρος έχει υψηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και έτσι συμβάλλει στη μείωση των θερμικών απωλειών από το κτίριο. Χωρίς ηλιοφάνεια, η

εσωτερική θερμοκρασία σε ένα θερμοκήπιο με διπλό υαλοστάσιο φθάνει τουλάχιστον στους 10°C όταν η εξωτερική είναι 0°C.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική απόδοση του ηλιακού χώρου είναι:

- Ο προσανατολισμός και η σύνδεσή του με το κτίριο
- Το μέγεθός του και η γεωμετρία του
- Τα υλικά κατασκευής και η κλίση του υαλοστασίου

Η συνολική θερμική απόδοση ενός θερμοκηπίου υπολογίζεται σε 60-75% κάλυψη των θερμαντικών αναγκών του θερμοκηπίου στους χειμερινούς μήνες, ενώ στους παρακείμενους κατοικήσιμους χώρους του κτιρίου φθάνει ένα 10-30% από την ενέργεια που έπεσε στην επιφάνεια του θερμοκηπίου.



Εικ. 5.5: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια [1]

### 3. Ηλιακά αίθρια

Ο αιθριακός χώρος ενός κτιρίου ο οποίος επικαλύπτεται με υαλοστάσια αποτελεί ένα άλλο σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους, το ηλιακό αίθριο. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αιθρίου και μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος της μπορεί να αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία.

Το αίθριο συμβάλλει στην δημιουργία ενός χώρου, θερμικά πιο άνετου και λειτουργικά χρήσιμου, ο οποίος προστατεύεται από τη βροχή, αλλά και από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο



λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης, ενώ τη θερινή περίοδο, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός.

### 5.2.3 Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

Στα συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους ανήκουν:

- **Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης**

Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κτιριακό κέλυφος ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτίριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους». Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτιρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας. Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως  $\pm 30^\circ$  από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις  $30-40^\circ$  για τον ελλαδικό χώρο.

Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτίριο με θυρίδες εισροής και εκροής του αέρα του εσωτερικού χώρου προς και από το πανέλο. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται καθ'όλο το πλάτος του πανέλου, με διάμετρο 20-30cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πανέλου από την κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του.

- **τα υβριδικά συστήματα**

Η μετάδοση της θερμότητας με τη χρήση απλών μηχανικών μέσων (π.χ. ανεμιστήρας) μπορεί να συνδυαστεί και με σύστημα σωληνώσεων που οδηγεί τον θερμό αέρα σε χώρο με θραυστό υλικό, όπου και αποθηκεύεται η θερμότητα και

αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο με ακτινοβολία ή μεταφορά. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε εύκρατα κλίματα, όπου την ημέρα συλλέγεται πολύ περισσότερη θερμότητα από όση είναι αναγκαία για τη θέρμανση του χώρου.

## 5.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού

### 5.3.1 Εισαγωγή

Η στρατηγική του φυσικού δροσισμού αποσκοπεί στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτιρίου. Ο αερισμός του κτιρίου είναι πολύ σημαντικός διότι αφενός βοηθάει στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας και επομένως κρατάει το κτίριο δροσερό τους θερινούς μήνες και αφετέρου διότι είναι αναγκαία η ανανέωση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο αέρα από το περιβάλλον που είναι πλούσιος σε οξυγόνο.

Το πρώτο βήμα για την επίτευξή της είναι η προστασία του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας. Το επόμενο βήμα είναι η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιχειρεί με τεχνικές και νέες τεχνολογίες να αποκαταστήσει το φυσικό δροσισμό των κτιρίων, για τους εξής κυρίως λόγους:

- για μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή τουλάχιστον τη σταθεροποίησή της σε περιόδους αιχμής –καύσωνα
- για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα
- για περιορισμό των εκπομπών χλωροφθορανθράκων από τη διαρκώς αυξανόμενη τάση χρήσης κλιματιστικών
- για τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα στα κτίρια <sup>[1]</sup>

### 5.3.2 Ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου

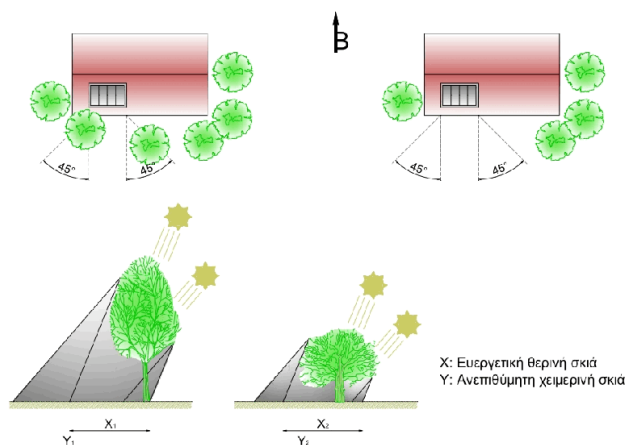
Οι τεχνικές και σχεδιαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, οι οποίες συμβάλλουν στον φυσικό του δροσισμό, είναι οι ακόλουθες:

- **Ηλιοπροστασία**

Η ηλιοπροστασία του κτιρίου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως σκίαση των ανοιγμάτων του είναι απαραίτητη έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου. Το καλοκαίρι οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές και η ηλιακή ακτινοβολία έντονη, με αποτέλεσμα το κτίριο να απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα όταν είναι εκτεθειμένο στον ήλιο, με άμεσες επιπτώσεις στο εσωτερικό του (κίνδυνος υπερθέρμανσης). Κατά συνέπεια, τα συστήματα σκίασης πρέπει να παρέχουν αποτελεσματική προστασία από τον ήλιο το καλοκαίρι, χωρίς όμως να παρεμποδίζουν τον ηλιασμό του κτιρίου το χειμώνα ή να περιορίζουν τον φυσικό του φωτισμό.

Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα, ο σκιασμός του κτιρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, είναι αναγκαίος για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, ενώ για τους μήνες Μάιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο είναι επιθυμητός κατά κανόνα τις μεσημβρινές ώρες.

Ο σκιασμός ολόκληρου του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί -υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται για χαμηλό κτίριο- με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε θέσεις κατάλληλες, έτσι ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες. Παράλληλα η βλάστηση, απορροφώντας θερμότητα, μειώνει την εξωτερική θερμοκρασία.



Εικ. 5.6: Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμένη σκιά του [1]

Η σκίαση των ανοιγμάτων επιβάλλεται να είναι στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου, προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η συνεπαγόμενη υπερθέρμανση του χώρου. Η προστασία με σκίαστρα στο εσωτερικό των υαλοστασίων (π.χ. κουρτίνες, περσίδες) ή ανάμεσα στους υαλοπίνακες (π.χ. περσίδες) προσφέρει μεν μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως, όμως δεν απαλλάσσει το χώρο από την υπερθέρμανση.

Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται ο εγκλωβισμός του θερμού αέρα κάτω από τα σκίαστρα, όπως συμβαίνει σε συμπαγείς προεξοχές, προβόλους, μαρκίζες και άλλα, γιατί η συσσωρευμένη πρόσθετη θερμότητα επηρεάζει το εσωτερικό του κτιρίου. Κατασκευές που επιτρέπουν την ανεμπόδιση απομάκρυνση του θερμού αέρα από το κτίριο είναι τα διάτρητα σκίαστρα –μεταλλικά, ξύλινα ή και συμπαγή με κενό/σχισμή ανάμεσα στο κτίριο και στον πρόβολο-, τα οποία δεν εγκλωβίζουν τον θερμό αέρα.

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι:

- ο προσανατολισμός της όψης,
- η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος),
- η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους,
- η αισθητική του κτιρίου,

- ο παράγων οικονομία, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας του κτιρίου.

Σε σχέση με τον προσανατολισμό, από μελέτες έχει προκύψει ότι:

**α) για το νότιο προσανατολισμό**, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής - προβόλου ή περσίδων- από το κτίριο, έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκίασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείσδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.

**β) για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό**, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα.

**γ) για προσανατολισμό νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό**, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας. Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης -μορφής και αποδοτικότητας- εξαρτάται άμεσα και από τη χρήση του κτιρίου και από τις ώρες λειτουργίας του. Η ηλιοπροστασία μιας κατοικίας καλύπτεται πλήρως με μια τέντα, ενώ για ένα κτίριο γραφείων ή μια βιβλιοθήκη το είδος του σκιάστρου οφείλει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των μόνιμων, σταθερών θέσεων εργασίας.

Επίσης, και το υλικό κατασκευής του ηλιοπροστατευτικού συστήματος επηρεάζει την απόδοσή του. Σκίαστρα κατασκευασμένα με υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως το σκυρόδεμα, αποθηκεύουν θερμότητα την οποία ακτινοβολούν και ενώ εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο, δεν αποτρέπουν την υπερθέρμανση του κτιρίου.

Αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ηλιοπροστασίας, συμπεραίνεται ότι τα σταθερά προστεγάσματα ή σκίαστρα, ανεξάρτητα από

προσανατολισμό, παρουσιάζουν προβλήματα ως προς την απόδοσή τους, γιατί η πλήρης σκίαση των ανοιγμάτων το μήνα Αύγουστο, που είναι απολύτως επιθυμητή, διακόπτει τον ηλιασμό του χώρου και το μήνα Απρίλιο, λόγω της ίδιας φαινόμενης τροχιάς του ήλιου. Συνεπώς η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία παρουσιάζει πλεονεκτήματα, γιατί μπορεί να ρυθμίζεται ανάλογα με τις εποχές και τις ανάγκες των χρηστών του κτιρίου.

Τέλος, ως προς το οικονομικό σκέλος, παρά το γεγονός ότι η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία είναι πιο ακριβή σε σχέση με τη σταθερή ή τα εσωτερικά σκίαστρα, όμως είναι πιο αποδοτική, άρα και πιο οικονομική στη λειτουργία της, γιατί απαλλάσσει τα κτίρια από την υπερβολική ζέστη του καλοκαιριού και συνεπώς από τη συνεχή χρήση του κλιματισμού.

- **Χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών**

Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους του κτιρίου καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Για παράδειγμα, ένα δώμα βαμμένο με σκούρο χρώμα μπορεί να παρουσιάζει επιφανειακή θερμοκρασία αυξημένη κατά 32°C, σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αντίθετα, η επιφανειακή θερμοκρασία ενός δώματος βαμμένου με ασβέστη, μόλις ξεπερνά τον 1°C σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Επισημαίνεται ότι οι επιφάνειες του κελύφους, οι προσανατολισμένες προς την δύση, καθώς και οι οριζόντιες –τα δώματα– υποφέρουν ιδιαίτερα από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι. Συνεπώς, συνιστάται η βαφή τους με ανοιχτά χρώματα. Ειδικά για τα δώματα αποτελεσματική είναι η επικάλυψή τους με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου, ψυχρά χρώματα ή γενικότερα με ψυχρά υλικά, καθώς και με φυτά.<sup>[1]</sup>

Επίσης, η υφή των εξωτερικών επιφανειών –αδρή ή λεία– επηρεάζει την ανακλαστική τους ικανότητα και κατά συνέπεια την απορρόφηση ή μη της θερμότητας. Ο συντελεστής ανάκλασης του φωτός σε ένα χώρο παίζει σημαντικό ρόλο επηρεάζοντας τη φωτεινότητά του, αλλά και την απορρόφηση ενέργειας. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συντελεστές ανάκλασης των βασικών χρωμάτων σε τρεις διαφορετικές αποχρώσεις.

Συντελεστές Ανάκλασης Βασικών Χρωμάτων			
Χρώμα	Ανοιχτό	Μέσο	Σκούρο
Κίτρινο	0,7	0,5	0,3
Μπεζ	0,65	0,45	0,25
Κόκκινο	0,35	0,2	0,1
Πράσινο	0,6	0,3	0,12
Μπλε	0,5	0,2	0,05
Γκρίζο	0,6	0,35	0,2
Καφέ	0,5	0,25	0,08
Λευκό	0,8	0,7	-
Μαύρο	-	0,04	-

Εικ. 5.7: Συντελεστές ανάκλασης των βασικών χρωμάτων σε τρεις διαφορετικές αποχρώσεις [59]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η συμπεριφορά οροφών και τοίχων σε περίπτωση πρόσπτωσης φωτός.

Συντελεστές Ανάκλασης Οροφών και Τοίχων		
	Συντελεστής Ανάκλασης Οροφής	Συντελεστής Ανάκλασης Τοίχων
Πολύ ανοιχτά χρώματα	0,7	-
Ανοιχτά χρώματα	0,5	0,5
Μεσαία χρώματα	0,3	0,3
Σκούρα χρώματα	-	0,1

Εικ. 5.8: Συντελεστές ανάκλασης οροφών και τοίχων για διαφορετικές αποχρώσεις [59]

- **Θερμομόνωση**

Το καλοκαίρι, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις εσωτερικές, δημιουργείται ροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στον εσωτερικό χώρο. Η εφαρμογή θερμομόνωσης στο κέλυφος περιορίζει τη διείσδυση θερμότητας και αποτρέπει, ως ένα βαθμό, την υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου.

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κελύφους του κτιρίου, η οποία λειτουργεί εξίσου ικανοποιητικά και το χειμώνα. Έτσι, επιτυγχάνεται διπλή προστασία του κελύφους,

αλλά και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής από τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες.

Επισημαίνεται ότι η εξωτερική θερμομόνωση πρέπει να μην είναι εκτεθειμένη άμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον, γιατί υφίσταται φθορές, κυρίως από την υπεριώδη ακτινοβολία. Συνεπώς, η θερμομονωτική στρώση πρέπει να επικαλύπτεται είτε με επίχρισμα είτε με άλλο προστατευτικό υλικό. Εκτενής αναφορά στη θερμομόνωση του κελύφους ακολουθεί στο Κεφάλαιο 7.<sup>[1]</sup>

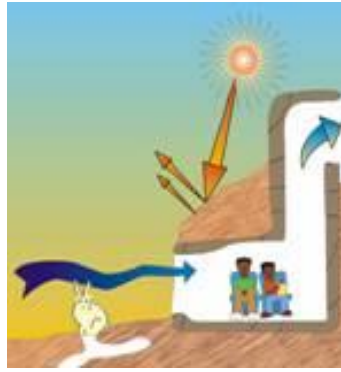
### **5.3.3 Επάρκεια θερμικής μάζας**

Μια σημαντική παράμετρος για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου το καλοκαίρι, είναι η διασφάλιση επαρκούς θερμικής μάζας στα δομικά του στοιχεία – τοίχους, δάπεδα, οροφές, στα οποία αποθηκεύεται η περίσσεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα να διατηρείται η θερμοκρασία του αέρα στον εσωτερικό χώρο σε ανεκτά επίπεδα (άνεσης). Τη νύχτα η αποθηκευμένη θερμότητα διοχετεύεται προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω αερισμού ή/και εκπομπής θερμότητας.<sup>[1]</sup>

- **Ημιϋπόσκαφες κατασκευές**

Σε περιοχές ξηρές και ζεστές η χρήση του εδάφους προσφέρει πολύ καλύτερα θερμικά αποτελέσματα από το οπλισμένο σκυρόδεμα, λόγω της μεγάλης θερμικής του αδράνειας και της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί σε επιλεγμένο βάθος, δημιουργώντας ημιϋπόσκαφες κατασκευές. Προϋπόθεση για την επιλογή ημιϋπόσκαφου κτίσματος αποτελεί το ανάγλυφο του εδάφους -με μεγάλη κλίση-, η σύσταση του εδάφους, καθώς και η χρήση του κτιρίου.



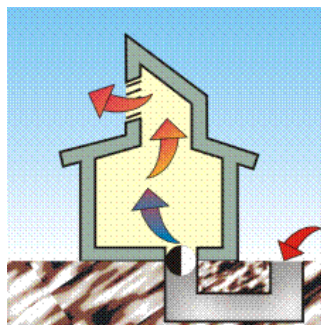


Εικ. 5.9: Λειτουργία ημιυπόσκαφης κατασκευής [63]

- **Υπεδάφιοι αγωγοί**

Αγωγοί ενσωματωμένοι μέσα στο έδαφος αποτελούν ένα σύστημα παθητικό, το οποίο μπορεί να τροφοδοτεί το κτίριο με δροσερό αέρα το καλοκαίρι, είτε με φυσικό τρόπο σε συνδυασμό με καμινάδα αερισμού, είτε και με μηχανικό με την εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα μέσα στους αγωγούς με τη λειτουργία ανεμιστήρων.

Η λειτουργία του υπεδάφιου αυτού συστήματος βασίζεται στην ψύξη του εισαγόμενου στους αγωγούς ζεστού αέρα, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με εκείνη του εξωτερικού περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρατηρούνται στα κτήρια της Μέσης Ανατολής. Εξέλιξη του παθητικού αυτού συστήματος αποτελούν οι εφαρμογές της αβαθούς γεωθερμίας.



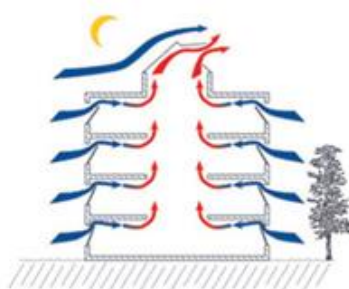
Εικ. 5.10: Λειτουργία υπεδάφιου αγωγού [63]

### 5.3.4 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός των εσωτερικών χώρων έχει άμεση επίδραση στην υγεία των ενοίκων, στη θερμική άνεση και στην αίσθηση ευεξίας. Πραγματοποιείται είτε με φυσικό, είτε με εξαναγκασμένο-μηχανικό τρόπο, και στοχεύει στην απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμότητας από τα δομικά στοιχεία της κατασκευής, διευκολύνοντας παράλληλα την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον.<sup>[1]</sup>

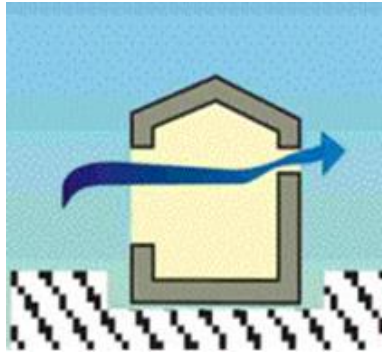
Ο φυσικός αερισμός μπορεί να είναι:

1. Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
2. Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
3. Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα <sup>[71]</sup>



Εικ. 5.11: Φυσικός αερισμός κτιρίου [64]

Ο διαμπερής αερισμός (**ημερήσιος ή νυκτερινός**) είναι η πιο συνηθισμένη πρακτική για το δροσισμό ενός χώρου. Απαιτεί κατάλληλα σχεδιασμένα ανοίγματα στη βόρεια και νότια πλευρά του κτιρίου, ή αν δεν είναι αυτό δυνατό, ανοίγματα στον άξονα ανατολής-δύσης, ώστε ο αέρας να διέρχεται από τα ανοίγματα δροσίζοντας τους χρήστες. Ακόμη, σημαντικό ρόλο στο διαμπερή αερισμό κατέχει και η βλάστηση έξω από την οικία καθώς δροσίζει και φιλτράρει τα ρεύματα αέρα ενώ ταυτόχρονα παρέχει σκίαση.



Εικ. 5.12: Διαμπερή φυσικός αερισμός [64]

Τονίζεται ότι, σε περιοχές με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό. Αντίθετα, τη νύχτα ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται για την ψύξη των στοιχείων της κατασκευής.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού στο εσωτερικό των κτιρίων είναι:

### **1. Η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή**

Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο επηρεάζεται από:

**α)** τους πνέοντες δροσερούς ανέμους, οι οποίοι για την περίοδο του καλοκαιριού την ημέρα είναι οι θαλάσσιες αύρες-μελτέμια, τα οποία έχουν συνήθως νοτιανατολική ή βορεινή κατεύθυνση (εξαρτάται βεβαίως από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου). Ενώ το βράδυ, η δροσερή απόγειος αύρα προέρχεται από τη στεριά, λόγω της ταχύτερης ψύξης του εδάφους.

Για τη διείσδυση των δροσερών ανέμων μέσα στο κτίριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι εφικτό, κατάλληλη διάταξη βλάστησης στον εξωτερικό χώρο. Ακόμη, η τοποθέτηση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτίριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου μέσα στο κτίριο.

**β)** την ένταξη προεξοχών σε κατάλληλη θέση στο ίδιο το κτίριο, που μπορεί να βοηθήσει στον φυσικό αερισμό του εσωτερικού χώρου.

## 2. Οι κατασκευαστικές ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου

Η διασφάλιση φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο μπορεί να πραγματοποιηθεί και με κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος του κτιρίου, όπως είναι:

**α) Η ηλιακή καμινάδα**, που αποτελεί αποτελεσματική τεχνική για το φυσικό αερισμό και την απομάκρυνση της υγρασίας από τον εσωτερικό χώρο. Βασίζει την λειτουργία της στο φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και η συνηθισμένη κατασκευή είναι μία προεξέχουσα από το κέλυφος του κτιρίου κατασκευή, της οποίας η μια πλευρά, νότια, ανατολική ή δυτική είναι γυάλινη με περσίδες στο άνω μέρος. Μπορεί επίσης να είναι μία ορθογωνική διατομή, προσαρτημένη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου, που συνδέεται με τον εσωτερικό χώρο με άνοιγμα/θυρίδα.

Στο ανώτατο σημείο της καμινάδας τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτρέποντας τη συνεχή κίνηση του αέρα. Ανάλογα με τη λειτουργία της, για νυκτερινό ή ημερήσιο αερισμό, επιλέγεται ελαφροβαρής ή με μεγάλη θερμική μάζα κατασκευή, αντίστοιχα. Η εξωτερική πλευρά της ηλιακής καμινάδας μπορεί να έχει θερμική μάζα απευθείας εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμική μάζα καλυμμένη με γυάλινη εξωτερική επιφάνεια, γυάλινη εξωτερική επιφάνεια και θερμική μάζα στην εσωτερική παρειά της καμινάδας ή κάποια ελαφροβαρή κατασκευή, ή μεταλλική επιφάνεια, κ.ά.



Εικ. 5.13: Ηλιακή καμινάδα [64]

Οι μεγαλύτερες αποδόσεις της ηλιακής καμινάδας παρατηρούνται για νότιο ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό, με βέλτιστο προσανατολισμό τον τελευταίο. Για ημερήσιο αερισμό, ο ήλιος ζεσταίνει τον αέρα που βρίσκεται μέσα στην καμινάδα, ο

οποίος γίνεται ελαφρύτερος και απομακρύνεται προς τα πάνω, ενώ ψυχρότερος αέρας από κάτω τον αντικαθιστά. Για απογευματινό – νυκτερινό αερισμό, η ηλιακή καμινάδα παραμένει κλειστή κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποθηκεύει θερμότητα στη θερμική της μάζα, η οποία αποδίδεται στον αέρα όταν αρχίζει ο αερισμός και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με αποτέλεσμα τη διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα και το φυσικό δροσισμό του χώρου. Η εφαρμογή της είναι απολύτως κατάλληλη, όταν μάλιστα αποτελεί και μορφολογικό στοιχείο του οικισμού ή του κτιρίου.<sup>[1]</sup>

**β) Η καμινάδα ή πύργος αερισμού**, που αποτελεί τεχνική βασιζόμενη στην εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα. Διαθέτει κατάλληλο άνοιγμα προς την κατεύθυνση του ανέμου ώστε να συλλέγει τα ψυχρά ρεύματα και να τα κατευθύνει μέσα στους χώρους του κτιρίου με τη λειτουργία μικρού ανεμιστήρα στην κορυφή, στο άνοιγμα της καμινάδας. Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον άνεμο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό.<sup>[1]</sup>



Εικ. 5.14: Καμινάδα ή πύργος αερισμού [64]

**γ) Η διπλή επιδερμίδα** (ή διπλό κέλυφος), που αποτελεί μια νέα τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε κτήρια κατασκευασμένα από γυαλί. Χρησιμοποιείται είτε για την ανανέωση του εσωτερικού αέρα είτε για την απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου. Η διπλή επιδερμίδα αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό, στο οποίο κινείται αέρας. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, όπως και η ηλιακή καμινάδα. Για την ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι αναγκαία η ύπαρξη θυρίδων στην βάση του ανοίγματος για την είσοδο φρέσκου αέρα και στην κορυφή του για την απαγωγή του ζεστού αέρα.

Πρέπει, ωστόσο, να τονιστεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την σκίαση του εσωτερικού χώρου, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα θάμβωσης ή απευθείας πρόσπτωσης του ήλιου σε επιφάνειες που χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους (κτήρια γραφείων). Προς τούτο επιβάλλεται η πρόβλεψη σκιάστρων/περσίδων στο κενό, ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, σε επαφή με την εσωτερική παρειά του γυαλιού.<sup>[1]</sup>

δ) **Το αεριζόμενο κέλυφος**, που αποτελεί μία κατασκευή διπλού κελύφους, είτε στο δώμα είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου με ενδιάμεσο κενό, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Ταυτόχρονα, το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ως προς την κατασκευή του αεριζόμενου δώματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος. Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης.<sup>[1]</sup>



Εικ. 5.15: Τομή σε αεριζόμενο δώμα [1]

### **3. Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων**

Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτιρίου, σε σχέση με την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο.

α) Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο τον χώρο. Καλύτερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε πιο ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας του αέρα και φυσικό δροσισμό σε όλους τους χώρους.

β) Το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτιρίου να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά ή το αντίστροφο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. Στην περίπτωση αερισμού του κτιρίου μέσω αιθρίου ή μέσω υπερυψωμένου χώρου στο εσωτερικό του, τότε η μορφή του αερισμού χαρακτηρίζεται ως ανοδική.<sup>[1]</sup>

### **4. Η χρήση του κτιρίου**

Η χρήση του κτιρίου και κατά συνέπεια η δραστηριότητα των ενοίκων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες σε φυσικό αερισμό. Για παράδειγμα, για χώρους γραφείων, εφόσον συγκεντρώνονται πολλά άτομα, ο φυσικός αερισμός πρέπει να εξασφαλίζει  $3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , σύμφωνα με την TOTE 20701-1/2010, ενώ το βράδυ ο αερισμός πρέπει να αυξάνεται, έτσι ώστε να δροσίζεται ο χώρος και τα δομικά στοιχεία του, προκειμένου την επόμενη ημέρα να έχουν την δυνατότητα αποθήκευσης της θερμότητας για πολλές ώρες, περιορίζοντας έτσι την χρήση του κλιματισμού.<sup>[1]</sup>

#### **5.3.5 Υβριδικός αερισμός**

Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις

συνήθεις (περίπου 2-3 °C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Πρακτικά, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για πολλές ώρες το χρόνο.

Από μελέτες σε κτίρια κατοικιών και σχολείων στην Ελλάδα προκύπτει ότι η χρήση ανεμιστήρων οροφής σε κτίρια που εφαρμόζουν κατάλληλες τεχνικές φυσικού δροσισμού (επαρκή σκίαση και νυχτερινό αερισμό) πρακτικά καταργεί την ανάγκη εγκατάστασης κλιματιστικού συστήματος, καθώς συντελεί στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε σχετικά υψηλές μεν θερμοκρασίες, οι οποίες, όμως, στα φυσικά δροσιζόμενα κτίρια είναι αρκετά χαμηλότερες από τις εξωτερικές.

Αντίστοιχα, σε κτίρια του τριτογενή τομέα η χρήση των ανεμιστήρων οροφής μειώνει σημαντικά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, αλλά και αυξάνει την απόδοσή τους την ώρα λειτουργία τους, καθώς ανεβάζει σημαντικά τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη (π.χ. από τους 26 °C στους 29 °C ).<sup>[65]</sup>

### **5.3.6 Εξαναγκασμένος αερισμός**

Ο τεχνητός (εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής. Επί πλέον, συνιστάται για χρήσεις χώρων κατά τις οποίες απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα είτε για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους ποιότητα αέρα (υγιεινής) και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Ο τεχνητός αερισμός μειώνει σημαντικά τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων, ιδιαίτερα όταν γίνεται κατά τις νυκτερινές ώρες και σε κτίρια με ικανή θερμική μάζα, καθώς τα αποφορτίζει από τη θερμότητα που συσσωρεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ «αποθηκεύει» δροσιά στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, εμποδίζοντας την υπερθέρμανση την επόμενη μέρα.<sup>[66]</sup>

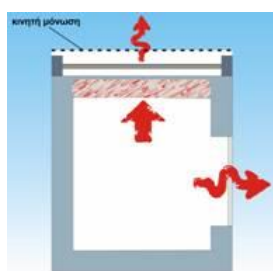
Ο τεχνητός αερισμός αποτελεί, όπως και ο φυσικός αερισμός, εναλλακτική τεχνική δροσισμού, υποκαθιστώντας ή μειώνοντας τη χρήση των κλιματιστικών. Επί πλέον, μπορεί να συμβάλει και στην εξοικονόμηση ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, με τον έλεγχο των θερμικών απωλειών από αερισμό.



### 5.3.7 Νυχτερινή ακτινοβολία θερμότητας προς τον ουρανό

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα προς τον ουρανό, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας, κυρίως το καλοκαίρι. Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας.

Οι επιφάνειες των κτιρίων που ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας είναι τα δώματα. Πρέπει να επισημανθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση επιβραδύνει κατά πολύ την εκτόνωση της θερμότητας από τα δώματα των κτιρίων, ενώ είναι απαραίτητη για την προστασία τους από τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα.



Εικ. 5.16: Ακτινοβολία θερμότητας [1]

Για το λόγο αυτό, στα δώματα μπορούν να εφαρμοσθούν ειδικά συστήματα-κατασκευές, εκ των οποίων οι συνηθέστερες είναι οι μεταλλικοί ακτινοβολητές.<sup>[1]</sup>

#### ➤ **Μεταλλικός ακτινοβολητής**

Το σύστημα αυτό αποτελείται από μεταλλική πλάκα τοποθετημένη στην εξωτερική επιφάνεια του θερμομονωμένου δώματος, σε μικρή απόσταση από αυτό. Η εξωτερική της επιφάνεια είναι αυλακωτή, ανακλαστική. Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή –κάτω από την μεταλλική πλάκα- διοχετεύεται με μηχανικό τρόπο (π.χ. ανεμιστήρα) θερμός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου, ο οποίος, ερχόμενος σε επαφή με την ψυχρή πλάκα, ψύχεται και στη συνέχεια επαναδιοχετεύεται ως δροσερός αέρας μέσα στο κτίριο.

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής θεωρείται υβριδικό σύστημα δροσισμού, διότι βασίζεται στην εξαναγκασμένη ροή του εναλλασσόμενου -θερμού και δροσερού-

αέρα. Το σύστημα λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία (ανέφελο ουρανό).<sup>[1]</sup>

### **5.3.8 Διαμόρφωση μικροκλίματος**

Στη διαμόρφωση του μικροκλίματος περιλαμβάνεται η βελτίωση των συνθηκών του άμεσου εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, με τη χρήση βλάστησης, υδάτινων επιφανειών και κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων (ψυχρών υλικών, υδατοδιαπερατών υλικών και άλλα). Ο δροσισμός επιτυγχάνεται μέσω της εξάτμισης από τις επιφάνειες νερού και λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών. Ως χρόνος καλύτερης απόδοσης της εξάτμισης ορίζονται οι μεσημβρινές ώρες, γιατί τότε η υγρασία του αέρα είναι χαμηλή.<sup>[1]</sup>

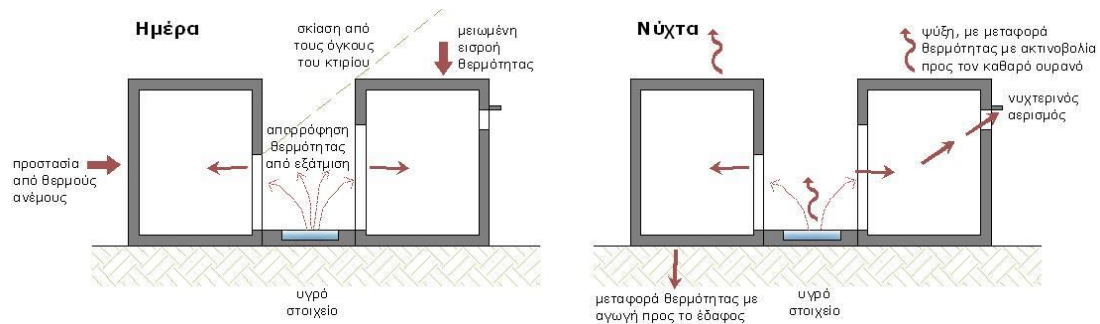
#### **α) Χρήση βλάστησης**

Η βλάστηση -δέντρα, θάμνοι, ακόμη και καλλωπιστικά φυτά- συμβάλλει στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής μειώνει την θερμοκρασία του αέρα το καλοκαίρι. Οι πράσινες στέγες συμβάλλουν αποτελεσματικά στο φυσικό δροσισμό μέσω της βελτίωσης του μικροκλίματος, καθώς απορροφούν μεγάλη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, επομένως μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον, παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη. Εκτενής αναφορά για την φύτευση των δωματίων γίνεται σε Κεφάλαιο 8.

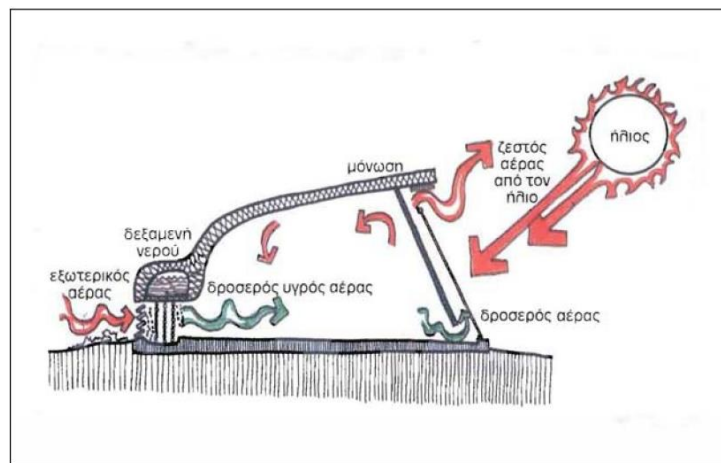
#### **β) Χρήση νερού**

Σε περιοχές με κλίμα ζεστό και ξηρό, όπου η σχετική υγρασία είναι χαμηλή, η εξάτμιση του νερού προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας του αέρα και αύξηση της σχετικής υγρασίας. Σήμερα, επανέρχεται στην αρχιτεκτονική η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό να προκαλεί εξάτμιση, λόγω της απορροφούμενης θερμότητας από την επιφάνεια του νερού και, συνεπώς, να εισέρχεται πιο δροσερός μέσα στο κτίριο, δημιουργώντας συνθήκες ευχάριστης δροσιάς. Εάν μάλιστα

συνδυαστεί με την κατασκευή ηλιακής καμινάδας, τότε η ροή του ζεστού αέρα επιταχύνεται και απομακρύνεται πιο γρήγορα.<sup>[1]</sup>



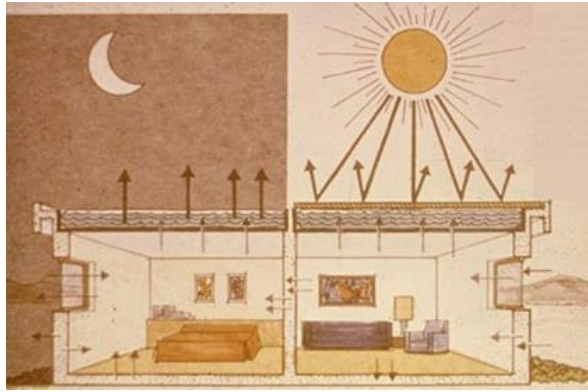
Εικ. 5.17: Φυσική ψύξη κτιρίου μέσω εξάτμισης νερού την ημέρα και ακτινοβολία θερμότητας τη νύχτα [1]



Εικ. 5.18: Φυσικός αερισμός μέσω εξάτμισης νερού και χρήση ηλιακής καμινάδας για την επιτάχυνση του αερισμού [1]

### ➤ Λίμνες οροφής

Μπορεί να διαμορφωθεί στην οροφή ενός κτιρίου αβαθής δεξαμενή νερού (ανοιχτή ή κλειστή με διαφανή επικάλυψη), η οποία σκιάζεται την ημέρα (π.χ. με κινητό σύστημα θερμομονωτικού υλικού) και, ανοιγόμενη τη νύχτα, ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον. Η λίμνη οροφής μπορεί να λειτουργήσει αντίστροφα το χειμώνα, δεχόμενη την ηλιακή ακτινοβολία παραμένοντας ανοιχτή την ημέρα, ενώ τη νύχτα κλείνει με θερμομονωτικά φύλλα.<sup>[68]</sup>



Εικ. 5.19: Λίμνες οροφής [68]

### ➤ Εξατμιστικός δροσισμός

Σε περιοχές με σχετικά χαμηλή υγρασία, μπορεί να επιτευχθεί δροσισμός με την εξάτμιση νερού. Ο αέρας, διερχόμενος από κάποιο σώμα νερού και προκαλώντας την εξάτμισή του, ψύχεται, ενώ εμπλουτίζεται με υδρατμούς. Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου ή εναλλάκτη, τότε έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό.

Τεχνικές άμεσου φυσικού δροσισμού περιλαμβάνουν τη χρήση σωμάτων νερού (όπως λίμνες ή σιντριβάνια) σε εσωτερικές αυλές και αίθρια ή σε πύργους δροσισμού. Τεχνικές έμμεσου φυσικού δροσισμού είναι οι ανοιχτές λίμνες οροφής και ο ψεκάσμος των δωματίων με νερό. Επί πλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης).<sup>[67]</sup>

## 5.4 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

### 5.4.1 Εισαγωγή

Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να εξυπηρετήσει με φυσικό τρόπο και τις ανάγκες για φωτισμό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση συστημάτων και τεχνικών φυσικού φωτισμού, που στοχεύουν στην κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό με αξιοποίηση του φυσικού φωτός, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τις εργασίες που επιτελούνται μέσα στους χώρους.

Επομένως, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ποσότητα φωτισμού, αλλά και ομαλή κατανομή του, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης του φωτός, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν φαινόμενα «θάμβωσης».

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 <sup>[72]</sup>

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.

#### ➤ **Ράφια φωτισμού**

Είναι επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία που τοποθετούνται στα ανοίγματα, πάνω από τη γραμμή όρασης. Συνήθως έχουν στιλπνή 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.

#### ➤ **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 στιλπνές 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.

### ➤ **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.

#### **5.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το φυσικό φωτισμό**

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

Οι υαλοπίνακες είναι τα πλέον συνηθισμένα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται στα ανοίγματα των κτιριακών κατασκευών. Γενικά, η διαπερατότητα των υαλοπινάκων εξαρτάται από την καθαρότητα του υλικού, από τον αριθμό, τον τύπο και το πάχος των υαλοπετασμάτων καθώς και από το πάχος του διακένου και του υλικού πλήρωσής του.

Για τη βελτιστοποίηση του φυσικού φωτισμού χρησιμοποιούνται με αρκετή επιτυχία, αλλά υψηλό κόστος, ειδικού τύπου υαλοπίνακες, οι οποίοι αλλάζουν την πορεία του φωτός και το κατευθύνουν προς το εσωτερικό του χώρου. Τέτοιοι υαλοπίνακες είναι οι πρισματικοί, τα ειδικά πετάσματα, επεξεργασμένα με λέιζερ, και οι ολογραφικοί υαλοπίνακες.<sup>[1]</sup>



## 6. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

---

### 6.1 Εισαγωγή

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι εκείνα στα οποία η συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς επίσης η αποθήκευση και μεταφορά της συλλεγόμενης θερμότητας επιτυγχάνεται με ειδικές κατασκευές, διαφορετικές από τα βασικά στοιχεία της οικοδομής.<sup>[75]</sup>

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. Στις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ανήκουν και οι **γεωθερμικές αντλίες**, οι οποίες εκμεταλλεύονται την σταθερά υψηλή θερμοκρασία των εδαφών με γεωθερμικό δυναμικό, προκειμένου να παρέχουν αποδοτική θέρμανση, κλιματισμό και ζεστό νερό οικιακής χρήσης.

### 6.2 Τύποι ενεργητικών συστημάτων

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

#### 6.2.1 Ηλιακά συστήματα νερού

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων υγρού βασίζεται στην κυκλοφορία υγρού (συχνά νερού ή διαλύματος νερού) διαμέσου αγωγών από και προς έναν ηλιακό συλλέκτη.<sup>[27]</sup>

Διακρίνονται δύο κατηγορίες των ηλιακών συστημάτων νερού ανάλογα με την θερμοκρασία:

- **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:

1. Επίπεδοι, συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες
2. Ηλιακοί συλλέκτες κενού
3. Ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα <sup>[75]</sup>

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° ως προς τον ορίζοντα.

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

Οι **συλλέκτες κενού** αποτελούνται από δύο σωλήνες, έναν εξωτερικό γυάλινο ο οποίος επιτρέπει στην 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 100°C).<sup>[28]</sup>

Τέλος, οι **ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα** βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε κολυμβητικές δεξαμενές, όπου η επιθυμητή θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή (25°C). Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός, όπως για παράδειγμα μονάδα αποθήκευσης ή εναλλάκτες θερμότητας, που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό.<sup>[75]</sup>

- **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.<sup>[28]</sup>

## **6.2.2 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 μια σειρά τεχνικών δυσκολιών στη μεταφορά και διανομή του αέρα, οι οποίες όμως αντιμετωπίζονται με τον συνδυασμό των ηλιακών με συμβατικά συστήματα διανομής θερμού αέρα.<sup>[27]</sup>

## 6.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

### 6.3.1 Εισαγωγή

Τα **φωτοβολταϊκά συστήματα** (Φ/Β) είναι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.<sup>[77]</sup>

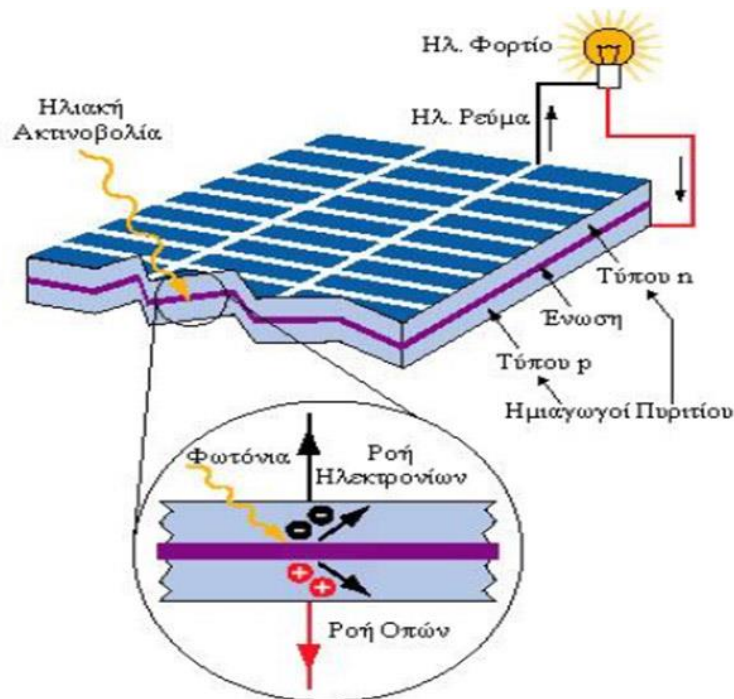


Εικ. 6.1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο [69]

Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Εντμόντ Μπεκερέλ (Alexandre-Edmond Becquerel). Πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (DC). Στη συνέχεια, το συνεχές ρεύμα αποθηκεύεται και μέσω ενός μετατροπέα τάσεως (inverter) μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο (AC), το οποίο χρησιμοποιούν οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές.

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

Κάθε Φ/Β στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυριτίου (Si). Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην ένωση των στρωμάτων δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο, που μπορεί να αξιοποιηθεί με τη σύνδεση ηλεκτροδίων στις δύο πλευρές της ένωσης. Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β. [76]



Εικ. 6.2: Λειτουργία φωτοβολταϊκού στοιχείου [56]

### 6.3.2 Δομή φωτοβολταϊκών συστημάτων

Όσον αφορά τη δομή, το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων:

4. Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια με τη μηχανική υποστήριξη και πιθανόν ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς
5. Μπαταρίες (υποσύστημα αποθήκευσης)- πλέον δεν χρησιμοποιούνται, εκτός σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις όπως είναι π.χ. οι Φάροι, διαφορετικά η σύνδεση του πάνελ γίνεται απευθείας με το υφιστάμενο δίκτυο της ΔΕΗ
6. Καθορισμό ισχύος και συσκευή ελέγχου που περιλαμβάνει φροντίδα για μέτρηση και παρατήρηση
7. Εφεδρική γεννήτρια.

### 6.3.2 Ενσωμάτωση σε κτίρια

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι εγκατεστημένα σε κτίρια αποτελούν δομικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγοί καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, με σημαντικό πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο των υλικών όσο και της ενέργειας.

Η βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο συνδυασμό του προσανατολισμού και της κλίση των Φ/Β συστημάτων που εγκαθίστανται στα κτίρια. Αυτό που είναι σημαντικό είναι να μη δημιουργούνται σκιασμοί στην επιφάνεια των ΦΒ πλαισίων από παρακείμενα κτίρια ή αντικείμενα. Ιδίως τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, έστω και μικρός σκιασμός των Φ/Β πλαισίων προκαλεί σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος.<sup>[27]</sup>

## 7. ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ-ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

---

### 7.1 Εισαγωγή

Το ρόλο που διαδραματίζει για το ανθρώπινο σώμα η επιδερμίδα του, καλείται να επιτελέσει το κτιριακό κέλυφος για μια κατασκευή. Το κέλυφος, μέσω των αδιαφανών και διαφανών στοιχείων του, καλείται να λειτουργήσει ως ρυθμιστής των θερμικών κερδών και απωλειών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Ιδανικά θα επιθυμούσαμε να μπορεί να παρέχει από μόνο του τις επιθυμητές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του, χωρίς μηχανολογική υποστήριξη, κάτι που πρακτικά είναι ανέφικτο. Για όσο μεγαλύτερη διάρκεια του έτους αυτό επιτευχθεί, τόσο πιο επιτυχημένα διαδραματίζει το περίβλημα το ρόλο του.

Επομένως, η επιμελής θερμομόνωση αναλόγως των κλιματολογικών συνθηκών του τόπου, η αποφυγή θερμογεφυρών και η αεροστεγανότητά, σε συνδυασμό με την επιλογή των κατάλληλων ανά περίπτωση επιμέρους υλικών αποτελεί μια από τις καθοριστικότερες παραμέτρους ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου.<sup>[83]</sup>

### 7.2 Μόνωση κελύφους

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 <sup>[82]</sup>

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.



Εικ. 7.1: Ποσοστά θερμικών απωλειών από τα δομικά στοιχεία της κατασκευής [82]

### 7.2.1 Θερμομόνωση

Είναι γεγονός ότι η θερμική προστασία του κελύφους αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Το μεγαλύτερο μέρος κατανάλωσης ενέργειας σε μια ελληνική κατοικία αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, κι αν αναλογιστεί κανείς ότι ακόμη και τα κτίρια που χτίστηκαν μετά το 1980 είναι κατά κανόνα πλημμελώς θερμομονωμένα, τότε η σημασία της θερμομόνωσης γίνεται προφανής. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή της εξοικονόμησης ενέργειας, που μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη ως και 55%, ανάλογα με το κτίριο και την περιοχή στην οποία βρίσκεται.

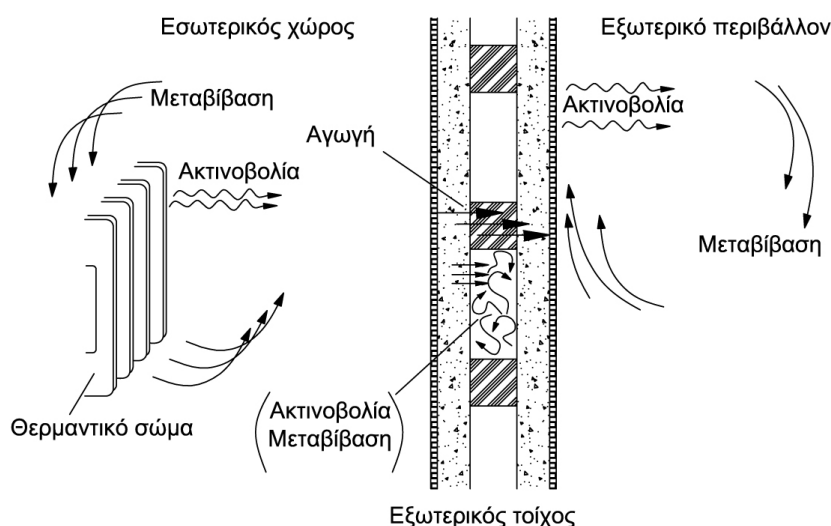
Ο όρος θερμομόνωση περιλαμβάνει όλα τα κατασκευαστικά μέτρα που λαμβάνονται ώστε να μειωθεί η ταχύτητα μετάδοσης της θερμότητας μέσα από διαχωριστικά πετάσματα, τα οποία χωρίζουν χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες. Πρακτικά, ένα κτίριο με επαρκή θερμομόνωση διατηρεί τις επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Η θερμομονωτική επάρκεια του κτιρίου, εξαρτάται από τη θερμομονωτική ικανότητα των επί μέρους δομικών του στοιχείων. Απαιτήσεις θερμομόνωσης έχουν τόσο τα αδιαφανή (τοιχοί, οροφές, δάπεδα) όσο και τα διαφανή (ανοίγματα) δομικά στοιχεία.

Η χρησιμότητα της θερμομόνωσης συνίσταται στην αντιμετώπιση θεμάτων υγιεινής και ποιότητας των κατασκευών. Η ικανοποιητική θερμομόνωση εξασφαλίζει



άνετη, ευχάριστη και υγιεινή διαβίωση στους ενοίκους. Μειώνει το κόστος για την κατασκευή της εγκατάστασης θέρμανσης, καθώς και τη δαπάνη λειτουργίας της επειδή ελαττώνονται οι απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας. Με τη σωστή θερμομόνωση αποφεύγονται διάφορες βλάβες π.χ. στους σωλήνες νερού από τον παγετό, όπως και οι δυσάρεστες συνέπειες από τη συμπύκνωση υδρατμών. Επίσης, επιτυγχάνεται μείωση των παραγόμενων καυσαερίων και περιορίζεται η μόλυνση του περιβάλλοντος. Η θερμομονωτική ικανότητα των διαφόρων υλικών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας. Συνεπώς, υπάρχει άμεση εξάρτηση μεταξύ της θερμομόνωσης και της υγρασίας των κατασκευών.<sup>[10]</sup>

Η θερμότητα μεταδίδεται στο χώρο με τρεις διαφορετικούς τρόπους, με αγωγή, με μεταβίβαση και με ακτινοβολία.



Εικ. 7.2: Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας στο χώρο [10]

### 7.2.1.1 Η έννοια της θερμογέφυρας

Ιδιαίτερα σημαντικά στοιχεία του περιβλήματος της κατασκευής είναι οι θερμογέφυρες που αποτελούνται από γραμμικά συνήθως τμήματα του κελύφους που λόγω του επιλεγμένου τρόπου θερμομόνωσης του κτιρίου, υπάρχει μέσω των δομικών στοιχείων μια ασυνέχεια στη μόνωση με συνέπεια την αύξηση της μεταφοράς θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό και το αντίστροφο. Σε ένα τυπικό κτίριο, κατασκευασμένο βάσει του προηγούμενου κανονισμού θερμομόνωσης, οι απώλειες μόνο από τις θερμογέφυρες αποτελούν το 15-20% των συνολικών απωλειών του κελύφους.

Ορισμένα παραδείγματα θερμογεφυρών αποτελούν οι πλάκες εξωστών, οι αρμοί μεταξύ στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος και τοιχοποιίας, οι πλάκες επί του εδάφους, συχνά οι περιίδεσμοι τοιχοποιίας (σενάζ) και οπωσδήποτε τα κουφώματα μέσω των αλουμινίων τους και τα περβάζια τους με τις ποδιές και τα πρέκια τους. Στις σημερινές τεχνικές αποφυγής των θερμογεφυρών περιλαμβάνονται ο συνδυασμός εξωτερικής, ή ενδιάμεσης και εσωτερικής θερμομόνωσης, με τοποθέτηση θερμοδιακοπτόμενων κουφωμάτων με κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής.<sup>[83]</sup>

### 7.2.1.2 Θερμομονωτικά υλικά

#### 1. Μονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης

- Αμίαντος

Σερπεντίνης ή κεροσίλβη με τη μορφή λεπτών ινών. Παρουσιάζει μεγάλη ελαστικότητα και αντοχή σε εφελκυσμό. Είναι ανθεκτικός στη φωτιά και στην επίδραση των οξέων. Χρησιμοποιείται για άφλεκτες επενδύσεις με τη μορφή εύκαμπτων παπλωμάτων. Επίσης, χρησιμοποιείται στις επενδύσεις σωλήνων και σιδερένιων κατασκευών. Η χρήση του, όμως, έχει περιοριστεί σημαντικά γιατί είναι υλικό επικίνδυνο για την υγεία.

- Περλίτης

Βρίσκεται στη φύση με τη μορφή ηφαιστειακού υαλώδους πετρώματος. Αποτελείται από SiO<sub>2</sub> κατά 75%. Σε θερμοκρασίες πάνω από 1000 0C διαστέλλεται, θρυμματίζεται, ο όγκος του αυξάνει κατά 15÷25 φορές και λαμβάνεται ο διογκωμένος περλίτης. Χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό για την κατασκευή μονωτικών πλακών. Λόγω του αυξημένου πορώδους του και αναμεμιγμένος με τσιμέντο χρησιμοποιείται ως θερμομονωτική και ηχομονωτική στρώση κάτω από τα δάπεδα.

- Σκυροδέματα μικρής φαινόμενης πυκνότητας

Είναι σκυροδέματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε αέρα (π.χ. το YTONG) ή σκυροδέματα με αδρανή από αφρώδη πολυστυρόλη, τα οποία έχουν σφαιρική μορφή και διαβάθμιση 1/6 mm. Στην πρώτη περίπτωση με τη χρήση ειδικών χημικών μέσων δημιουργούνται φυσαλίδες μέσα στη μάζα του σκυροδέματος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η περιεκτικότητα σε αδρανή είναι 60 %÷80 % κ.ό.

- Μονωτικά με συνθετικό τη γύψο

Είναι γυψοσανίδες, πλάκες από γύψο ή γυψόχαρτο. Συχνά περιέχουν και άλλα ελαφρά συστατικά φυτικής ή ορυκτής προέλευσης. Ειδικές πλάκες από γύψο και χαρτί χρησιμοποιούνται για πυροπροστασία.

- Αφρώδες γυαλί

Έχει ως βασικό συστατικό την καθαρή άμμο και παρασκευάζεται με επεξεργασία διογκωτικού μέσου σε δύο τύπους με τη μορφή ανοικτών ή κλειστών πόρων. Είναι ανθεκτικό στη σήψη και στα παράσιτα. Πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή, γιατί μπορεί να διαβρωθεί από το στάσιμο νερό.

- Ινώδη μονωτικά υλικά ανόργανης προέλευσης

Αναφέρονται συνήθως ως ίνες ορυκτής προέλευσης. Το μήκος των ινών είναι διαφορετικό για κάθε υλικό και εξαρτάται από την αντοχή του υλικού και τη διατομή των ινών. Είναι άφλεκτα υλικά και έχουν αυξημένη αντοχή στη γήρανση, παρουσιάζουν όμως μειωμένη ελαστικότητα. Τα υλικά χρησιμοποιούνται με τη μορφή παπλωμάτων, κοχυλιών και μαλακών ή σκληρών πλακών. Στην κατηγορία αυτή των μονωτικών υλικών περιλαμβάνονται:

#### α. Υαλοβάμβακας

Παρασκευάζεται από πυριτικό γυαλί με ειδική κατεργασία. Είναι άκαυστος και δεν προσβάλλεται από τα οξέα, εκτός από το υδροχλωρικό. Προσβάλλεται από την υγρασία και πρέπει να προστατεύεται.

#### β. Πετροβάμβακας

Παρασκευάζεται από ορυκτά ασβεστολιθικής προέλευσης με ειδική κατεργασία. Αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι 800°C και χρησιμοποιείται για μόνωση σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.

#### γ. Ορυκτοβάμβακας

Παρασκευάζεται από ασβεστόλιθο, ο οποίος διαμορφώνεται σε λεπτές ίνες. Χρησιμοποιείται για μόνωση σωληνώσεων και στις οικοδομές είτε ως μονωτικό με τη μορφή πλακών, είτε εκτοξευόμενος για την κατασκευή μονωτικών στρώσεων. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.

- Υαλομέταξα

Είναι υλικό άφλεκτο και ανθεκτικό στην επίδραση των χημικών αντιδραστηρίων. Χρησιμοποιείται για την αύξηση της αντοχής των πλαστικών, όπως και για την κατασκευή άφλεκτων πετασμάτων και φίλτρων.

## 2. Μονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης

- Ξύλο

Χρησιμοποιείται ως μέτριο θερμομονωτικό υλικό με τη μορφή ελαφρών πλακών. Καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα παρουσιάζουν πλάκες από ροκανίδια ή από ίνες ξύλου.

- Φελλός

Χρησιμοποιείται ο φυσικός φελλός διαμορφωμένος σε πλάκες ή φύλλα. Είναι υλικό ελαφρύ και επιπλέει στο νερό. Είναι αδιαπέραστος από το νερό και άλλα υγρά. Έχει μεγάλη συμπιεστότητα και ελαστικότητα και μεγάλη αντοχή σε αραιά διαλύματα οξέων. Επίσης, κατασκευάζονται πλάκες από διογκωμένα πεπιεσμένα τρίμματα φελλού.

- Τύρφη

Βρίσκεται με τη μορφή πλακών ή τεχνητών λίθων που κατασκευάζονται από τύρφη ινώδους μορφής με ασφαλική συνδετική ύλη. Παρουσιάζει μειωμένη αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις και είναι κατάλληλη για ηχομόνωση.

- Πεπιεσμένο άχυρο

Βρίσκεται με τη μορφή ελαφρών πλακών, οι οποίες έχουν μικρό κόστος. Παρουσιάζει και ηχομονωτικές ιδιότητες. Οι πλάκες πρέπει να ξηραθούν πλήρως και γρήγορα, γιατί είναι δυνατό να σαπίσουν.

- Ινώδη μονωτικά υλικά οργανικής προέλευσης

Το πιο χαρακτηριστικό υλικό αυτής της κατηγορίας είναι το ξυλόμαλλο. Παρασκευάζεται, κυρίως, από ίνες ξύλου αλλά και από φύκια, καλάμια ή άλλα λεπτά οργανικά υλικά αναμεμιγμένα με τσιμέντο υψηλής αντοχής. Παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε κάμψη, θλίψη, γήρανση και είναι ανθεκτικό στη φωτιά. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία. Βρίσκεται σε δύο τύπους.

#### 1. Heraclith

Είναι συμπαγείς πλάκες από ξυλόμαλλο και χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό.

## 2. Heratecta

Είναι σύνθετες πλάκες, οι οποίες αποτελούνται από τρεις στρώσεις. Οι δυο εξωτερικές είναι πλάκες από ξυλόμαλλο και η ενδιάμεση είναι διογκωμένη πολυστερίνη ή πολυουρεθάνη. Χρησιμοποιείται σε αυξημένες απαιτήσεις θερμομόνωσης.

- Διογκωμένη πολυστερίνη

Παρασκευάζεται από το αιθυλοβενζόλιο με κατάλληλη επεξεργασία και πολυμερισμό με την ενσωμάτωση διογκωτικού προϊόντος. Είναι υλικό ελαφρύ με υψηλή θερμομονωτική ικανότητα. Επειδή έχει ανοιχτούς πόρους, επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητά του.

- Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη

Είναι ένα υλικό ελαφρύ και θερμομονωτικό με βάση την πολυστερίνη. Παράγεται σε πλάκες με την μέθοδο της εξέλασης και έχει μονωτικές ιδιότητες λόγω παγίδευσης αερίου σε κλειστές κυψελίδες. Παρασκευάζεται με πιο εξελιγμένη μέθοδο επεξεργασίας από ότι η διογκωμένη πολυστερίνη, με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται από κλειστούς πόρους και έλλειψη απορρόφησης νερού, κάτι που την κάνει κατάλληλη για εφαρμογές σε υψηλή υγρασία.

- Διογκωμένη πολυουρεθάνη

Παρασκευάζεται από ανάμιξη οργανικών ουσιών παρουσία καταλύτη και ακολούθως διογκώνεται. Αποτελείται από κλειστές κυψελίδες. Εφαρμόζεται και επί τόπου στο έργο με ψεκασμό. Δεν διαβρώνεται από τοξικές και χημικές ουσίες.<sup>[10]</sup>

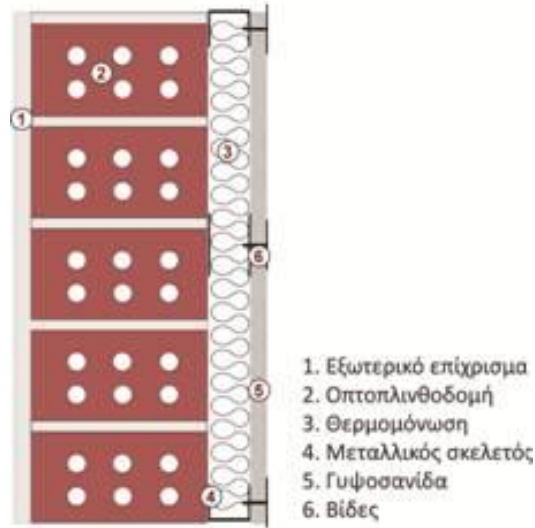
### 7.2.1.3 Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων

Οι τοίχοι, οι κολώνες και τα τοιχία αποτελούν δομικά στοιχεία που καθορίζουν τις θερμικές ανάγκες ενός κτιρίου, καθώς η ολοκληρωμένη θερμομόνωση τους συμβάλλει αποφασιστικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, αναβαθμίζει τη θερμική άνεση των κατοίκων, απαλείφει τις ζημιές από υγρασίες και μούχλες στα σημεία που υπάρχουν θερμογέφυρες, αλλά και προστατεύει την κατασκευή από ρηγματώσεις, θραύσεις και τη θερμική καταπόνηση που υφίστανται.

Η κατασκευή της εξωτερικής θερμομόνωσης γίνεται με την τοποθέτηση διογκωμένης ή εξηλασμένης πολυστερίνης και σε ειδικές περιπτώσεις πετροβάμβακα στους εξωτερικούς τοίχους και την τελική επικάλυψη του κελύφους με πολυμερισμένο κονίαμα, που προσφέρει ισχυρή μηχανική αντοχή και στεγανοποίηση. Αξίζει να αναφέρουμε ότι με την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης σε ένα μη μονωμένο κατακόρυφο δομικό στοιχείο μειώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου κατά 50-70%, αναλόγως του δομικού στοιχείου.



Εικ. 7.3: Στρώσεις εξωτερικής θερμομόνωσης [84]

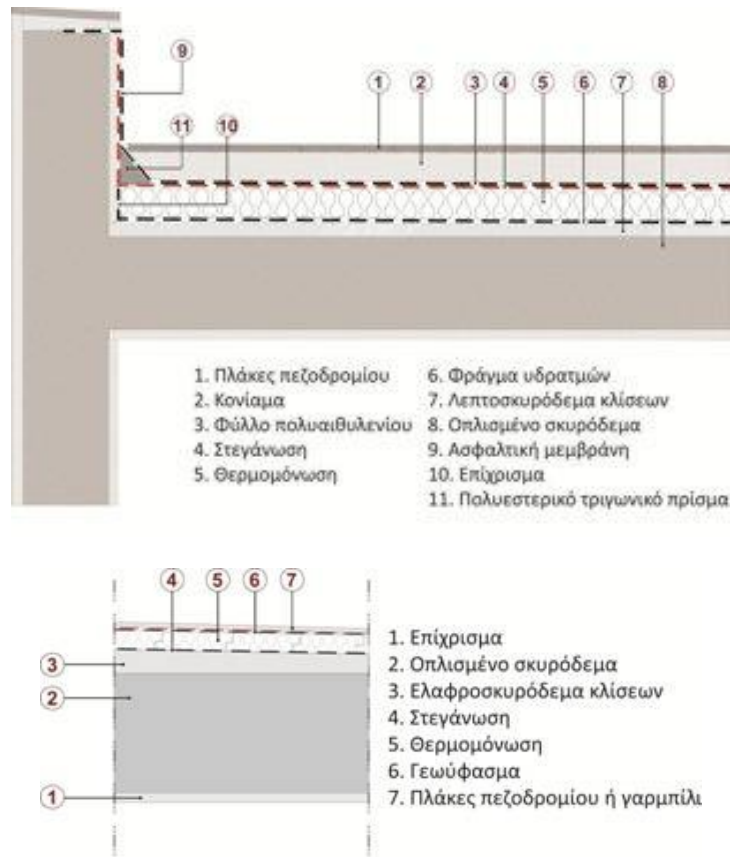


Εικ. 7.4: Στρώσεις εσωτερικής θερμομόνωσης [84]

#### 7.2.1.4 Θερμομόνωση οροφής

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. Στις μέρες μας υπάρχουν εξαιρετικές λύσεις θερμομόνωσης των δωματίων που μειώνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και ανακουφίζουν τους κατοίκους από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και τις χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα. 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.<sup>[85]</sup>





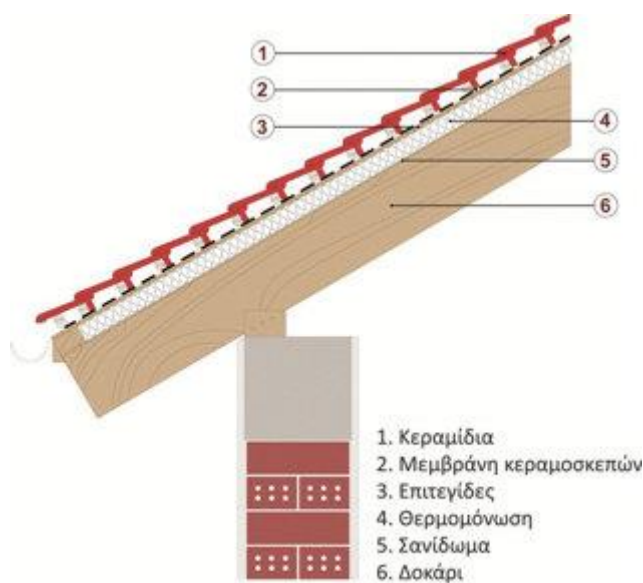
Εικ. 7.5: Στρώσεις θερμομόνωσης οροφής [85]

Το γεωύφασμα είναι ένα μη υφαντό ύφασμα το οποίο λειτουργώντας σαν φίλτρο, δεν επιτρέπει στο χώμα που βρίσκεται από πάνω να κατέλθει στα βαθύτερα στρώματα, ενώ αφήνει το νερό να περάσει από του πόρους του. Αποτελείται από ίνες πολυπροπυλαινίου, σταθεροποιημένες μηχανικώς από  $150 \text{ gr/m}^2$  έως  $2.500 \text{ gr/m}^2$ .<sup>[86]</sup>

Χρησιμοποιείται σε φυτεύσεις και μεταφυτεύσεις, σε γλάστρες, ζαρντινιέρες και σε φυτεμένα δώματα. Ακόμη, εφαρμόζεται στις θεμελιώσεις δημοσίων έργων (σιδηροδρομικές γραμμές, οδοποιία, λιμνοδεξαμενές, σήραγγες) και σε κτιριακά, στο πλαίσιο μονίμων συστημάτων αποστραγγίσεων, διαχωρισμού, σταθεροποιήσεως και ενισχύσεων. Υπάρχει δυνατότητα παραγωγής γεωυφασμάτων σε ειδικές προδιαγραφές (αντοχή, παραμόρφωση, διαπερατότητα νερού κτλ), ανάλογα με τις ανάγκες της τεχνικής εφαρμογής.<sup>[87]</sup>

Η θερμομόνωση της κεκλιμένης στέγης και η τοποθέτηση αντεστραμμένου δώματος αποτελούν μια σίγουρη ενέργεια για την ενεργειακή θωράκιση του κτιρίου και συμβάλουν σημαντικά στη διαμόρφωση καλών συνθηκών θερμικής άνεσης στους

υποκείμενους χώρους, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Με την προσθήκη θερμομόνωσης σε μια μη μονωμένη οροφή, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου μειώνεται κατά 50-70%. Η εγκατάσταση θερμομόνωσης σε οροφές αποτελεί πλέον μια ευρέως γνωστή τακτική η οποία γίνεται από εκπαιδευμένο προσωπικό το οποίο διασφαλίζει τη σωστή εφαρμογή της στην οροφή ενώ τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται διαθέτουν πιστοποιημένα ιδιότητες που εξασφαλίζουν την ενεργειακή τους απόδοση.<sup>[85]</sup>



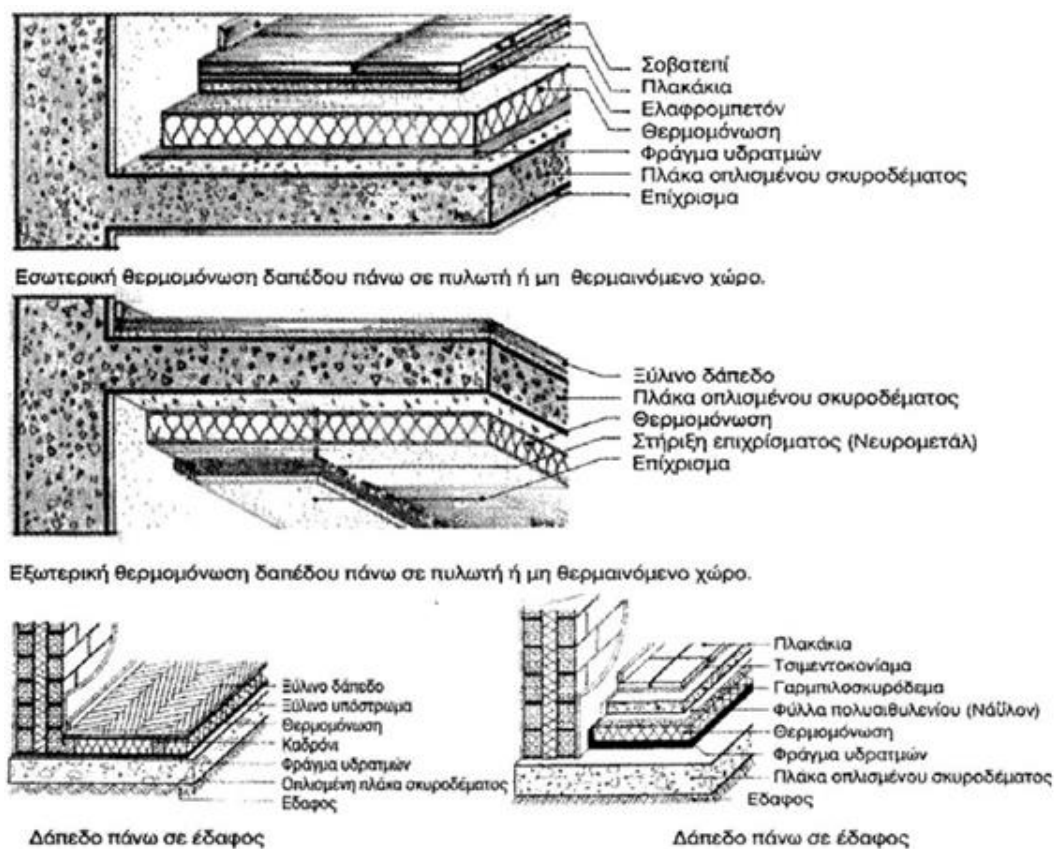
Εικ. 7.6: Στρώσεις θερμομόνωσης κεκλιμένης στέγης [85]

#### 7.1.2.5 Θερμομόνωση δαπέδου

Το δάπεδο ενός κτιρίου έρχεται σε επαφή με το έδαφος, με μη θερμαινόμενο χώρο (υπόγειο) ή με το εξωτερικό περιβάλλον (πυλωτή). Η μόνωση του δαπέδου, που έρχεται σε επαφή με το έδαφος δεν είναι συνήθως απαραίτητη, καθώς η θερμοκρασία του εδάφους μεταβάλλεται αργά και είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία τον χειμώνα και μικρότερη από αυτή το καλοκαίρι. Ειδικά στα θερμά κλίματα η έλλειψη μόνωσης βοηθά στην απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας στο έδαφος.

Απαραίτητη θεωρείται η μόνωση όταν το δάπεδο είναι σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο ή με πυλωτή. Το θερμομονωτικό υλικό είναι προτιμότερο να

τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του δαπέδου, έτσι ώστε η θερμότητα να αποθηκεύεται στη μάζα του.<sup>[12]</sup>



Εικ. 7.7: Παραδείγματα θερμομόνωσης δαπέδων [12]

### 7.1.2.6 Ειδικές τεχνικές θερμικής προστασίας του κελύφους

Στις ειδικές τεχνικές θερμικής προστασίας περιλαμβάνονται τα αεριζόμενα και τα φυτεμένα δομικά στοιχεία του κελύφους (οροφή ή και τοίχοι), τα οποία ενισχύουν τη θερμική προστασία του κτιρίου τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Εκτενής αναφορά των φυτεμένων δομικών στοιχείων ακολουθεί στο Κεφάλαιο 8.

- Αεριζόμενο Κέλυφος

Το αεριζόμενο κέλυφος είναι μία κατασκευή διπλού κελύφους στην οροφή ή/και στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, μέσα στην οποία κυκλοφορεί ο αέρας του εξωτερικού χώρου. Πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από μια εξωτερική

επικάλυψη, έναν θάλαμο αέρα ελάχιστου βάθους 4εκατοστών, σκελετό κυρίως από αλουμίνιο που στερεώνεται στο κτίριο και μία μονωτική στρώση στερεωμένη στον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου. Το κενό είναι απαραίτητο για την ενεργοποίηση του φυσικού αερισμού μέσω εφελκυσμού, που εξασφαλίζει τη λειτουργία του συστήματος ως σύνολο και την εξοικονόμηση ενέργειας. Ο σκελετός αλουμινίου εξασφαλίζει τη στερέωση και σταθερότητα της εξωτερικής επικάλυψης, ενώ η μονωτική στρώση εξασφαλίζει τη θερμομόνωση.<sup>[90] [91]</sup>

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα της μεθόδου του αεριζόμενου κελύφους είναι τα εξής:

- Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου
- Συμβολή στη ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι και στον έλεγχο των θερμικών απωλειών το χειμώνα
- Προστασία από υπερθέρμανση του κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού
- Εξάλειψη του κινδύνου ρηγματώσεων
- Αυξημένη ηχομονωτική συμπεριφορά
- Εύκολη και ταχεία τοποθέτηση χωρίς να υπάρχει ανάγκη παρέμβασης στο εσωτερικό του κτιρίου και χωρίς να απαιτείται τροποποίηση των εσωτερικών τελειωμάτων
- Δυνατότητα αερισμού της μονωτικής στρώσης και εκτόνωση των υδρατμών με φυσικό τρόπο
- Δυνατότητα πλήρους εκμετάλλευσης της αισθητικής που προσφέρει η ποικιλία στα υλικά των εξωτερικών πλακών κάλυψης<sup>[91]</sup>

- Ψυχρά υλικά

Τα ψυχρά υλικά εφαρμοζόμενα στο κτιριακό κέλυφος και αποτελούν ειδική τεχνική θερμικής προστασίας, η οποία κατά κύριο λόγο μειώνει την εισερχόμενη στο κτίριο ηλιακή ακτινοβολία και στην πραγματικότητα αποτελεί συμπληρωματική τεχνική ηλιοπροστασίας. Οι χώροι που έχουν άμεσα οφέλη από την τοποθέτησή τους

είναι αυτοί του τελευταίου ορόφου, που εκτίθενται άμεσα στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμη, η χρήση ψυχρών υλικών στον περιβάλλοντα χώρο είναι πολύ σημαντική και για τη μείωση των αυξημένων θερμοκρασιών που παρατηρούνται στο δομημένο περιβάλλον.<sup>[90]</sup>

Με τον όρο «ψυχρά υλικά» νοούνται υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και δεν αποθηκεύουν στη μάζα τους μεγάλα ποσά θερμότητας. Πρόκειται για υλικά με υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει), χωρίς να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, οπότε και δεν προκαλούν έντονα προβλήματα θάμβωσης.

Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των ψυχρών υλικών συνήθως δεν ξεπερνούν τους 50°C, ενώ για συνήθη δομικά υλικά οι επιφανειακές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. επίστρωση δωματίων με μαύρου χρώματος στεγανοποιητικά φύλλα) να φτάσουν και τους 90°C.<sup>[11]</sup>

- Φράγμα ακτινοβολίας

Μια άλλη τεχνική θερμικής προστασίας του κελύφους είναι το φράγμα ακτινοβολίας (radiant barrier), μια τεχνική που μειώνει την ηλιακή ενέργεια η οποία διαπερνά την οροφή, με αποτέλεσμα να συνεισφέρει στη θερμική προστασία του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες. Αποτελείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου τα οποία τοποθετούνται κάτω από τη στέγη. Τα φύλλα αυτά έχουν υψηλό συντελεστή εκπομπής και ανακλαστικότητας με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας. Έτσι, η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο.<sup>[90]</sup>

## 7.2.2 Υγρομόνωση

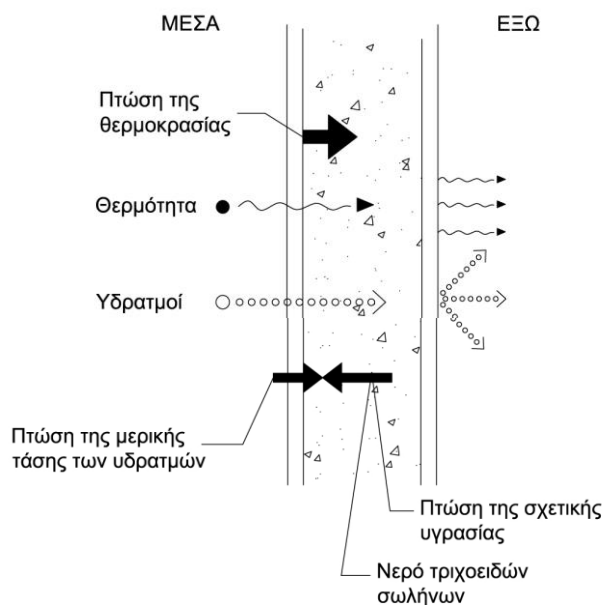
Η εμφάνιση υγρασίας στα μέλη των κατασκευών είναι δυνατόν να δημιουργήσει σημαντικές ζημιές μέχρι και καταστροφή των δομικών υλικών. Επίσης, μειώνει σε μεγάλο βαθμό και τη θερμομονωτική ικανότητά τους. Αυτό έχει ως

συνέπεια να αυξηθεί το κόστος θέρμανσης και συγχρόνως η θέρμανση να μην είναι επαρκής. Ο χώρος γίνεται ανθυγιεινός και ακατάλληλος για διαμονή.

Για μια ορισμένη θερμοκρασία η περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς δεν είναι δυνατόν να ξεπεράσει μια καθορισμένη τιμή. Ο αέρας, ο οποίος για μια καθορισμένη θερμοκρασία περιέχει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα υδρατμών, ονομάζεται κορεσμένος και η τάση των υδρατμών ονομάζεται τάση κορεσμένων υδρατμών. Η διακίνηση της υγρασίας μέσα από τα μέλη της κατασκευής μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

**α. Με τη μορφή νερού** η υγρασία διακινείται μέσα από τα μέλη κατασκευής διαμέσου των τριχοειδών αγγείων των υλικών προς την κατεύθυνση, όπου η σχετική υγρασία έχει τη μικρότερη τιμή, οπότε το νερό εξατμίζεται ευκολότερα. Αυτό συμβαίνει σε υλικά, τα οποία έχουν τριχοειδείς πόρους, όπως κεραμικά υλικά, γύψος, πλίνθοι, κ.ά.

**β. Με τη μορφή υδρατμών** η υγρασία διακινείται μέσα από τα μέλη κατασκευής προς την κατεύθυνση, όπου η τιμή της απόλυτης υγρασίας είναι μικρότερη, δηλαδή εκεί όπου η μερική τάση των υδρατμών είναι μικρότερη. Η διακίνηση της υγρασίας με τη μορφή υδρατμών ονομάζεται διαπίδυση ή διάχυση των υδρατμών. Συχνά, η κατεύθυνση προς την οποία διακινούνται οι υδρατμοί είναι αντίθετη εκείνης προς την οποία κινείται το νερό μέσα στους τριχοειδείς σωλήνες.



Εικ. 7.8: Μετάδοση της θερμοκρασίας και διακίνηση της υγρασίας μέσα σε κατασκευή [10]

Στα υλικά, τα οποία έχουν τριχοειδείς σωλήνες, μεταφέρεται μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας με τη μορφή νερού προς τη μία κατεύθυνση παρά με τη μορφή υδρατμών προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η μεταφορά του νερού μέσα από τους τριχοειδείς σωλήνες, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι δυνατόν να ενισχύσει τη διαπίδυση των υδρατμών, όπως όταν ο αέρας στην ψυχρή πλευρά είναι και σχετικά και απόλυτα πιο ξηρός.

Το καλοκαίρι η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι υψηλή και επομένως είναι δυνατόν να αντιστραφεί η φορά διακίνησης της θερμότητας και της υγρασίας, δηλαδή να γίνει διακίνηση από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο της κατασκευής. Επειδή, όμως, το καλοκαίρι τα παράθυρα συνήθως παραμένουν ανοιχτά, η διαφορά της μερικής τάσης των υδρατμών μέσα –έξω γίνεται μηδέν και συνεπώς δεν γίνεται διαπίδυση των υδρατμών. Συγχρόνως, η υγρασία με τη μορφή νερού κινείται στους τριχοειδείς σωλήνες και προς τις δύο πλευρές του εξωτερικού τοίχου, όπου και εξατμίζεται, αφού η σχετική υγρασία του αέρα έχει την ίδια τιμή έξω και μέσα στην κατασκευή.

Η υγρασία των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια κατασκευής συμβαίνει όταν η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των μελών της κατασκευής είναι μικρότερη από το σημείο υγρασίας των υδρατμών του αέρα στον εσωτερικό χώρο. Η υγρασία, η οποία αποτίθεται από τον αέρα στα μέλη της κατασκευής, ονομάζεται νερό συμπύκνωσης. Η υγρασία των υδρατμών οφείλεται:

#### **α. Σε ανεπαρκή θερμομόνωση**

Η ανεπαρκής θερμομόνωση έχει ως αποτέλεσμα να είναι χαμηλή η θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια των μελών της κατασκευής.

#### **β. Σε θέρμανση ψυχθέντων χώρων**

Κατά τη θέρμανση ψυχθέντων χώρων οι επιφάνειες των τοίχων θερμαίνονται με βραδύ ρυθμό σε σχέση με τον αέρα του χώρου, με αποτέλεσμα να γίνεται υγρασία των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής για κάποιο χρονικό διάστημα.

### γ. Σε αυξημένη υγρασία του αέρα του χώρου

Όταν η υγρασία του αέρα μέσα σ' ένα χώρο είναι αυξημένη, τότε γίνεται υγροποίηση των υδρατμών πάνω στην εσωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Συνεπώς, πρέπει να γίνεται κατάλληλος εξαερισμός των χώρων, κυρίως στις κουζίνες, στα λουτρά και στα υπνοδωμάτια, ώστε να αποφεύγεται η ανεπιθύμητη αύξηση της υγρασίας μέσα στους χώρους αυτούς.<sup>[10]</sup>

Για την αποφυγή της υγροποίησης των υδρατμών στο εσωτερικό μίας κατασκευής παρατίθενται οι παρακάτω τρόποι.

#### 7.2.2.1 Αλλαγή διάταξης των στρώσεων της κατασκευής

Η υγροποίηση των υδρατμών μέσα σε κατασκευή είναι δυνατόν να αποφευχθεί σε κάποιες περιπτώσεις με την αλλαγή την διάταξης των στρώσεων της κατασκευής. Μετά από μελέτες σχετικά με την επίδραση της διάταξη της θερμομονωτικής στρώσης στην κατασκευή προέκυψαν τα συμπεράσματα του παρακάτω πίνακα.<sup>[10]</sup>

Ιδιότητες τοίχου	Διάταξη της θερμομονωτικής στρώσης	
	Μέσα	Έξω
Συμπαγής εξωτερικός τοίχος	Κακή θερμομόνωση- Χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλές το καλοκαίρι	Καλή θερμομόνωση- Κανονικές θερμοκρασίες και το χειμώνα και το καλοκαίρι
Φράγμα υδρατμών	Απαραίτητο για πορώδη μονωτικά υλικά. Για συμπαγή υλικά είναι δυνατόν να παραλειφθεί	Δεν χρειάζεται
Θερμοχωρητικότητα	Μικρή- Ο χώρος θερμαίνεται και ψύχεται γρήγορα	Μεγάλη- Ο χώρος θερμαίνεται και ψύχεται αργά

Εικ. 7.9: Επίδραση της διάταξης της θερμομονωτικής στρώσης στην κατασκευή [10]

#### 7.2.2.2 Τοποθέτηση φράγματος υδρατμών

Στην περίπτωση όπου γίνεται υγροποίηση των υδρατμών στο εσωτερικό κατασκευής, για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο, πρέπει να τοποθετηθεί μια



πρόσθετη στρώση, η οποία ονομάζεται φράγμα υδρατμών. Ως φράγματα υδρατμών χρησιμοποιούνται πλαστικοποιημένες μεμβράνες από άσφαλτο ή πίσσα, ασφαλτόχαρτα, πισσόχαρτα, ασφαλτόπανα, φύλλα από αλουμίνιο, φύλλα από πολυαιθυλένιο, πλαστικά υλικά με τη μορφή λωρίδων και πλαστικά χρώματα μη υδατοπερατά.<sup>[10]</sup>

### **7.2.3 Ηχομόνωση**

Ηχομόνωση ονομάζεται η ιδιότητα ενός διαχωριστικού πετάσματος να εμποδίζει την ηχομετάδοση από τη μια πλευρά του στην άλλη. Επίσης, ως ηχομόνωση αναφέρονται και όλα τα μέτρα που λαμβάνονται για τη μείωση της ηχομετάδοσης.

Σε σχέση με την ηχομόνωση ο ήχος διακρίνεται σε αερόφερτο και κτυπογενή ήχο. Αερόφερτος ήχος είναι ο ήχος, ο οποίος φτάνει στο εξεταζόμενο κτιριακό στοιχείο μέσω του αέρα. Κτυπογενής ήχος είναι ο ήχος, ο οποίος παράγεται με κτυπήματα πάνω στο εξεταζόμενο κτιριακό στοιχείο. Στα κτίρια, ο κτυπογενής ήχος δημιουργείται στα πατώματα, είτε από τα βήματα, είτε από την πτώση ή την κρούση διάφορων αντικειμένων πάνω στο δάπεδο.

#### **7.2.3.1 Ηχοαπορροφητικά υλικά**

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά χρησιμοποιούνται όταν πρέπει να μειωθεί η στάθμη της ηχητικής έντασης του ήχου, ο οποίος παράγεται μέσα στον ίδιο το χώρο, ή όταν πρέπει να ρυθμιστεί η συνολική ηχοαπορρόφηση του χώρου για τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών ακρόασης. Τα ηχοαπορροφητικά υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το μηχανισμό ηχοαπορρόφησής τους. Στα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά και στους συνηχητές.

- **Πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά**

Η ηχοαπορρόφηση στα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά οφείλεται στην ύπαρξη πόρων στο υλικό, οι οποίοι επικοινωνούν με τον εξωτερικό αέρα και μεταξύ

τους. Τα ηχητικά κύματα κατά την πρόσπτωσή τους στο υλικό εισέρχονται στους πόρους του και εκεί χάνουν μέρος της ηχητικής ενέργειάς τους, που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, λόγω εσωτερικής τριβής και θερμικών διεργασιών. Τα πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά παρουσιάζουν σημαντική ηχοαπορρόφηση στην περιοχή των υψηλών συχνοτήτων, μέτρια στις μεσαίες και μικρή στις χαμηλές συχνότητες.

- **Συνηχητές**

Οι συνηχητές διακρίνονται σε ταλαντούμενες πλάκες και σε διάτρητες ταλαντούμενες πλάκες.

- **Ταλαντούμενες πλάκες**

Οι ταλαντούμενες πλάκες είναι φύλλα υλικού, τα οποία τοποθετούνται σε απόσταση από την επιφάνεια στήριξης και, καθώς προσπίπτουν πάνω τους τα ηχητικά κύματα, πάλλονται. Η ηχοαπορρόφηση οφείλεται στη λειτουργία του συστήματος μάζας – ελατηρίου. Το φύλλο του υλικού ενεργεί ως μάζα και το στρώμα του αέρα μεταξύ του φύλλου και της επιφάνειας στήριξης ως ελατήριο. Η ηχοαπορρόφηση οφείλεται κυρίως στη δόνηση του φύλλου του υλικού και είναι μεγαλύτερη για συχνότητες κοντά στην συχνότητα συντονισμού του συστήματος. Οι ταλαντούμενες πλάκες παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ηχοαπορρόφηση στις περιοχές των χαμηλών συχνοτήτων, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές η ηχοαπορρόφηση είναι μικρή.

- **Διάτρητες ταλαντούμενες πλάκες**

Οι διάτρητες ταλαντούμενες πλάκες είναι φύλλα υλικού διάτρητα με οπές ή σχισμές, τα οποία τοποθετούνται σε απόσταση από την επιφάνεια στήριξης. Η ηχοαπορρόφηση οφείλεται, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, στη λειτουργία του συστήματος μάζας-ελατηρίου. Πάλι το στρώμα του αέρα, που βρίσκεται μεταξύ του διάτρητου φύλλου και της επιφάνειας στήριξης, λειτουργεί ως ελατήριο, αλλά ως μάζα λειτουργεί βασικά η μάζα του αέρα, ο οποίος βρίσκεται μέσα στις οπές ή στις σχισμές.

### **7.3 Ο ρόλος των υλικών στη θερμική και οπτική άνεση**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο κτίριο αλληλεπιδρούν με την ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλουν με διάφορους τρόπους στη θερμική και οπτική άνεση των χρηστών του.

#### **7.3.1 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων**

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

##### **7.3.1.1 Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας**

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφανή υλικά (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που χρησιμοποιούνται σε ένα παθητικό σύστημα είναι τα εξής:

- οι θερμοφυσικές τους ιδιότητες, (διαπερατότητα, η απορροφητικότητα και η ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας και η θερμοπερατότητα).
- Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των όψεων του κτιρίου και η οποία συνδέεται και με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού, (π.χ. συντελεστής ηλιακής ανακλαστικότητας, απορροφητικότητας).
- 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 η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι:

- **Οι υαλοπίνακες**

Οι υαλοπίνακες είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Μειονέκτημα τους είναι το βάρος και η μικρή αντοχή τους σε μηχανική κρούση, εκτός εάν έχουν υποστεί ανάλογη επεξεργασία (π.χ. υαλοπίνακες ασφαλείας -τύπου "securit"). Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία από 0,78 - 0,91, ανάλογα με την ποιότητα και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η διαπερατότητα του συστήματος, αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας.

Ανακλαστικοί και απορροφητικοί υαλοπίνακες με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας αντίστοιχα, πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο. Αντίθετα, ενδείκνυνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμπιμότητας (low emissivity ή low-e), κατάλληλα τοποθετημένοι, οι οποίοι περιορίζουν τη διαφυγή της θερμικής ενέργειας με ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτιρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτιρίου σε φυσικό φως.

- **Τα σκληρά πλαστικά**

Τα σκληρά πλαστικά ανήκουν στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Ανάλογα με την επεξεργασία και τη χημική σύσταση διακρίνονται σε ακρυλικά, σε πολυεστερικά, σε πολυκαρβονικά και σε προϊόντα πολυαιθυλενίου. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση και έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν, συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και μικρότερη αντίσταση στη φωτιά.

- **Η διαφανής θερμομόνωση**

Η διαφανής μόνωση (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες. Αναλόγως με τη δομή του θερμομονωτικού, την τοποθέτηση των κυψελών σε σχέση με τη διατομή του τοίχου, η διαπερατότητα του TIM στο ορατό φως κυμαίνεται από 0,73 έως 0,82, με αντίστοιχες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας από 0,800 έως 1,100W/m<sup>2</sup>K (Platzer & Goetzberger, 1996; Kerschberger & Binder, 2006).<sup>[89]</sup>

### 7.3.1.2 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 ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- **το σκυρόδεμα:** εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- **η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- **το νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.

- **τα υλικά αλλαγής φάσης** (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.<sup>[89]</sup>

## 8. ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

---

### 8.1 Εισαγωγή

Η χρήση της βλάστησης -δέντρων, θάμνων, φυτών- στη διαμόρφωση των υπαίθριων χώρων, καθώς και στις επιφάνειες των κτιρίων (δώματα και εξωτερικές τοιχοποιίες) συμβάλλει αφενός στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, γιατί τα φυτά απορροφούν μεγάλη ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, επομένως μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον, και αφετέρου στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος, διότι τα φυτά παράγουν οξυγόνο και φιλτράρουν τη σκόνη. Συνεπώς, η βλάστηση συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των χρηστών τους.

Παράλληλα, τα φυτά απορροφούν τον ήχο και τους θορύβους, εμποδίζουν τη διάβρωση που προκαλούν οι βροχοπτώσεις, φιλτράρουν τους επικίνδυνους ρύπους και μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου.

### 8.2 Η συμβολή της βλάστησης

Η φύτευση με δέντρα ή θάμνους ή χαμηλή βλάστηση στους υπαίθριους χώρους και στις επιφάνειες των κτιρίων είναι αποτελεσματική διότι λειτουργεί:

- ως ανεμοφράκτης για το χειμώνα, προστατεύοντας τα κτίρια από τις απώλειες θερμότητας
- ως πηγή δροσισμού το καλοκαίρι, μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση, παρέχοντας δροσιά μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών και της σκίασης
- ως ρυθμιστής της θερμικής άνεσης, με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας
- ως φίλτρο του φυσικού φωτός όλο το χρόνο
- ως φίλτρο της σκόνης και των μικροσωματιδίων

- προστατεύοντας από τη διάβρωση
- μειώνοντας το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο
- αναβαθμίζοντας αισθητικά το αστικό τοπίο<sup>[1]</sup>

Στα φυτεμένα δώματα αποδίδονται πολλές και ενδιαφέρουσες ιδιότητες που συνδέονται με την ενεργειακή και περιβαλλοντική συμπεριφορά των κτιρίων στα οποία εφαρμόζονται. Μια σύνοψη των ιδιοτήτων τους προτείνει για αυτά ότι:

- προσφέρουν καλή θερμομόνωση
- προσθέτουν θερμική μάζα στο κέλυφος
- αποβάλλουν ευκολότερα τη θερμότητα
- μειώνουν τον κίνδυνο πλημμύρας σε περίπτωση ραγδαίας βροχόπτωσης
- προσφέρουν προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία
- προσφέρουν καλή ηχομόνωση
- βελτιώνουν την αισθητική του κτιρίου
- μειώνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση
- δροσίζουν τον αέρα
- προσφέρουν ευχάριστο περιβάλλον (π.χ. για ελεύθερο χρόνο)
- αποτελούν καταφύγιο πανίδας

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της φύτευσης των κτιρίων αφορούν τη θερμομόνωση και την αύξηση της θερμοχωρητικότητας της πλάκας της οροφής. Για το ελλαδικό κλίμα, η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να είναι κατά 17°C χαμηλότερη τον Ιούλιο (μέσος όρος), σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα συμβατικό δώμα από τσιμεντένιες πλάκες. Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με φυτεμένη στέγη μπορεί το καλοκαίρι να είναι



από 3 έως και 10°C χαμηλότερη. Εξυπακούεται ότι αυτή η μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται στους τελευταίους ορόφους -κάτω από το δώμα- όταν πρόκειται για πολυώροφα κτίρια. Επίσης, το χειμώνα μεταφέρεται λιγότερη θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο προς τα έξω.<sup>[1]</sup>

Η φύτευση μπορεί να λειτουργήσει και ως στοιχείο σκιασμού από την ηλιακή ακτινοβολία των ανοικτών χώρων και των κτιρίων. Ο σκιασμός τόσο του υπαίθριου χώρου όσο και των κτιρίων με τη φύτευση είναι πολύ αποτελεσματικός. Ακόμη και τα δέντρα χωρίς φύλλωμα, εμποδίζουν κατά 40-80% τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιλογή της φύτευσης, με υψηλό ή χαμηλό πράσινο, καθορίζεται από την επιθυμητή ηλιοπροστασία των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.

### **8.3 Φύτευση στεγών-δωμάτων**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φυτεμένων δωμάτων διαφέρουν από κτίριο σε κτίριο. Θεωρητικά, κάθε τύπος δώματος θα μπορούσε να λειτουργήσει ως υπόβαθρο φυτεμένου δώματος υπό τις εξής τρεις βασικές προϋποθέσεις:

- Είναι στατικά επαρκής να δεχθεί τα πρόσθετα φορτία του χώματος και των φυτεύσεων.
- Έχει καλή υδατοστεγανότητα και υγραμόνωση ώστε να εξασφαλίζει την προστασία της κατασκευής από τα νερά και τις υψηλές τιμές υγρασίας που συνδέονται με την ανάπτυξη και συντήρηση των φυτεύσεων.
- Είναι ανθεκτικός σε βιολογικούς και χημικούς παράγοντες που συνδέονται με την ανάπτυξη και συντήρηση των φυτεύσεων (π.χ. ρίζες, ζούφια, φυτοφάρμακα).



Εικ. 8.1: Sky Garden House, Guz Architects, Σγκαπούρη [81]

### 8.3.1 Τύποι φυτεμένων δωμάτων

Ανάλογα με την κλίση του δώματος τα φυτεμένα δώματα μπορούν να διακριθούν σε:

- Οριζόντιο φυτεμένο δώμα
- Κεκλιμένο φυτεμένο δώμα
- Κατακόρυφο φυτεμένο δώμα – τοιχίο

Ακόμη, τα φυτεμένα δώματα μπορούν να διαχωριστούν, ανάλογα με τη χρήση τους και το πάχος υποστρώματος, στις εξής κατηγορίες:

#### 8.3.1.1 Εκτατικό φυτεμένο δώμα

Ο εκτατικός τύπος αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή φυτεμένου δώματος στην Ελλάδα σε σχέση με τους άλλους τύπους, καθώς συγκεντρώνει τα περισσότερα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και αισθητικά οφέλη.

Είναι το φυτεμένο δώμα το οποίο εγκαθίσταται σε οροφές με χαμηλό πάχος, που είναι από 10-20 εκατοστά, και παρουσιάζει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και χαμηλό κόστος συντήρησης. Το φορτίο στην οροφή είναι πολύ μικρό και συνεπώς δεν επιβαρύνει με πρόσθετα στατικά φορτία του κτίριο. Συνήθως, χρησιμοποιούνται φυτά έρπουσας ανάπτυξης, εδαφοκάλυψης, ποώδη, χλοοτάπητας και αρωματικά.

Έχουν ελάχιστες ή μικρές απαιτήσεις σε νερό και είναι ανθεκτικά στον άνεμο και στο ψύχος, ενώ ταυτόχρονα χρειάζονται ελάχιστη φροντίδα και συντήρηση. Τέλος, το σύστημα αυτό βρίσκει πολλές εφαρμογές σε μη προσβάσιμες στέγες κτιριακών εγκαταστάσεων, σε πρανή ή σε κτίρια τα οποία δεν είναι ικανά παρά να φέρουν ελαφρύ πρόσθετο φορτίο βλάστησης.

### **8.3.1.2 Εντατικό φυτεμένο δώμα**

Ο εντατικός τύπος είναι διαθέσιμος για εφαρμογές πλήρους κηποτεχνικής διαμόρφωσης, όπως σε ένα φυσικό έδαφος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτού του τύπου είναι η σωστή υπόβαση και η αντοχή του δώματος, καθώς έχει πάχος μεγαλύτερο των 21 cm, με αποτέλεσμα να δημιουργεί μεγαλύτερα πρόσθετα στατικά φορτία. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται είναι μεγάλου βάθους (0.15–1.5m) και έχει υψηλότερο κόστος από έναν εκτατικό τύπο.

Μπορεί να γίνει χρήση ποικιλίας βλάστησης, καθώς και υλικών. Ο εντατικός τύπος μεσαίων απαιτήσεων περιλαμβάνει φυτά εδαφοκάλυψης, χαμηλούς θάμνους και χλόες, που στο σύνολο τους δημιουργούν ένα τοπίο, το οποίο έχει χρώμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ο εντατικός τύπος αυξημένων απαιτήσεων περιλαμβάνει ποικιλία φυτών, θάμνων και δέντρων, με τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν κήποι με υψηλή βλάστηση, με στοιχεία νερού και να συνδυαστούν με στοιχεία «σκληρού τοπίου» (hard-landscape), όπως πεζόδρομους ή δρόμους για τροχήλατα οχήματα. Επομένως, η εντατική φύτευση έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό και συντήρηση και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε κεκλιμένες στέγες, παρά μόνο σε επίπεδα δώματα.

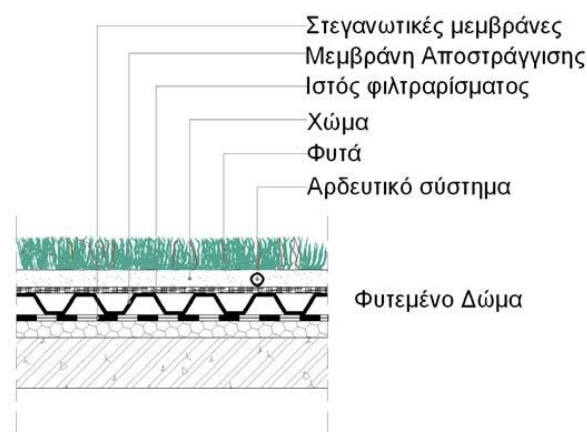
### **8.3.1.3 Ημιεντατικό φυτεμένο δώμα**

Ο ημιεντατικός τύπος αποτελεί συνδυασμό των δύο παραπάνω, δηλαδή είναι μια μέση κατάσταση που επιτρέπει αρκετές κηποτεχνικές εφαρμογές, ενώ παρουσιάζει ευελιξία, τόσο στη σχεδίαση και την εφαρμογή, όσο και στην οικονομία της κατασκευής. Για τα ελληνικά δεδομένα ενδείκνυται περισσότερο ο ημιεντατικός που τείνει προς τον εκτατικό τύπο.<sup>[92]</sup>

### 8.3.2 Δομή τυπικού φυτεμένου δώματος

Ως προς την κατασκευή των φυτεμένων δωμαίων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην διάστρωση των αναγκαίων διαδοχικών στρώσεων. Συγκεκριμένα:

- Επάνω από την θερμομόνωση στρώνεται ειδική μεμβράνη για επιπλέον προστασία από το νερό και την υγρασία.
- Επάνω από την μεμβράνη, απλώνεται ένα δίχτυ για την προστασία του ριζικού πλέγματος των φυτών, αλλά και για να εμποδίζονται οι ρίζες να διεισδύσουν στην θερμομόνωση και να την καταστρέψουν.
- Στη συνέχεια, επάνω από ένα υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και θρεπτικών συστατικών, τοποθετείται ένα σύστημα από μικρές συνδεδεμένες μεταξύ τους πλαστικές θήκες, για να συγκρατείται το νερό της βροχής ή το νερό άρδευσης τους θερινούς μήνες.
- Επάνω από αυτές τις κυψέλες στρώνεται ένα διηθητικό φύλλο (γεωφάσμα) που αφήνει μεν το νερό να περνάει, αλλά όχι το χώμα και άλλα ανεπιθύμητα σωματίδια.
- Ως τελική στρώση τοποθετείται ειδικό εδαφικό υλικό, αρκετά ελαφρύ, πορώδες και πλούσιο σε συστατικά απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Όλα αυτά δημιουργούν ένα στρώμα πάχους από 10 έως 20 εκατοστών. Τέλος γίνεται η επιλογή των φυτών.<sup>[1]</sup>



Εικ. 8.2: Οι διαδοχικές στρώσεις των υλικών για την φύτευση [1]

## 8.4 Φύτευση όψεων

Οι πράσινοι τοίχοι παρουσιάζουν τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα των φυτεμένων δωματίων, ενώ επιπρόσθετα, προσφέρουν οπτική απομόνωση, μπορούν να κοστίσουν λιγότερο και δεν απαιτούν πολύ χώρο, συντήρηση και περιποίηση.

Η φύτευση των όψεων διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

### 1. Φυτεμένες όψεις με αναρριχώμενα φυτά

Στις φυτεμένες όψεις με αναρριχώμενα, τα φυτά αναπτύσσονται στο έδαφος και αναρριχώνται στις όψεις των κτιρίων, με ή χωρίς τη στήριξη σε συστήματα αναρρίχησης.

### 2. Κατακόρυφοι κήποι

Στους κάθετους κήπους τα φυτά αναπτύσσονται σε υπόστρωμα από χώμα ή αδρανές υλικό επάνω στην όψη του κτιρίου.<sup>[36]</sup>



Εικ. 8.3: Κατοικία στις Βρυξέλλες, Βέλγιο (Philippe Samyn and Partners) [81]



Εικ. 8.4: Κατακόρυφος κήπος επιφάνειας 798,9 m<sup>2</sup> στο Μουσείο Quai Branly στο Παρίσι (Patrick Blanc 2005, αρχιτέκτονας Jean Nouvel) [88]



***ΜΕΡΟΣ 2<sup>ο</sup> : Μελέτη του μεσαίου τμήματος του  
κτιρίου των Χημικών Μηχανικών***

---





## 9. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

---

### 9.1 Εισαγωγή

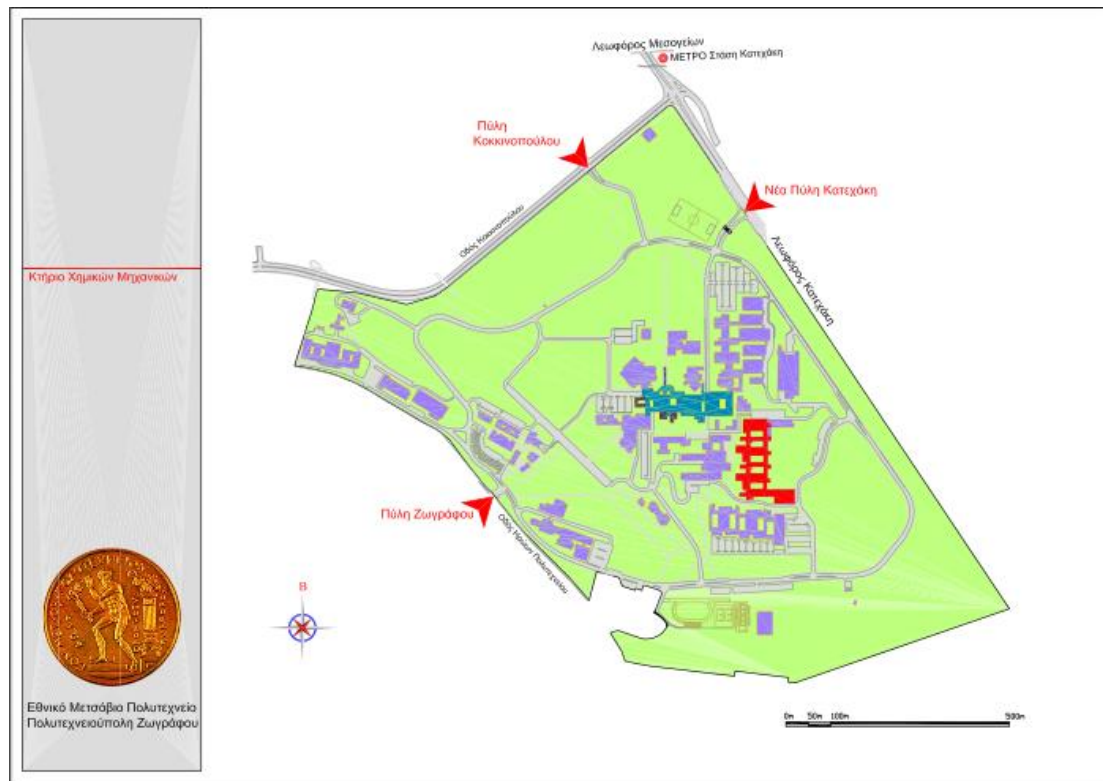
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της υφιστάμενης κατάστασης του υπό μελέτη μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών. Αρχικά, δίνονται κάποια γενικά στοιχεία σχετικά με το κτίριο των Χημικών Μηχανικών. Στη συνέχεια, γίνεται περιγραφή του υπό μελέτη μεσαίου τμήματος και παρατίθενται αναλυτικές κατόψεις με τις χρήσεις των χώρων για κάθε όροφο και κάθε πτέρυγα που μελετάται στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Τέλος, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας του κτιρίου και τα βασικότερα προβλήματα που καταγράφηκαν από τις επισκέψεις στους διάφορους χώρους.



*Εικ. 9.1: Δυτική όψη του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών*

### 9.2 Γενικά στοιχεία του κτιρίου Χημικών Μηχανικών

Το κτίριο των Χημικών Μηχανικών βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου στους πρόποδες του Υμηττού. Στη βόρεια πλευρά της, η Σχολή γειτονεύει με τις σχολές Μηχανολόγων Μηχανικών και Ναυπηγών Μηχανικών. Στη νότια πλευρά της γειτονεύει με τα παλιά κτίρια της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (HMMY).



Εικ. 9.2: Χάρτης Πολυτεχνειούπολης, Ζωγράφου [78]

Σχεδιάστηκε το 1960, αλλά κατασκευάστηκε πολύ αργότερα στις αρχές της δεκαετίας το '80. Η μεταφορά και εγκατάσταση της σχολής των χημικών μηχανικών σε αυτό έγινε το 1985. Νωρίτερα η Σχολή Χημικών Μηχανικών στεγαζόταν σε δικό της κτιριακό συγκρότημα στην οδό Τοσίτσα. Ωστόσο, οι αυξημένες απαιτήσεις της σε εργαστήρια και αίθουσες διδασκαλίας δημιούργησαν την ανάγκη για δημιουργία νέων εγκαταστάσεων και μεταφορά της Σχολής στο χώρο της Πολυτεχνειούπολης, ακολουθώντας τη γενικότερη τάση μεταφοράς των Σχολών του Πολυτεχνείου στην περιοχή Ζωγράφου.

Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι δυτικός και οι ακριβείς του γεωγραφικές συντεταγμένες είναι: γεωγραφικός πλάτος  $37^{\circ} 58' 36''$  Βόρεια και γεωγραφικό μήκος  $23^{\circ} 47' 05''$  Ανατολικά [Google Earth].

Το κτίριο αρχικά καταλάμβανε χώρο  $10.809 \text{ m}^2$ , ενώ σήμερα, ύστερα από τις παρεμβάσεις και επεκτάσεις που έγιναν, καταλαμβάνει χώρο περίπου  $12.500 \text{ m}^2$ . Η συνολική του επιφάνεια είναι περίπου  $30.000 \text{ m}^2$  και περιλαμβάνει χώρους εργαστηρίων, γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας, αμφιθέατρα και χώρους διάφορων χρήσεων που οργανώνονται γύρω από κλειστές αυλές με περιμετρικούς διαδρόμους.

Το κτίριο χωρίζεται σε επίπεδα και πτέρυγες. Στο σύνολό του αποτελείται από 6 επίπεδα (μη συμπεριλαμβανομένου του υπογείου) και από 8 πτέρυγες (Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ).



Εικ. 9.3: Πτέρυγες του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών [27]

Ο κύριος άξονας του κτιρίου είναι Βοράς- Νότος. Παράλληλα στον άξονα αυτό και για όλο το μήκος του κτιρίου υπάρχουν διάδρομοι που εξυπηρετούν την κυκλοφορία ανάμεσα στο κτίριο και στα γειτονικά του. Κάθετα με τους διαδρόμους έχουν αναπτυχθεί οι 6 πτέρυγες (Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η), από βόρεια προς νότια, όπου στεγάζονται εργαστήρια και γραφεία. Οι πτέρυγες αυτές χωρίζονται από εσωτερικές αυλές (αίθρια). Οι 2 επιπλέον πτέρυγες (Α, Θ) αναπτύσσονται παράλληλα με τους διαδρόμους, στην δυτική και ανατολική του πλευρά του κτιρίου αντίστοιχα.

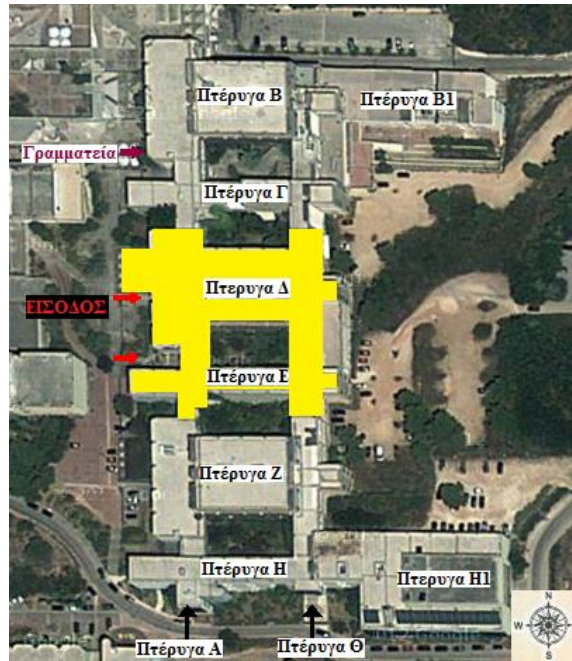
Η γραμματεία της Σχολής βρίσκεται στο βόρειο άκρο του κτιρίου, στο ισόγειο, δηλαδή στο επίπεδο 0 και την πτέρυγα Α'. Με αναφορά αυτήν ορίζονται τα υπόλοιπα επίπεδα και πτέρυγες. Οι προεκτάσεις της πτέρυγας Β' και της πτέρυγας Η' στο πίσω μέρος του κτιρίου ονομάζονται αντίστοιχως Β1 και Η1. Για παράδειγμα, Το Η1.405 (pc lab) βρίσκεται στην προέκταση της πτέρυγας Η, στον 4ο όροφο και χαρακτηρίζεται τοπικά από τον αριθμό 05.

Το κτίριο είναι χτισμένο σε πλαγιά και για το λόγο αυτό δεν έχουν όλες οι πτέρυγες τον ίδιο αριθμό επιπέδων. Η βόρεια πλευρά του κτιρίου βρίσκεται στο πιο χαμηλό επίπεδο και η νότια στο πιο υψηλό. Είσοδοι υπάρχουν σε όλη την περίμετρο του κτιρίου και κάθε μία οδηγεί σε διαφορετικό επίπεδο. Λόγω της μορφολογίας του εδάφους, δεν είναι όλα τα επίπεδα προσβάσιμα σε όλες τις πτέρυγες. Έτσι, στην πτέρυγα Α είναι προσβάσιμα τα επίπεδα 0 έως 3, ενώ στην νοτιότερη πτέρυγα τα επίπεδα 2 έως 4 στο μπροστινό μέρος και 3 έως 5 στο πίσω μέρος του κτιρίου. Η αρίθμηση ορόφων στους ανελκυστήρες είναι σχετική με το ισόγειο επίπεδο κάθε πτέρυγας.

Σε κάθε διάδρομο υπάρχουν δυο κλιμακοστάσια, ένα στο δυτικό και ένα στο ανατολικό μέρος του κτιρίου. Οι αίθουσες διδασκαλίας εκτείνονται στα επίπεδα 1,2,3 και η αρίθμησή τους είναι αντίστοιχη. Έτσι, η αίθουσα 26 είναι η έκτη αίθουσα στο επίπεδο 2. Το Αμφιθέατρο 1 έχει την εσωτερική είσοδό του στο επίπεδο 1 και το Αμφιθέατρο 2 έχει την εσωτερική είσοδό του στο επίπεδο 2. Το κυλικείο βρίσκεται στο επίπεδο 1. Τα εργαστήρια εκτείνονται κυρίως στους διαδρόμους που ενώνουν το δυτικό με το ανατολικό μέρος του κτιρίου.

### **9.3 Περιγραφή του μεσαίου τμήματος του κτιρίου**

Το υπό μελέτη μεσαίο τμήμα του κτιρίου περιλαμβάνει τις πτέρυγες Δ και Ε και τα μεσαία τμήματα από τις πτέρυγες Α και Θ. Έχει κάλυψη περίπου 2.830 m<sup>2</sup> και αναπτύσσεται σε 5 επίπεδα (0,1,2,3,4). Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται ως γραφεία διδακτικού προσωπικού, αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, αποθήκες και κοινόχρηστοι χώροι.



Εικ. 9.4: Υπό μελέτη μεσαίο τμήμα του κτιρίου [27]

Πιο αναλυτικά, το υπό μελέτη μέρος του κτιρίου αποτελείται από πέντε ορόφους, το υπόγειο σε υψόμετρο 191,50 m (στάθμη 0), το ισόγειο σε υψόμετρο 195,55 m (στάθμη 1) και άλλους τρεις σε υψόμετρα 199,60 m (στάθμη 2), 203,65 m (στάθμη 3) και 207,70 m (στάθμη 4) αντίστοιχα. Οι κύριες όψεις του είναι η ανατολική και η δυτική.



Εικ. 9.5: Δυτική όψη του μεσαίου τμήματος

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα εμβαδά για τον κάθε όροφο και για το σύνολο του μεσαίου τμήματος του κτιρίου.



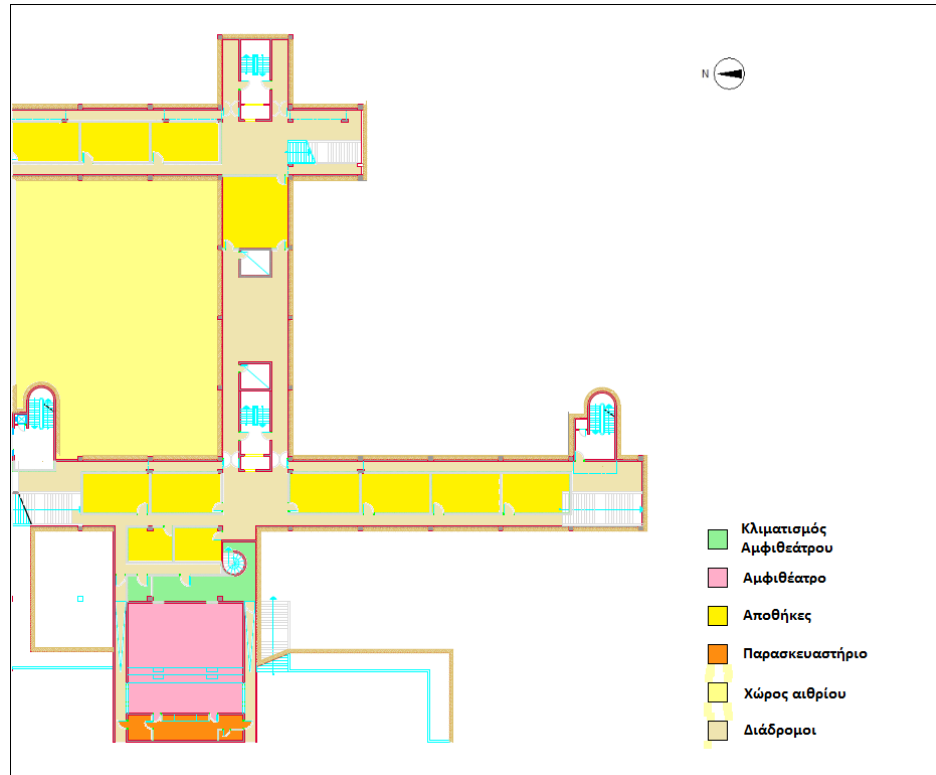
	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
<b>Υπόγειο</b>	1.659,83
<b>Ισόγειο</b>	2.768,63
<b>Στάθμη 2</b>	2.830,31
<b>Στάθμη 3</b>	1.994,72
<b>Στάθμη 4</b>	1.417,22
<b>Σύνολο:</b>	<b>10.670,71</b>

Εικ. 9.6: Εμβαδά ορόφων του μεσαίου τμήματος

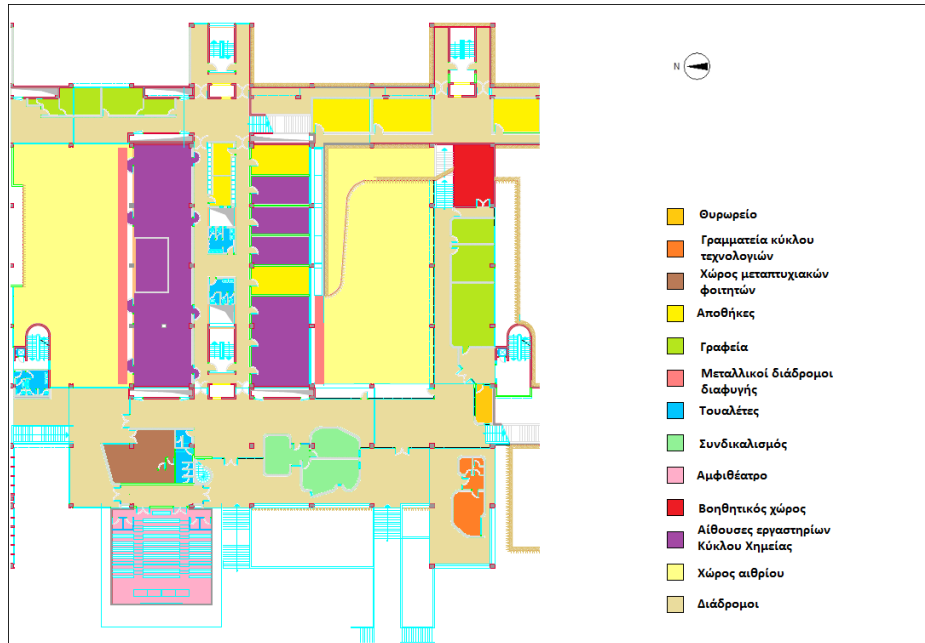
### 9.3.1 Χρήσεις χώρων του κτιρίου

Μέσα από τη μελέτη των σχεδίων, που δόθηκαν από το γραφείο ενεργειακής διαχείρισης, και από τις επί τόπου μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν καθορίστηκε η χρήση του κάθε χώρου για το υπό μελέτη τμήμα του κτιρίου.

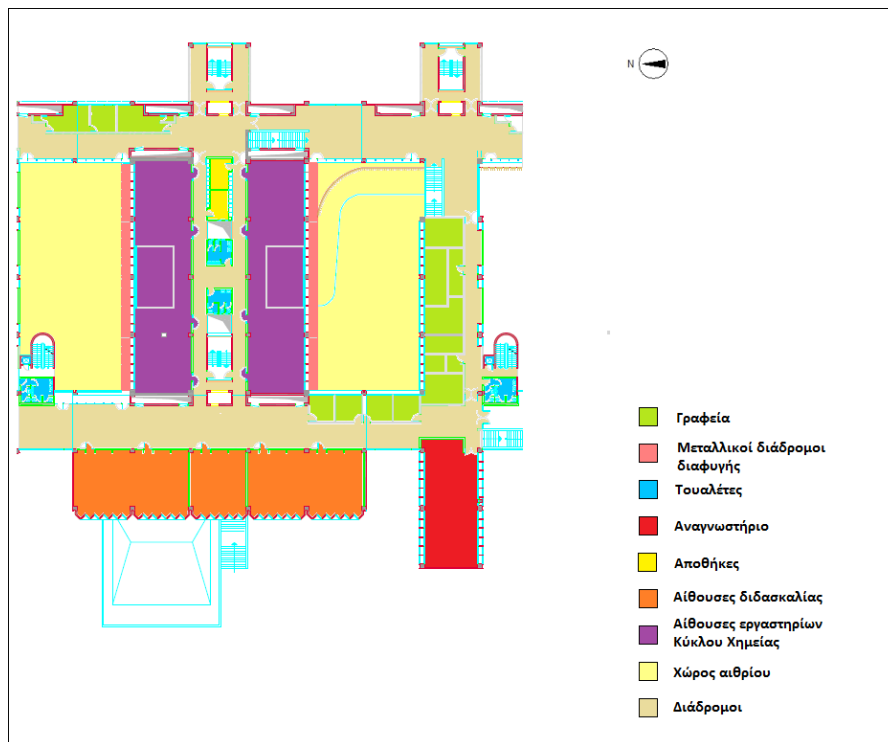
Στις παρακάτω κατόψεις παρουσιάζονται οι χρήσεις των χώρων, συνολικά για την κάθε στάθμη, αλλά και συγκεκριμένα για κάθε πτέρυγα μαζί με την αρίθμηση των χώρων και τα χαρακτηριστικά της.



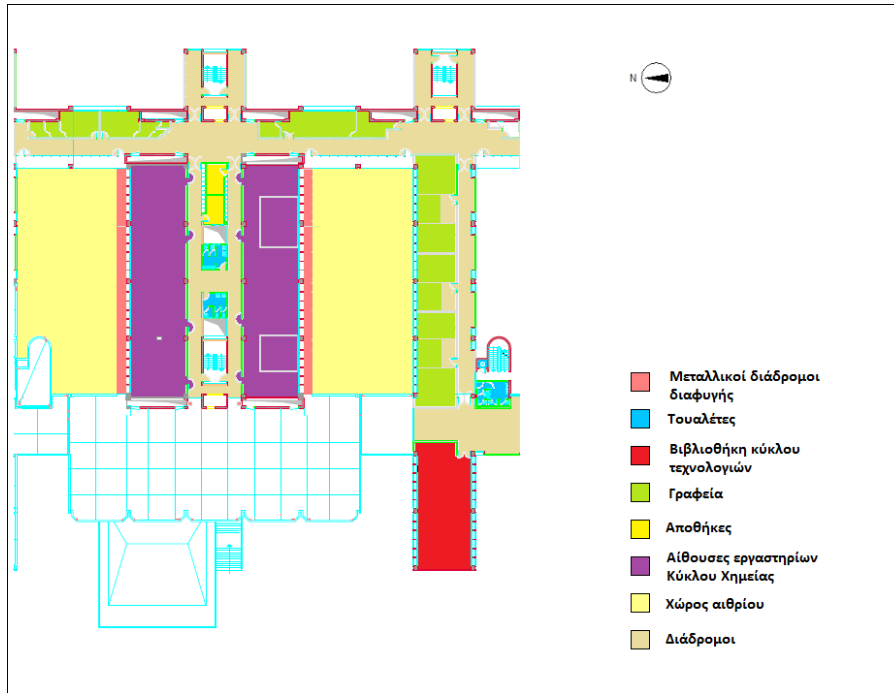
Εικ. 9.7: Σχέδιο χρήσεων του Υπογείου – Στάθμη 191,50 – Στάθμη 0



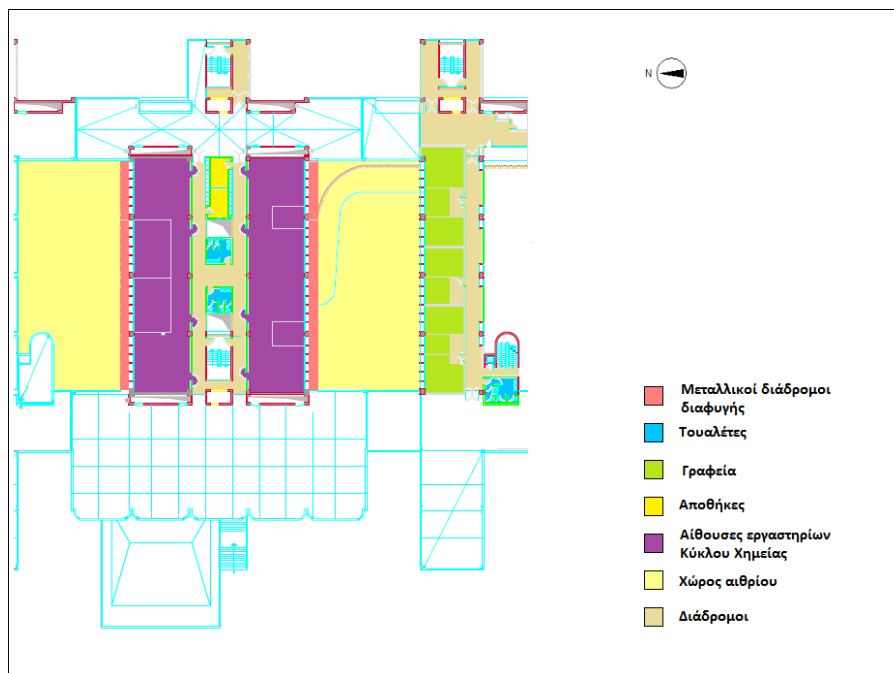
Εικ. 9.8: Σχέδιο χρήσεων του Ισογείου – Στάθμη 195,55 – Στάθμη 1



Εικ. 9.9: Σχέδιο χρήσεων του 1<sup>ου</sup> ορόφου – Στάθμη 199,60 – Στάθμη 2



Εικ. 9.10: Σχέδιο χρήσεων του 2<sup>ου</sup> ορόφου – Στάθμη 203,65 – Στάθμη 3



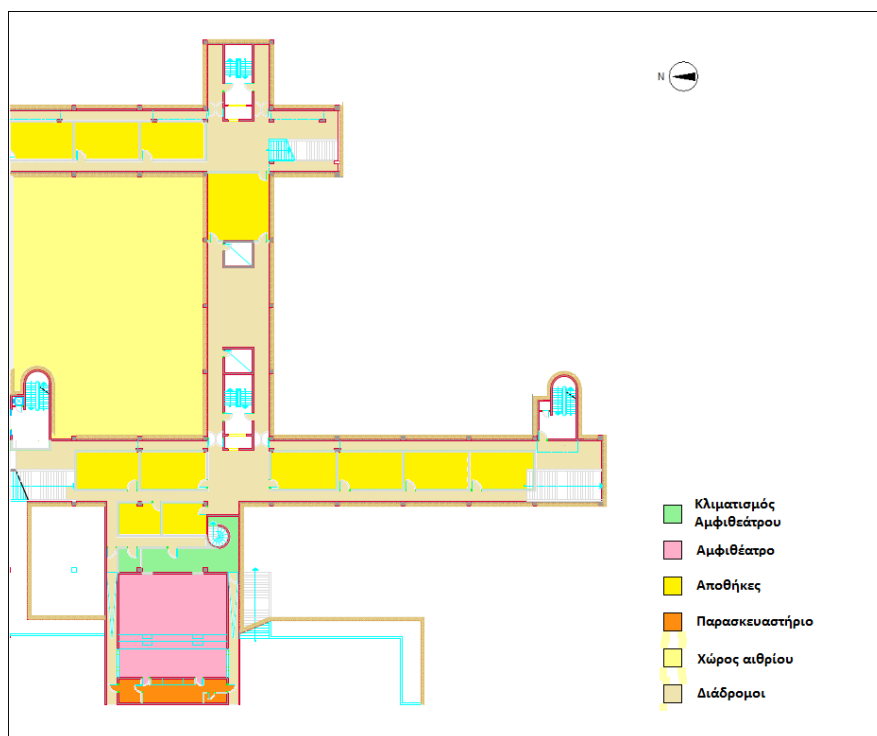
Εικ. 9.11: Σχέδιο χρήσεων του 3<sup>ου</sup> ορόφου – Στάθμη 207,70 – Στάθμη 4

### 9.3.1.1 Υπόγειο

Το υπόγειο έχει κάλυψη οριζοντίου επιπέδου 1.659,83m<sup>2</sup>, συμπεριλαμβανομένου και του χώρου του αμφιθεάτρου, και συνολική κάλυψη τοίχων



412,3m<sup>2</sup>, ενώ δεν διαθέτει παράθυρα. Ο χώρος του αμφιθεάτρου περιλαμβάνει το παρασκευαστήριο και τις εγκαταστάσεις κλιματισμού του αμφιθεάτρου. Οι χώροι του υπογείου περιλαμβάνουν αποθήκες και τους καυστήρες για τη θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου.

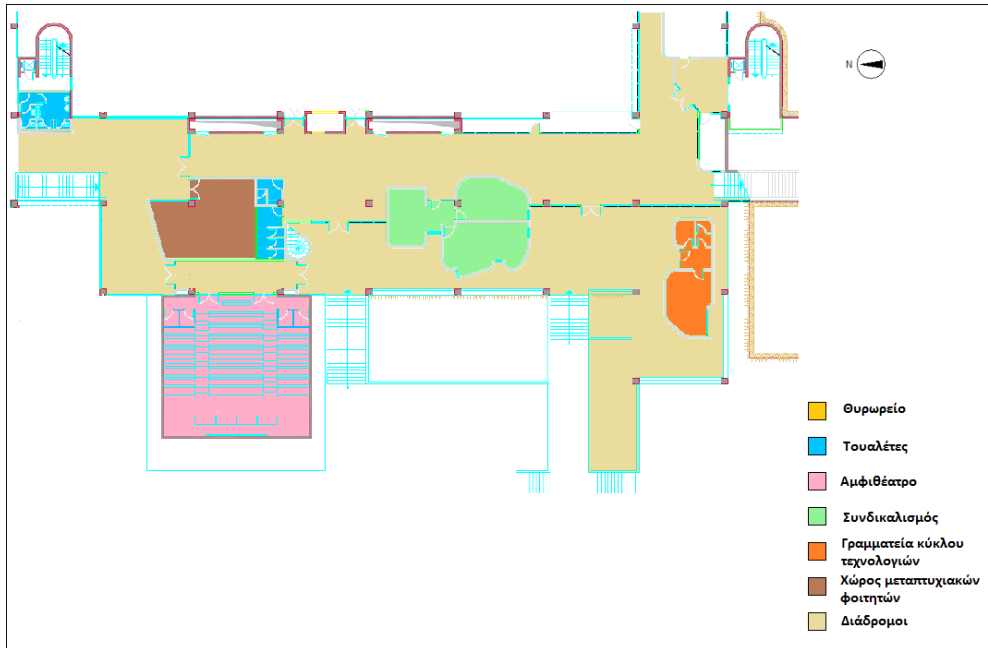


Εικ. 9.12: Σχέδιο χρήσεων του Υπογείου – Στάθμη 191,50 – Στάθμη 0

### 9.3.1.1 Πτέρυγα Α

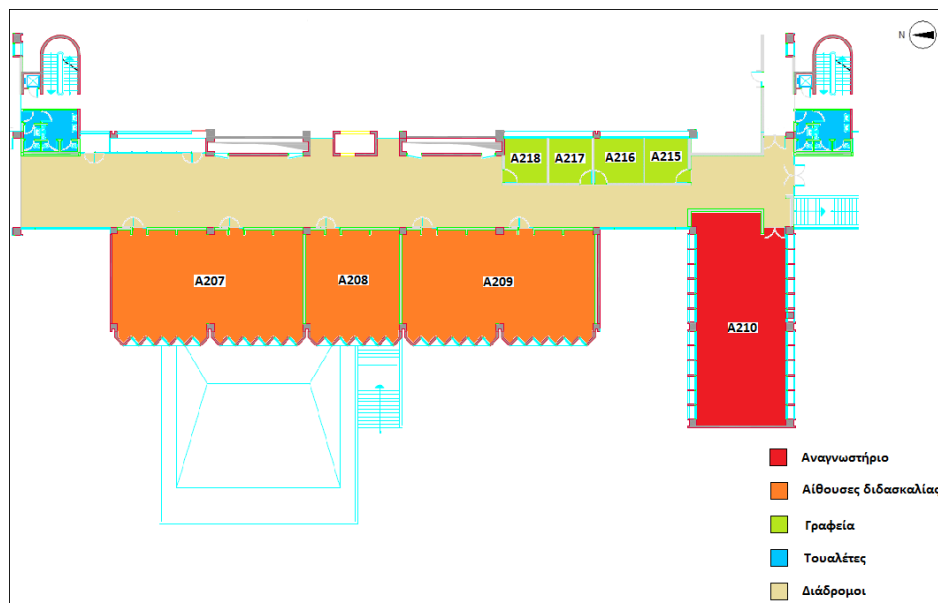
Η υπό μελέτη πτέρυγα Α έχει κάλυψη του οριζοντίου επιπέδου περίπου 2.397,54m<sup>2</sup> και αποτελείται από 4 επίπεδα (1, 2, 3, 4). Το συνολικό εμβαδόν των τοίχων είναι 1.407,78m<sup>2</sup> και το εμβαδόν των παραθύρων είναι 266,52m<sup>2</sup>.

Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Α έχει εμβαδό 1.100,79m<sup>2</sup>. Οι χώροι E.101 - E.103 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και εργαστήρια. Ο χώρος E.104 χρησιμοποιείται ως εργαστήριο, το οποίο διαθέτει και αποθήκη. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



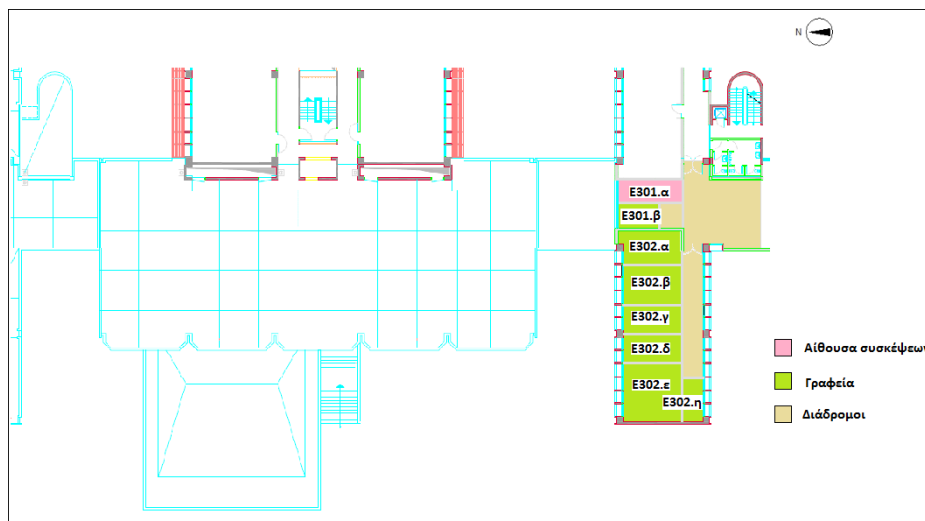
Εικ. 9.13: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Α Επίπεδου 1 του μεσαιού τμήματος

Το επίπεδο 2 της πτέρυγας Ε έχει εμβαδό 1.161,51m<sup>2</sup>. Οι χώροι Ε.201.α - Ε.201.δ και Ε.202.α - Ε.202.γ χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Εικ. 9.14: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Α Επίπεδου 2 του μεσαιού τμήματος

Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Ε έχει εμβαδό 135,24m<sup>2</sup>. Οι χώροι Ε.301.α - Ε.301.γ, Ε.302.α - Ε.302.β και Ε.303.α - Ε.303.γ χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).

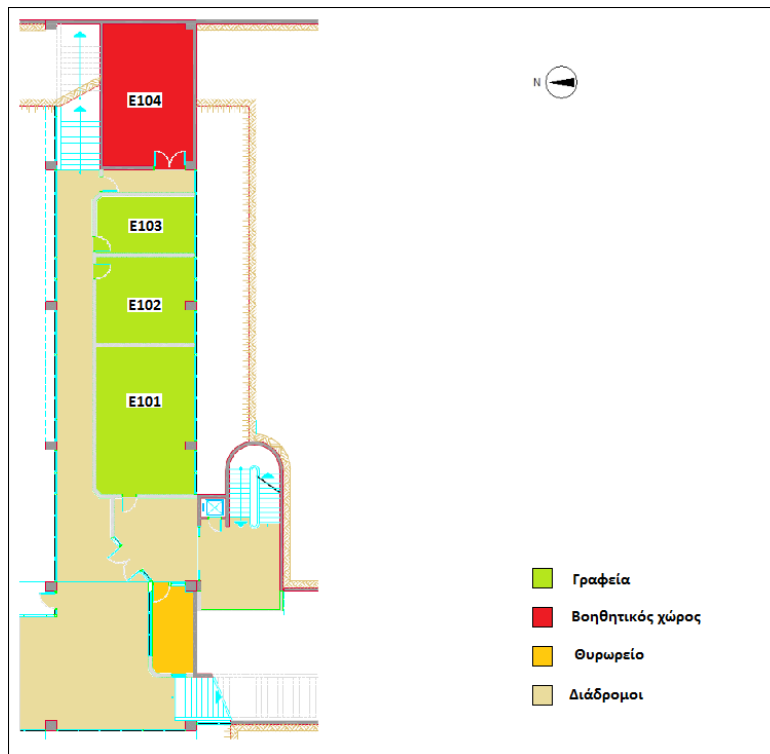


Εικ. 9.15: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Α Επιπέδου 3 του μεσαίου τμήματος

### 9.3.1.2 Πτέρυγα Ε

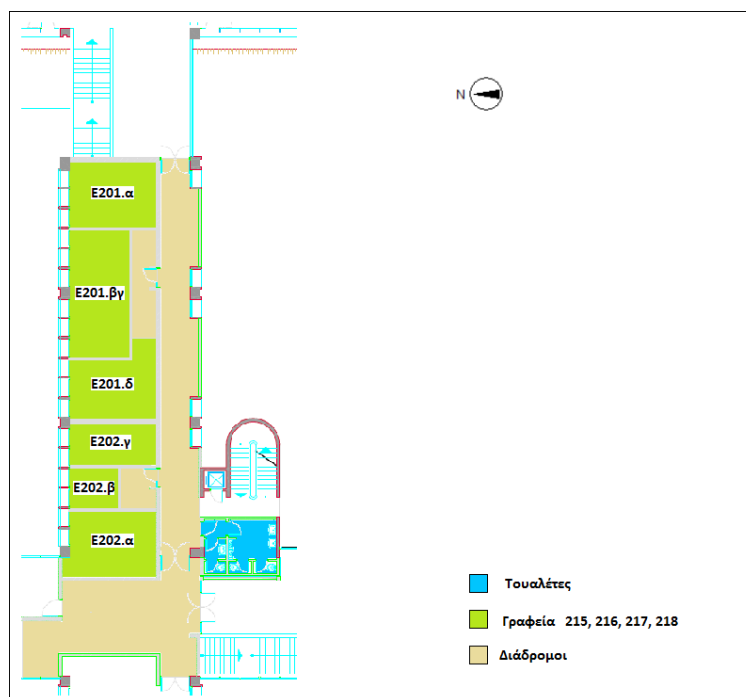
Η υπό μελέτη πτέρυγα Ε αποτελείται από 4 (1, 2, 3, 4) επίπεδα και το συνολικό της εμβαδόν είναι περίπου 1.313,72m<sup>2</sup>. Το συνολικό εμβαδόν των τοίχων είναι 1.245,11m<sup>2</sup> και το εμβαδόν των παραθύρων είναι 213,78m<sup>2</sup>

Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Ε έχει εμβαδό 227,12m<sup>2</sup>. Οι χώροι Ε.101 - Ε.103 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και εργαστήρια. Ο χώρος Ε.104 χρησιμοποιείται ως εργαστήριο, το οποίο διαθέτει και αποθήκη. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



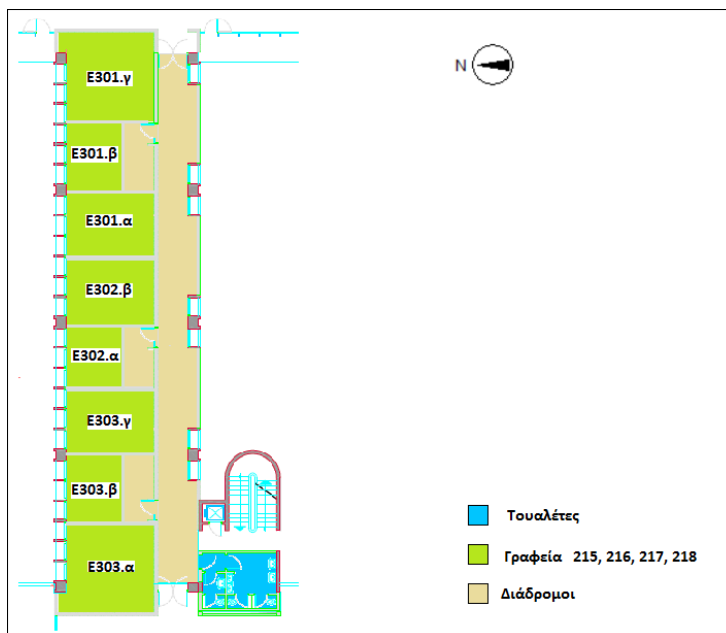
Εικ. 9.16: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας E επιπέδου 1

Το επίπεδο 2 της πτέρυγας E έχει εμβαδό 298,64m<sup>2</sup>. Οι χώροι E.201.α - E.201.δ και E.202.α - E.202.γ χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



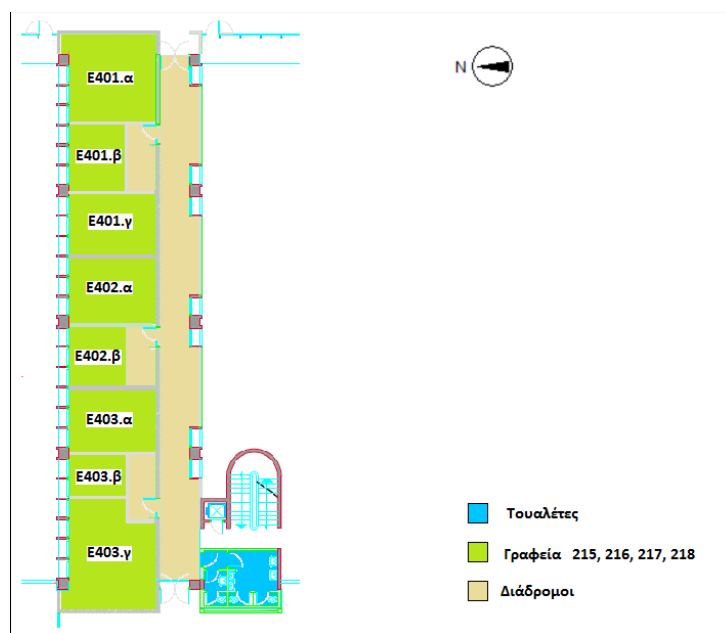
Εικ. 9.17: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας E επιπέδου 2

Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Ε έχει εμβαδό 489,32m<sup>2</sup>. Οι χώροι Ε.301.α - Ε.301.γ, Ε.302.α - Ε.302.β και Ε.303.α - Ε.303.γ χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Εικ. 9.18: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Ε επιπέδου 3

Το επίπεδο 4 της πτέρυγας Ε έχει εμβαδό 298m<sup>2</sup>. Οι χώροι Ε.401.α - Ε.401.γ, Ε.402.α - Ε.402.β και Ε.403.α - Ε.403.γ χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κοινόχρηστοι (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Εικ. 9.19: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Ε επιπέδου 4

### 9.3.1.3 Πτέρυγα Δ

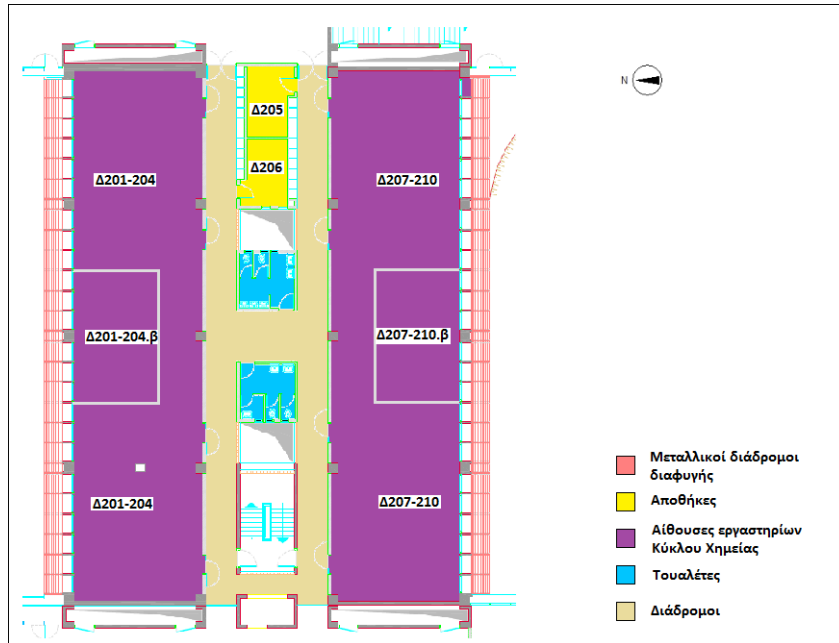
Η υπό μελέτη πτέρυγα Δ αποτελείται από 4 (1, 2, 3, 4) επίπεδα και το συνολικό της εμβαδόν είναι 2.859,84m<sup>2</sup>. Το συνολικό εμβαδόν των τοίχων είναι 1.594,08m<sup>2</sup> και το εμβαδόν των παραθύρων είναι 346,32m<sup>2</sup>.

Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 714,96m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ101-Δ104, Δ108-Δ110 και Δ112-Δ114 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ105, Δ106, Δ107 και Δ111 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



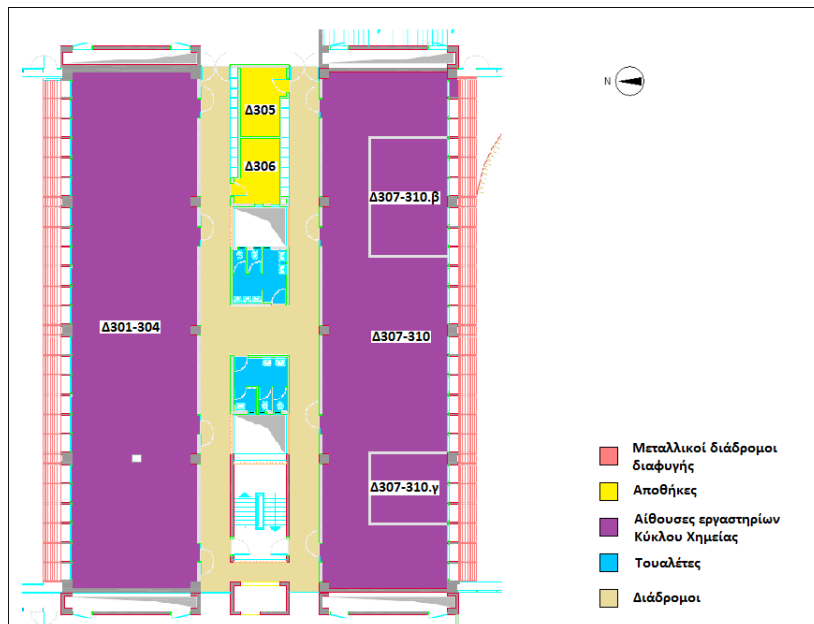
Εικ. 9.20: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Δ επιπέδου 1

Το επίπεδο 2 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 714,96m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ201-Δ204 και Δ207-Δ210 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ205, Δ206 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



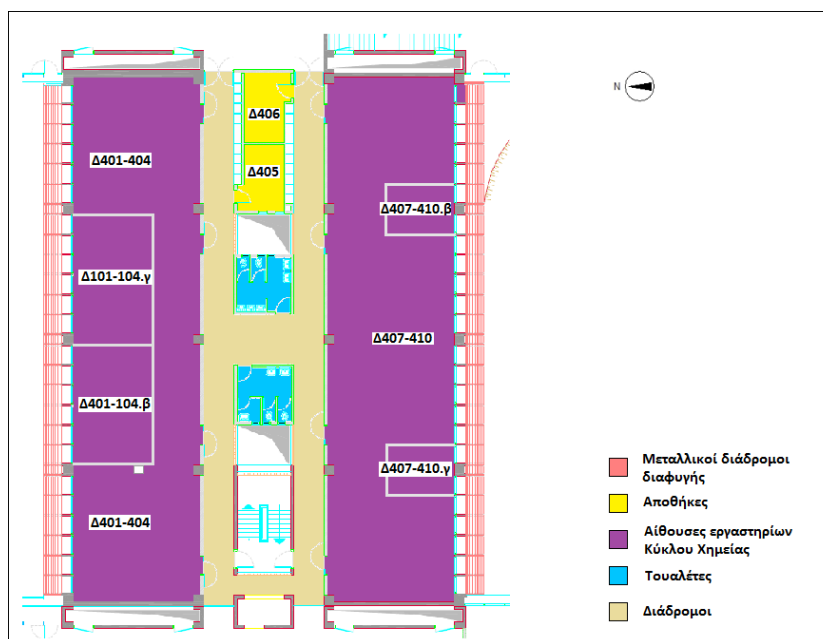
Εικ. 9.21: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Δ επιπέδου 2

Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 714,96m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ301-Δ304 και Δ307-Δ310 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ305, Δ306 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Εικ. 9.22: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Δ επιπέδου 3

Το επίπεδο 4 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 714,96m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ401-Δ404 και Δ407-Δ410 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ405, Δ406 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Εικ. 9.23: Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Πτέρυγας Δ επιπέδου 4

### 9.3.1.5 Πτέρυγα Θ

Η υπό μελέτη πτέρυγα Θ αποτελείται από 4 (1, 2, 3, 4) επίπεδα και το συνολικό της εμβαδόν είναι 2.439,78m<sup>2</sup>. Το συνολικό εμβαδόν των τοίχων είναι 1.963,85m<sup>2</sup> και το εμβαδόν των παραθύρων είναι 174,07m<sup>2</sup>.

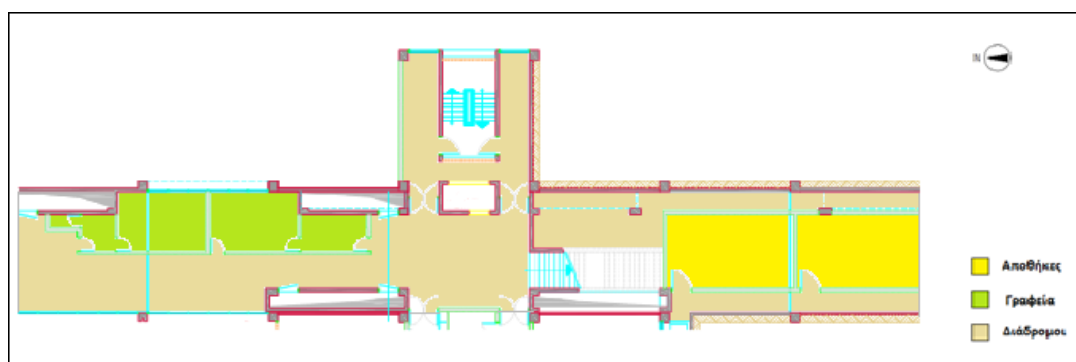
Το επίπεδο 1 της πτέρυγας Θ έχει εμβαδόν 725,76m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ101-Δ104, Δ108-Δ110 και Δ112-Δ114 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ105, Δ106, Δ107 και Δ111 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).

Το επίπεδο 2 της πτέρυγας Θ έχει εμβαδόν 655,2m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ201-Δ204 και Δ207-Δ210 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ205, Δ206 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Το επίπεδο 3 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 655,2m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ301-Δ304 και Δ307-Δ310 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ305, Δ306 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).

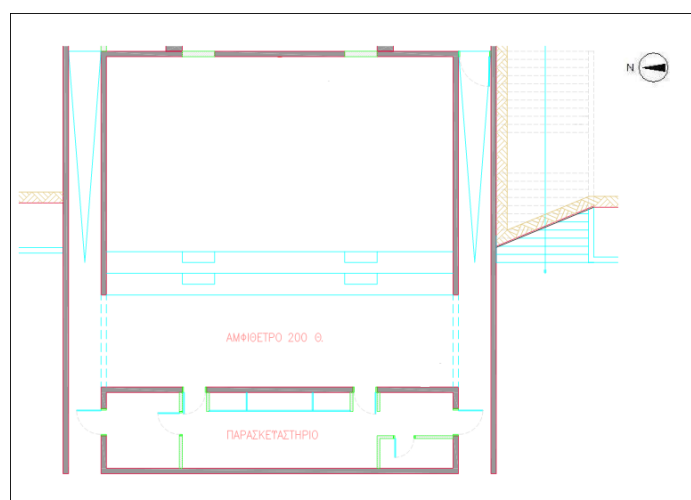
Το επίπεδο 4 της πτέρυγας Δ έχει εμβαδόν 403,62m<sup>2</sup>. Οι χώροι Δ401-Δ404 και Δ407-Δ410 χρησιμοποιούνται ως γραφεία και ως εργαστήρια. Οι χώροι Δ405, Δ406 χρησιμοποιούνται ως αποθήκες, ενώ οι υπόλοιποι αποτελούν κοινόχρηστους χώρους (διάδρομοι, κλιμακοστάσια, τουαλέτες).



Εικ. 9.24: Κάτοψη και προσανατολισμός χώρων Πτέρυγας Θ επιπέδων 1, 2, 3, 4

### 9.3.1.6 Αμφιθέατρο

Το συνολικό εμβαδόν του χώρου του αμφιθεάτρου είναι 198,12m<sup>2</sup>, συμπεριλαμβανομένου και του παρασκευαστηρίου, και το συνολικό εμβαδόν των τοίχων είναι 228,83m<sup>2</sup>. Αναπτύσσεται σε δύο επίπεδα, στις στάθμες 0 και 1.

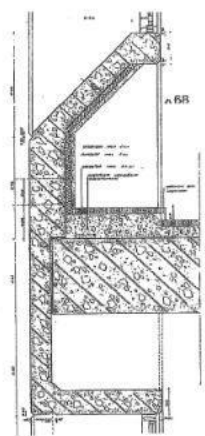


Εικ. 9.25: Κάτοψη και προσανατολισμός Αμφιθεάτρου

## 9.3.2 Κέλυφος

### 9.3.2.1 Φέρων οργανισμός

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου, καθώς και πολλοί από τους εξωτερικούς τοίχους έχουν κατασκευαστεί από εμφανές οπλισμένο σκυρόδεμα. Υπάρχουν στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα τα οποία δεν φέρουν μόνωση και έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με  $3,83 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτόν που ορίζεται από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, που για την Β' Κλιματική Ζώνη στην οποία ανήκει η Αθήνα ορίζεται σε  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Τέλος, σημειώνεται ότι καθώς το κτίριο κτίστηκε περίπου το 1985 όφειλε να έχει μονώσεις, καθώς ο Κανονισμός Θερμομόνωσης ισχύει από το 1981.



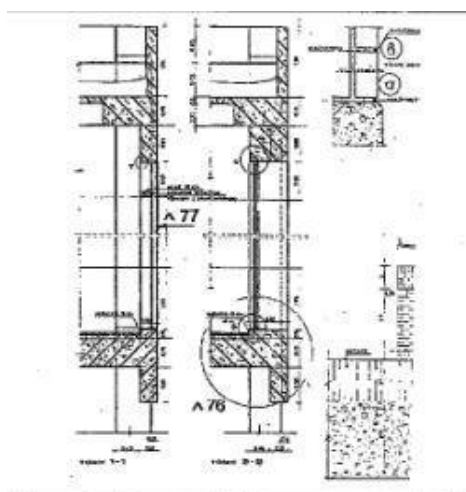
Εικ. 9.26: Τυπική τομή εξωτερικού τοίχου κατασκευασμένου από οπλισμένο σκυρόδεμα [16]

Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα					
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα $\lambda$ (W/mK)	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα (J/kgK)	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας $K$ (W/m <sup>2</sup> K) <sup>2</sup>
Σοβάς	0.87	1900	-	0.02	5.29
Σκυρόδεμα	2.04	2400	-	0.10	4.65
Σοβάς	0.87	1900	-	0.02	5.29
ΣΥΝΟΛΟ :				0.14	3.83

Εικ. 9.27: Στρώσεις υλικών εξωτερικών τοίχων από σκυρόδεμα και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας [16]

### 9.3.2.2 Στοιχεία πλήρωσης

Ορισμένοι εξωτερικοί τοίχοι του κτιρίου είναι κατασκευασμένοι από συμπαγή τούβλα και δεν φέρουν μόνωση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των τοίχων είναι  $1,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ , και είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτόν που ορίζεται από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, που για την Β' Κλιματική Ζώνη στην οποία ανήκει η Αθήνα ορίζεται σε  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



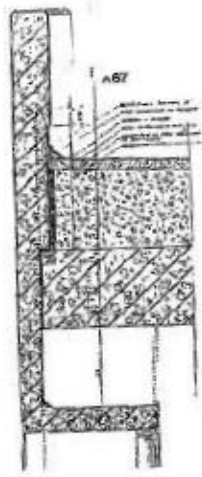
Εικ. 9.28: Τυπική τομή εξωτερικού τοίχου κατασκευασμένου από συμπαγή τούβλα [16]

Εξωτερικοί τοίχοι από συμπαγή τούβλα					
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα $\lambda$ (W/mK)	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα (J/kgK)	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας $K$ (W/m <sup>2</sup> K) <sup>2</sup>
Σοβάς	0,87	1900	-	0,02	5,29
Τούβλα	0,744	1200	-	0,30	0,514
Σοβάς	0,87	1900	-	0,02	5,29
ΣΥΝΟΛΟ :				0,34	1,82

Εικ. 9.29: στρώσεις υλικών εξωτερικών τοίχων από συμπαγή τούβλα και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας [16]

### 9.3.2.3 Δώμα

Το δώμα του κτιρίου είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η στρώση κλίσεων διαμορφώνεται με αφρομπετόν, ενώ η τελική επικάλυψη γίνεται με χαλίκια. Το δώμα δεν φέρει μόνωση και έχει συντελεστή θερμοπερατότητας  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ενώ ο αντίστοιχος συντελεστής θερμοπερατότητας που ορίζεται από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, για την Β' Κλιματική Ζώνη στην οποία ανήκει η Αθήνα ορίζεται σε  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Εικ. 9.30: Τυπική τομή του δώματος [16]

Δώμα – λεπτομέρεια 1					
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK)	Πυκνότητα α (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα α (J/kgK)	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (W/m <sup>2</sup> K) <sup>2</sup>
Λιθόστρωτο	1,02	1300	-	0,05	4,65
Στεγάνωση	0,17	500	-	0,01	4,44
Σκυρόδεμα	0,13	250	-	0,05	1,81
Αφρομπετόν	0,12	600	-	0,20	0,55
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	2,04	2400	-	0,35	2,9
ΣΥΝΟΛΟ :				0,66	0,40

Εικ. 9.31: Στρώσεις υλικών δώματος και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας [16]

Δώμα – λεπτομέρεια 2					
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK)	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα α (J/kgK)	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (W/m <sup>2</sup> K) <sup>2</sup>
Στεγάνωση	0,17	500	-	0,01	4,44
Σκυρόδεμα	0,13	250	-	0,05	1,81
Αφρομπετόν	0,12	600	-	0,20	0,55
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	2,04	2400	-	0,35	2,9
ΣΥΝΟΛΟ :				0,61	0,40

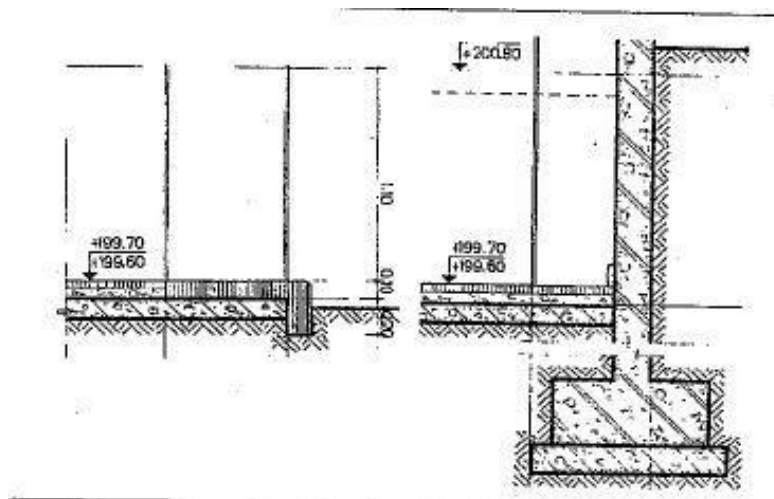
Εικ. 9.32: Στρώσεις υλικών δώματος και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας [16]



Εικ. 9.33: Διαμόρφωση του δόματος

#### 9.3.2.4 Δάπεδο

Το δάπεδο του κτιρίου είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο ελαφρό σκυρόδεμα. Πάνω από αυτό υπάρχει στεγάνωση και η τελική επικάλυψη διαμορφώνεται με μωσαϊκό. Κάτω από το άοπλο σκυρόδεμα υπάρχει στρώση χαλικιών. Το δάπεδο δεν φέρει μόνωση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κατασκευής του δαπέδου είναι  $1,21 \text{ W/m}^2\text{K}$  και είναι μικρότερος από αυτόν που ορίζεται από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, που για την Β' Κλιματική Ζώνη στην οποία ανήκει η Αθήνα ορίζεται σε  $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



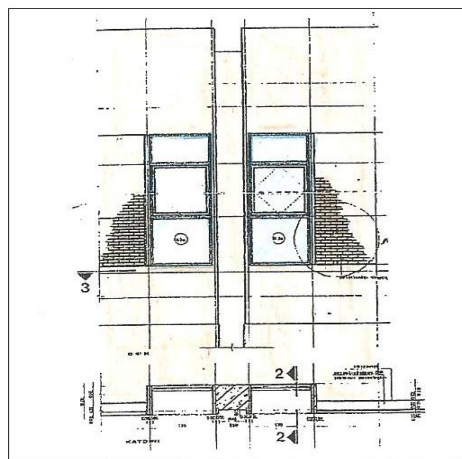
Εικ. 9.34: Τυπική τομή του δαπέδου του υπογείου [16]

Δάπεδο					
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK)	Πυκνότητα α (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα (J/kgK)	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (W/m <sup>2</sup> K) <sup>2</sup>
Μωσαϊκό	1,05	3000	-	0,02	5,4
Στεγάνωση	0,17	500	-	0,01	4,44
Σκυρόδεμα	0,67	1500	-	0,15	2,56
Χαλίκια	0,70	1800	-	0,25	1,91
ΣΥΝΟΛΟ :				0,43	1,21

Εικ. 9.35: στρώσεις υλικών δαπέδου του υπογείου και υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας [16]

### 9.3.2.5 Ανοίγματα

Στην πλειοψηφία τους, τα ανοίγματα του κτιρίου είναι τυποποιημένα και έχουν διαστάσεις: πλάτος 1,05 μέτρα και ύψος 1,8 μέτρα. Τα κουφώματα είναι σύνθετου τύπου και αποτελούνται από σταθερό φεγγίτη και παράθυρο περιστρεφόμενο γύρω από οριζόντιο άξονα.



Εικ. 9.36: Σχέδιο τυπικών εξωτερικών ανοιγμάτων [16]

Μεγάλα ανοίγματα υπάρχουν και κατά μήκος των διαδρόμων του κτιρίου στα οποία έχουν τοποθετηθεί υαλοστάσια όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικ. 9.37: Υαλοστάσια κατά μήκος διαδρόμου της πτέρυγας Θ

Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαμόρφωση των ανοιγμάτων των όψεων του κτιρίου είναι ανεξάρτητη από τον προσανατολισμό τους. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα των βόρειων και νότιων όψεων των αιθρίων, οι οποίες φέρουν τον ίδιο αριθμό και τύπο ανοιγμάτων.

Τα πλαίσια των ανοιγμάτων του κτιρίου είναι μεταλλικά και φέρουν μονούς υαλοπίνακες. Οι συνολικές επιφάνειες τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Εξωτερικά Παράθυρα			
Προσανατολισμός	Τύπος	Υαλοπίνακες	Προστασία
Βόρειος	Μεταλλικό πλαίσιο	Μονοί	-
Νότιος	Μεταλλικό πλαίσιο	Μονοί	-
Ανατολικός	Μεταλλικό πλαίσιο	Μονοί	-
Δυτικός	Μεταλλικό πλαίσιο	Μονοί	-

Εικ 9.38: Περιγραφή των εξωτερικών παραθύρων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων με μονά υαλοστάσια είναι ίσος με  $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης, για την Β' Κλιματική Ζώνη στην οποία ανήκει η Αθήνα, απαιτούνται διπλά υαλοστάσια, με συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με  $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , στον βόρειο, δυτικό, βορειοδυτικό και βορειοανατολικό προσανατολισμό.

### 9.3.3 Ηλιοπροστασία

Στην πλειοψηφία τους τα ανοίγματα των όψεων του κτιρίου δεν διαθέτουν μέσα εξωτερικής ηλιοπροστασίας. Ωστόσο, οι διάφορες όψεις έχουν σχεδιαστεί με εσοχές και κατακόρυφα στοιχεία που συμβάλλουν στον σκιασμό των παραθύρων. Η διαμόρφωση αυτή παρατηρείται τόσο σε νότιες όσο και σε βόρειες όψεις, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό των παραθύρων. Επιπλέον, σε όλες τις στάθμες του κτιρίου στην νότια και στην βόρεια όψη της πτέρυγας Δ έχουν τοποθετηθεί εξωτερικοί διάδρομοι πρόσβασης και διαφυγής των εργαστηρίων οι οποίοι συμβάλλουν στην ηλιοπροστασία των χώρων αυτών.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τον νότιο προσανατολισμό, η τοποθέτηση του ανοίγματος σε εσοχή λειτουργεί ηλιοπροστατευτικά, διασφαλίζοντας τον πλήρη



σκιασμό του κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης, στην ηλιοπροστασία των νότιων ανοιγμάτων συμβάλλουν σημαντικά και οι εξωτερικοί διάδρομοι πρόσβασης και διαφυγής των εργαστηρίων, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από μεταλλικό πλέγμα (τύπου orso grill). Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαμόρφωση αυτή των όψεων ενώ προστατεύει τα ανοίγματα από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, δεν αποκλείει τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.



*Εικ. 9.39: Εξωτερικοί διάδρομοι πρόσβασης και διαφυγής των εργαστηρίων στη νότια-βόρεια όψη της πτέρυγας Δ*

Ακόμη, σημαντικό ρόλο στην προστασία του κτιρίου από τον ήλιο έχουν τα κινητά ηλιοπροστατευτικά στόρια που είναι τοποθετημένα στα περισσότερα γραφεία και στα εργαστήρια.



*Εικ. 9.40: Ηλιοπροστατευτικά στόρια στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 της πτέρυγας Δ*

Επίσης, στις αίθουσες διδασκαλίας της στάθμης 2 έχει δοθεί βορειοδυτική κλίση στα παράθυρα, ώστε να αποφευχθεί η άμεση ηλιακή ακτινοβολία που παρέχει ο δυτικός προσανατολισμός και να εξασφαλιστεί μία πιο σταθερή κατανομή του



φωτισμού. Επιπλέον, τα νότια και βόρεια παράθυρα στο αναγνωστήριο της στάθμης 2 της πτέρυγας Α έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα στο επάνω μέρος της αίθουσας.



Εικ. 9.41: Βορειοδυτικά προσανατολισμένα παράθυρα στην δυτική όψη της πτέρυγας Α



Εικ. 9.42: Παράθυρα στο επάνω μέρος της αίθουσας στο αναγνωστήριο της στάθμης 2 της πτέρυγας Α

Ακόμη, στην ηλιοπροστασία του κτιρίου συμβάλλει και η πυκνή βλάστηση που παρατηρείται τόσο στα αίθρια όσο και σε διάφορα άλλα σημεία του κτιρίου. Τέλος, ένα μεγάλο μέρος του κτιρίου σκιάζεται από τα γειτονικά κτίρια αλλά και λόγω του μεγάλου κτιριακού όγκου του ίδιου.



Εικ. 9.43: Βλάστηση μπροστά από τα ανατολικά γραφεία της στάθμης 2



Εικ. 9.44: Δέντρα που σκιάζουν τη νότια πλευρά της πτέρυγας Α

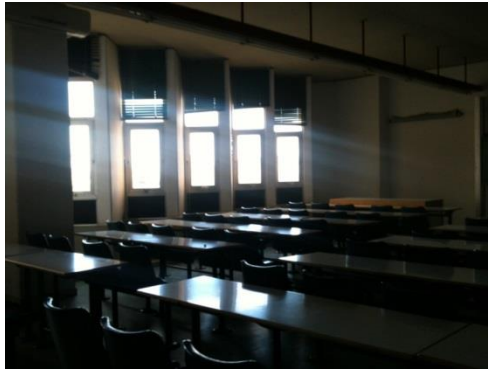
### 9.3.4 Φυσικός φωτισμός

Όπως προαναφέρθηκε, το κτίριο διαθέτει πολυάριθμα ανοίγματα που ενισχύουν το φυσικό φωτισμό του. Βασικό ρόλο κατέχουν τα αίθρια γύρω από τα οποία οργανώνονται οι χώροι του κτιρίου. Όμως, τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού δεν επαρκούν δεδομένου ότι μεγάλο μέρος των ανοιγμάτων σκιάζεται από τον υπόλοιπο κτιριακό όγκο. Αυτό ενισχύεται από την πυκνή βλάστηση που έχει αναπτυχθεί στα αίθρια και σκιάζει περισσότερο τα επίπεδα 1 και 2. Επίσης, οι δύο φωταγωγοί που βρίσκονται στους εσωτερικούς διαδρόμους της Πτέρυγας Δ δεν έχουν αξιοποιηθεί κατάλληλα και συνεπώς δεν συνεισφέρουν στον φυσικό φωτισμό.

Επομένως, το κτίριο παρουσιάζει αρκετά χαμηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού και στο μεγαλύτερο μέρος του είναι αναγκαία η χρήση τεχνητού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Ωστόσο, στα υψηλότερα ανοίγματα των επιπέδων 3 και 4, και ειδικότερα στον νότιο προσανατολισμό, τα επίπεδα φυσικού φωτισμού τις μεσημεριανές ώρες είναι ιδιαίτερα υψηλά με αποτέλεσμα να προκαλείται θάμβωση. Για την αποφυγή αυτής χρησιμοποιούνται κινητά στόρια. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι τα στόρια παραμένουν μονίμως κατεβασμένα, τόσο στα γραφεία, όσο και στα γραφεία, είτε διότι πολλά από αυτά είναι χαλασμένα, είτε από προσωπική επιλογή των χρηστών, με αποτέλεσμα να μην αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός των χώρων.

Η αναλυτική κατανομή του φυσικού φωτισμού, μετά από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορους αντιπροσωπευτικούς χώρους του κτιρίου, παρουσιάζεται στο παρακάτω Κεφάλαιο 10.



*Εικ. 9.45: Φυσικός φωτισμός στις δυτικές αίθουσες διδασκαλίας της στάθμης 2*



*Εικ. 9.46: Φυσικός φωτισμός στο βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ*

### **9.3.5 Τεχνητός φωτισμός**

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464–1:2002 για τον ορθό σχεδιασμό και τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των συστημάτων τεχνητού φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες απαιτήσεις όχι μόνο της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος ( $W/m^2$ ) γενικού φωτισμού αλλά και της στάθμης φωτισμού (lux) για τους διάφορους χώρους του υπό μελέτη κτιρίου, αναλόγως της λειτουργίας τους.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ελάχιστα όρια της έντασης φωτισμού και της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού για κάθε χώρο, ανάλογα με τη χρήση του, όπως αυτά ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

Χώρος	Στάθμη φωτισμού (lux)	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m <sup>2</sup> )
Γραφεία	500	15
Εργαστήρια	500	15
Αίθουσα διδασκαλίας τριτοβάθμιας εκπαίδευσης	500	15
Αποθήκες	150	15
Διάδρομοι	100	15
Κλιμακοστάσια	150	15

Εικ. 9.47: Όρια εντάσεως και εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού ανάλογα με τη χρήση χώρων [29]

Η τιμή της στάθμης φωτισμού που δίνεται για κάθε χώρο είναι η μέση απαιτούμενη εργονομική στάθμη.

Το υφιστάμενο σύστημα φωτισμού αποτελείται κυρίως από γραμμικά φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8 και με ηλεκτρομαγνητικό ballast. Εξάιρεση αποτελούν ορισμένα φωτιστικά οροφής με λάμπες πυρακτώσεως που συναντώνται σε χώρους υγιεινής και σε ορισμένους διαδρόμους.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλα τα είδη φωτιστικών που βρέθηκαν στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Η ρύθμιση των φωτιστικών σωμάτων γίνεται από τοπικούς διακόπτες.

Είδος φωτιστικού	Είδος λαμπτήρα	Με ηλεκτρομαγνητικό ballast	Με διαχυτικό κάλυμμα	Με ανακλαστική περσίδα
2x36W	T8	√		
4x18W	T8	√		√
2x18W	T8	√		√
1x36W	T8	√	√	
1x58W	T8	√	√	
1x18W	T8	√	√	
2x18W	T8	√	√	
3x36W	T8	√	√	
2x36W	T8	√	√	
4x36W	T8	√	√	
40W	πυρακτώσεως			
60W	πυρακτώσεως			

Εικ. 9.48: Είδη φωτιστικών σωμάτων που υπάρχουν στο κτίριο [27]

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται ότι η ένταση του φωτισμού στο αναγνωστήριο της στάθμης 2 δεν παρουσιάζει σημαντική αύξηση με και χωρίς την χρήση τεχνητού φωτισμού κατά τις μεσημεριανές ώρες.



Εικ. 9.49: Σύγκριση φυσικού και τεχνητού φωτισμού στο αναγνωστήριο της στάθμης 2 της πτέρυγας Α

Μετά από επίσκεψη στους χώρους του κτιρίου παρατηρήθηκε ότι τα φώτα, ιδίως στους διαδρόμους, παραμένουν συνεχώς αναμμένα κατά τη διάρκεια της ημέρας με μεγάλη κατασπατάληση ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι η συνεισφορά των αιθρίων και των φωταγωγών στον φυσικό φωτισμό των διαδρόμων είναι ανεπαρκής. Ακόμη, υπάρχει έλλειψη του κατάλληλου συστήματος ρύθμισης για τα φώτα και αδυναμία ρύθμισης του φωτισμού από τους χρήστες του κτιρίου.



Εικ. 9.50: Τεχνητός φωτισμός στους διαδρόμους της πτέρυγας Α και Δ αντίστοιχα

### 9.3.6 Εγκαταστάσεις θέρμανσης

Η θέρμανση των χώρων του κτιρίου πραγματοποιείται μέσω τυπικών θερμαντικών σωμάτων (fan coils) που καταναλώνουν φυσικό αέριο. Από τους οκτώ λέβητες που υπάρχουν συνολικά στο κτίριο Χημικών μηχανικών για το μεσαίο τμήμα χρησιμοποιούνται οι δύο. Οι εν λόγω λέβητες κατασκευάστηκαν το 1986 και

βρίσκονται στο λεβητοστάσιο, στο υπόγειο του κτιρίου. Είναι τύπου CUENOD C100 και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

<b>Κατανάλωση</b>	<b>800 θερμίδες</b>
<b>Παραγωγή</b>	<b>800000 kcal/h</b>
<b>Πίεση λειτουργίας</b>	<b>4 atm</b>
<b>Πίεση δοκιμής</b>	<b>5 atm</b>

Εικ. 9.51: Χαρακτηριστικά συστήματος θέρμανσης [26]



Εικ. 9.52: Λεβητοστάσιο [26]

Οι λέβητες τίθενται σε λειτουργία στα μέσα περίπου του φθινοπώρου και σταματούν να λειτουργούν την άνοιξη. Η ημερομηνία έναρξης και λήξης της λειτουργίας τους εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της εκάστοτε χρονιάς. Ρυθμίζονται ούτως ώστε να λειτουργούν από τις 6:00π.μ. ως τις 12:00 το μεσημέρι όλες τις μέρες που λειτουργεί η Σχολή. Επίσης, με τη χρήση θερμοστάτη έχουν ρυθμιστεί ούτως ώστε να διακόπτεται αυτόματα η λειτουργία τους όταν η θερμοκρασία του νερού τους φτάσει τους 60°.



Εικ. 9.53: Σώματα θέρμανσης στις αίθουσες διδασκαλίας [27]





Εικ. 9.54: Αεραγωγοί για τη θέρμανση του αμφιθεάτρου

### 9.3.7 Εγκαταστάσεις κλιματισμού

Ο κλιματισμός των χώρων επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων. Κλιματιστικά υπάρχουν σε όλα τα γραφεία, τα εργαστήρια και το αναγνωστήριο, ενώ οι αίθουσες διδασκαλίας και οι διάδρομοι δεν κλιματίζονται. Το αμφιθέατρο διαθέτει αυτόνομο σύστημα ψύξης σε παράπλευρο χώρο. Η κεντρικές μονάδες των κλιματιστικών σωμάτων βρίσκονται είτε στην εξωτερική πλευρά του κάθε χώρου, συνήθως στα αίθρια, είτε στην ταράτσα όπου το πρώτο δεν είναι εφικτό. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι ορισμένα από αυτά είναι πολύ παλαιάς τεχνολογίας.

Η συχνότητα λειτουργίας των κλιματιστικών σωμάτων και του συστήματος ψύξης του αμφιθεάτρου εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και από τη βούληση των χρηστών. Το χρονικό διάστημα λειτουργίας υπολογίζεται κατά προσέγγιση γύρω στους τρεις μήνες, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κατά τους μήνες, Ιούνιο, Ιούλιο, και Αύγουστο.

Ο τύπος των κλιματιστικών διαφέρει από χώρο σε χώρο. Ενδεικτικά βρέθηκαν κλιματιστικά με ισχύ 9.000 Btu/h, 12.000 Btu/h, 24.000 Btu/h, 12.600 Btu/h, 11.000 Btu/h, 18.000 Btu/h, 16.000 Btu/h, 8.000 Btu/h και 12.500 Btu/h. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά των γραφείων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>Ψυκτική απόδοση</b>	<b>18000 Btu/h</b>
<b>Κατανάλωση</b>	<b>2235 W</b>
<b>Πίεση λειτουργίας</b>	<b>10A</b>

Εικ. 9.55: Χαρακτηριστικά συστήματος λειτουργίας [26]

Για τον κλιματισμό του αμφιθεάτρου έχει εγκατασταθεί μία μεγάλη μονάδα, κατασκευασμένη τον Ιούνιο του 1999, που βρίσκεται στο δώμα του κτιρίου. Είναι τύπου FAWH 1064 SCR ΔΚ65233, με αριθμό κατασκευής 0699042131 και χαρακτηριστικά:

<b>Ψυκτική απόδοση/Απορροφ.ισχύς</b>	<b>274,42 kW (936360Btu/h) / 86,4 kW</b>
<b>Θερμική απόδοση/Απορροφ.ισχύς</b>	308,8 kW / 81,6 kW
<b>Ηλεκτρική παροχή</b>	380V
<b>Ρεύμα λειτουργίας/Εκκίνησης</b>	140 A / 167A
<b>Τύπος φρέον/Ποσότητα</b>	R22 / 4/10
<b>Τύπος ψυκτελαίου/Ποσότητα</b>	SUNISO 3GS / 4/38 + 4/66
<b>Βάρος μηχανήματος</b>	2500 kg

*Εικ. 9.56: Χαρακτηριστικά συστήματος κλιματισμού αμφιθεάτρου [26]*



*Εικ. 9.57: Εξωτερικές μονάδες κλιματισμού των εργαστηρίων της πτέρυγας Δ και Κεντρική μονάδα κλιματισμού του αμφιθεάτρου*



*Εικ. 9.58: Κλιματιστικό σώμα στο αναγνωστήριο της στάθμης 2 της πτέρυγας Α*



### 9.3.8 Ηλεκτρικός και μηχανολογικός εξοπλισμός

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός των χώρων του κτιρίου εκτιμήθηκε με επί τόπου μετρήσεις και καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών που υπάρχουν. Αξίζει να τονιστεί ότι στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό δεν συμπεριλαμβάνεται το σύστημα θέρμανσης-ψύξης και τα κλιματιστικά σώματα.

- Τα βασικά είδη ηλεκτρικών συσκευών που διαθέτει το κτίριο είναι τα εξής:
  - Ηλεκτρονικοί υπολογιστές (300-700 W)
  - Εκτυπωτές inkjet (500W όταν είναι σε λειτουργία και 10W όταν είναι σε κατάσταση stand by)
  - Εκτυπωτές laser (45W όταν είναι σε λειτουργία και 10W όταν είναι σε κατάσταση stand-by)
  - Φωτοτυπικά (1400W όταν είναι σε λειτουργία και 30W όταν είναι σε κατάσταση stand-by)
  - Σαρωτές (43W όταν είναι σε λειτουργία και 15W όταν είναι σε κατάσταση stand-by)
  - Πολυμηχανήματα (520W όταν είναι σε λειτουργία και 20W όταν είναι σε κατάσταση stand-by)
  - Μηχανές fax (800W όταν είναι σε λειτουργία και 20W όταν είναι σε κατάσταση stand-by)
  - Μηχανήματα προβολής εικόνων (800W)
- Τα είδη οικιακών ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:
  - Ψυγεία (90W)
  - Φούρνοι (5000W)
  - Φούρνοι μικροκυμάτων (700W)
  - Καφετιέρες (900W)
  - Βραστήρες (2200W)

- Ανεμιστήρες (50W)
- Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα (2500W) <sup>[27]</sup>



Εικ. 9.59: Μηχανολογικός εξοπλισμός

### 9.3.9 Περιβάλλον χώρος – Βλάστηση

Στα αίθρια του κτιρίου έχει αναπτυχθεί έντονη βλάστηση η οποία σε ορισμένα σημεία έχει καλύψει και τις επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο τα οφέλη της βλάστησης είναι πολλαπλά καθώς προσφέρουν την απαραίτητη δροσιά και ηλιοπροστασία κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες, ενώ αποτελούν μία ευχάριστη εικόνα για τους χρήστες. Ωστόσο, δεν υπάρχει μέριμνα για την περιποίηση της με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιπτώσεις να εμποδίζει τον επιθυμητό φυσικό φωτισμό των χώρων.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η αναρριχώμενη βλάστηση στη νότια πλευρά της πτέρυγας Ε και η πυκνή βλάστηση αίθριο βόρεια της πτέρυγας Δ.



Εικ. 9.60: Διαμόρφωση αιθρίου

#### 9.4 Βασικά προβλήματα του κτιρίου

Το αρχικό αρχιτεκτονικό σχέδιο δεν μπορούσε να εξυπηρετήσει τις λειτουργίες μιας πανεπιστημιακής σχολής, εξαιτίας της έλλειψης χώρων γραφείων και αιθουσών διδασκαλίας. Αντίθετα, υπήρχαν μεγάλες επιφάνειες που καταλάμβαναν οι κοινόχρηστοι χώροι (σχεδόν το 70%). Κατά διαστήματα έγιναν επεμβάσεις κατασκευής καινούριων γραφείων σε αχρησιμοποίητους χώρους, χωρίς όμως να ακολουθείται κάποιος συγκεκριμένος στρατηγικός σχεδιασμός. Επίσης, το 2006 προστέθηκε μια καινούρια πτέρυγα με εργαστήρια και γραφεία που συνδέεται με το βόρειο τμήμα του κτιρίου και εκτείνεται ανατολικά του.

Ακόμη, το κτίριο παρουσιάζει σοβαρό πρόβλημα θέρμανσης και δεν εκμεταλλεύεται σχεδόν καθόλου τον φυσικό φωτισμό. Τα χαμηλότερα επίπεδα των διαδρόμων είναι ανοιχτά και σχηματίζουν πιλοτές, μια κοινή πρακτική της αρχιτεκτονικής του '60 που αποδείχτηκε μη λειτουργική και στις μέρες μας έχει εγκαταλειφθεί.



Εικ. 9.61: Ανοίγματα στους διαδρόμους της πτέρυγας Α

Το 2002 πραγματοποιήθηκε, από ερευνητική ομάδα του Ε.Μ.Π., πρότυπος ανασχεδιασμός του κτιρίου, με ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη νότια όψη του, μετά την επιλογή σχετικής πρότασης στα πλαίσια Ευρωπαϊκού ανταγωνιστικού προγράμματος επίδειξης στον τομέα της ηλιακής ενέργειας στα κτίρια.<sup>[16]</sup>

Ωστόσο, η βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης δεν βελτιώθηκε αισθητά και υπάρχουν ακόμη μεγάλα περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής του απόδοσης.



## 10. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

---

### 10.1 Εισαγωγή

Για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο μεσαίο τμήμα του κτιρίου Χημικών μηχανικών χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά θερμοϋγρόμετρα, τα οποία αποκομήθηκαν από το Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών του Ε.Μ.Π. κατόπιν δανεισμού, και τοποθετήθηκαν σε διάφορα αντιπροσωπευτικά σημεία του κτιρίου (αίθουσες, γραφεία, διαδρόμους).

Οι μετρήσεις είχαν ως στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου και τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν.

Τα θερμοϋγρόμετρα είναι όργανα που, μέσω του αισθητήρα τους, καταγράφουν και αποθηκεύουν ανά καθορισμένα χρονικά διαστήματα τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία ενός χώρου (data-loggers).



Εικ. 10.1: Θερμοϋγρόμετρο

Η ενεργοποίησή τους, η ρύθμιση της ώρας και της συχνότητας των μετρήσεων και η απενεργοποίησή τους πραγματοποιήθηκε μέσω σύνδεσης των θερμοϋγρόμετρων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και χρήση του προγράμματος Tinytag. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ρυθμίστηκαν ώστε να παίρνουν μία μέτρηση ανά τέταρτο. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη, και στο τέλος των μετρήσεων λαμβάνονται μέσω του προγράμματος σε μορφή excel ή με τη μορφή διαγραμμάτων, με δυνατότητα εστίασης σε επιθυμητό χρονικό διάστημα.

Η τοποθέτηση έγινε σε χώρους που θεωρήθηκαν ως αντιπροσωπευτικοί. Δόθηκε σημασία στο να επιλεγθούν χώροι με διαφορετικούς προσανατολισμούς, ορόφους και χρήσεις.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο περιόδους. Η πρώτη περίοδος μετρήσεων έγινε το Μάρτη του 2012 και η δεύτερη τον Δεκέμβρη του 2012.

Κατά την πρώτη περίοδο του Μαρτίου, οι μετρήσεις διήρκεσαν δύο εβδομάδες λόγω του περιορισμού των διαθέσιμων θερμοϋγρόμετρων.

Την 1<sup>η</sup> εβδομάδα, από τη Δευτέρα 12 Μαρτίου 2012 έως τη Δευτέρα 19 Μαρτίου 2012 χρησιμοποιήθηκαν τρία θερμοϋγρόμετρα, από τα οποία ένα τοποθετήθηκε στο εργαστήριο της στάθμης 1 στην πτέρυγα Β του βόρειου τμήματος του κτιρίου, θεωρώντας ότι οι συνθήκες είναι παρόμοιες με το αντίστοιχο εργαστήριο του μεσαίου τμήματος της πτέρυγας Δ. Τα άλλα δύο τοποθετήθηκαν στο αμφιθέατρο, εκ των οποίων το ένα τοποθετήθηκε στην στάθμη 1, στο επάνω τμήμα του χώρου, και το άλλο στην στάθμη 0, δηλαδή στο κάτω τμήμα του αμφιθεάτρου, ώστε να έχουμε πιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα για τον χώρο.

Την 2<sup>η</sup> εβδομάδα, από την Δευτέρα 19 Μαρτίου 2012 έως τη Δευτέρα 26 Μαρτίου 2012 χρησιμοποιήθηκαν επίσης τρία θερμοϋγρόμετρα, το ένα στο μεσαίο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 και το άλλο στο διάδρομο της ίδιας πτέρυγας και της ίδιας στάθμης. Τέλος, τοποθετήθηκε ένα θερμοϋγρόμετρο στο μεσαίο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4, ώστε να γίνει η σύγκριση των δύο ορόφων.

Κατά την δεύτερη περίοδο του Δεκεμβρίου, οι μετρήσεις διήρκεσαν μία εβδομάδα από την Πέμπτη 13 Δεκεμβρίου 2012 έως την Πέμπτη 20 Δεκεμβρίου 2012, όπου τοποθετήθηκαν έξι θερμοϋγρόμετρα στα ίδια σημεία των προηγούμενων μετρήσεων του Μαρτίου. Με αυτό τον τρόπο θέλαμε να πετύχουμε πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα για τις μετρήσεις.

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά τα στοιχεία για τις μετρήσεις με τα θερμοϋγρόμετρα:

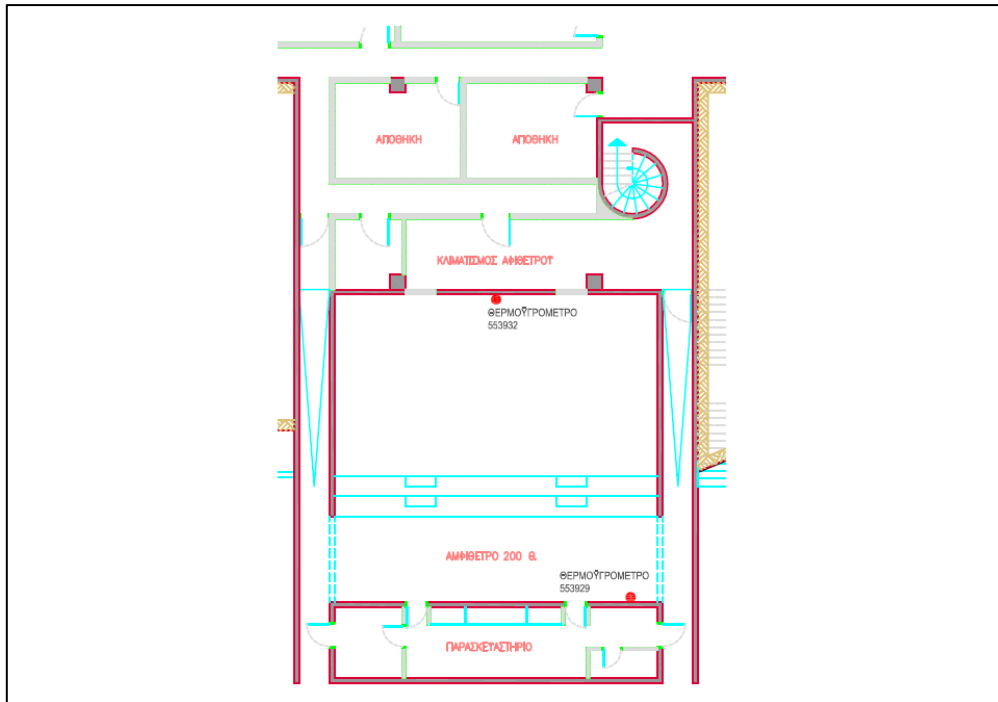
<b>1<sup>η</sup> Περίοδος Μετρήσεων</b>			
<b>Χώρος</b>	<b>Κωδικός συσκευής</b>	<b>Ημερομηνία-ώρα</b>	
		<b>Έναρξη μετρήσεων</b>	<b>Λήξη μετρήσεων</b>
Αμφιθέατρο στάθμη 0	553929	12/3/2012 16:25	19/3/2012 13:47
Αμφιθέατρο στάθμη 1	553932	12/3/2012 16:20	19/3/2012 13:45
Βόρειο εργαστήριο στάθμης 1	553606	12/3/2012 15:37	19/3/2012 13:25
Γραφείο πτέρυγας Ε στάθμης 4	553929	19/3/2012 14:35	26/3/2012 13:58
Γραφείο πτέρυγας Ε στάθμης 2	553606	19/3/2012 14:50	26/3/2012 13:30
Διάδρομος πτέρυγας Ε στάθμης 2	553932	19/3/2012 14:45	26/3/2012 13:32

*Εικ. 10.2: Συνοπτική παρουσίαση χρονοδιαγράμματος 1<sup>ης</sup> περιόδου μετρήσεων*

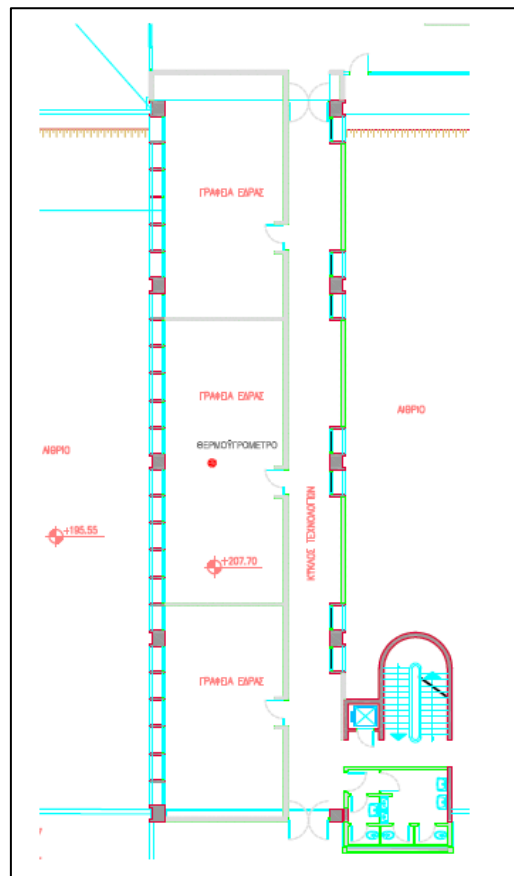
<b>2<sup>η</sup> Περίοδος Μετρήσεων</b>			
<b>Χώρος</b>	<b>Κωδικός συσκευής</b>	<b>Ημερομηνία-ώρα</b>	
		<b>Έναρξη μετρήσεων</b>	<b>Λήξη μετρήσεων</b>
Αμφιθέατρο στάθμη 0	553946	13/12/2012 13:15	20/12/2012 14:50
Αμφιθέατρο στάθμη 1	553912	13/12/2012 13:10	20/12/2012 14:48
Βόρειο εργαστήριο στάθμης 1	553930	13/12/2012 12:45	20/12/2012 14:56
Γραφείο πτέρυγας Ε στάθμης 4	553907	13/12/2012 13:48	20/12/2012 15:15
Γραφείο πτέρυγας Ε στάθμης 2	553917	13/12/2012 10:53	20/12/2012 14:43
Διάδρομος πτέρυγας Ε στάθμης 2	553611	13/12/2012 13:20	20/12/2012 14:43

*Εικ. 10.3: Συνοπτική παρουσίαση χρονοδιαγράμματος 2<sup>ης</sup> περιόδου μετρήσεων*

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κατόψεις των χώρων του κτιρίου στους οποίους τοποθετήθηκαν τα θερμοϋγρόμετρα, καθώς και η χαρακτηριστική θέση των θερμοϋγρόμετρων που σημειώνεται με κόκκινο χρώμα.

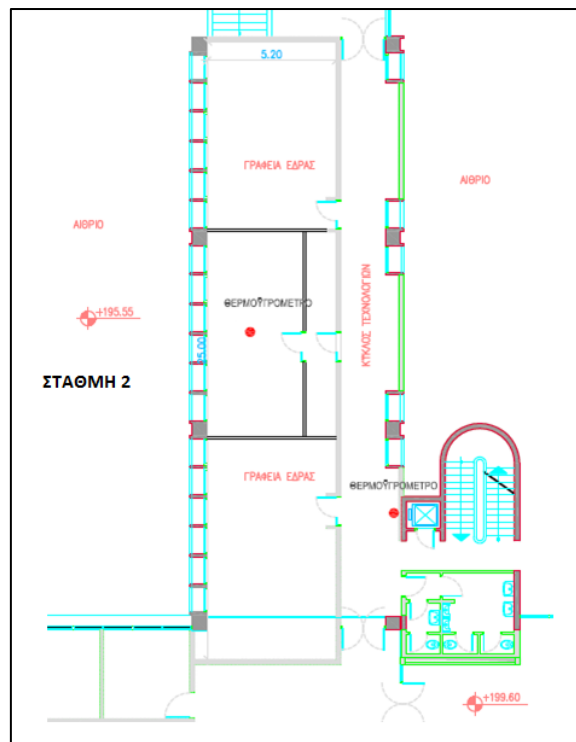


Εικ. 10.4: Τοποθέτηση θερμογρόμετρων στο αμφιθέατρο



Εικ. 10.5: Τοποθέτηση θερμογρόμετρων στο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4

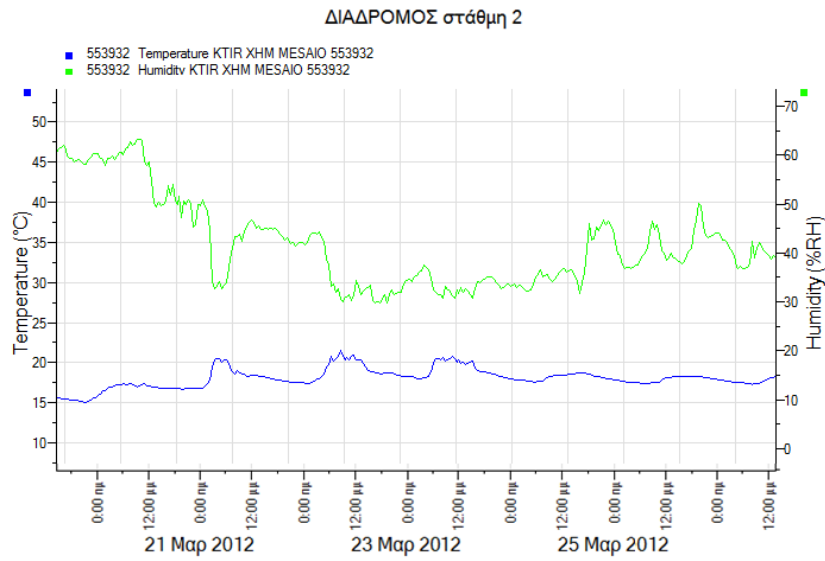




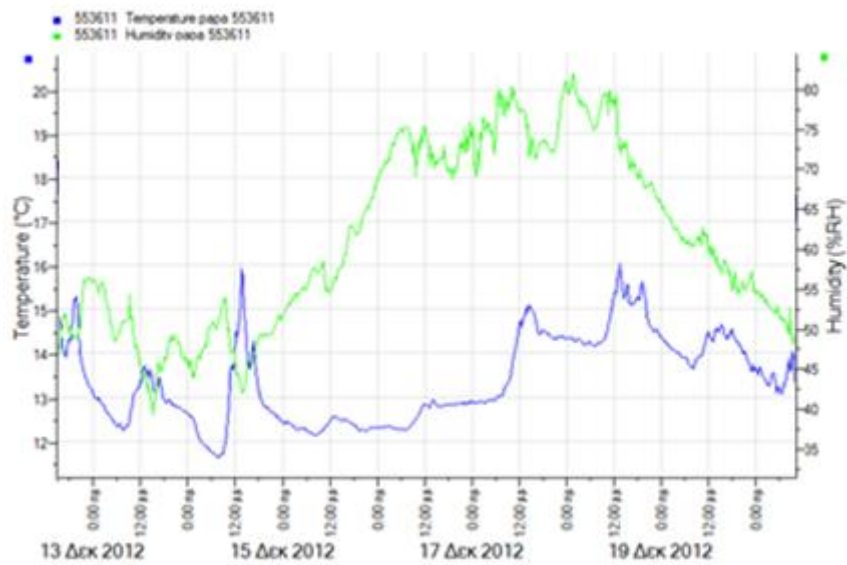
Εικ. 10.6: Τοποθέτηση θερμοϋγρόμετρων στο γραφείο και στο διάδρομο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2

## 10.2 Διαγράμματα θερμοκρασίας και υγρασίας

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.

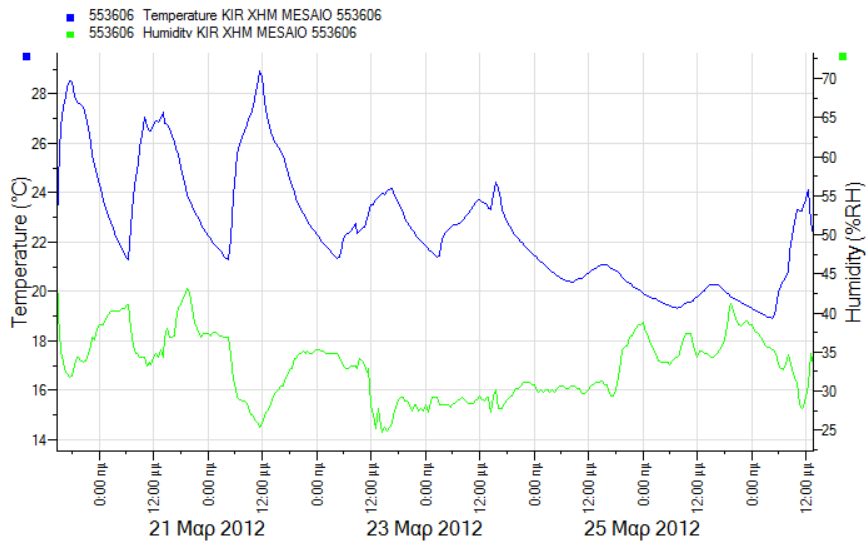


Εικ. 10.7: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στον διάδρομο της πτέρυγας E της στάθμης 2 κατά την περίοδο Μαρτίου

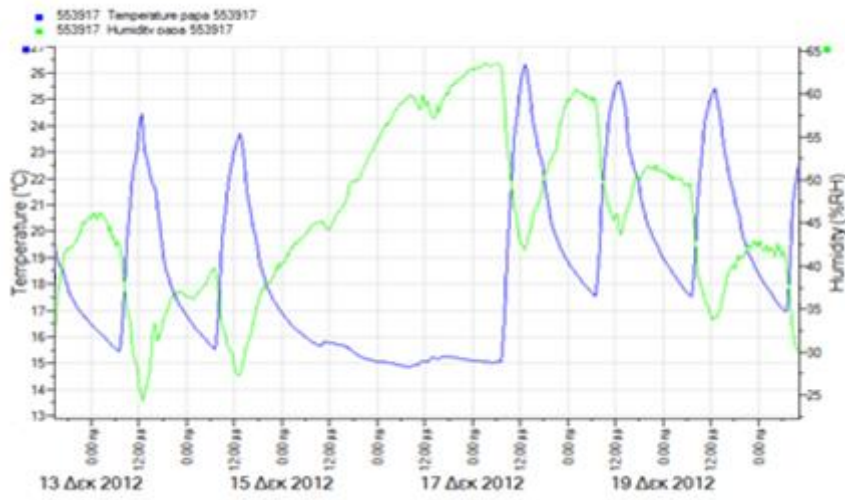


Εικ. 10.8: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στον διάδρομο της πτέρυγας E της στάθμης 2 την περίοδο Δεκεμβρίου

ΓΡΑΦΕΙΟ στάθμη 2

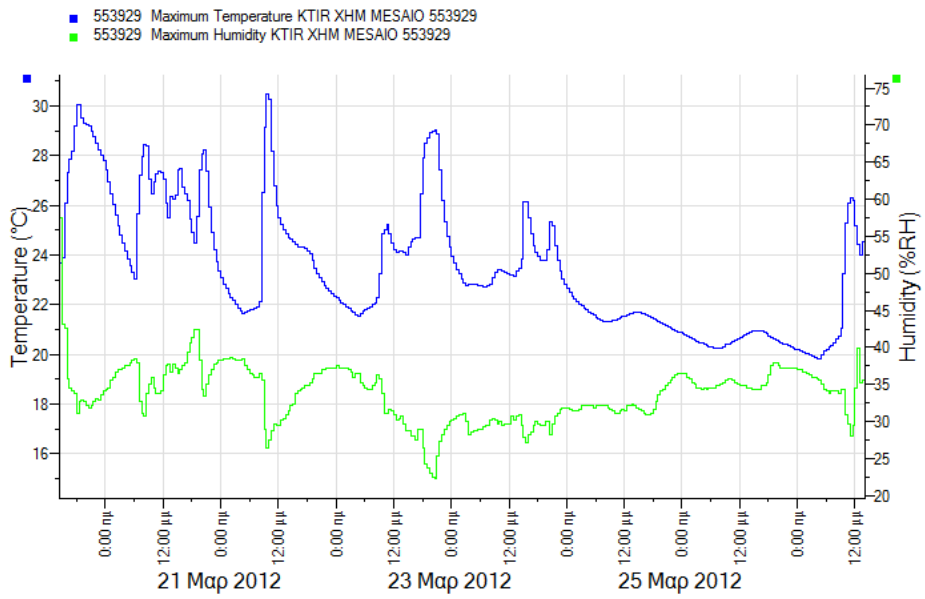


Εικ. 10.9: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2 την περίοδο Μαρτίου

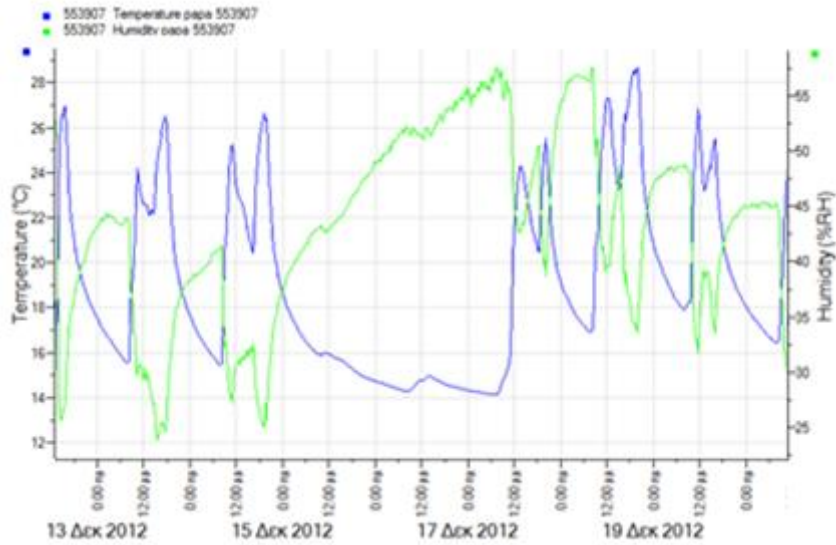


Εικ. 10.10: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2 την περίοδο Δεκεμβρίου

### ΓΡΑΦΕΙΟ στάθμη 4

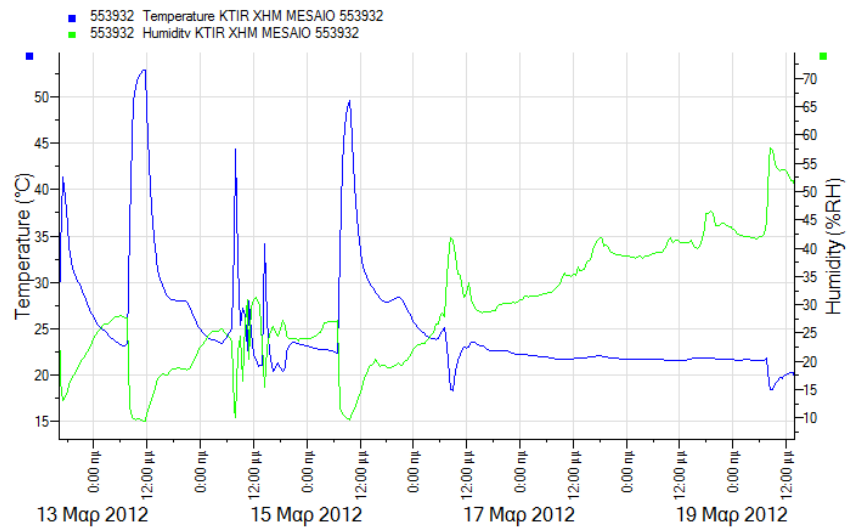


Εικ. 10.11: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 4 την περίοδο Μαρτίου

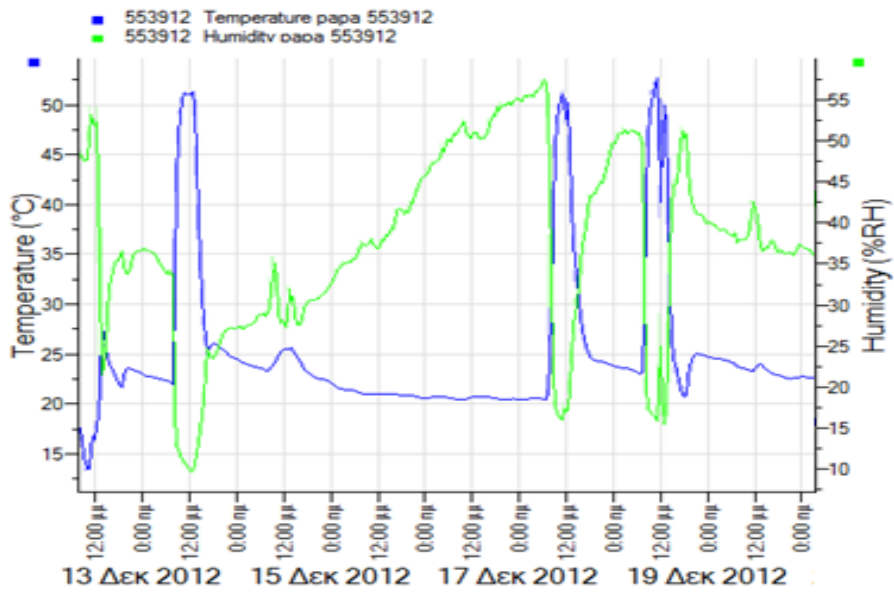


Εικ. 10.12: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 4 την περίοδο Δεκεμβρίου

### ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ στάθμη 1

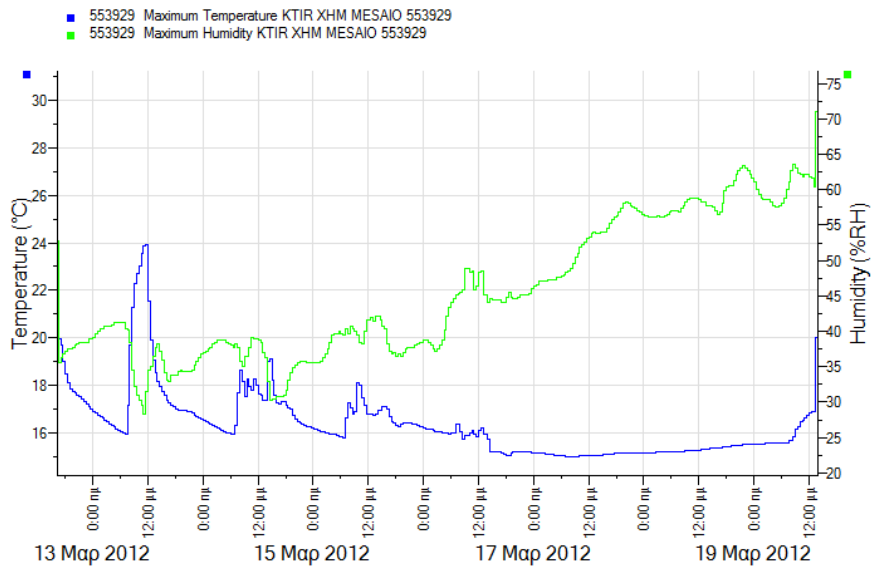


Εικ. 10.13: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο αμφιθέατρο της στάθμης 1 την περίοδο Μαρτίου

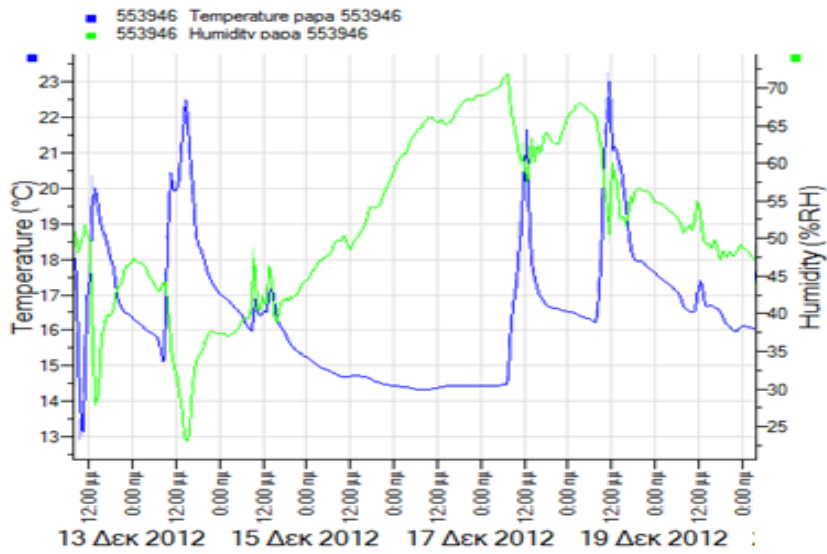


Εικ. 10.14: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο αμφιθέατρο της στάθμης 1 την περίοδο Δεκεμβρίου

### ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ στάθμη 0

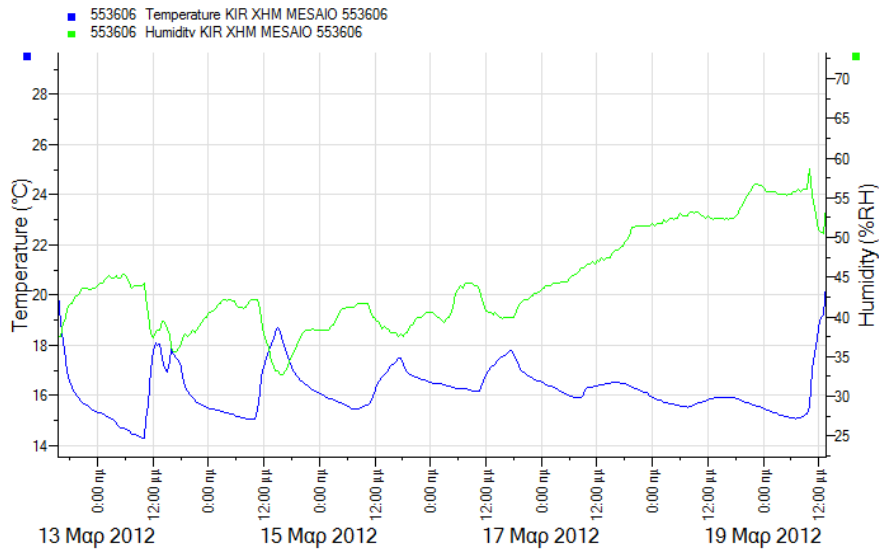


Εικ. 10.15: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο αμφιθέατρο της στάθμης 0 την περίοδο Μαρτίου

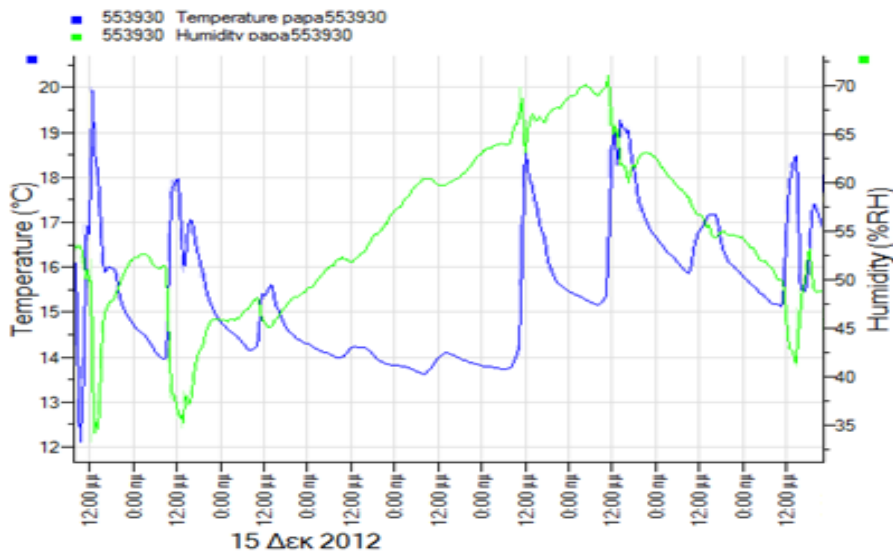


Εικ. 10.16: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο αμφιθέατρο της στάθμης 0 την περίοδο Δεκεμβρίου

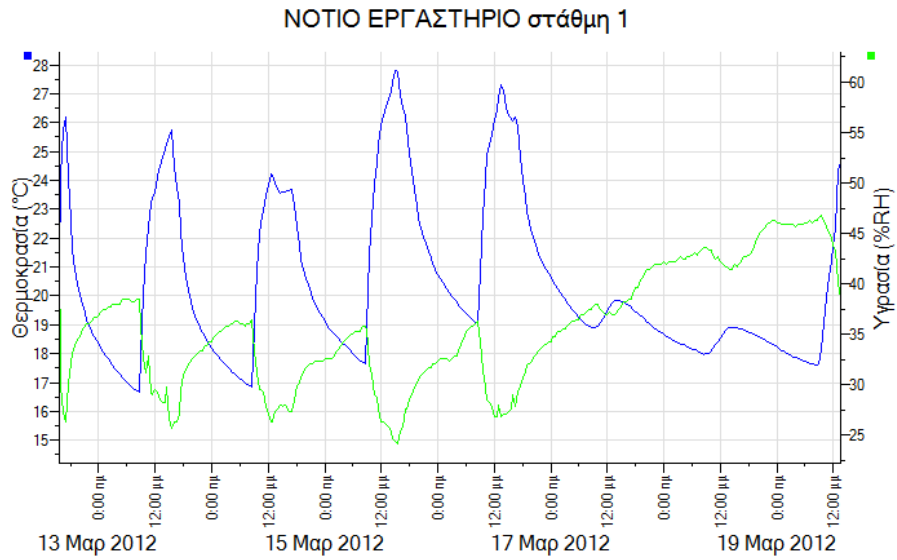
### ΒΟΡΕΙΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ στάθμη 1



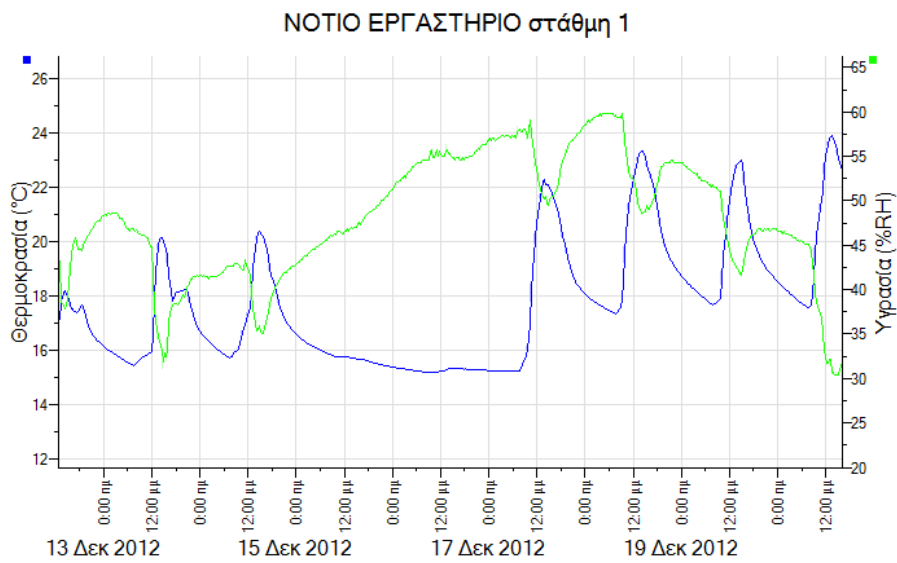
Εικ. 10.17: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 την περίοδο Μαρτίου



Εικ. 10.18: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 την περίοδο Δεκεμβρίου



Εικ. 10.19: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 1 την περίοδο Μαρτίου [27]



Εικ. 10.20: Διάγραμμα θερμοκρασίας-υγρασίας στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 1 την περίοδο Δεκεμβρίου [27]



### 10.2.1 Διάδρομος της στάθμης 2 της πτέρυγας E

Στον διάδρομο της πτέρυγας E της στάθμης 2, την περίοδο του Μαρτίου δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 22°C και 24°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 30% και 58%.

Την περίοδο του Δεκεμβρίου παρατηρούμε μεγαλύτερες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας. Η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε είναι 16°C και σημειώθηκε στις 12:00 το μεσημέρι και η ελάχιστη είναι 11,5°C κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το μέγιστο ποσοστό υγρασίας είναι 82%, ενώ το ελάχιστο είναι 40%.

Είναι φανερό, ότι κατά την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας είναι αισθητά πιο χαμηλές σε σύγκριση με τις τιμές του Μαρτίου και αντίστοιχα το ποσοστό υγρασίας φτάνει σε πιο υψηλά επίπεδα. Μπορούμε να πούμε ότι το επίπεδο θερμικής άνεσης αποκλίνει από τα επιθυμητά όρια, διότι τα ποσοστά υγρασίας κάποιες ώρες της ημέρας ξεπερνάνε κατά πολύ το ανώτερο επιτρεπτό όριο που είναι 60%. Όμως, οι αποκλίσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν εύλογες διότι παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια του σαββατοκύριακου της περιόδου Δεκεμβρίου όπου η σχολή παρέμεινε κλειστή.

### 10.2.2 Γραφείο της στάθμης 2 της πτέρυγας E

Στο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2, παρατηρούμε μεγαλύτερες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας λόγω της χρήσης θέρμανσης τις ώρες λειτουργίας της σχολής. Οι χαμηλότερες τιμές της θερμοκρασίας παρατηρήθηκαν τις μέρες όπου η σχολή παρέμεινε κλειστή κατά τη διάρκεια των σαββατοκύριακων.

Κατά την περίοδο του Μαρτίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 19°C και 29°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 25% και 43%. Την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 13,5°C και 26,5°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 24% και 63%. Δηλαδή, τα επίπεδα

θερμοκρασίας και υγρασίας παραμένουν σε όρια ανεκτά όσον αφορά τη θερμική άνεση των χρηστών.

### **10.2.3 Γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4**

Στο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4, κατά την περίοδο του Μαρτίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 20°C και 32°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 23% και 43%. Την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 14°C και 28,5°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 24% και 57%. Οι συνθήκες θερμικής άνεσης θεωρούνται ικανοποιητικές.

Δεν παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις στα ποσοστά υγρασίας από τις τιμές του αντίστοιχου γραφείου της στάθμης 2, ενώ παρατηρείται μία μικρή αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας κατά 2-3°C στο γραφείο της στάθμης 4.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τις πρωινές ώρες παρατηρείται άνοδος της θερμοκρασίας που φτάνει μία μέγιστη τιμή γύρω στις 12:00 το μεσημέρι, ακολουθεί πτώση της θερμοκρασίας και επάνοδος της κατά τις απογευματινές ώρες, όπου παρατηρούνται και οι μέγιστες τιμές. Αυτή η διαφοροποίηση δηλώνει ότι το γραφείο χρησιμοποιείται και κατά τις απογευματινές ώρες, όπου ο χρήστης ρυθμίζει το σύστημα θέρμανσης σε υψηλότερη θερμοκρασία.

### **10.2.4 Αμφιθέατρο στάθμη 1**

Στο αμφιθέατρο της στάθμης 1, κατά την περίοδο του Μαρτίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 18°C και 53°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 10% και 58%. Την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 21°C και 53°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 10% και 57%. Δηλαδή, παρατηρούνται ίδια επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας τόσο την άνοιξη όσο και το χειμώνα με τη χρήση θέρμανσης.

Οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας παρατηρούνται τις καθημερινές στις 12:00 το μεσημέρι, ενώ οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια των σαββατοκύριακων, όπου και παρέμειναν σταθερές στους 21-22°C.

Οι τιμές θερμοκρασίας στη στάθμη 1 βρίσκονται κατά πολύ πάνω του επιθυμητού ορίου, που είναι περίπου 24°C, γεγονός που καθιστά το επίπεδο θερμικής άνεσης ιδιαίτερα χαμηλό σε αυτό τον χώρο.

#### **10.2.5 Αμφιθέατρο στάθμη 0**

Στο αμφιθέατρο της στάθμης 0, κατά την περίοδο του Μαρτίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 15°C και 24°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 28% και 63%. Την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 14,5°C και 23°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 23% και 72%. Τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι τα ίδια τόσο την άνοιξη όσο και το χειμώνα με τη χρήση θέρμανσης και τις δύο περιόδους.

Σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές στην επάνω στάθμη 1 του αμφιθέατρου, παρατηρείται πτώση της θερμοκρασίας κατά 3-6°C. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο ζεστός αέρας κινείται προς τα πάνω, δηλαδή από τη στάθμη 0 πηγαίνει στη στάθμη 1. Επίσης, το σύστημα θέρμανσης του αμφιθέατρου βρίσκεται στο επάνω μέρος, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο τη θερμοκρασία στη στάθμη 1. Ακόμη, υπάρχουν απώλειες από τις πόρτες που βρίσκονται στη στάθμη 0 και συνήθως παραμένουν ανοιχτές.

Τέλος, στη στάθμη 0 τα ποσοστά υγρασίας βρίσκονται πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια, ενώ στη στάθμη 1 είναι αρκετά πιο κάτω, που σε συνδυασμό με τις μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά μήκος του αμφιθέατρου καθιστά τα επίπεδα θερμικής άνεσης χαμηλό.

#### **10.2.6 Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 της πτέρυγας Β**

Στο βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Β της στάθμης 1, κατά την περίοδο του Μαρτίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 14°C και 20°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 33% και 58%. Την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 13,5°C και 20°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 34% και 71%. Οι συνθήκες θερμικής άνεσης θεωρούνται ικανοποιητικές.

### 10.2.7 Νότιο εργαστήριο της στάθμης 1 της πτέρυγας Β

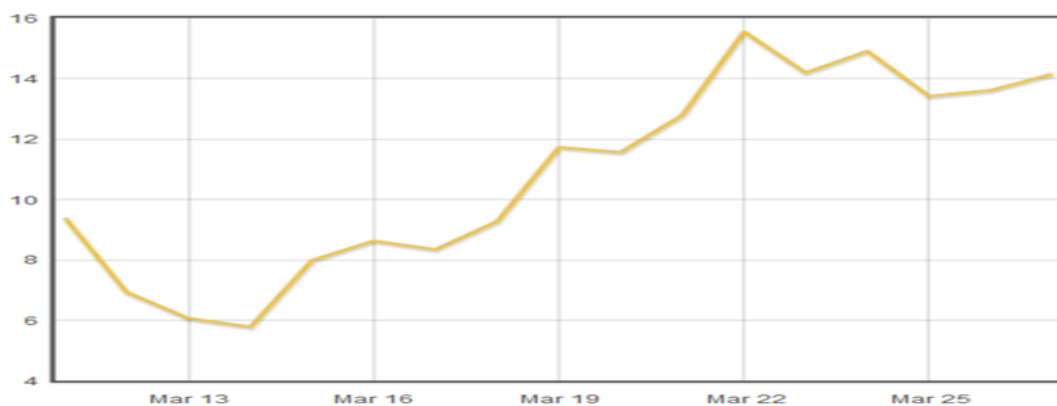
Στο νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Β της στάθμης 1, κατά την περίοδο του Μαρτίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 16,5°C και 28°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 24% και 47%. Την περίοδο του Δεκεμβρίου οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 15°C και 24°C, ενώ το ποσοστό υγρασίας μεταξύ του 30% και 60%. Οι συνθήκες θερμικής άνεσης θεωρούνται ικανοποιητικές, όπως και στο βόρειο εργαστήριο. Το νότιο εργαστήριο παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά 2-8°C και χαμηλότερα ποσοστά σχετικής υγρασίας κατά 10%, σε σύγκριση με το βόρειο και στις δύο περιόδους μέτρησης, γεγονός που οφείλεται στον προσανατολισμό του.<sup>[27]</sup>

### 10.3 Συμπεράσματα

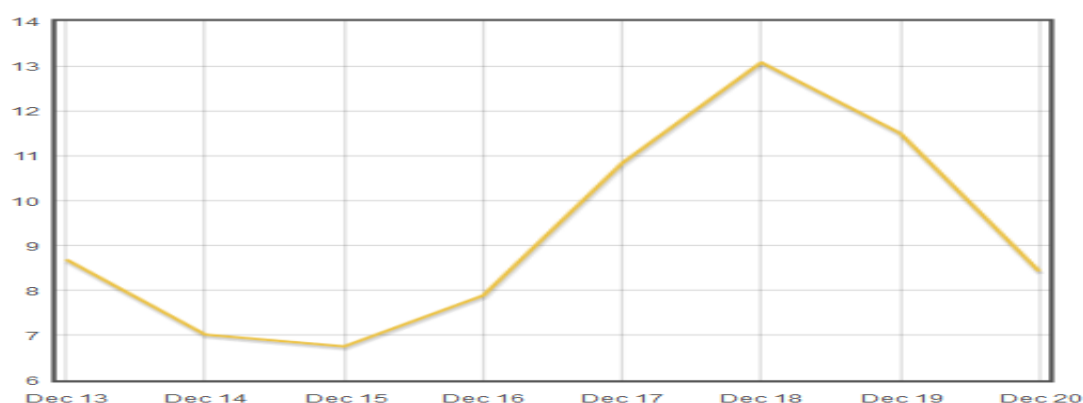
Για το σύνολο των μετρήσεων παρατηρούμε ότι όταν οι τιμές της θερμοκρασίας αυξάνονται, τότε σημειώνεται μείωση στις τιμές της σχετικής υγρασίας και το αντίθετο, πράγμα απολύτως λογικό αν αναλογιστούμε τη σχέση των δύο μεγεθών.

Όπως παρατηρούμε υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας τις μέρες που η σχολή παραμένει κλειστή, δηλαδή κατά τη διάρκεια των σαββατοκύριακων στις 17/3-18/3, 24/3-25/3 και 15/12-16/12. Εκείνες τις ημέρες σημειώθηκε μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας και αντίστοιχη αύξηση της σχετικής υγρασίας. Ακόμη, παρατηρούμε ότι οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας εμφανίζονται στις 12:00 μμ., ενώ οι ελάχιστες κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Στα παρακάτω διαγράμματα μπορούμε να δούμε τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.



Εικ. 10.21: Διάγραμμα μέσης θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος την περίοδο Μαρτίου [79]



Εικ. 10.22: Διάγραμμα μέσης θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος την περίοδο Δεκεμβρίου [79]

Παρατηρούμε ότι την περίοδο του Μαρτίου έχουμε μεγάλη διαφοροποίηση της θερμοκρασίας την πρώτη εβδομάδα 12 με 19 Μαρτίου, σε σύγκριση με την δεύτερη εβδομάδα 19 με 26. Το ίδιο ισχύει και την περίοδο του Δεκεμβρίου, όπου σημειώθηκε μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας στις 14 και 15 του μήνα.

Συνολικά συγκρίνοντας τις δύο περιόδους μετρήσεων, κατά την περίοδο του Δεκεμβρίου παρατηρούνται μεγαλύτερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υγρασίας μεταξύ της ημέρας και της νύχτας. Επίσης, κατά τη διάρκεια του σαββατοκύριακου των μετρήσεων του Δεκεμβρίου, που η σχολή παρέμεινε κλειστή, η πτώση της θερμοκρασίας και η αντίστοιχη αύξηση της υγρασίας ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη περίοδο του Μαρτίου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ελάχιστες, οι μέγιστες και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που σημειώθηκαν στους διάφορους

χώρους. Οι συνολικά μέγιστες και ελάχιστες τιμές που σημειώθηκαν την κάθε περίοδο εμφανίζονται στα έντονα χρωματισμένα κουτιά.

Χώρος	1 <sup>η</sup> μέτρηση Περίοδος Μαρτίου						2 <sup>η</sup> μέτρηση Περίοδος Δεκεμβρίου					
	Θερμοκρασία			Υγρασία			Θερμοκρασία			Υγρασία		
	Min	Max	Μέση	Min	Max	Μέση	Min	Max	Μέση	Min	Max	Μέση
Αμφιθέατρο στάθμη 0	15	24	17	28	<b>63</b>	47	14,5	23	16	23	72	50
Αμφιθέατρο στάθμη 1	18	<b>53</b>	27	<b>10</b>	58	30	21	<b>53</b>	25	<b>10</b>	57	38
Γραφείο πτέρυγας Ε στάθμης 4	20	30,3	23,5	23	43	32,5	14	28,5	20	24	57	41
Γραφείο πτέρυγας Ε στάθμης 2	19	29	23	25	43	33	15	26,5	19	24	63	47
Διάδρομος πτέρυγας Ε στάθμης 2	18	24	22	30	58	42,5	<b>11,5</b>	16	13,5	40	<b>82</b>	72,5
Βόρειο εργαστήριο στάθμης 1	<b>14,3</b>	20,5	16,2	32,7	58,6	44,4	13,5	20	15,3	33,1	71,1	55
Νότιο εργαστήριο στάθμης 1	16,7	27,8	20,4	24,2	46,8	35,6	15,2	23,9	17,7	30,2	59,8	48,1
Αίθουσα διδασκαλίας στάθμης 2	18,1	24	19,8	28,4	54,3	38,7	14,1	19,2	15,8	35,6	72,7	54,7

Εικ. 10.21: Μέγιστες και ελάχιστες τιμές που σημειώθηκαν στις δύο περιόδους μετρήσεων

Κατά την περίοδο του Μαρτίου οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εμφανίστηκαν στο βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Β της στάθμης 1, ενώ τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας στο αμφιθέατρο στη στάθμη 0.

Κατά την περίοδο του Δεκεμβρίου οι χαμηλότερες θερμοκρασίες και τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας παρατηρήθηκαν στο διάδρομο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2.

Και στις δύο περιόδους μετρήσεων, οι μέγιστες θερμοκρασίες και τα χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας εμφανίζονται στο αμφιθέατρο στη στάθμη 1, για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω.

## 11. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

---

### 11.1 Εισαγωγή

Για την αξιολόγηση των συνθηκών οπτικής άνεσης του μεσαίου τμήματος του κτιρίου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις φυσικού φωτισμού σε διάφορους αντιπροσωπευτικούς χώρους. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το ειδικό φωτόμετρο χειρός, ένα όργανο το οποίο καταγράφει την ένταση του φωτός σε μονάδες Lux.



Εικ. 11.1: Φωτόμετρο χειρός [26]

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την Τετάρτη 12 Δεκεμβρίου 2012, και έγιναν σε 3 φάσεις της ημέρας στις 9:00 στις 12:00 και στις 15:00 το μεσημέρι. Η μέρα επιλέχθηκε ώστε να υπάρχουν σταθερές συνθήκες ηλιοφάνειας όλες τις ώρες της ημέρας, χωρίς το ενδεχόμενο συννεφιάς, γεγονός που θα προκαλούσε παραπλανητικά αποτελέσματα ως προς την κατανομή του φυσικού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Οι διάφοροι χώροι επιλέχθηκαν με βάση τον προσανατολισμό, τη χρήση αλλά και τη στάθμη τους στο κτίριο. Ορισμένοι χώροι, όπως γραφεία, αίθουσες και εργαστήρια, επαναλαμβάνονται στο κτίριο και έτσι επιλέχθηκαν ενδεικτικά κάποιοι, θεωρώντας παρόμοιες συνθήκες και στους υπόλοιπους.

Οι χώροι στους οποίους έγιναν οι μετρήσεις φυσικού φωτισμού είναι οι εξής:

- Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2
- Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4

- Δυτική αίθουσα διδασκαλίας της στάθμης 2
- Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2
- Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4
- Δυτική αίθουσα ασκήσεων της στάθμης 2
- Ανατολικά γραφεία της στάθμης 1
- Βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Β της στάθμης 1

## 11.2 Διαδικασία μετρήσεων

Για τον υπολογισμό του πλήθους των σημείων που απαιτούνται για τη μέτρηση στον κάθε χώρο 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 του κτιρίου 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  $R > 3$



Για την προσδιορισμό της θέσης του κάθε σημείου μέτρησης, οι διάφοροι χώροι χωρίστηκαν σε κάρναβο, με βάση τον απαιτούμενο αριθμό σημείων που προέκυψαν για τον καθένα.

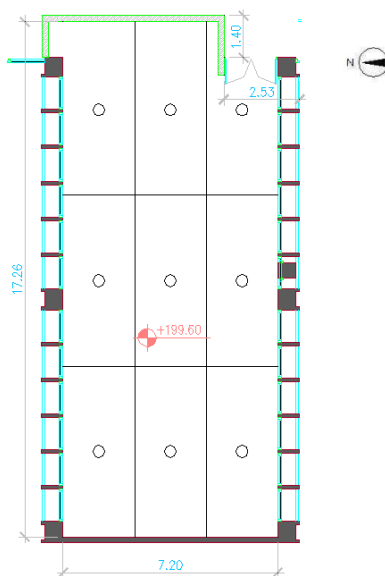
Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε ύψος 80cm από το δάπεδο του εκάστοτε χώρου, μια τιμή αρκετά κοντά στο ύψος εργασίας, ενώ το καθαρό ύψος του κτιρίου είναι 3.60m.

Έτσι για κάθε χώρο έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

- **Δυτική αίθουσα ασκήσεων της στάθμης 2:**

Διαστάσεις: 17,26m\*7,20m

,άρα  $1 < R=1,81 < 2$  , άρα απαιτούνται 9 σημεία και σχεδιάζεται κάρναβος  $3*3=9$

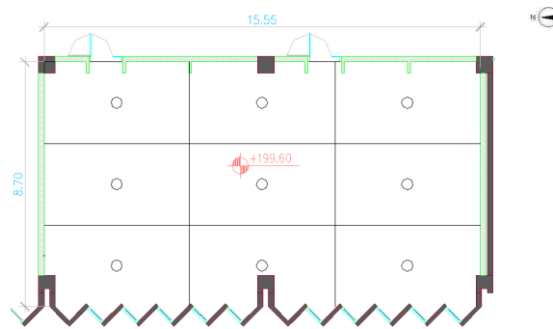


Εικ. 11.2: Κάρναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στην αίθουσα της πτέρυγας Α' της στάθμης 2

- **Δυτική αίθουσα διδασκαλίας της στάθμης 2:**

Διαστάσεις: 15,55m\*8,70m

,άρα  $1 < R=1,99 < 2$  , άρα απαιτούνται 9 σημεία και σχεδιάζεται κάρναβος  $3*3=9$

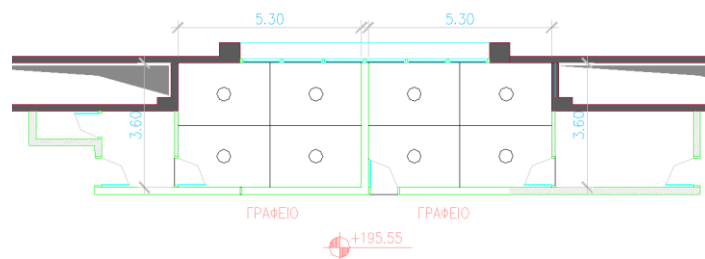


Εικ. 11.3: Κάνναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας της στάθμης 2

- **Ανατολικά γραφεία της στάθμης 1:**

Διαστάσεις: 5,30m\*3,60m το κάθε ένα γραφείο

,άρα  $R=0,76 < 1$  , άρα απαιτούνται 4 σημεία για το καθένα και σχεδιάζεται κάρναβος  $2*2=4$



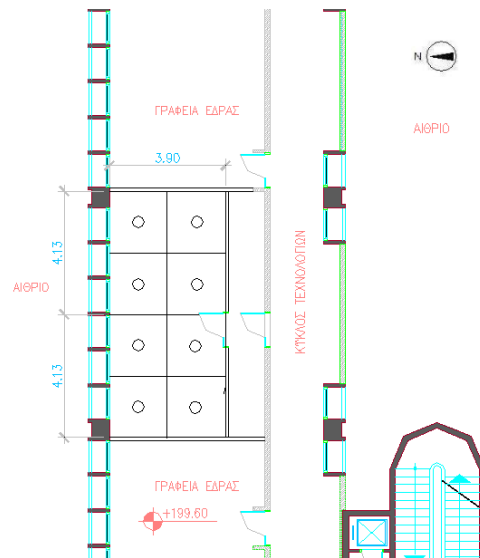
Εικ. 11.4: Κάνναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στα ανατολικά γραφεία της πτέρυγας Θ' της στάθμης 1

- **Βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2:**

Οι διαστάσεις του γραφείου είναι 8,26\*3,90, όμως στο μέσο του μήκους του έχει τοποθετηθεί βιβλιοθήκη που ουσιαστικά χωρίζει το γραφείο σε δύο μικρότερους χώρους με:

Διαστάσεις: 4,13m\*3,90m

,άρα  $R=0,36 < 1$  , άρα απαιτούνται 4 σημεία σε κάθε χώρο και σχεδιάζεται κάρναβος  $2*2=4$

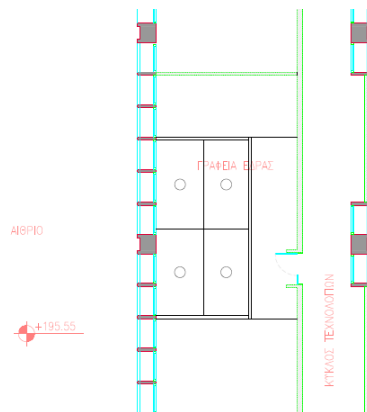


Εικ. 11.5: Κάνναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2

- **Βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 4:**

Διαστάσεις: 4,13m\*3,90m

,άρα  $R=0,36 < 1$  , άρα απαιτούνται 4 σημεία και σχεδιάζεται κάνναβος  $2*2=4$

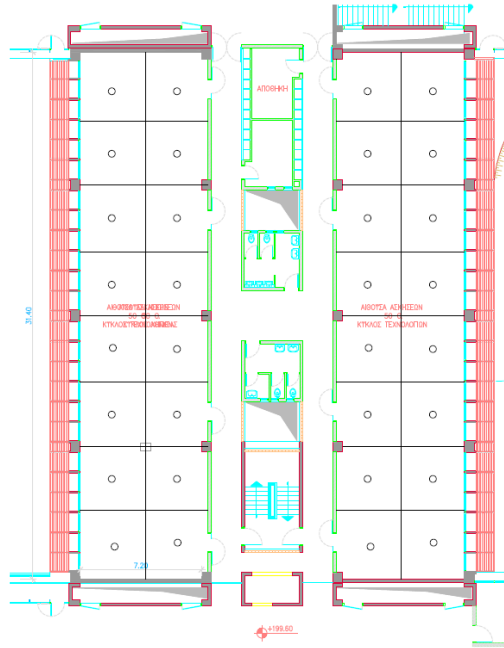


Εικ. 11.6: Κάνναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 4

- **Νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2:**

Διαστάσεις: 31,40m\*7,80m το κάθε ένα εργαστήριο

,άρα  $2 < R=2,23 < 3$  , άρα απαιτούνται 16 σημεία σε κάθε χώρο και σχεδιάζεται κάνναβος  $2*8=16$

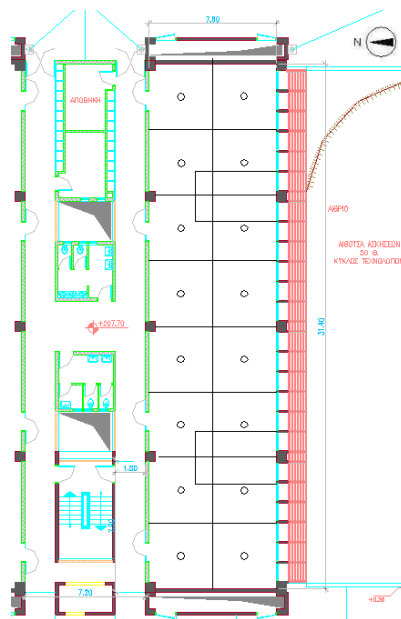


Εικ. 11.7: Κάνναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2

- **Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4:**

Διαστάσεις: 31,40m\*7,80m

,άρα  $2 < R = 2,23 < 3$  , άρα απαιτούνται 16 σημεία και σχεδιάζεται κάνναβος  $2*8=16$

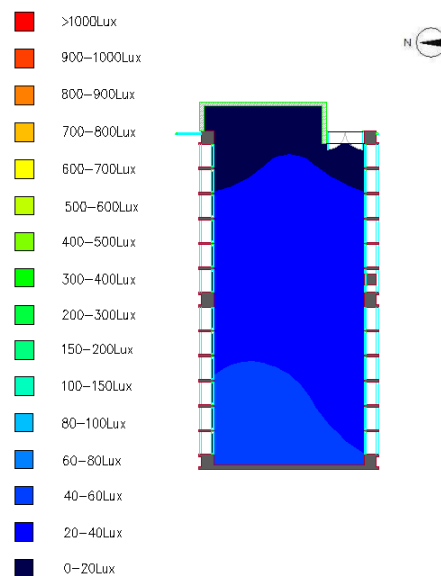


Εικ. 11.8: Κάνναβος τοποθέτησης φωτόμετρων στο νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4

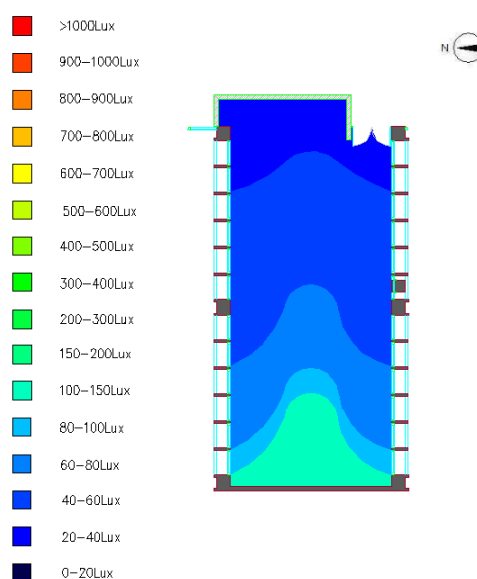
### 11.3 Φωτομετρικές καμπύλες

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

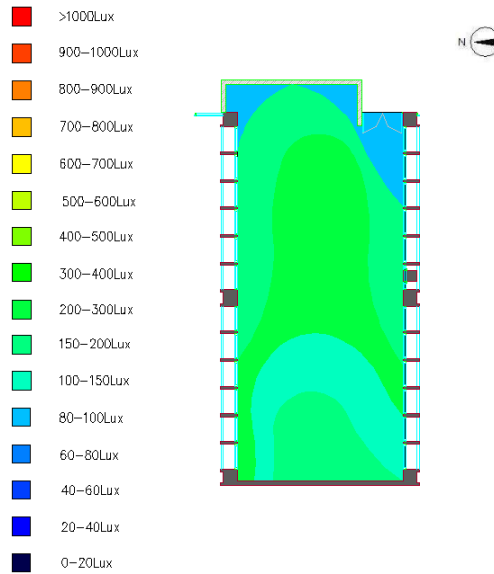
#### 11.3.1 Δυτική αίθουσα ασκήσεων της στάθμης 2



Εικ. 11.9: Φωτομετρικές καμπύλες στην δυτική αίθουσα ασκήσεων της πτέρυγας Α' της στάθμης 2 στις 9:00



Εικ. 11.10: Φωτομετρικές καμπύλες στην δυτική αίθουσα ασκήσεων της πτέρυγας Α' της στάθμης 2 στις 12:00



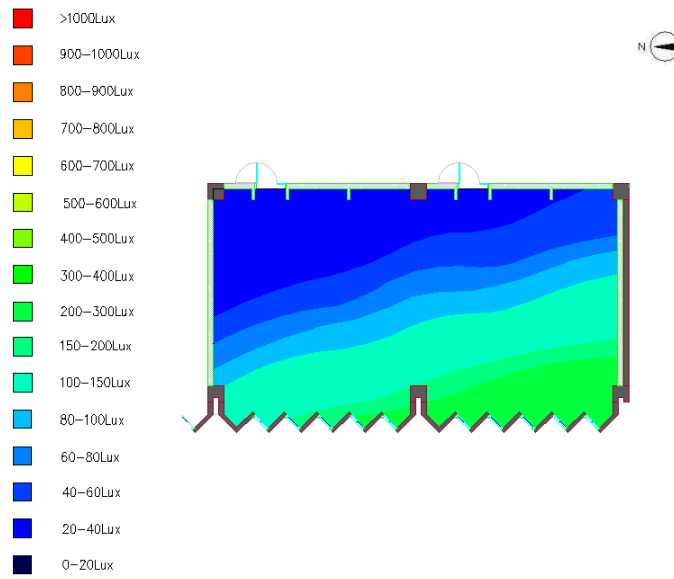
Εικ. 11.11: Φωτομετρικές καμπύλες στην δυτική αίθουσα ασκήσεων της πτέρυγας Α' της στάθμης 2 στις 15:00

Όπως παρατηρούμε η αίθουσα ασκήσεων βρίσκεται στην δυτική όψη του κτιρίου και έχει παράθυρα στην νότια και βόρεια πλευρά της. Τα παράθυρα είναι μικρά ύψους 50cm και βρίσκονται κοντά στην οροφή.

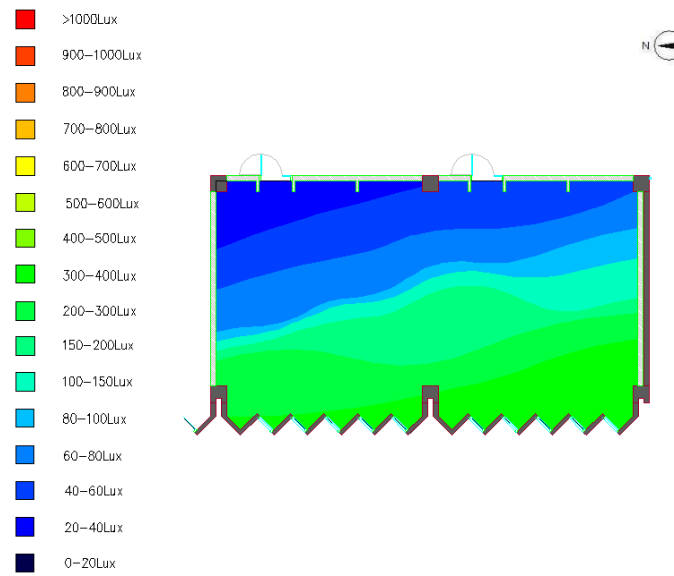
Οι υψηλότερες τιμές φωτισμού παρατηρούνται στο κέντρο της αίθουσας κατά τη τρίτη μέτρηση στις 15:00 και φτάνουν τα 200-300 lux. Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται στην ανατολική πλευρά της αίθουσας και οι ελάχιστες εμφανίζονται κατά την πρώτη μέτρηση στις 9:00 και δεν ξεπερνούν τα 20 lux.

Επίσης, κατά την πρώτη μέτρηση οι τιμές φωτισμού δεν ξεπερνούν τα 60 lux και κατά τη δεύτερη τα 150 lux. Συνεπώς, το επίπεδο φωτισμού είναι κάτω από το επιθυμητό που είναι τα 500 lux και απαιτείται η χρήση πρόσθετου φωτισμού σε όλη τη διάρκεια χρήσης της αίθουσας.

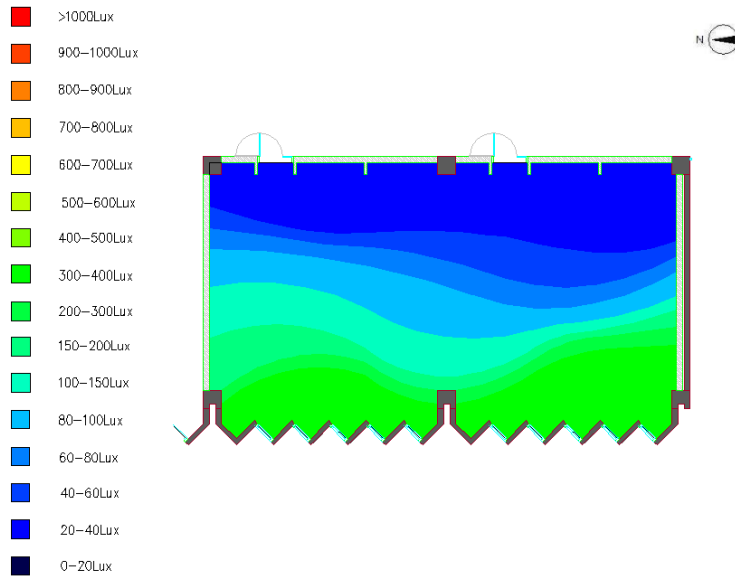
### 11.3.2 Δυτική αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α της στάθμης 2



Εικ. 11.12: Φωτομετρικές καμπύλες στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α' της στάθμης 2 στις 9:00



Εικ. 11.13: Φωτομετρικές καμπύλες στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α' της στάθμης 2 στις 12:00



Εικ. 11.14: Φωτομετρικές καμπύλες στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α' της στάθμης 2 στις 15:00

Όπως παρατηρούμε η αίθουσα 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.

Όπως φαίνεται στις φωτομετρικές καμπύλες η μέγιστη τιμή της κάθε μέτρησης εμφανίζεται στη νοτιοδυτική γωνία της αίθουσας, κοντά στα παράθυρα, και είναι 225lux, 329 lux και 342 lux, για την πρώτη, την δεύτερη και την τρίτη μέτρηση αντίστοιχα. Η υψηλότερη τιμή εμφανίζεται κατά την τρίτη μέτρηση, όπως είναι αναμενόμενο λόγω του δυτικού προσανατολισμού.

Οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στην ανατολική πλευρά της αίθουσας και εμφανίζονται κατά την τρίτη μέτρηση επίσης. Αυτό συμβαίνει γιατί όπως αναφέρθηκε και παραπάνω 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.

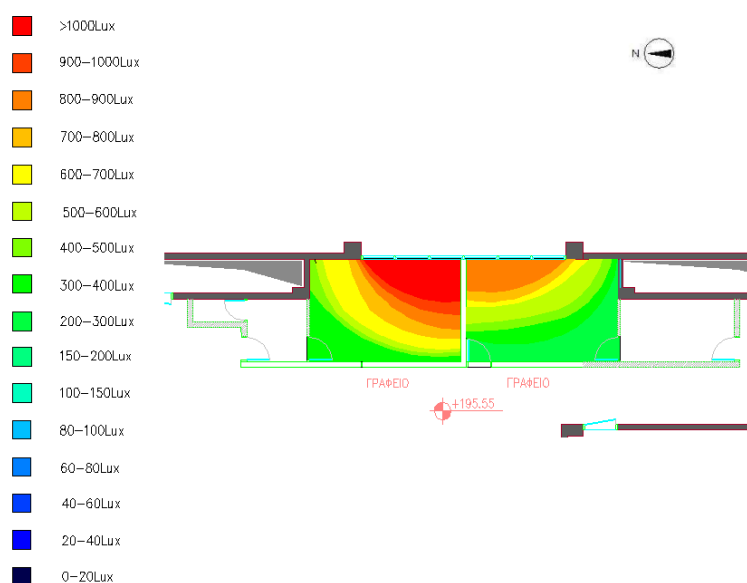


Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το επίπεδο οπτικής άνεσης είναι υψηλότερο κατά τη δεύτερη μέτρηση, όπου παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές στο σύνολο της αίθουσας.

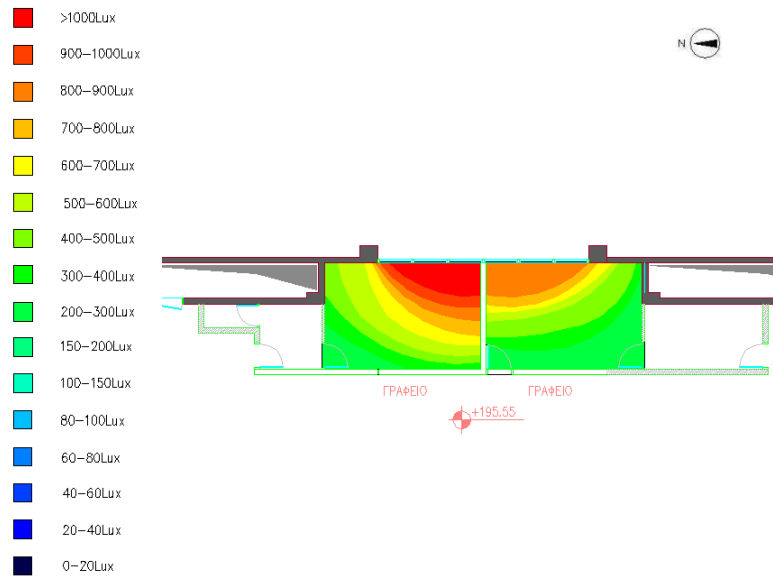
Επαληθεύεται, λοιπόν, αυτό που διατυπώθηκε και παραπάνω ότι αν τα παράθυρα είχαν τοποθετηθεί με δυτικό και όχι βορειοδυτικό προσανατολισμό οι τιμές της τρίτης μέτρησης στο βάθος της αίθουσας θα ήταν πολύ υψηλότερες.

Συμπεραίνουμε ότι το επίπεδο οπτικής άνεσης είναι χαμηλό, διότι οι τιμές του φωτισμού είναι κάτω από το όριο των 500 lux και επομένως απαιτείται η χρήση τεχνητού φωτισμού στην αίθουσα κατά τις ώρες διδασκαλίας.

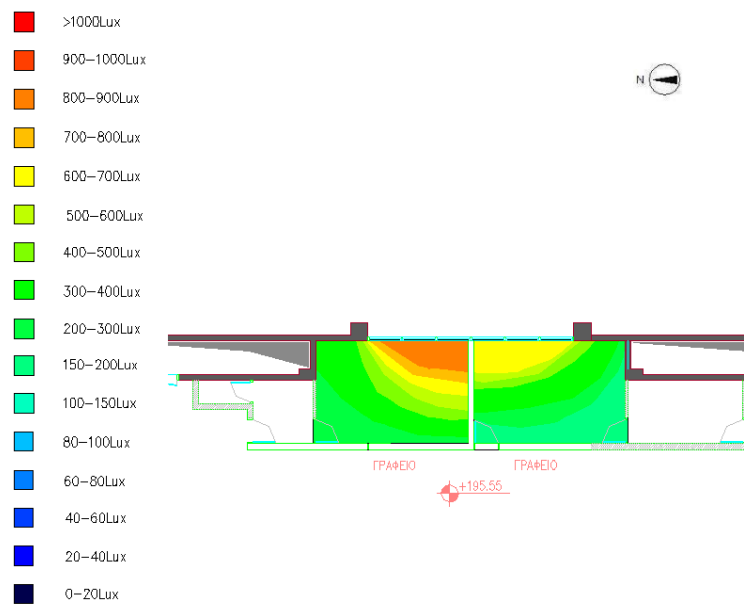
### 11.3.3 Ανατολικά γραφεία στάθμης 1



Εικ. 11.15: Φωτομετρικές καμπύλες στα ανατολικά γραφεία της πτέρυγας Θ' της στάθμης 1 στις 9:00



Εικ. 11.16: Φωτομετρικές καμπύλες στα ανατολικά γραφεία της πτέρυγας Θ' της στάθμης 1 στις 12:00



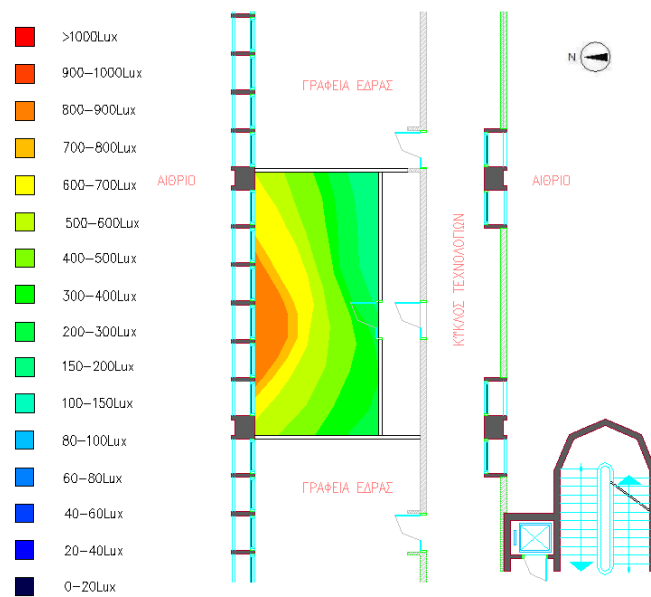
Εικ. 11.17: Φωτομετρικές καμπύλες στα ανατολικά γραφεία της πτέρυγας Θ' της στάθμης 1 στις 15:00

Όπως είναι αναμενόμενο, για ανατολικό προσανατολισμό οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται κατά την πρώτη μέτρηση στις 9:00 και οι χαμηλότερες στην τρίτη μέτρηση στις 15:00. Και στα δύο γραφεία, κατά την πρωινή μέτρηση οι μέγιστες τιμές ξεπερνούν τα 800 lux κοντά στα παράθυρα, ενώ οι ελάχιστες δεν πέφτουν κάτω από τα 300 lux στο βάθος της αίθουσας. Κατά τη δεύτερη μέτρηση οι

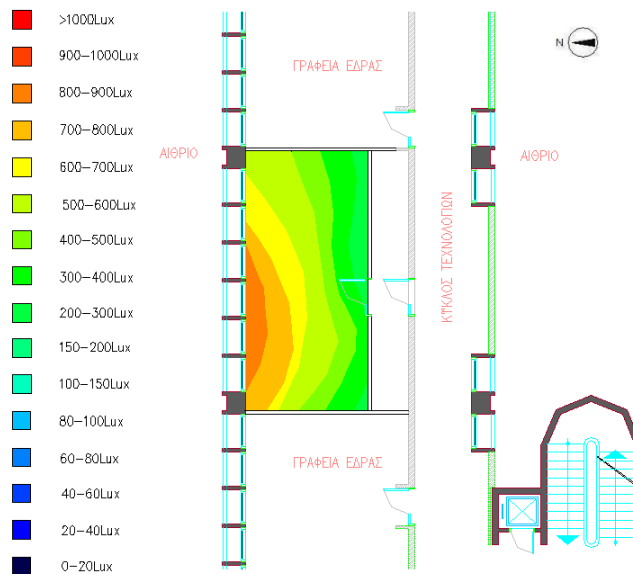
μέγιστες τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, ενώ οι ελάχιστες παρουσιάζουν μικρή μείωση κατά 100 lux. Τέλος, κατά τη τρίτη μέτρηση οι μέγιστες τιμές δεν ξεπερνούν τα 700-800 lux, ενώ οι χαμηλότερες δεν πέφτουν κάτω από τα 150-200 lux.

Συνεπώς, κατά τις δύο πρώτες μετρήσεις το επίπεδο οπτικής άνεσης χαρακτηρίζεται ως επαρκές, δεδομένου ότι το γραφείο βρίσκεται κοντά στα παράθυρα όπου οι τιμές φυσικού φωτισμού δεν πέφτουν κάτω από τα 500 lux, ενώ κατά την τρίτη μέτρηση το επίπεδο φυσικού φωτισμού είναι λίγο κάτω από τα επιθυμητά όρια. Σημειώνεται ότι κατά τις μετρήσεις των 9:00 και 12:00 είναι απαραίτητη η χρήση των προστατευτικών περσίδων για την αποφυγή θάμβωσης.

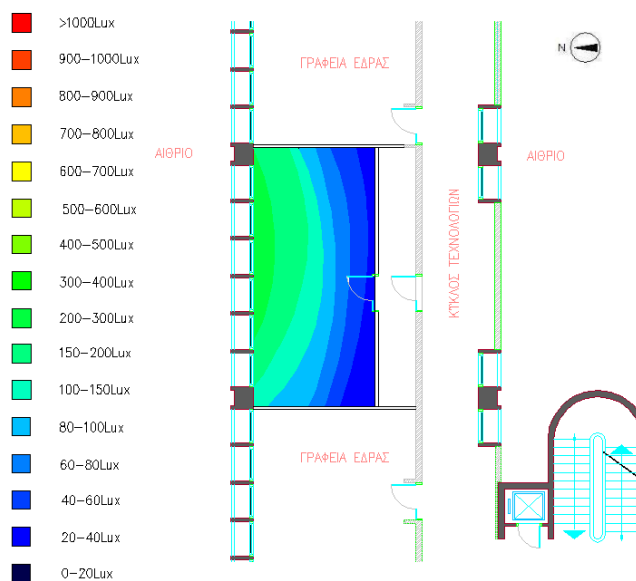
### 11.3.4 Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2



Εικ. 11.18: Φωτομετρικές καμπύλες στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 στις 9:00



Εικ. 11.19: Φωτομετρικές καμπύλες στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2 στις 12:00

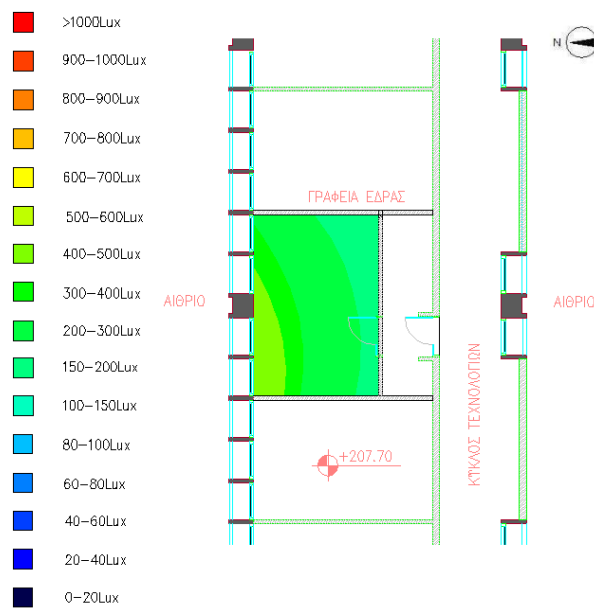


Εικ. 11.20: Φωτομετρικές καμπύλες στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 2 στις 15:00

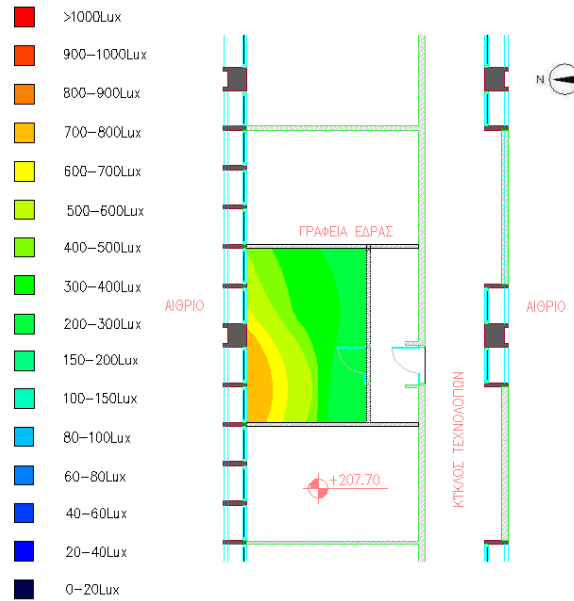
Οι υψηλότερες τιμές φωτισμού παρατηρούνται κοντά στα παράθυρα και η μέγιστη τιμή εμφανίζεται κατά τη δεύτερη μέτρηση και είναι τα 890 lux. Η χαμηλότερες τιμές της κάθε μέτρησης παρατηρούνται στην νοτιοδυτική πλευρά του γραφείου και η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται κατά την τρίτη μέτρηση και είναι τα 44 lux.

Κατά τις δύο πρώτες μετρήσεις τα επίπεδα φυσικού φωτισμού κοντά στα παράθυρα, όπου βρίσκονται και τα γραφεία των χρηστών, είναι ικανοποιητικά με τιμές που ξεπερνάνε τα 500 lux. Όμως κατά την τρίτη μέτρηση παρατηρείται πτώση μεγαλύτερη των 400 lux που μειώνει σημαντικά το επίπεδο οπτικής άνεσης, καθιστώντας αναγκαία τη χρήση τεχνητού φωτισμού.

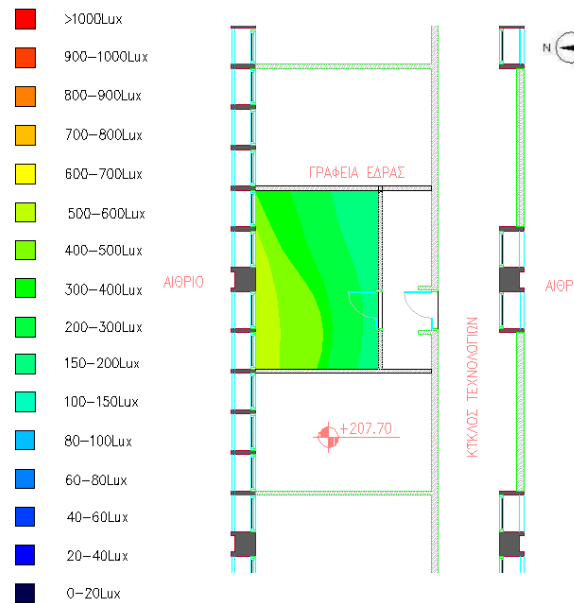
### 11.3.5 Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4



Εικ. 11.21: Φωτομετρικές καμπύλες στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4 στις 9:00



Εικ. 11.22: Φωτομετρικές καμπύλες στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 4 στις 12:00



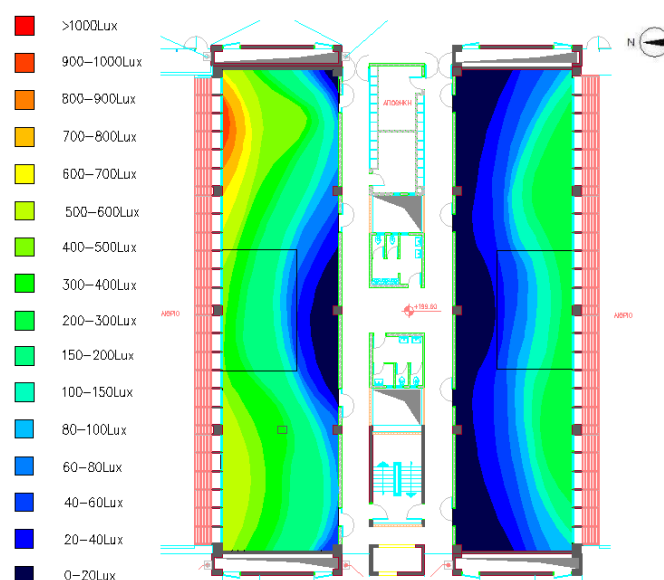
Εικ. 11.23: Φωτομετρικές καμπύλες στο βόρειο γραφείο της πτέρυγας E της στάθμης 4 στις 15:00

Οι υψηλότερες τιμές φωτισμού παρατηρούνται κοντά στα παράθυρα στην βορειοδυτική πλευρά του γραφείου. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται κατά τη δεύτερη μέτρηση και είναι τα 685 lux. Οι χαμηλότερες τιμές της κάθε μέτρησης

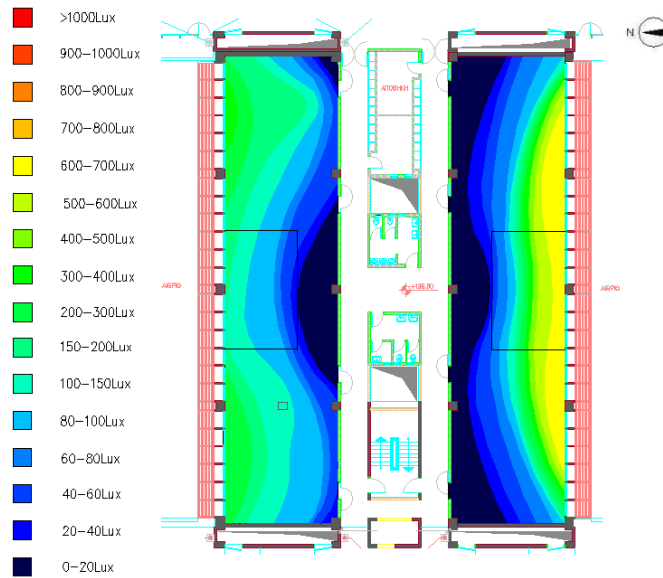
παρατηρούνται στην νοτιοδυτική πλευρά του γραφείου και η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται κατά την τρίτη μέτρηση και είναι τα 219 lux.

Δεδομένου ότι το γραφείο του χρήστη βρίσκεται στην βορειοανατολική πλευρά του γραφείου, όπου οι τιμές του φυσικού φωτισμού δεν ξεπερνάνε τα 500 lux σε καμία από τις τρεις μετρήσεις, το επίπεδο οπτικής άνεσης χαρακτηρίζεται ανεπαρκές και απαιτείται η χρήση τεχνητού φωτισμού. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι παρατηρήθηκαν φαινόμενα «θάμβωσης» που καθιστούν απαραίτητη τη χρήση των προστετευτικών περσίδων και μειώνουν επιπλέον τα επίπεδα φυσικού φωτισμού.

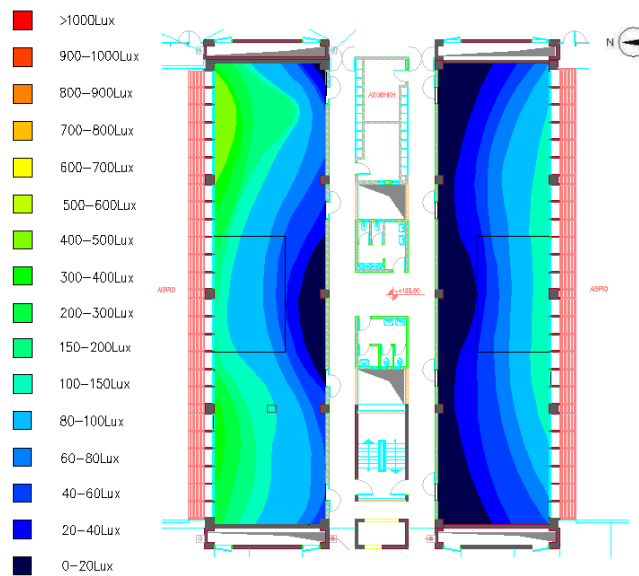
### 11.3.6 Νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2



Εικ. 11.24: Φωτομετρικές καμπύλες στο νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2 στις 9:00



Εικ. 11.25: Φωτομετρικές καμπύλες στο νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2 στις 12:00



Εικ. 11.26: Φωτομετρικές καμπύλες στο νότιο και βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2 στις 15:00

Όπως φαίνεται και στις παραπάνω εικόνες, τα εργαστήρια είναι χωρισμένα σε τρία μέρη που τα συνδέει ένας εσωτερικός διάδρομος, από τα οποία το ανατολικό και δυτικό λειτουργούν ως χώροι εργαστηριακών ασκήσεων και το κεντρικό τμήμα ως γραφείο. Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων, το ανατολικό και δυτικό μέρος χωρίστηκαν σε 6 σημεία το καθένα και το κεντρικό μέρος σε 4 σημεία, ενώ ο εσωτερικός διάδρομος δεν έχει καθόλου φυσικό φωτισμό. Οφείλει να αναφερθεί ότι



τόσο το νότιο όσο και το βόρειο εργαστήριο διαθέτουν παράθυρα ίδιου τύπου και μεγέθους, που είναι και η μοναδική πηγή φωτισμού, καθώς οι πόρτες των διαδρόμων συνηθίζουν να παραμένουν κλειστές.

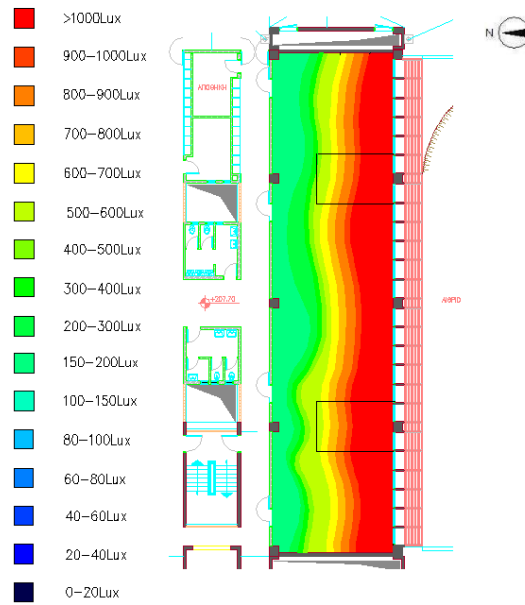
Όσον αφορά το **νότιο εργαστήριο**, οι υψηλότερες τιμές φυσικού φωτισμού παρατηρούνται κοντά στα παράθυρα, με την μέγιστη ένταση να φτάνει τα 650 lux και να εμφανίζεται κατά τη δεύτερη μέτρηση στις 12:00, όπου ο ήλιος βρίσκεται ψηλά και για νότιο προσανατολισμό έχουμε τον περισσότερο εισερχόμενο φωτισμό. Οι χαμηλότερες τιμές της κάθε μέτρησης παρατηρούνται μακριά από τα παράθυρα στο βόρειο τμήμα του χώρου όπου το φως κυμαίνεται μεταξύ 5-30 lux, δηλαδή πολύ χαμηλότερα από την απαιτούμενη στάθμη. Οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται στην βορειοδυτική γωνία του εργαστηρίου, με την ελάχιστη ένταση φυσικού φωτισμού να εμφανίζεται κατά την πρώτη μέτρηση στις 9:00 και να φτάνει μόλις τα 5 lux.

Κατά την πρώτη μέτρηση στις 9:00 είναι αισθητή η μείωση του φυσικού φωτισμού, με τις υψηλότερες τιμές να φτάνουν κοντά στα 250 lux, δηλαδή χαμηλότερες κατά 400 lux από τις μέγιστες. Επίσης, κατά την τρίτη μέτρηση στις 15:00, η διαφοροποίηση είναι ακόμη μεγαλύτερη, με τις υψηλότερες τιμές να μην ξεπερνούν τα 100 lux.

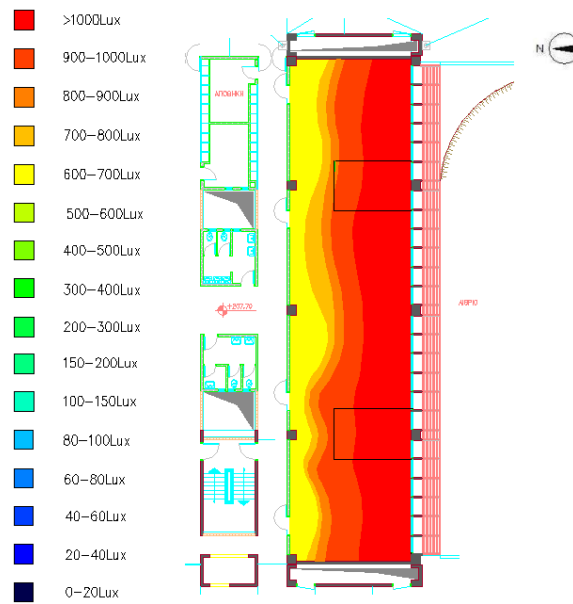
Στο **βόρειο εργαστήριο** της ίδιας στάθμης οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται κατά την πρώτη μέτρηση με μέγιστη τιμή κοντά στα παράθυρα του ανατολικού μέρους που φτάνει τα 1000 lux. Στην μέτρηση των 12:00 παρατηρείται αισθητή μείωση του φυσικού φωτός, το οποίο δεν ξεπερνά πλέον τα 300 lux. Η μέτρηση των 15.00 κυμαίνεται σε παρόμοια επίπεδα με αυτή των 12.00 και λίγο αυξημένη κατά 100 lux. Τέλος, και στις τρεις μετρήσεις μακριά από τα παράθυρα σημειώνονται χαμηλές τιμές φωτός που κυμαίνονται μεταξύ 0-60 lux.

Συνεπώς, δεδομένου ότι ο απαιτούμενος φωτισμός για χώρους εργασίας είναι τα 300 lux, είναι απαραίτητη και εδώ η χρήση πρόσθετου φυσικού φωτισμού σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

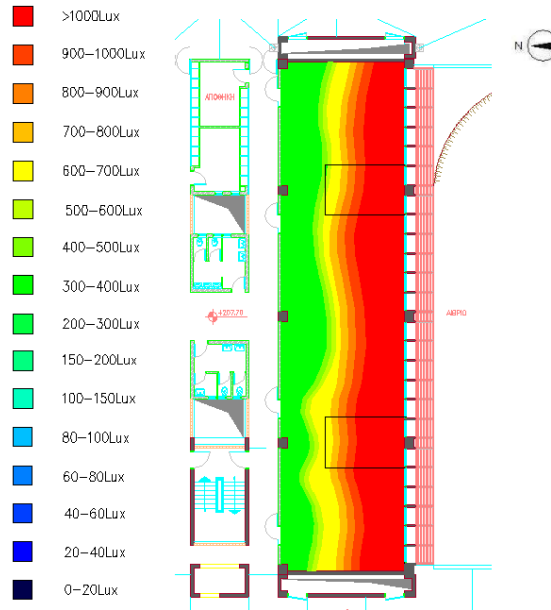
### 11.3.7 Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4



Εικ. 11.27: Φωτομετρικές καμπύλες στο νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4 στις 9:00



Εικ. 11.28: Φωτομετρικές καμπύλες στο νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4 στις 12:00



Εικ. 11.29: Φωτομετρικές καμπύλες στο νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4 στις 15:00

Όπως φαίνεται και στις εικόνες, το εργαστήριο είναι χωρισμένο σε τρία μέρη, που λειτουργούν ως χώροι εργαστηριακών ασκήσεων, και τα χωρίζουν δύο μικροί χώροι που χρησιμοποιούνται ως γραφεία. Οι χώροι αυτοί έχουν ξεχωριστή πόρτα και εσωτερικά παράθυρα για την εποπτεία στο χώρο του εργαστηρίου. Η ρύθμιση αυτή αποσκοπεί στην αποφυγή της συνεχούς έκθεσης των χρηστών σε βλαβερές ουσίες, που πιθανόν να υπάρχουν στο χώρο των εργαστηρίων, αλλά λειτουργεί και ως προσωπικό γραφείο, αποκομμένο από τον χώρο των εργαστηρίων στον οποίο πειραματίζεται καθημερινά μεγάλος αριθμός φοιτητών.

Οι υψηλότερες τιμές φωτισμού παρατηρούνται κοντά στα παράθυρα και η μέγιστη ένταση φυσικού φωτισμού εμφανίζεται κατά τη τρίτη μέτρηση στις 15:00 και βρίσκεται κοντά στα 2000 lux. Οι χαμηλότερες τιμές της κάθε μέτρησης παρατηρούνται μακριά από τα παράθυρα στο βόρειο τμήμα του χώρου. Οι ελάχιστη ένταση φυσικού φωτισμού εμφανίζεται κατά την πρώτη μέτρηση στις 9:00 και κυμαίνεται από 100 lux έως 200 lux.

Κατά την πρώτη μέτρηση στις 9:00 είναι αισθητή η μείωση του φυσικού φωτισμού, με τις υψηλότερες τιμές να φτάνουν κοντά στα 1600 lux, δηλαδή να είναι χαμηλότερες κατά 400 lux από τις μέγιστες. Ενώ κατά την δεύτερη μέτρηση στις

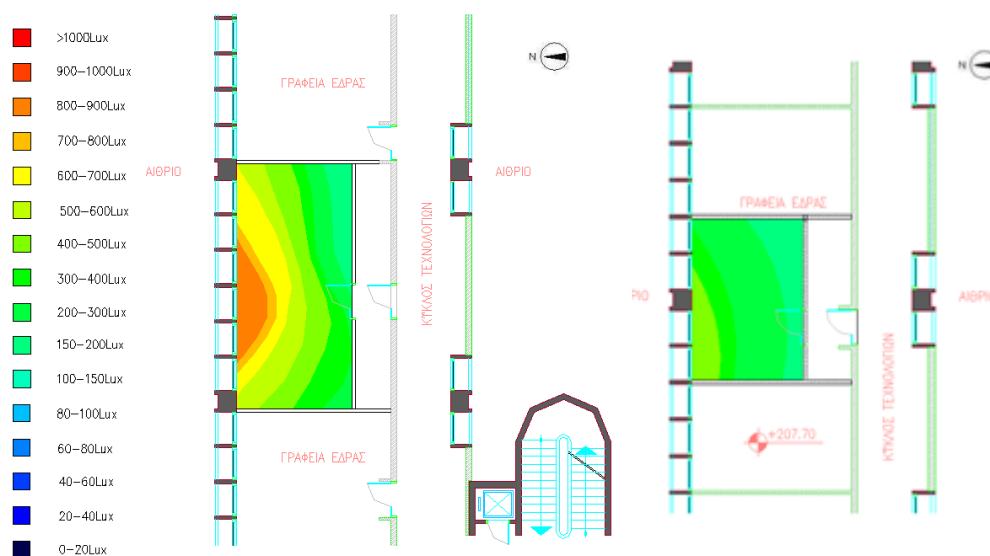
12:00, η διαφοροποίηση δεν είναι τόσο μεγάλη, με τις υψηλότερες τιμές να πλησιάζουν τα 1800 lux.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι χαμηλότερες τιμές κατά τη δεύτερη μέτρηση δεν πέφτουν κάτω από τα 600 lux, ενώ κατά την τρίτη πλησιάζουν τις ελάχιστες αφού κυμαίνονται στα 150-250 lux.

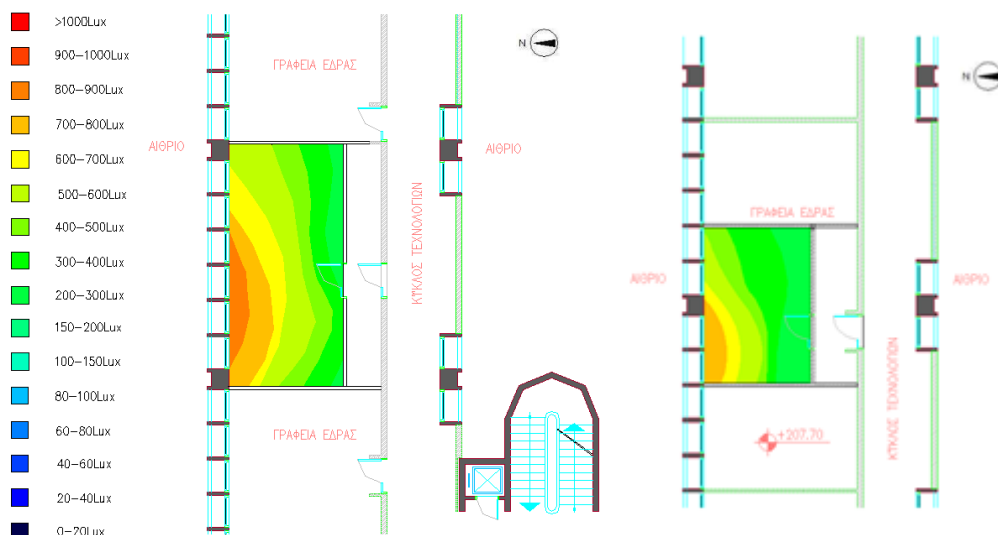
Συνεπώς παρατηρείται πιο ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του χώρου κατά τη δεύτερη μέτρηση, παρά το γεγονός ότι οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται στην τρίτη μέτρηση. Αυτό συμβαίνει διότι στις 12:00 ο ήλιος βρίσκεται ψηλά και για νότιο προσανατολισμό έχουμε τον περισσότερο εισερχόμενο φυσικό φωτισμό.

## 11.4 Σύγκριση

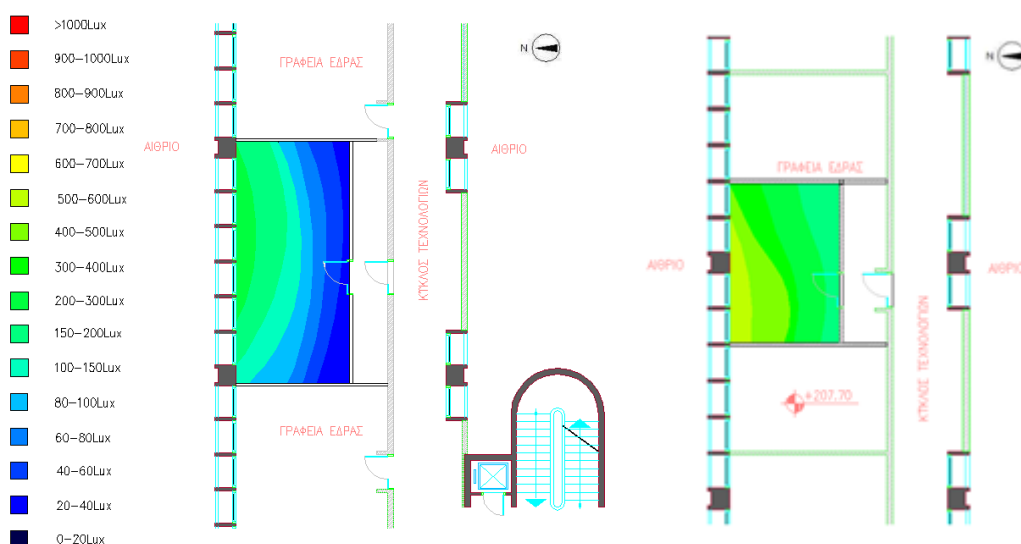
### 11.4.1 Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε στις στάθμες 2 και 4



Εικ. 11.30: Φωτομετρικές καμπύλες στα βόρεια γραφεία της Πτέρυγας Ε στις στάθμες 2 και 4 αντίστοιχα στις 9:00



Εικ. 11.31: Φωτομετρικές καμπύλες στα βόρεια γραφεία της Πτέρυγας Ε στις στάθμες 2 και 4 αντίστοιχα στις 12:00

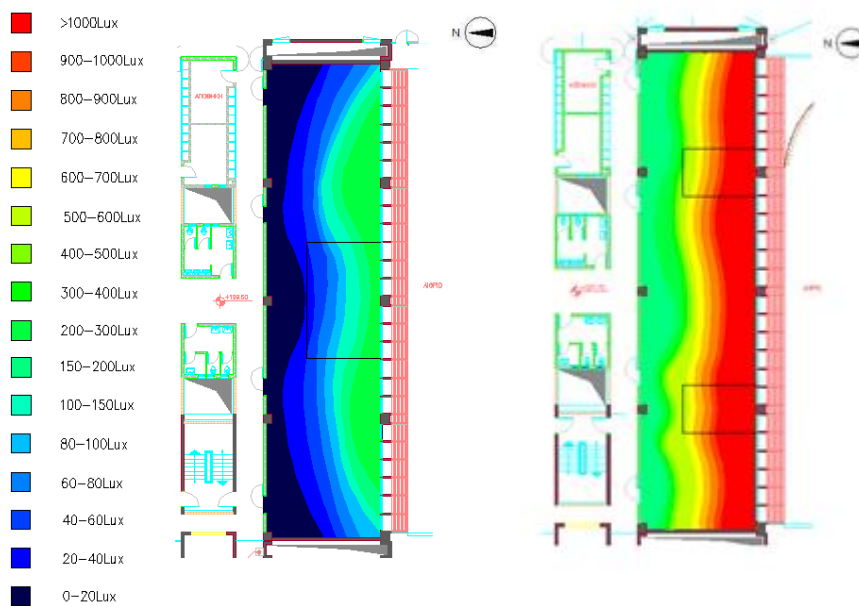


Εικ. 11.32: Φωτομετρικές καμπύλες στα βόρεια γραφεία της Πτέρυγας Ε στις στάθμες 2 και 4 αντίστοιχα στις 15:00

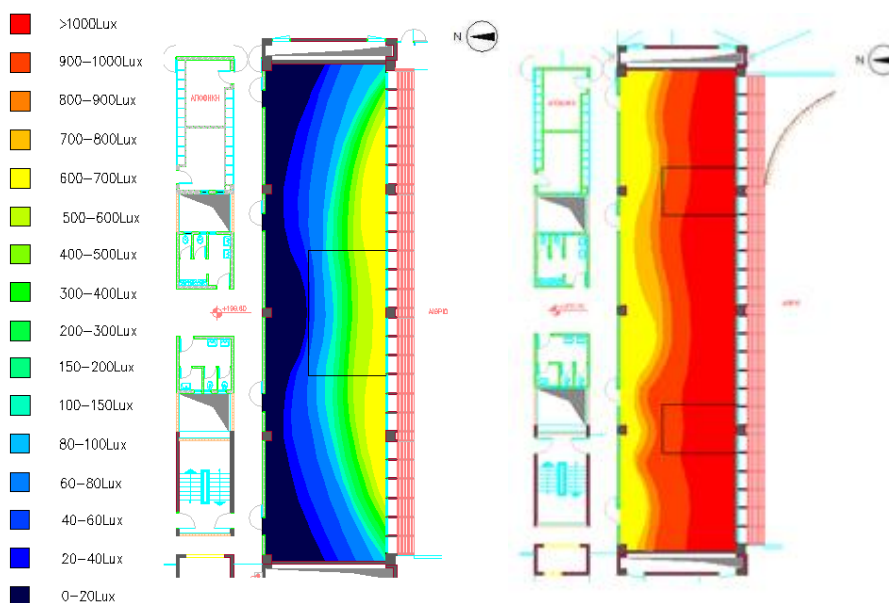
Συγκρίνοντας τις παραπάνω φωτομετρικές καμπύλες των γραφείων στις στάθμες 2 και 4 δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές ως προς την κατανομή του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Ωστόσο, στη στάθμη 4 η διακύμανση των τιμών στο εσωτερικό του γραφείου είναι λίγο ομαλότερη. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι οι μέγιστες τιμές στο γραφείο της στάθμης 2 είναι αισθητά πιο υψηλές, με διαφοροποίηση πάνω από 400 lux, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στα μεγάλα ανοίγματά του σε σχέση με αυτό της στάθμης 4, που είναι σχεδόν το μισό σε μήκος.

Επομένως, οι συνθήκες οπτικής άνεσης είναι πιο ικανοποιητικές στο γραφείο της στάθμης 2 σε σχέση με το αντίστοιχο της στάθμης 4.

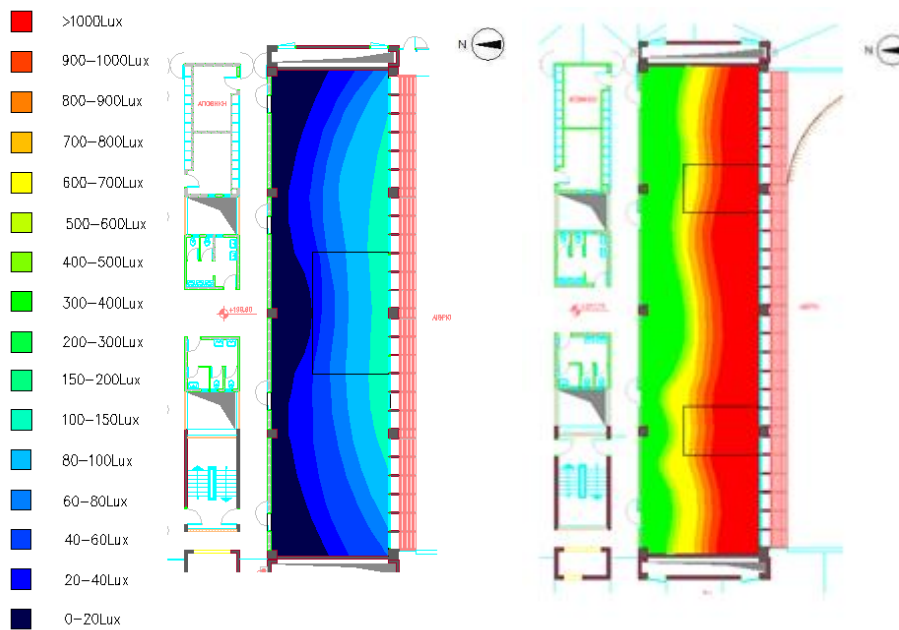
#### 11.4.2 Νότια εργαστήρια της πτέρυγας Δ στις στάθμες 2 και 4



Εικ. 11.33: Φωτομετρικές καμπύλες στα νότια εργαστήρια της Πτέρυγας Δ στις στάθμες 2 και 4 αντίστοιχα στις 9:00



Εικ. 11.34: Φωτομετρικές καμπύλες στα νότια εργαστήρια της Πτέρυγας Δ στις στάθμες 2 και 4 αντίστοιχα στις 12:00



Εικ. 11.35: Φωτομετρικές καμπύλες στα νότια εργαστήρια της Πτέρυγας Δ στις στάθμες 2 και 4 αντίστοιχα στις 15:00

Η σύγκριση μεταξύ των δύο εργαστηρίων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η στάθμη 4 υπερτερεί της στάθμης 2 από άποψη φυσικού φωτισμού όπως ήταν αναμενόμενο. Οι μέγιστες τιμές της στάθμης 4 είναι αισθητά πιο υψηλές, με διαφοροποίηση πάνω από 1300 lux. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η στάθμη 2 σκιαζεται από τον υπόλοιπο όγκο του κτιρίου και από πιθανή βλάστηση, ενώ η στάθμη 4 δεν έχει γειτονικά εμπόδια.

Επίσης, στο εργαστήριο της στάθμης 2 οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται στις 12:00, σε αντίθεση με αυτό της στάθμης 4 όπου εμφανίζονται στις 15:00. Αυτό εξηγείται αν λάβουμε υπόψη μας ότι βρίσκεται στον δεύτερο όροφο ενός κτιρίου τεσσάρων ορόφων, οπότε είναι λογικό η αίθουσα να φωτίζεται περισσότερο στις 12:00 που ο ήλιος βρίσκεται ψηλά.

Επιπλέον, συγκρίνοντας τις φωτομετρικές καμπύλες των νότιων εργαστηρίων στις στάθμες 2 και 4 παρατηρούμε διαφορές στην κατανομή του φυσικού φωτισμού που οφείλονται στην διαφορετική διαμόρφωση των δύο χώρων. Στη στάθμη 2 η ελάχιστη τιμή παρατηρείται στις 15:00, στη βορειοδυτική γωνία του εργαστηρίου και

φτάνει μόλις τα 5 lux, σε αντίθεση με τη στάθμη 4 όπου εμφανίζεται στις 9:00, πίσω από τον χώρο του δυτικού γραφείου και δεν πέφτει κάτω από τα 100 lux.

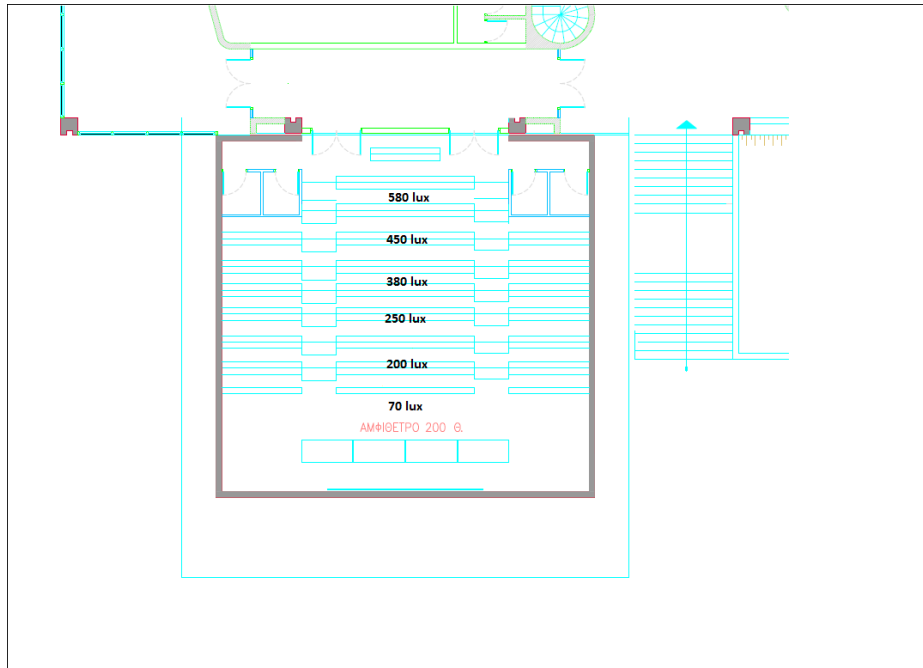
### **11.4.3 Ανατολικά γραφεία και δυτική αίθουσα διδασκαλίας**

Συγκρίνοντας τις φωτομετρικές καμπύλες των ανατολικών γραφείων και των δυτικών αιθουσών διδασκαλίας παρατηρείται σημαντική διαφορά στις μέγιστες τιμές φωτισμού, που στην πρώτη περίπτωση φτάνουν πάνω από τα 1000 lux, ενώ στη δεύτερη δεν ξεπερνούν τα 300 lux. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οπτική άνεση ενός χώρου και θα πρέπει να επιλέγεται συναρτήσει της χρήσης για την οποία προορίζεται. Επομένως, για την περίπτωση γραφείων και αιθουσών διδασκαλίας, όπου το κατώτερο όριο οπτικής άνεσης είναι τα 500 lux, προτιμότερος είναι ο ανατολικός προσανατολισμός.

## **11.5 Μετρήσεις τεχνητού φωτισμού στο Αμφιθέατρο**

Το αμφιθέατρο δεν διαθέτει ανοίγματα και επομένως δεν έχει φυσικό φωτισμό. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις τεχνητού φωτισμού για να βρεθεί η ένταση του φωτισμού και να αξιολογηθούν οι συνθήκες οπτικής άνεσης. Στην παρακάτω κάτοψη φαίνονται οι τιμές και τα σημεία των μετρήσεων. Οι μετρήσεις έγιναν στο ύψος των εδράνων του αμφιθεάτρου, δηλαδή περίπου 80 εκατοστά από το πάτωμα.





Εικ. 11.36: Ενδεικτική κατανομή τεχνητού φωτισμού στο αμφιθέατρο

Αμφιθέατρο
580 Lux
450 Lux
380 Lux
250 Lux
200 Lux
70 Lux

Εικ. 11.37: Ταξινόμηση ενδεικτικών τιμών από επάνω προς τα κάτω

Συμπεραίνουμε ότι όσο προχωράμε από τη στάθμη 1 στη στάθμη 0 οι τιμές του τεχνητού φωτισμού μειώνονται σημαντικά. Το επίπεδο οπτικής άνεσης μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό μόνο στα επάνω και στα μεσαία έδρανα, όπου οι τιμές φωτισμού ξεπερνούν τις ελάχιστη επιτρεπόμενη των ,ενώ στα χαμηλότερα θεωρείται ανεπαρκές.



## 12. ΕΡΕΥΝΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΑΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

---

### 12.1 Εισαγωγή

Κατά την περίοδο του Απριλίου 2012 μοιράστηκαν στους χρήστες του κτιρίου ερωτηματολόγια σχετικά με τις συνθήκες θερμικής, οπτικής και περιβαλλοντικής άνεσης, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις επικρατούσες συνθήκες στον εκάστοτε χώρο, σύμφωνα με το πώς τις αντιλαμβάνονται οι χρήστες του. Τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψαν μετά από στατιστική ανάλυση των απαντήσεων και δόθηκαν σε ποσοστά επί τοις εκατό με τη μορφή γραφημάτων πίτας. Μέσω των συμπερασμάτων της έρευνας μπορούν να εντοπισθούν τυχόν προβλήματα, όσον αφορά τις συνθήκες άνεσης στους διάφορους χώρους του κτιρίου, και να προταθούν βελτιωτικές λύσεις για την αναβάθμιση του επιπέδου θερμικής και περιβαλλοντικής άνεσης, που είναι και ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν σε συγκεκριμένους αντιπροσωπευτικούς χώρους του κτιρίου που επιλέχθηκαν με βάση τη χρήση, τον προσανατολισμό και τη θέση τους στο κτίριο. Δόθηκε, όμως, μεγάλη βαρύτητα και στο να επιλεγούν οι ίδιοι χώροι όπου πραγματοποιήθηκαν και οι μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και φυσικού φωτισμού, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Ακόμη, ζητήθηκε οι ερωτηθέντες να απαντήσουν αποκλειστικά για τις συνθήκες που επικρατούν στο συγκεκριμένο χώρο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή που τους μοιράστηκε το ερωτηματολόγιο.

Πιο συγκεκριμένα, τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν σε 8 διαφορετικούς χώρους που είναι οι εξής:

1. το αμφιθέατρο,
2. το βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2,
3. το βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4,
4. το ανατολικό γραφείο της πτέρυγας Θ της στάθμης 1,
5. το νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2,

6. το νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4,
7. το βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 1,
8. η αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α της στάθμης 2.

Ο συνολικός αριθμός των ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν ήταν 48, από τα οποία τα 30 αφορούν το χώρο του αμφιθεάτρου, τα 10 την αίθουσα διδασκαλίας και τα υπόλοιπα τα γραφεία και τα εργαστήρια, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Κατανομή ερωτηματολογίων</b>	
<b>Χώροι του κτιρίου</b>	<b>Αριθμός ερωτηθέντων</b>
Αμφιθέατρο	30
Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2	1
Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4	1
Ανατολικό γραφείο της πτέρυγας Θ της στάθμης 1	1
Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2	2
Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4	1
Βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 1	2
Αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α της στάθμης 2	10
<b>Σύνολο:</b>	<b>48</b>

*Εικ. 12.1: Κατανομή του αριθμού των ερωτηματολογίων στους χώρους του κτιρίου*

Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων χωρίζονται σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι γενικές πληροφορίες σχετικά με τους εξεταζόμενους χώρους και τους χρήστες τους, στη δεύτερη ερωτήσεις σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στον εκάστοτε εργασιακό χώρο, στην τρίτη ερωτήσεις που αφορούν άλλα στοιχεία του εργασιακού περιβάλλοντος, και στην τέταρτη ερωτήσεις σχετικές με τον χρήστη, περισσότερο προσωπικού χαρακτήρα. Η ακριβής μορφή του ερωτηματολογίου δίνεται στο Παράρτημα Α.

## **12.2 Στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των χρηστών στα ερωτηματολόγια**

### **Α. Γενικές πληροφορίες**

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει γενικές πληροφορίες σχετικά με την ώρα συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, καθώς και την ηλικία και το φύλο των χρηστών

του εξεταζόμενου χώρου. Ακόμη, περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν τη θέση του εκάστοτε χώρου στο κτίριο και τον προσανατολισμό του, την ύπαρξη ή όχι παραθύρου, την απόσταση του χώρου εργασίας του από το πλησιέστερο παράθυρο, τη συχνότητα ανοίγματος του παραθύρου και τον αριθμό ατόμων που μοιράζονται τον χώρο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ώρες συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων για τον κάθε χώρο.

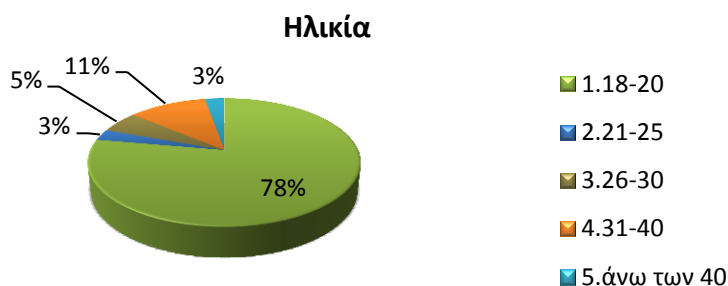
Ώρες συμπλήρωσης ερωτηματολογίων	
Χώροι του κτιρίου	Ώρες
Αμφιθέατρο	10:00-12:00
Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2	15:00
Βόρειο γραφείο της πτέρυγας Ε της στάθμης 4	15:00
Ανατολικό γραφείο της πτέρυγας Θ της στάθμης 1	12:00
Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 2	12:00-14:00
Νότιο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 4	9:30
Βόρειο εργαστήριο της πτέρυγας Δ της στάθμης 1	12:00-14:00
Δυτική αίθουσα διδασκαλίας της πτέρυγας Α της στάθμης 2	12:00-14:00

Εικ. 12.2: Ώρες συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων για τον κάθε χώρο

Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τη μορφή γραφημάτων και η ανάλυση τους.

- **Ηλικία**

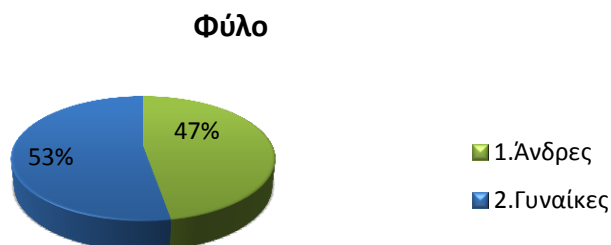
Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία του δείγματος, με ποσοστό 78%, είναι φοιτητές ηλικίας 18 έως 20 ετών. Για τις ηλικίες από 21 έως 25 και 26 έως 30 ετών έχουμε τα πολύ μικρά ποσοστά των 3% και 5% αντίστοιχα, ενώ το 11% του δείγματος έχει ηλικία μεταξύ 31 και 40 ετών. Μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 3% αφορά ηλικίες άνω των 40ετών και προέρχεται από τα γραφεία.



Εικ. 12.3: Αποτελέσματα για την ηλικία των ερωτηθέντων

- **Φύλο**

Παρατηρείται ότι το 53% του δείγματος των ερωτηθέντων είναι γυναίκες και το 47% άντρες, γεγονός που δίνει ομοιομορφία στα αποτελέσματα των απαντήσεων.

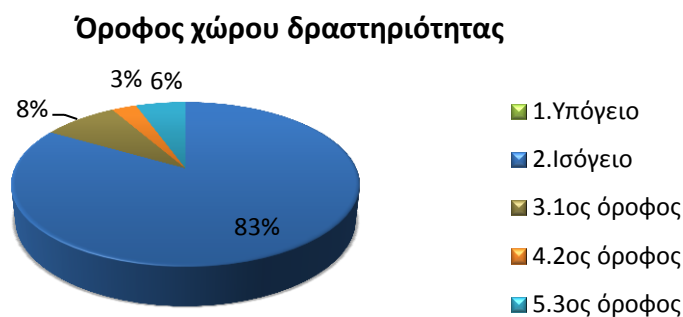


Εικ. 12.4: Αποτελέσματα για το φύλο των ερωτηθέντων

### 1. Πού βρίσκεται το γραφείο σας στο κτίριο;

- **Όροφος**

Το 83% του δείγματος έχει το χώρο εργασίας του στο Ισόγειο, το 8% στον 1<sup>ο</sup> όροφο, και μόλις το 3% στο 2ο όροφο και το 6% στον 3<sup>ο</sup> όροφο. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στον μεγάλο αριθμό των ερωτηθέντων του αμφιθεάτρου που βρίσκεται στο ισόγειο.



Εικ. 12.5: Αποτελέσματα για τον όροφο δραστηριότητας των ερωτηθέντων

- **Προσανατολισμός**

Όσον αφορά τον προσανατολισμό του χώρου εργασίας, το 83% έχει δυτικό προσανατολισμό, γεγονός που οφείλεται στον μεγάλο αριθμό των ερωτηθέντων του

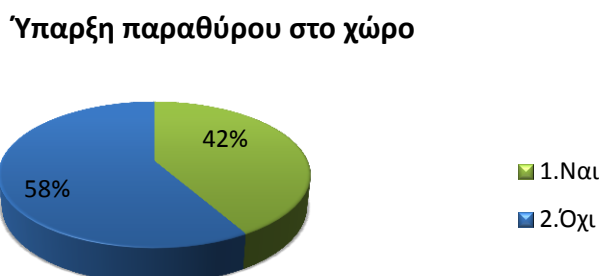
αμφιθεάτρου. Το 11% έχει βόρειο προσανατολισμό και μόλις ένα 3% αντιστοιχεί στον νότιο και τον ανατολικό προσανατολισμό.



Εικ. 12.6: Αποτελέσματα για τον προσανατολισμό του χώρου δραστηριότητας

## 2. Υπάρχει παράθυρο στο χώρο σας;

Το 58% του δείγματος απάντησε ότι στον χώρο εργασίας του δεν υπάρχουν παράθυρα, που είναι αναμενόμενο διότι το μεγαλύτερος αριθμός των ερωτηθέντων προέρχεται από τον χώρο του αμφιθεάτρου ο οποίος δεν έχει παράθυρα. Ωστόσο, αρκετοί από το αμφιθέατρο απάντησαν θετικά στην ύπαρξη παραθύρου πιθανόν θεωρώντας τις πόρτες ως παράθυρα. Η θεώρηση αυτή δεν είναι εντελώς λανθασμένη αν λάβουμε υπόψη μας ότι οι δύο πόρτες της στάθμης 0, καθώς και οι δύο πόρτες της στάθμης 1, οδηγούν στο εξωτερικό περιβάλλον επιτρέποντας στο φως και τον εξωτερικό αέρα να εισέρχεται στο χώρο του αμφιθεάτρου. Σε όλους τους υπόλοιπους χώρους υπάρχουν παράθυρα, και έτσι το 42% του δείγματος απάντησε ναι στην ύπαρξη παραθύρων.

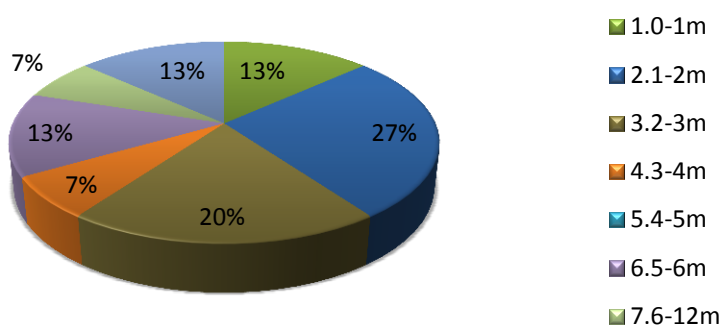


Εικ. 12.7: Αποτελέσματα για την ύπαρξη παραθύρων στο χώρο δραστηριότητας

### 3. Περίπου πόσο μακριά βρίσκεται το γραφείο σας από το κοντινότερο παράθυρο;

Όσον αφορά την απόσταση των παραθύρων από το γραφείο των ερωτηθέντων οι απαντήσεις ποικίλουν λόγω της διαφορετικότητας των εξεταζόμενων χώρων. Το 27% δήλωσε ότι η απόσταση αυτή κυμαίνεται ανάμεσα στα 1-2 μέτρα, ενώ το 20% ανάμεσα στα 2-3 μέτρα. Μόλις το 13% του δείγματος δήλωσε ότι η απόσταση του γραφείου από το πλησιέστερο παράθυρο δεν ξεπερνά το 1 μέτρο, πράγμα που συναντάμε στους μικρούς χώρους των γραφείων. Ενώ υπάρχει ακόμη ένα 13% του δείγματος που δήλωσε ότι η απόσταση αυτή κυμαίνεται ανάμεσα στα 12-24 μέτρα και προέρχεται από το χώρο του αμφιθεάτρου.

#### Απόσταση γραφείου από το πλησιέστερο παράθυρο

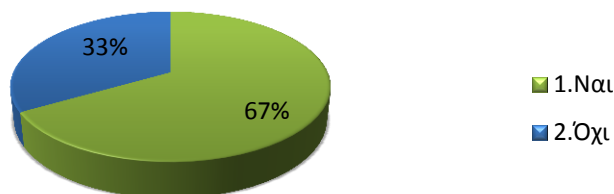


Εικ. 12.8: Αποτελέσματα για την απόσταση του γραφείου των ερωτηθέντων από το πλησιέστερο παράθυρο

### 4. Ανοίγετε συχνά το παράθυρο στο χώρο σας;

Στην ερώτηση για το αν ανοίγουν συχνά το παράθυρο το 67% απάντησε θετικά, ενώ το υπόλοιπο 33% αρνητικά.

#### Ανοίγετε συχνά το παράθυρο στο χώρο σας;

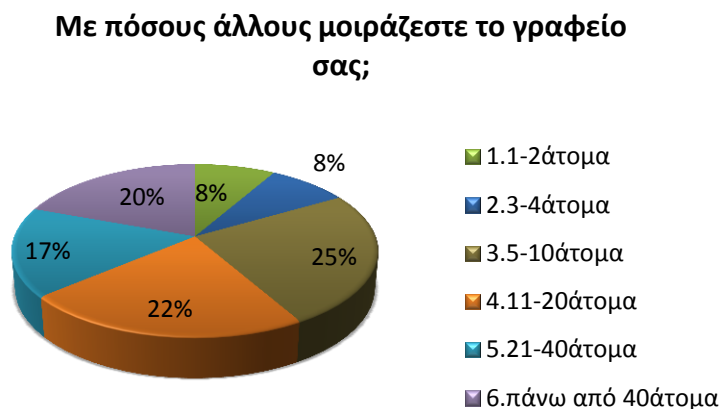


Εικ. 12.9: Αποτελέσματα για τη συχνότητα ανοίγματος του παραθύρου



## 5. Με πόσους άλλους μοιράζεστε το γραφείο σας;

Το 25% του δείγματος απάντησε ότι μοιράζεται το χώρο εργασίας του με 5-10 άτομα, το 22% με 11-20 άτομα και το 20% με πάνω από 40 άτομα.



Εικ. 12.10: Αποτελέσματα για τον αριθμό των ατόμων που μοιράζονται τον ίδιο χώρο

## B. Συνθήκες περιβαλλοντικής άνεσης στο χώρο εργασίας

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στον εκάστοτε εργασιακό χώρο και αφορούν τη θερμοκρασία, την κίνηση και την ποιότητα του αέρα, το φωτισμό και το θόρυβο.

### 1. Πώς θα περιγράφατε το επίπεδο θερμικής άνεσης τη στιγμή αυτή;

Για το χώρο του αμφιθεάτρου υπάρχουν πολλές διαφορετικές απαντήσεις σχετικά με τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι συνθήκες είναι ικανοποιητικές, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό του 20% χαρακτηρίζει το επίπεδο θερμικής άνεσης ως ουδέτερο. Το 17% χαρακτηρίζει το χώρο ως χλιαρό, ενώ το 14% ως δροσερό.

Αυτή η διαφοροποίηση των απαντήσεων οφείλεται στο μέγεθος του αμφιθεάτρου και στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της χρήσης του κάποιες πόρτες παραμένουν ανοιχτές με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρευμάτων ψυχρού αέρα. Ακόμη, το σύστημα θέρμανσης βρίσκεται στο επάνω μέρος του χώρου (επίπεδο 1) και συνεπώς στα υψηλότερα επίπεδα επικρατούν θερμότερες συνθήκες σε σχέση με τα χαμηλότερα.

Όσον αφορά τα βόρεια γραφεία στις στάθμες 2 και 4 παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση του επιπέδου θερμικής άνεσης. Στην στάθμη 2 το επίπεδο χαρακτηρίστηκε ως δροσερό, ενώ στη στάθμη 4 ως ζεστό. Αντιθέτως, για τα νότια εργαστήρια στις στάθμες 2 και 4 η διαφοροποίηση δεν είναι τόσο μεγάλη, καθώς στη στάθμη 2 το επίπεδο θερμικής άνεσης περιγράφηκε ως ουδέτερο προς χλιαρό, ενώ στη στάθμη 4 ως ελαφρώς δροσερό. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το ερωτηματολόγιο της στάθμης 4 συμπληρώθηκε στις 9:30 το πρωί σε αντίθεση με αυτό της στάθμης 2 που συμπληρώθηκε το μεσημέρι.

Το επίπεδο θερμικής άνεσης στο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 περιγράφηκε ως ελαφρώς δροσερό. Όπως είναι αναμενόμενο, συγκρίνοντας το βόρειο εργαστήριο με το αντίστοιχο νότιο της στάθμης 2, συμπεραίνουμε ότι στο βόρειο επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, δεδομένου ότι τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν κοινή ώρα της ημέρας.

Στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας της στάθμης 2 το 56% χαρακτήρισε το χώρο ως ελαφρώς δροσερό, το 33 % δροσερό, ενώ το 11 % ουδέτερο. Αντιθέτως, το ανατολικό γραφείο της στάθμης 1 χαρακτηρίστηκε ως κρύο.

Επομένως, προκύπτει ότι στο αμφιθέατρο και στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 2 οι συνθήκες θερμικής άνεσης είναι ικανοποιητικές, ενώ στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4, στο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 και την δυτική αίθουσα διδασκαλίας είναι ανεκτές. Τέλος, στα βόρεια γραφεία στις στάθμες 2 και 4, καθώς και στο ανατολικό γραφείο τα επίπεδα θερμικής άνεσης είναι μη αποδεκτά.

## **2. Πώς θα βαθμολογούσατε την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο γραφείο σας αυτή τη στιγμή;**

Σε όλους τους χώρους η ποιότητα του εσωτερικού χαρακτηρίστηκε ως αποδεκτή, εκτός από το αμφιθέατρο και την δυτική αίθουσα διδασκαλίας, όπου υπήρξε ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 13% και 11% αντίστοιχα που δήλωσε ότι βρίσκεται κάτω του αποδεκτού ορίου. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα χαρακτηρίστηκε ικανοποιητική στο βόρειο γραφείο της στάθμης 2 και στο ανατολικό γραφείο.

### **3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

Η θερμοκρασία στο βόρειο γραφείο της στάθμης 2 και το νότιο εργαστήριο της στάθμης 2 χαρακτηρίστηκε ως αρκετά άνετη, ενώ στους υπόλοιπους χώρους ως λίγο χαμηλότερη από το επιθυμητό. Στο αμφιθέατρο υπήρξαν πολλές διαφορετικές απαντήσεις, όμως γενικά η θερμοκρασία μπορεί να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική.

Όσον αφορά την κίνηση του αέρα, στα βόρεια γραφεία και στα νότια εργαστήρια στις στάθμες 2 και 4 ο αέρας χαρακτηρίζεται σχετικά στάσιμος, ενώ στο βόρειο εργαστήριο, στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας και στο ανατολικό γραφείο είναι αρκετά κοντά στο ιδανικό. Στο χώρο του αμφιθεάτρου δόθηκαν αρκετά διαφορετικές απαντήσεις, ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό θεωρεί τον αέρα ιδανικό προς στάσιμο.

Όσον αφορά την υγρασία του αέρα, σε όλους του χώρους επικρατούν συνθήκες κοντά στο ιδανικό, ενώ στο αμφιθέατρο και στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων χαρακτήρισε τον αέρα ως ιδανικό προς ξηρό.

Επίσης, στο γραφείο, τη Γραμματεία και τα εργαστήρια δεν θεωρούν τον αέρα ούτε πολύ βαρύ, ούτε πολύ φρέσκο. Αρκετά φρέσκος θεωρείται ο αέρας δίπλα στο κυλικείο, ενώ στην αίθουσα διδασκαλίας και στο χώρο του κυλικείου, παρότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων τον θεωρεί αρκετά φρέσκο, υπάρχει ένα ποσοστό που τον θεωρεί βαρύ.

Όσον αφορά τις οσμές, στο βόρειο γραφείο της στάθμης 2, το ανατολικό γραφείο και το νότιο εργαστήριο της στάθμης 2 η κατάσταση είναι ικανοποιητική, ενώ στο αμφιθέατρο, στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας και στο νότιο και βόρειο εργαστήριο στις στάθμες 4 και 1 αντίστοιχα επικρατεί μία μέτρια κατάσταση. Ωστόσο, στο χώρο του αμφιθεάτρου υπάρχει ένα ποσοστό 17% που θεωρεί ότι ο αέρας μυρίζει, ομοίως και στο βόρειο γραφείο της στάθμης 4.

Σχετικά με την επάρκεια του φυσικού φωτισμού, σε όλους τους χώρους επικρατεί μια κατάσταση αρκετά κοντά στην ιδανική, δηλαδή ούτε πολύ σκοτεινά ούτε πολύ φωτεινά. Εξάιρεση αποτελούν η αίθουσα διδασκαλίας όπου το 22% θεωρεί

ότι είναι φωτεινά και το βόρειο γραφείο της στάθμης 2 όπου χαρακτηρίστηκε ως πολύ φωτεινό.

Από άποψη σταθερότητας, ο φωτισμός θεωρείται αρκετά σταθερός στους περισσότερους χώρους, με εξαίρεση και εδώ την αίθουσα διδασκαλίας και το βόρειο γραφείο της στάθμης 2 όπου χαρακτηρίστηκε ως σταθερός με μικρές διακυμάνσεις.

Όσον αφορά το φαινόμενο της «θάμβωσης», στους περισσότερους χώρους το φως δεν προξενεί θάμβωμα, με εξαίρεση το αμφιθέατρο και το νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 όπου επικρατεί μία μέτρια κατάσταση.

Σχετικά με την ομοιομορφία του φωτισμού, στους περισσότερους χώρους επικρατεί μία μέτρια κατάσταση. Εξαίρεση αποτελούν το ανατολικό γραφείο της στάθμης 1 και το νότιο εργαστήριο της στάθμης 2 όπου ο φωτισμός χαρακτηρίστηκε ως ομοιόμορφος.

Σε γενικές γραμμές, οι ερωτηθέντες θεωρούν τον φωτισμό αρκετά ικανοποιητικό σε όλους τους χώρους, εκτός από τον χώρο του αμφιθέατρου όπου σημειώθηκαν ποικίλες απαντήσεις και η κατάσταση του φωτισμού μπορεί να χαρακτηριστεί ως αποδεκτή. Ομοίως και στο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1.

Ο θόρυβος που προκαλείται από το σύστημα εξαερισμού θεωρείται έντονος κυρίως από τους χρήστες της δυτικής αίθουσας διδασκαλίας και του βόρειου και νότιου εργαστηρίου στις στάθμες 1 και 2 αντίστοιχα, καθώς και από τους χρήστες του αμφιθέατρου σε ένα μικρό ποσοστό. Στους υπόλοιπους χώρους ο θόρυβος από το σύστημα εξαερισμού θεωρείται αμελητέος.

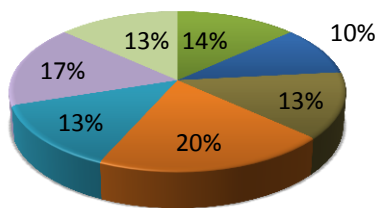
Οι άλλοι θόρυβοι θεωρούνται αρκετά έντονοι στο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1, αλλά και στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας. Στο χώρο του αμφιθέατρου επικρατεί μία μέτρια κατάσταση, όπως και στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4. Στους υπόλοιπους χώρους δεν παρατηρούνται άλλοι θόρυβοι.

Γενικά, τα επίπεδα θορύβου θεωρούνται ικανοποιητικά στα βόρεια γραφεία στις στάθμες 2 και 4, στο ανατολικό γραφείο και στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4, ενώ στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 2, στο βόρειο εργαστήριο, στο αμφιθέατρο και στην δυτική αίθουσα διδασκαλίας τα επίπεδα του θορύβου βρίσκονται σε οριακή κατάσταση.

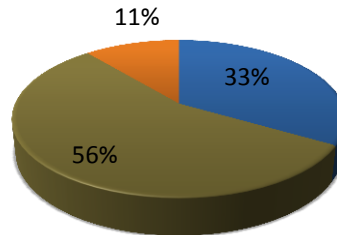
**1. Πώς θα περιγράφατε το επίπεδο θερμικής άνεσης τη στιγμή αυτή;**

- 1. Κρύο
- 2. Δροσερό
- 3. Ελαφρώς δροσερό
- 4. Ουδέτερο
- 5. Μόλις χλιαρό
- 6. Χλιαρό
- 7. Ζεστό

**1. Αμφιθέατρο**



**2. Αίθουσα διδασκαλίας**



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**



**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**



**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**



**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**



**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**



**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

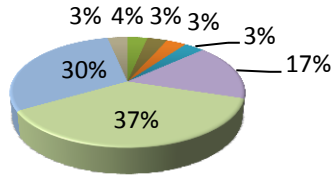


Εικ. 12.11: Απαντήσεις σχετικά με το επίπεδο θερμικής άνεσης

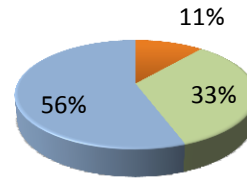
**2. Πώς θα βαθμολογούσατε την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο γραφείο σας αυτή τη στιγμή;**

- 1.Απαράδεκτη
- 2.Πολύ κακή
- 3.Κακή
- 4.Αρκετά κάτω από το αποδεκτό όριο
- 5.Μόλις κάτω από το αποδεκτό όριο
- 6.Μόλις αποδεκτή
- 7.Σχετικά καλή
- 8.Καλή
- 9.Πολύ καλή
- 10.Απόλυτα ικανοποιητική

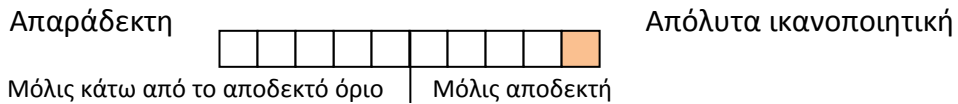
**1. Αμφιθέατρο**



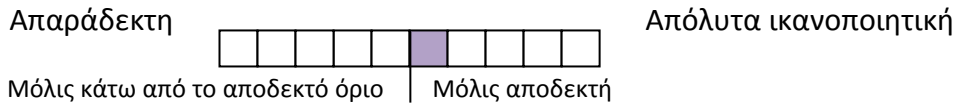
**2. Αίθουσα διδασκαλίας**



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**



**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**



**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**



**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**



**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**



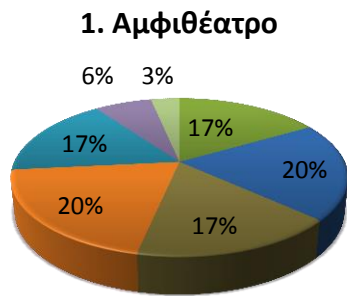
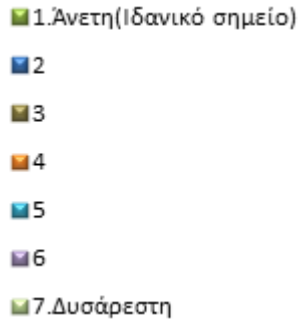
**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**



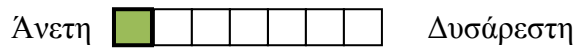
Εικ. 12.12: Απαντήσεις σχετικά με την ποιότητα εσωτερικού αέρα

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

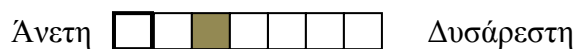
**3.α. Θερμοκρασία**



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**



**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**



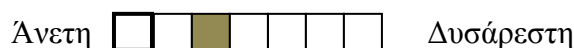
**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**



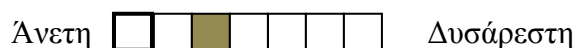
**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**



**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**



**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

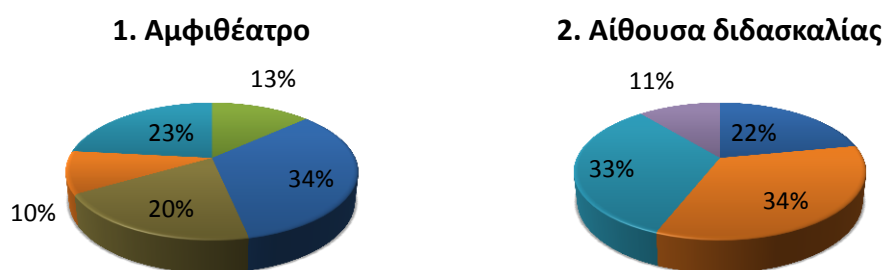


Εικ. 12.13: Απαντήσεις σχετικά με τη θερμοκρασία

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

**3.β. Κίνηση αέρα**

- 1.Στάσιμος
- 2
- 3
- 4.(Ιδανικό σημείο)
- 5
- 6
- 7.Με πολλά ρεύματα



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**

Στάσιμος        Με πολλά ρεύματα

**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**

Στάσιμος        Με πολλά ρεύματα

**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**

Στάσιμος         Με πολλά ρεύματα

**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**

Στάσιμος        Με πολλά ρεύματα

**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**

Στάσιμος        Με πολλά ρεύματα

**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

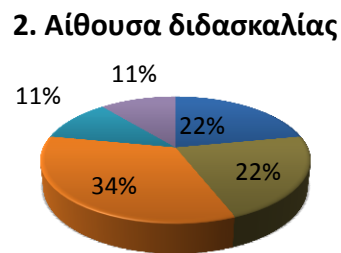
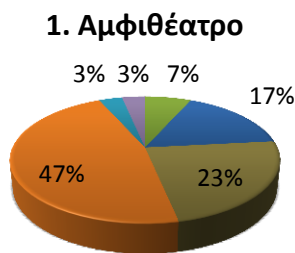
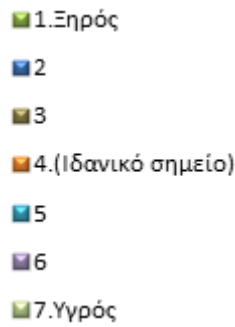
Στάσιμος        Με πολλά ρεύματα

Εικ. 12.14: Απαντήσεις σχετικά με την κίνηση του αέρα



3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;

3.γ. Ποιότητα αέρα - Ξηρότητα



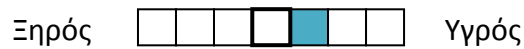
3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2



4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4



5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1



6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2



7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4



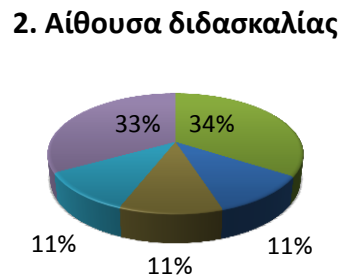
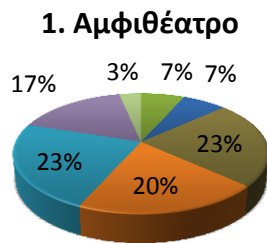
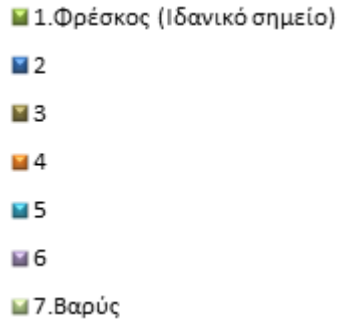
8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1



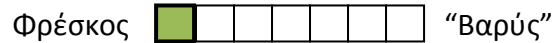
Εικ. 12.15: Απαντήσεις σχετικά με την ποιότητα του αέρα (Ξηρότητα)

3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;

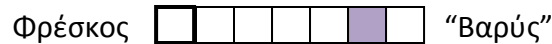
3.γ. Ποιότητα αέρα - Φρεσκάδα



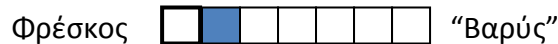
3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2



4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4



5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1



6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2



7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4



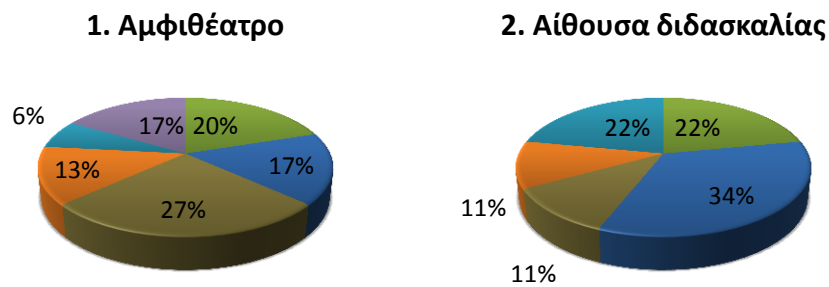
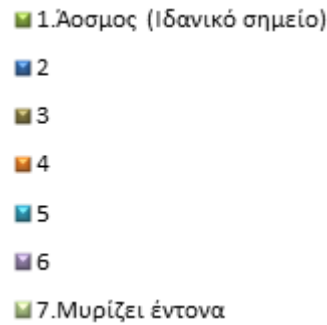
8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1



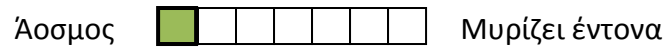
Εικ. 12.16: Απαντήσεις σχετικά με την ποιότητα του αέρα (Φρεσκάδα)

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

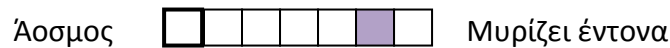
**3.γ. Ποιότητα αέρα - Οσμή**



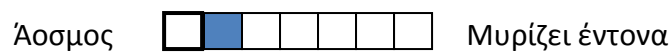
**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**



**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**



**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**



**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**



**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**



**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

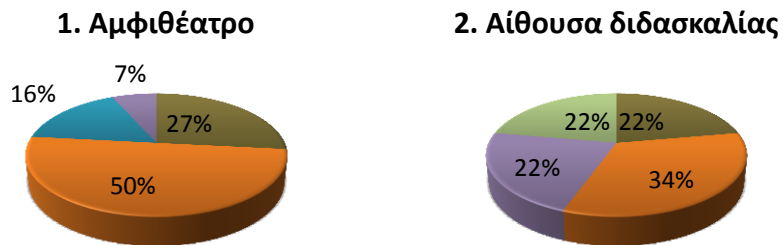


Εικ. 12.17: Απαντήσεις σχετικά με την ποιότητα του αέρα (Οσμή)

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

**3.ε. Φωτισμός – Επάρκεια**

- 1. Πολύ σκοτεινά
- 2
- 3
- 4. (Ιδανικό σημείο)
- 5
- 6
- 7. Πολύ φωτεινά



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**

Πολύ σκοτεινά       Πολύ φωτεινά

**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**

Πολύ σκοτεινά       Πολύ φωτεινά

**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**

Πολύ σκοτεινά       Πολύ φωτεινά

**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**

Πολύ σκοτεινά       Πολύ φωτεινά

**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**

Πολύ σκοτεινά       Πολύ φωτεινά

**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

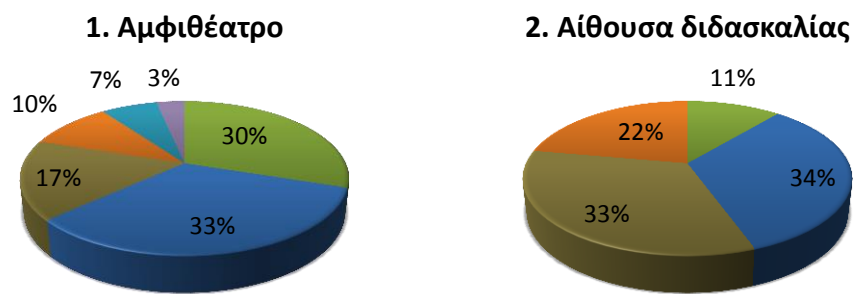
Πολύ σκοτεινά       Πολύ φωτεινά

Εικ. 12.18: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Επάρκεια)

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

**3.στ. Φωτισμός - Σταθερότητα**

- 1. Σταθερός (Ιδανικό σημείο)
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7. Με πολλές διακυμάνσεις



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**

Σταθερός           Με πολλές διακυμάνσεις

**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**

Σταθερός           Με πολλές διακυμάνσεις

**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**

Σταθερός           Με πολλές διακυμάνσεις

**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**

Σταθερός           Με πολλές διακυμάνσεις

**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**

Σταθερός           Με πολλές διακυμάνσεις

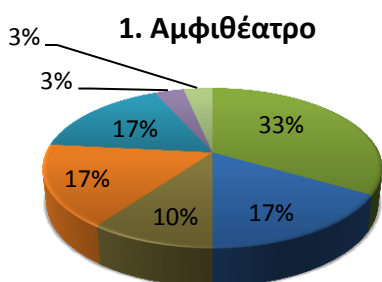
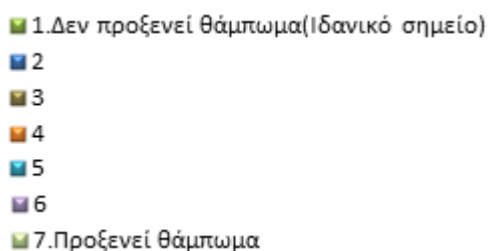
**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

Σταθερός           Με πολλές διακυμάνσεις

Εικ. 12.19: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Σταθερότητα)

### 3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;

#### 3.ζ. Φωτισμός - Οπτική θάμβωση



#### 3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2

Δεν προξενεί θάμπωμα        Προξενεί θάμπωμα

#### 4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4

Δεν προξενεί θάμπωμα        Προξενεί θάμπωμα

#### 5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1

Δεν προξενεί θάμπωμα        Προξενεί θάμπωμα

#### 6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2

Δεν προξενεί θάμπωμα        Προξενεί θάμπωμα

#### 7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4

Δεν προξενεί θάμπωμα        Προξενεί θάμπωμα

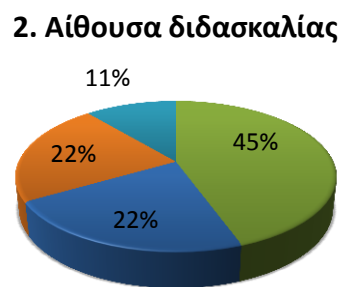
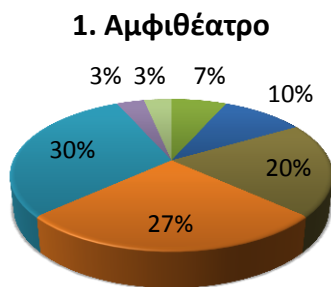
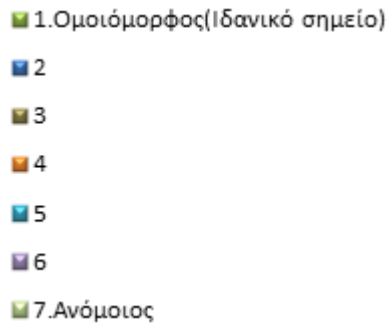
#### 8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1

Δεν προξενεί θάμπωμα        Προξενεί θάμπωμα

Εικ. 12.20: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Οπτική θάμβωση)

3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;

3.η. Φωτισμός - Ομοιομορφία φωτισμού



3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2



4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4



5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1



6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2



7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4



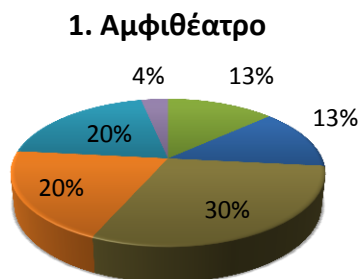
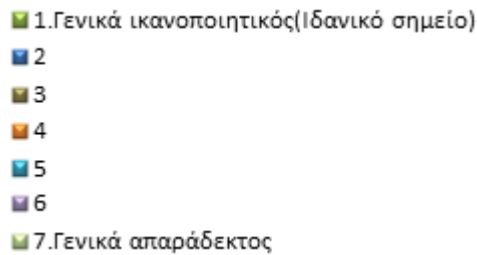
8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1



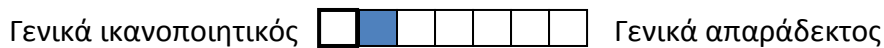
Εικ. 12.21: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Ομοιομορφία)

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

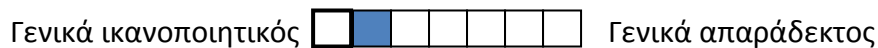
**3.θ. Φωτισμός - Γενικός χαρακτηρισμός φωτισμού**



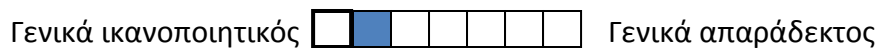
**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**



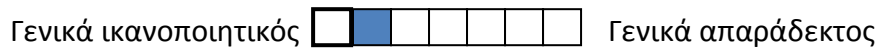
**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**



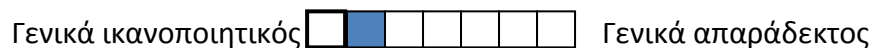
**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**



**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**



**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**



**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

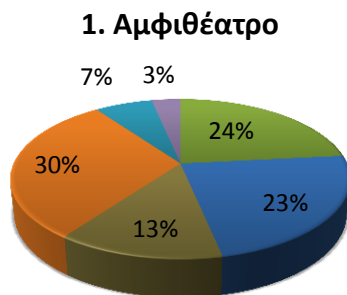
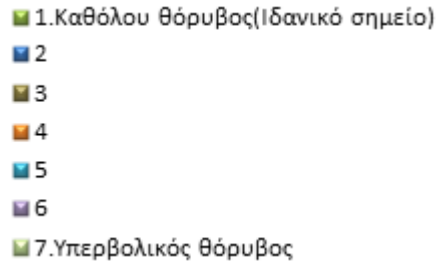


Εικ. 12.22: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Γενικός χαρακτηρισμός)



### 3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;

#### 3.1. Θόρυβος – Από το σύστημα εξαερισμού



#### 3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2

Καθόλου θόρυβος           Υπερβολικός θόρυβος

#### 4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4

Καθόλου θόρυβος           Υπερβολικός θόρυβος

#### 5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1

Καθόλου θόρυβος           Υπερβολικός θόρυβος

#### 6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2

Καθόλου θόρυβος           Υπερβολικός θόρυβος

#### 7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4

Καθόλου θόρυβος           Υπερβολικός θόρυβος

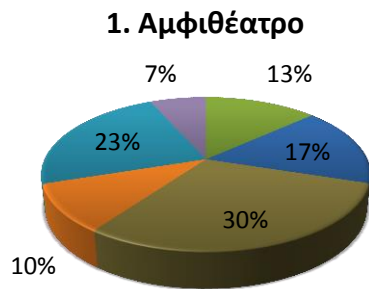
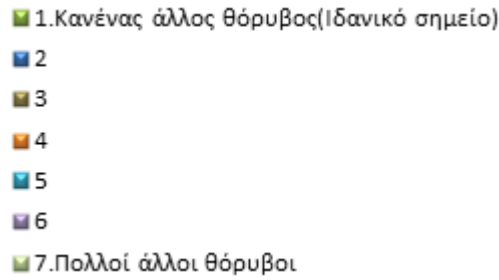
#### 8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1

Καθόλου θόρυβος           Υπερβολικός θόρυβος

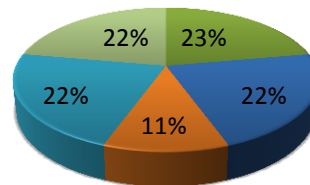
Εικ. 12.23: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Από το σύστημα εξαερισμού)

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

**3.κ. Θόρυβος – Άλλοι θόρυβοι**



**2. Αίθουσα διδασκαλίας**



**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**

Κανένας άλλος θόρυβος         Πολλοί άλλοι θόρυβοι

**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**

Κανένας άλλος θόρυβος         Πολλοί άλλοι θόρυβοι

**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**

Κανένας άλλος θόρυβος         Πολλοί άλλοι θόρυβοι

**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**

Κανένας άλλος θόρυβος         Πολλοί άλλοι θόρυβοι

**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**

Κανένας άλλος θόρυβος         Πολλοί άλλοι θόρυβοι

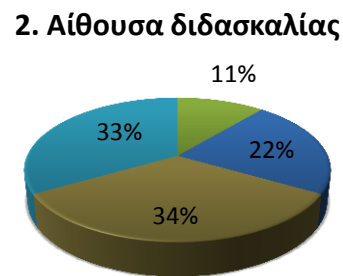
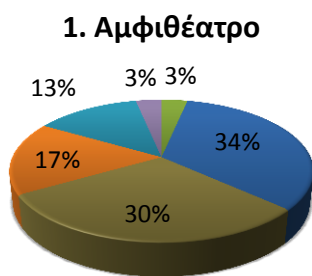
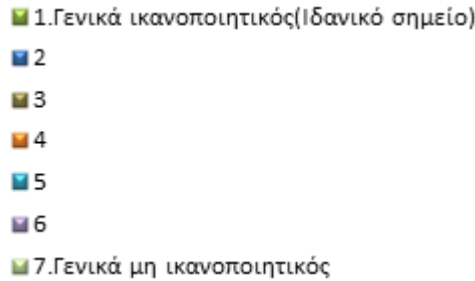
**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**

Κανένας άλλος θόρυβος         Πολλοί άλλοι θόρυβοι

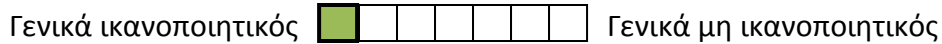
Εικ. 12.24: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Άλλοι θόρυβοι)

**3. Πώς θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;**

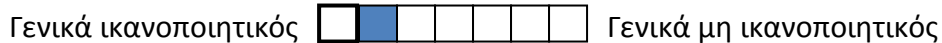
**3.λ. Θόρυβος - Γενικός χαρακτηρισμός θορύβου**



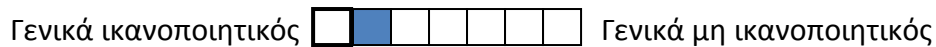
**3. Βόρειο γραφείο της στάθμης 2**



**4. Βόρειο γραφείο της στάθμης 4**



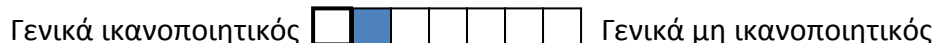
**5. Ανατολικό γραφείο της στάθμης 1**



**6. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2**



**7. Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4**



**8. Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1**



Εικ. 12.25: Απαντήσεις σχετικά με το φωτισμό (Γενικός χαρακτηρισμός)

## **Γ. Άλλα στοιχεία του εργασιακού σας περιβάλλοντος**

Οι ερωτήσεις αυτής της κατηγορίας αφορούν στη δυνατότητα των χρηστών να ελέγξουν την θερμοκρασία, τον αερισμό και το φωτισμό στο χώρο εργασίας τους, καθώς και τις συνθήκες καθαριότητας και την ύπαρξη καπνιστών στο χώρο εργασίας.

Όσον αφορά την θερμοκρασία, το 23% απάντησε ότι δε μπορεί να την ελέγξει καθόλου, το 17% μπορεί να την ελέγξει ελάχιστα, το 23% λίγο, το 17% μέτρια, το 13% αρκετά, το 7% πολύ, ενώ κανένας δεν απάντησε ότι μπορεί να την ελέγξει πλήρως.

Όσον αφορά τον αερισμό, το 31% δε μπορεί να τον ελέγξει καθόλου, το 17% μπορεί να τον ελέγξει ελάχιστα, το 23% λίγο, το 13% μέτρια, το 10% αρκετά, το 7% πολύ, ενώ κανένας δεν απάντησε ότι μπορεί να τον ελέγξει πλήρως.

Τέλος, όσον αφορά το φωτισμό, το 20% δε μπορεί να τον ελέγξει καθόλου, το 20% μπορεί να τον ελέγξει ελάχιστα, το 20% λίγο, το 17% μέτρια, το 3% αρκετά, το 13% πολύ, ενώ το 7% πλήρως.

Στην ερώτηση για το πώς θα περιέγραφαν τις συνθήκες καθαριότητας στο χώρο εργασίας τους το 6% τις χαρακτήρισαν ως απαράδεκτες, το 17% πολύ κακές, το 30% κακές, το 17% μέτριες, το 17% σχετικά καλές, το 10% καλές, ενώ μόνο ένα 3% ικανοποιητικές. Στο αν υπάρχουν καπνιστές στο άμεσο εργασιακό περιβάλλον απάντησαν ναι το 84% ενώ το υπόλοιπο 16% όχι.

## **Δ. Σχετικά με τον εαυτό σας**

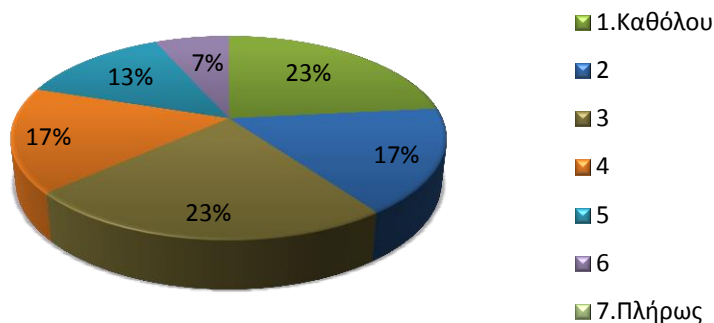
Στο τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου οι ερωτηθέντες απάντησαν σε προσωπικές ερωτήσεις σχετικά με το αν έχουν υποφέρει από παθήσεις που σχετίζονται με το ανθυγιεινό περιβάλλον εργασίας και ποια είναι η συμπεριφορά τους όσον αφορά το κάπνισμα.

Σύμφωνα με απαντήσεις, κανένας από τους ερωτηθέντες δεν έχει προβλήματα άσθματος, το 10% έχει υποφέρει στο παρελθόν από έκζεμα και το 26% από αλλεργίες. Καπνιστές είναι το 16% των ερωτηθέντων και από αυτούς το 33% καπνίζει και μέσα σε αυτό τον χώρο. Από το υπόλοιπο 84% που δεν είναι καπνιστές μόνο το 7% δήλωσε ότι έχει καπνίσει κανονικά στο παρελθόν.

## Γ. Στο γραφείο σας πόσο μπορείτε να ελέγξετε τα παρακάτω;

### 1. Θερμοκρασία

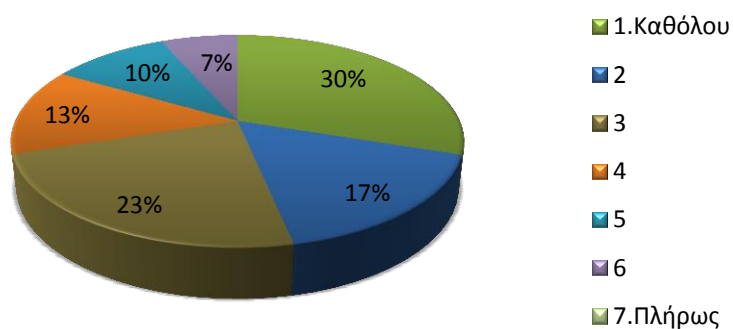
#### Δυνατότητα ελέγχου θερμοκρασίας



Εικ. 12.26: Αποτελέσματα για τη δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας

### 2. Αερισμός

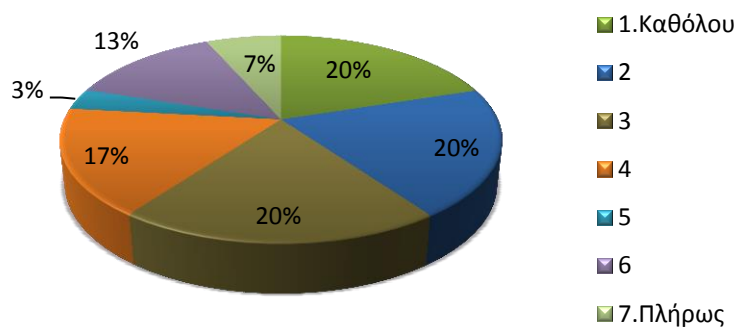
#### Δυνατότητα ελέγχου αερισμού



Εικ. 12.27: Αποτελέσματα για τη δυνατότητα ελέγχου του αερισμού

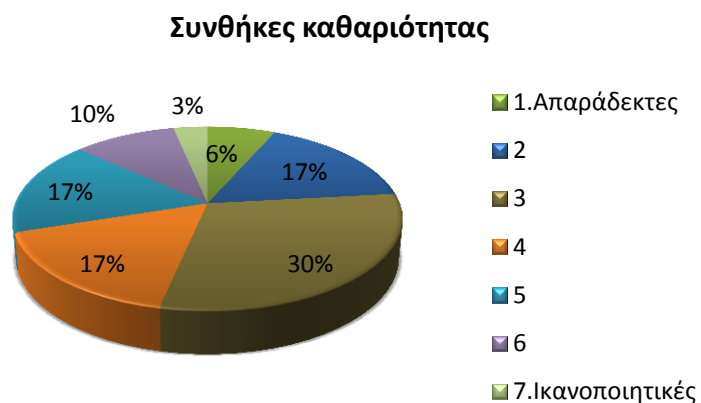
### 3. Φωτισμός

#### Δυνατότητα ελέγχου φωτισμού



Εικ. 12.28: Αποτελέσματα για τη δυνατότητα ελέγχου του φωτισμού

#### 4. Πώς θα περιγράφατε τις συνθήκες καθαριότητας στο γραφείο σας;



Εικ. 12.29: Αποτελέσματα για τις συνθήκες καθαριότητας

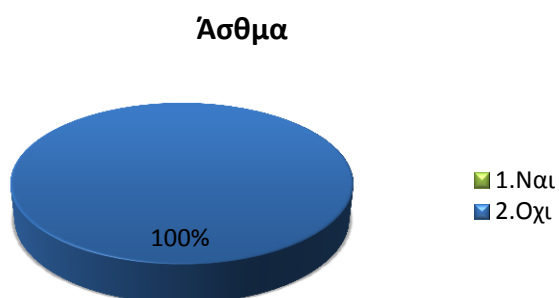
#### 5. Υπάρχουν καπνιστές στο άμεσο εργασιακό περιβάλλον;



Εικ. 12.30: Αποτελέσματα για την ύπαρξη καπνιστών στο χώρο

#### Δ. Σχετικά με τον εαυτό σας

##### 1. Έχετε προβλήματα άσθματος;



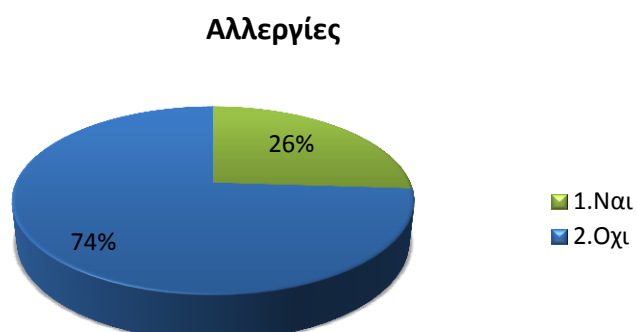
Εικ. 12.31: Αποτελέσματα για το αν οι ερωτηθέντες έχουν πρόβλημα άσθματος

##### 2. Έχετε υποφέρει ποτέ από έκζεμα;



Εικ. 12.32: Αποτελέσματα για το αν οι ερωτηθέντες έχουν υποφέρει ποτέ από έκζεμα

##### 3. Έχετε υποφέρει ποτέ από αλλεργίες;



Εικ. 12.33: Αποτελέσματα για το αν οι ερωτηθέντες έχουν υποφέρει ποτέ από αλλεργίες

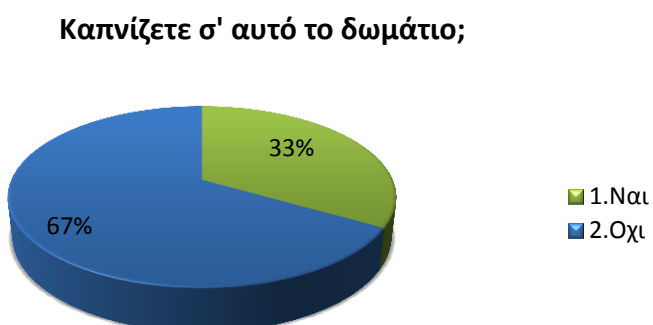
#### Δ. Σχετικά με τον εαυτό σας

##### 4. Είστε καπνιστής;



Εικ. 12.34: Αποτελέσματα για το αν οι ερωτηθέντες είναι καπνιστές

##### 4.α. Αν ναι: Καπνίζετε σ' αυτό το δωμάτιο;



Εικ. 12.35: Αποτελέσματα για το ποιοι από τους καπνιστές ερωτηθέντες καπνίζουν μέσα σε αυτό το δωμάτιο

##### 4.β. Αν όχι: Έχετε καπνίσει κανονικά στο παρελθόν;



Εικ. 12.36: Αποτελέσματα για το ποιοι από τους μη καπνιστές ερωτηθέντες έχουν καπνίσει κανονικά στο παρελθόν



### 12.3 Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας εντοπίζονται τα εξής προβλήματα στο κτίριο:

- Έλλειψη θερμικής άνεσης στο ανατολικό γραφείο της στάθμης 1 και στο χώρο του αμφιθεάτρου, όπου εμφανίζονται χαμηλότερες από τις επιθυμητές θερμοκρασίες.
- Η ποιότητα του αέρα ως προς την φρεσκάδα και την οσμή δεν είναι ικανοποιητική στους χώρους των εργαστηρίων, του αμφιθεάτρου και στο βόρειο γραφείο της στάθμης 4.
- Υπερβολικά επίπεδα φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας και στο βόρειο γραφείο της στάθμης 2.
- Υπερβολικός θόρυβος από το σύστημα εξαερισμού στην αίθουσα διδασκαλίας, το αμφιθέατρο και τα εργαστήρια.
- Έντονος θόρυβος από άλλες αιτίες στο βόρειο εργαστήριο και στην αίθουσα διδασκαλίας.
- Μεγάλο ποσοστό των χρηστών δεν μπορούν να ελέγξουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία, το φωτισμό και τον αερισμό.
- Οι συνθήκες καθαριότητας στους χώρους του κτιρίου δεν είναι ικανοποιητικές.



***ΜΕΡΟΣ 3<sup>ο</sup> : Ανάλυση μέσω του προγράμματος  
Energy Plus και προτάσεις για την ενεργειακή  
αναβάθμιση του κτιρίου***

---



## 13. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Energy Plus

---

### 13.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η προσομοίωση του εξεταζόμενου τμήματος του κτιρίου μέσω του ενεργειακού προγράμματος EnergyPlus με σκοπό την ενεργειακή ανάλυσή του.

Αρχικά, παρατίθενται κάποια γενικά στοιχεία σχετικά με το ενεργειακό πρόγραμμα EnergyPlus, το οποίο λειτουργεί σε συνδυασμό με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Google SketchUp, με το οποίο συνδέεται μέσω του Legacy OpenStudio Plug-in. Στη συνέχεια περιγράφεται βήμα προς βήμα η αποτύπωση του τρισδιάστατου μοντέλου του τμήματος του κτιρίου μέσω του προγράμματος Google Sketch up. Ακολουθεί η εισαγωγή των στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του Legacy OpenStudio Plug-in. Τέλος, παρουσιάζεται η εισαγωγή των στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του EnergyPlus.

### 13.2 Περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε



#### 13.2.1 Το πρόγραμμα Google SketchUp

Το Google SketchUp αποτελεί ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα για τη δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων. Είναι αρκετά απλό στην εκμάθηση και χρήση και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα δημοφιλές. Οι διαθέσιμες εκδόσεις του παρέχονται δωρεάν.

#### 13.2.2 Το λογισμικό Legacy OpenStudio Plug-in

Το Legacy OpenStudio Plug-in δημιουργήθηκε από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (National Renewable Energy Laboratory) για το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α., προκειμένου να διευκολύνει τη χρήση του Energy Plus. Ουσιαστικά, επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργεί και να επεξεργάζεται θερμικές

ζώνες και επιφάνειες μέσω του Google SketchUp, οι οποίες εισάγονται στο Energy Plus για να γίνει η προσομοίωση.

Οι βασικές λειτουργίες του Legacy OpenStudio Plug-in παρέχουν τη δυνατότητα για:

- Δημιουργία και επεξεργασία θερμικών ζωνών και επιφανειών στο Energy Plus.
- Εισαγωγή δεδομένων στο Energy Plus, εκτέλεση του προγράμματος και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων μέσω του SketchUp.
- Ενοποίηση των επιφανειών που βρίσκονται σε γειτονικές θερμικές ζώνες.
- Αναζήτηση επιφανειών πληκτρολογώντας το όνομα τους.
- Προσθήκη των εσωτερικών θερμικών κερδών και της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου.
- Προσθήκη του ιδανικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου.
- Ρύθμιση και αλλαγή λανθασμένων κατασκευών.
- Προσθήκη στοιχείων ελέγχου του φυσικού φωτισμού και ηλιακών χαρτών.
- Ζήτηση βοήθειας από τις οδηγίες.



### 13.2.3 Το πρόγραμμα EnergyPlus

Το EnergyPlus είναι ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. αποσκοπώντας στην προσομοίωση και την ενεργειακή ανάλυση κτιρίων.

Πιο συγκεκριμένα, εισάγοντας τα δεδομένα που αφορούν τα γεωμετρικά και δομικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης-κλιματισμού και των μηχανολογικών εγκαταστάσεων, καθώς και τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής του κτιρίου, το EnergyPlus έχει τη δυνατότητα υπολογισμού

πληθώρας αποτελεσμάτων, όπως η θερμοκρασία και το ποσοστό υγρασίας που επικρατούν στους χώρους του κτιρίου, η ενεργειακή κατανάλωσή του, τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του και πολλά άλλα. Με βάση τα εξαγόμενα αποτελέσματα δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να προβεί στην εφαρμογή επεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Το EnergyPlus είναι βασισμένο σε δύο προηγούμενα λογισμικά, το BLAST (Building Loads and System Thermodynamics) και το DOE-2 (Department Of Energy-2), που κατασκευάστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80. Ωστόσο, έχει αντιμετωπίσει τις περισσότερες από τις αδυναμίες των παραπάνω προγραμμάτων εφαρμόζοντας καινοτόμες μεθόδους, όπως είναι η προσομοίωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης και των θερμικών ζωνών, η προσομοίωση με συστήματα ψύξης-θέρμανσης τελευταίας τεχνολογίας, καθώς και η εξαγωγή αποτελεσμάτων με χρονικά βήματα μικρότερα της μίας ώρας.

### **13.3 Χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες**

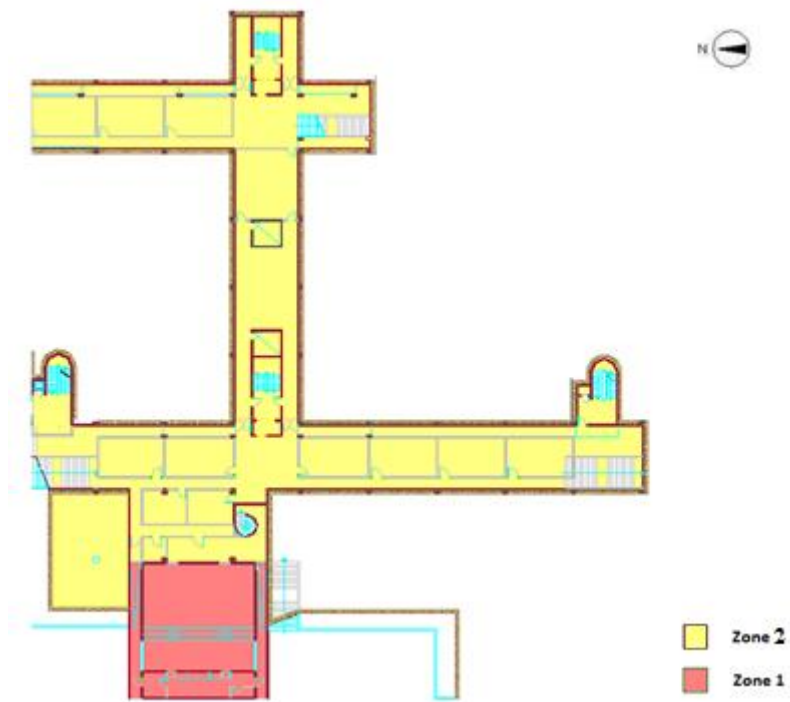
Ο χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες έγινε με βάση τη χρήση του κάθε χώρου, τον προσανατολισμό και τη στάθμη του στο κτίριο. Έτσι, για να εξάγουμε όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα χωρίσαμε το εξεταζόμενο τμήμα του κτιρίου σε 35 θερμικές ζώνες. Ο μεγάλος αριθμός θερμικών ζωνών οφείλεται στην πολυπλοκότητα της γεωμετρίας του κτιρίου, αλλά και στη μεγάλη του έκταση. Οι 33 από αυτές αφορούν το μεσαίο τμήμα και οι άλλες δύο είναι βοηθητικές και αντιπροσωπεύουν το νότιο και το βόρειο τμήμα που συνορεύουν με το εξεταζόμενο. Όλη η στάθμη 0 του υπογείου, εκτός από το αμφιθέατρο, θεωρήθηκε ως μία ενιαία ζώνη παρά τη μεγάλη της έκταση, καθώς σε αυτή επικρατούν αρκετά σταθερές συνθήκες.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι θερμικές ζώνες του προγράμματος EnergyPlus και οι αντίστοιχοι χώροι του κτιρίου που αντιπροσωπεύει η καθεμία :

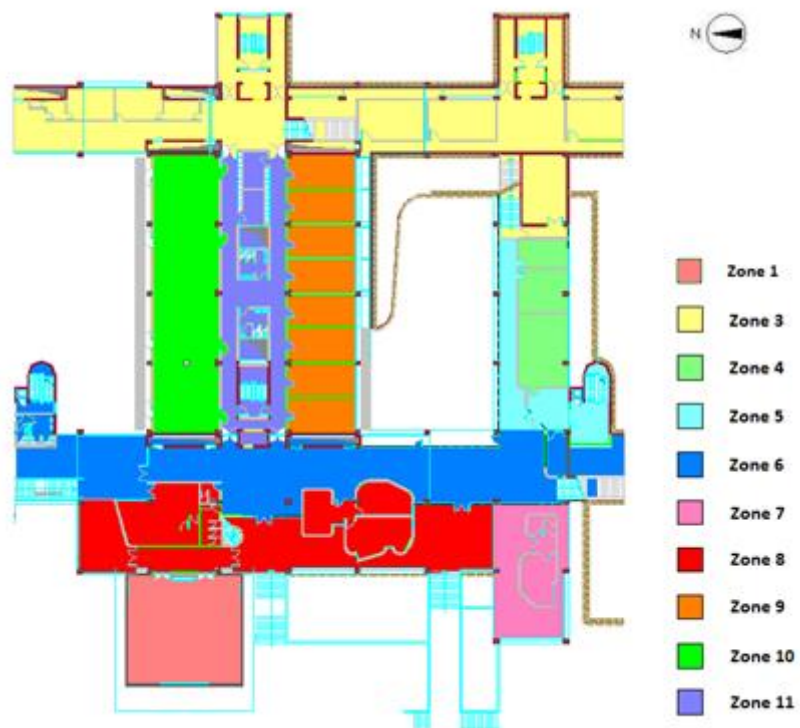
Όνομα ενεργειακής ζώνης	Περιγραφή των χώρων του κτιρίου	Πτέρυγα του κτιρίου	Στάθμη του κτιρίου
1	Αμφιθέατρο		
2	Υπόγειο		Στάθμη 0
3	Ανατολικός διάδρομος και κλιμακοστάσια	Πτέρυγα Θ	Στάθμη 1
4	Νότια γραφεία	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 1
5	Βόρειος διάδρομος	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 1
6	Ανατολική πλευρά διαδρόμου	Πτέρυγα Α	Στάθμη 1
7	Νοτιοδυτική πλευρά διαδρόμου	Πτέρυγα Α	Στάθμη 1
8	Δυτική πλευρά διαδρόμου	Πτέρυγα Α	Στάθμη 1
9	Νότια εργαστήρια	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 1
10	Βόρειο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 1
11	Εσωτερικός διάδρομος	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 1
12	Δυτικές αίθουσες	Πτέρυγα Α	Στάθμη 2
13	Αναγνωστήριο	Πτέρυγα Α	Στάθμη 2
14	Διάδρομος	Πτέρυγα Α	Στάθμη 2
15	Νότιος διάδρομος	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 2
16	Βόρεια γραφεία	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 2
17	Νότιο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 2
18	Εσωτερικός διάδρομος	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 2
19	Βόρειο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 2
20	Ανατολικός διάδρομος και κλιμακοστάσια	Πτέρυγα Θ	Στάθμη 2
21	Βόρεια γραφεία	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 4
22	Ανατολικός διάδρομος και κλιμακοστάσια	Πτέρυγα Θ	Στάθμη 3
23	Νότιος διάδρομος	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 3
24	Βόρεια γραφεία	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 3
25	Νότιο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 3
26	Εσωτερικός διάδρομος	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 3
27	Βόρειο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 3
28	Βορειοδυτικά γραφεία	Πτέρυγα Α	Στάθμη 3
29	Νότιος διάδρομος	Πτέρυγα Ε	Στάθμη 4
30	Ανατολικός διάδρομος και κλιμακοστάσια	Πτέρυγα Θ	Στάθμη 4
31	Νότιο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 4
32	Εσωτερικός διάδρομος	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 4
33	Βόρειο εργαστήριο	Πτέρυγα Δ	Στάθμη 4
<b>notio</b>	Νότιο τμήμα κτιρίου		
<b>voreio</b>	Βόρειο τμήμα κτιρίου		

Εικ. 13.1: Θερμικές ζώνες του προγράμματος Energy Plus και οι αντίστοιχοι χώροι του κτιρίου

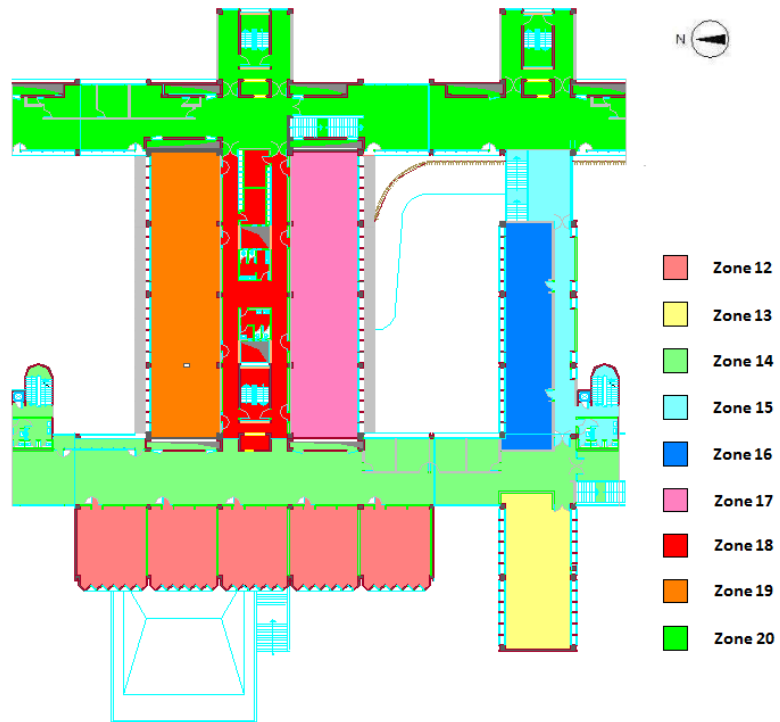




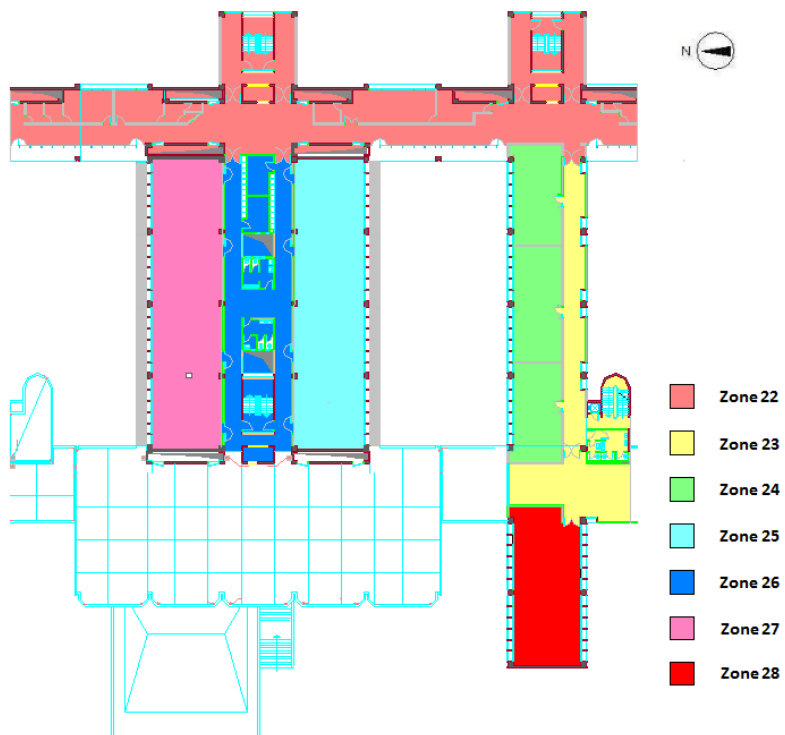
Εικ. 13.2: Θερμικές ζώνες - Στάθμη 0 (Υπόγειο)



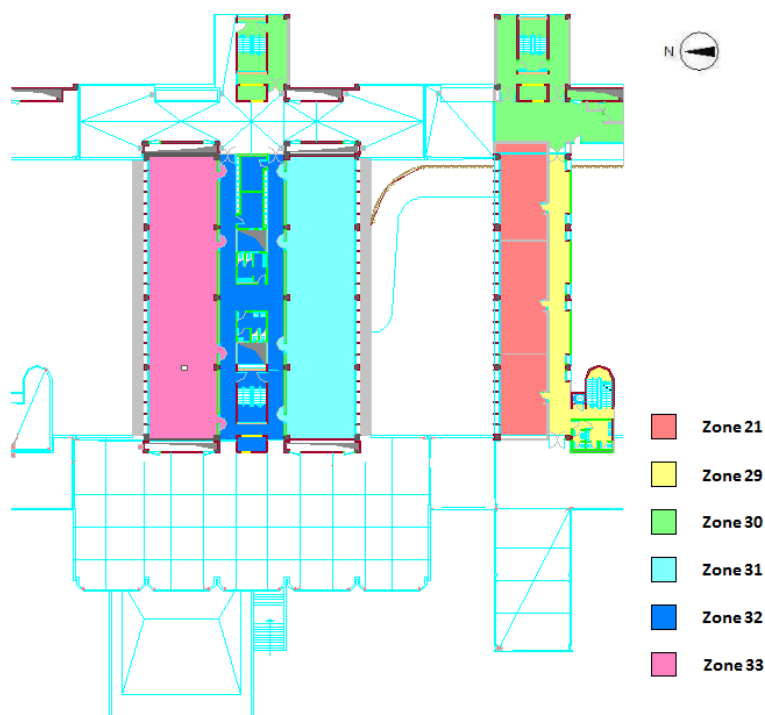
Εικ. 13.3: Θερμικές ζώνες - Στάθμη 1 (Ισόγειο)



Εικ. 13.4: Θερμικές ζώνες - Σταθμή 2



Εικ. 13.5: Θερμικές ζώνες - Σταθμή 3

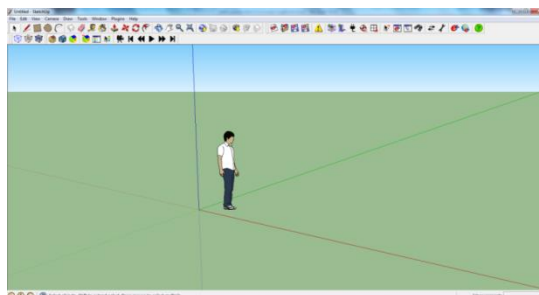


Εικ. 13.6: Θερμικές ζώνες - Στάθμη 4

## 13.4 Εισαγωγή στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του Legacy OpenStudio Plug-in


### 13.4.1 Σχεδίαση του μοντέλου μέσω του προγράμματος Google SketchUp

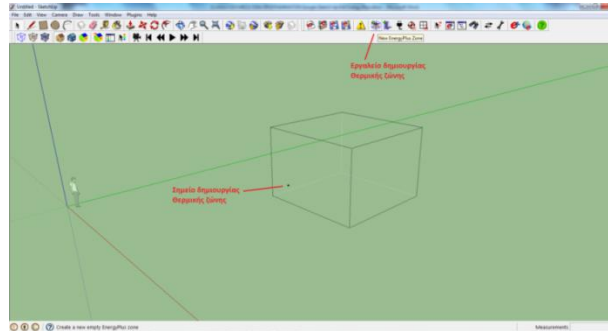
Μετά την επιλογή των θερμικών ζωνών του κτιρίου έγινε η σχεδίαση του μεσαίου τμήματος μέσω του προγράμματος Google SketchUp, σε συνδυασμό με το λογισμικό Open Studio Plug-in. Δηλαδή, η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου προσομοίωσης του κτιρίου, με τον αντίστοιχο προσανατολισμό και διαστάσεις. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν στο Google SketchUp περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.



Εικ. 13.7: Το περιβάλλον του προγράμματος Google SketchUp και Open Studio

- **Δημιουργία θερμικής ζώνης**

Η σχεδίαση μίας θερμικής ζώνης γίνεται μέσω του εργαλείου **New EnergyPlus Zone**  της γραμμής εργαλείων του OpenStudio.




Εικ. 13.8: Δημιουργία θερμικής ζώνης

Αφού επιλέξουμε το εργαλείο, επιλέγουμε με το βέλος το σημείο όπου θέλουμε να τοποθετηθεί η θερμική ζώνη. Στη συνέχεια, με το πάτημα διπλού κλικ στο σημείο εμφανίζεται η θερμική ζώνη με γκρι διακεκομμένη γραμμή. Από τη στιγμή αυτή οτιδήποτε σχεδιάζουμε θα ανήκει σε αυτή τη θερμική ζώνη.


- **Καθορισμός του προσανατολισμού**

Η διεύθυνση του Βορρά παριστάνεται με τον πράσινο άξονα. Ο άξονας του υπό μελέτη κτιρίου είναι Βοράς-Νότος και συνεπώς η σχεδίαση έγινε παράλληλα στον πράσινο άξονα.

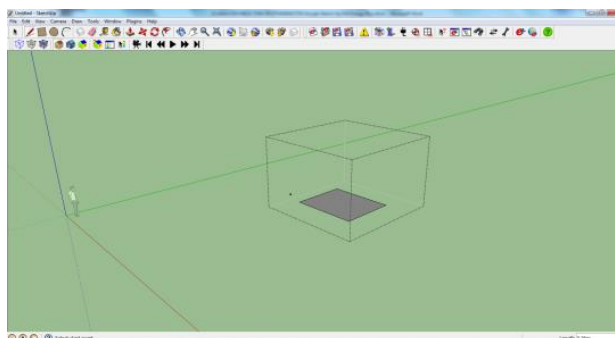
- **Έλεγχος των διαστάσεων**

Με το εργαλείο **Tape Measure Tool**  μετράμε τις διαστάσεις της κάτοψης του χώρου, οι οποίες φαίνονται με διακεκομμένες γραμμές. Οι ακριβείς διαστάσεις καθορίζονται εισάγοντας τα μέτρα στο παράθυρο Length.

- **Σχεδίαση δαπέδου**


Η σχεδίαση του δαπέδου γίνεται με το εργαλείο **Line** . Αφού επιλεγθεί το εργαλείο σχεδιάζονται διαδοχικά γραμμές παράλληλες στο οριζόντιο επίπεδο (x,y) με τις κατάλληλες διαστάσεις. Όταν ολοκληρωθεί η σχεδίαση και οι γραμμές κλείσουν,

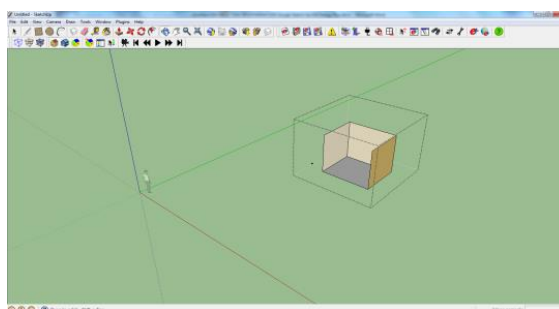
η επιφάνεια θα αποκτήσει το χαρακτηριστικό γκρι χρώμα που δηλώνει τη δημιουργία του δαπέδου, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικ. 13.9: Σχεδίαση δαπέδου

- **Σχεδίαση τοίχων**

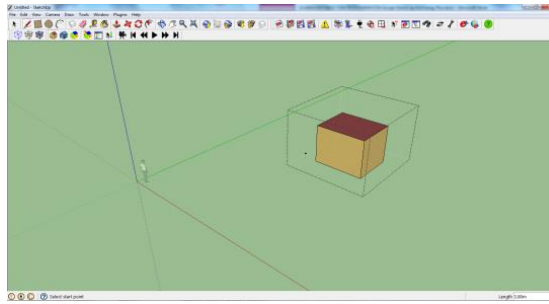
Επιλέγοντας το εργαλείο Line  και έχοντας σχεδιάσει το δάπεδο, φέρνοντας κατακόρυφες γραμμές παράλληλες στον μπλε άξονα σχεδιάζουμε τους τοίχους στις κατάλληλες διαστάσεις. Με την ολοκλήρωση της σχεδίασης ενός τοίχου, η επιφάνεια θα αποκτήσει το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα, όπως φαίνεται παρακάτω.




Εικ. 13.10: Σχεδίαση τοίχων

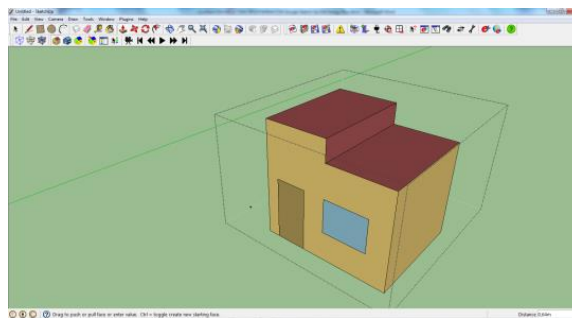
- **Σχεδίαση οροφής**

Αφού ολοκληρωθεί η σχεδίαση των περιμετρικών τοίχων θα εμφανιστεί η οροφή με το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα, όπως φαίνεται παρακάτω.




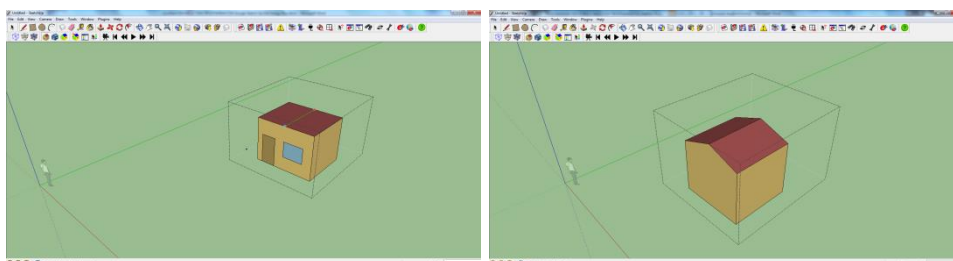
Εικ. 13.11: Σχεδίαση οροφής

Η οροφή μπορεί να σχεδιαστεί γρηγορότερα με την επιλογή του εργαλείου **Push/Pull** . Φέρνοντας τον κέρσορα πάνω στο δάπεδο, αυτό διαγραμμίζεται με κουκίδες, και μετακινώντας παράλληλα με τον κατακόρυφο άξονα στο κατάλληλο ύψος, σχηματίζεται ο όγκος του κτιρίου με την οροφή. Ακόμη, με τη χρήση της ίδιας εντολής, χωρίζοντας την οροφή σε τμήματα, μπορούμε να σχεδιάσουμε διαφορετικά επίπεδα οροφής.




Εικ. 13.12: Σχεδίαση ανισόπεδης οροφής

Επίσης, αφού σχεδιάσουμε μία γραμμή στο μέσον της οροφής, με τη χρήση του εργαλείου **Move/Copy** , επιλέγουμε το μέσον της γραμμής και μετακινούμε παράλληλα με τον κατακόρυφο άξονα κατά όσο ύψος χρειαστεί.




Εικ. 13.13: Σχεδίαση σκεπής


- **Σχεδίαση πόρτας και παραθύρων**

Η σχεδίαση της πόρτας και των παραθύρων γίνεται επίσης με χρήση του εργαλείου **Line** . Ξεκινώντας από το δάπεδο φέρουμε κατακόρυφη γραμμή και συνεχίζουμε σχηματίζοντας ένα ορθογώνιο με τις διαστάσεις της πόρτας. Με το τέλος των εντολών η πόρτα θα αποκτήσει το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα. Με την ίδια διαδικασία ξεκινώντας στο ύψος που θέλουμε σχεδιάζουμε τα παράθυρα, που αποκτούν το χαρακτηριστικό γαλάζιο χρώμα.


- **Δημιουργία νέας θερμικής ζώνης**

Για τη δημιουργία νέας θερμικής ζώνης επιλέγουμε και πάλι το εργαλείο **New EnergyPlus Zone**  και συνεχίζουμε τη σχεδίαση μέσα στην καινούργια ζώνη.

- **Δημιουργία ομάδας σκίασης**

Για τον σχεδιασμό σκιάστρου απαιτείται η δημιουργία ομάδας σκίασης μέσω της εντολής **New shading group tool** . Η διαδικασία είναι αντίστοιχη της δημιουργίας θερμικής ζώνης. Αφού επιλεγεί το επιθυμητό σημείο, με διπλό κλικ σε αυτό εμφανίζεται η ομάδα σκίασης με γκρι διακεκομμένες γραμμές. Στη συνέχεια μέσα σε αυτήν σχεδιάζεται το αντίστοιχο σκίαστρο, όπου εμφανίζεται με το χαρακτηριστικό μωβ χρώμα. Μπορούμε να δημιουργήσουμε όσες ομάδες επιθυμούμε όπως και με τις θερμικές ζώνες.

- **Ορισμός των χαρακτηριστικών των επιφανειών**

Με την επιλογή του εργαλείου **Show Object Info Window**  ανοίγει ένα παράθυρο, στο οποίο μπορούμε να δηλώσουμε τα χαρακτηριστικά των διαφόρων επιφανειών του μοντέλου, όπως να ορίσουμε το όνομα της θερμικής ζώνης (**Zone**) ή της ομάδας σκίασης (**Detached Shading Group**) που έχουμε δημιουργήσει, καθώς και τον υπόλοιπων επιφανειών που την *απαρτίζουν* (δάπεδο, τοίχοι, οροφή, πόρτες, παράθυρα). Ανάλογα με το είδος της επιφάνειας έχουμε τρεις κατηγορίες:


1. **BuildingSurface:Detailed**, που αναφέρεται στο δάπεδο, τους τοίχους και την οροφή.

2. FenestrationSurface:Detailed, που αναφέρεται στα ανοίγματα, δηλαδή στις πόρτες και στα παράθυρα.
3. Shading:Building:Detailed, που αναφέρεται στα σκίαστρα.


- **Show Outliner Window**

Με την επιλογή της εντολής **Show Outliner Window**  μπορούμε να μετονομάσουμε μία θερμική ζώνη.


- **Εμφάνιση χρωμάτων επιφανειών με βάση το είδος τους**

Με την επιλογή της εντολής **Render by surface class**  οι επιφάνειες εμφανίζονται με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το είδος τους. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα δάπεδα εμφανίζονται με γκρι χρώμα, οι τοίχοι με κίτρινο, οι οροφές με κόκκινο, οι πόρτες με καφέ, τα παράθυρα με γαλάζιο και τα σκίαστρα με μωβ.


- **Εμφάνιση χρωμάτων επιφανειών με βάση τις συνοριακές τους συνθήκες**

Με την επιλογή της εντολής **Render by boundary condition**  οι επιφάνειες εμφανίζονται με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με τις συνοριακές τους συνθήκες. Οι εξωτερικές επιφάνειες εμφανίζονται με μπλε χρώμα, οι επιφάνειες επαφής με πράσινο χρώμα και οι επιφάνειες επαφής με το έδαφος με μπεζ χρώμα. Με τον τρόπο αυτό έχουμε τη δυνατότητα να ελέγξουμε για τυχόν λάθη που έγιναν στη δήλωση των εξωτερικών συνοριακών συνθηκών της κάθε επιφάνειας.


- **Εμφάνιση μόνο της επιλεγμένης ζώνης**

Η επιλογή της εντολής **Hide rest of model**  δίνει τη δυνατότητα να εμφανίζεται μόνο η επιλεγμένη ζώνη και να αποκρύπτονται οι υπόλοιπες.

- **Εμφάνιση των επιφανειών που έχουμε αποκρύψει**

Με την επιλογή της εντολής **View hidden geometry**  μπορούμε να δούμε τις επιφάνειες που έχουμε αποκρύψει.


- **Εμφάνιση κτιρίου σε διαφανή μορφή**

Με την επιλογή της εντολής **View model in X-Ray Mode**  μπορούμε να μετατρέψουμε το κτίριο σε διαφανή μορφή και να δούμε τους εσωτερικούς τοίχους.




- **Ταυτοποίηση επιφανειών**

Για να λειτουργήσει σωστά το πρόγραμμα EnergyPlus θα πρέπει οι επιφάνειες επαφής μεταξύ των διαφορετικών ζωνών να αναγνωρισθούν ως μία κοινή επιφάνεια, δηλαδή ως εσωτερικοί τοίχοι. Αυτή η ρύθμιση γίνεται μέσω της εντολής **Surface**

**Matching** , η οποία μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε όλο το μοντέλο είτε σε συγκεκριμένο επιλεγμένο τμήμα του.

- **Αποθήκευση του αρχείου**

Η αρχική αποθήκευση του αρχείου θα πρέπει να γίνει μέσω της εντολής

**SaveAs EnergyPlus Input File** , ώστε να μπορέσει στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα EnergyPlus. Αν πραγματοποιήσουμε αλλαγές στο αρχείο για να τις αποθηκεύσουμε θα χρησιμοποιήσουμε την εντολή **Save EnergyPlus**

**Input File** .

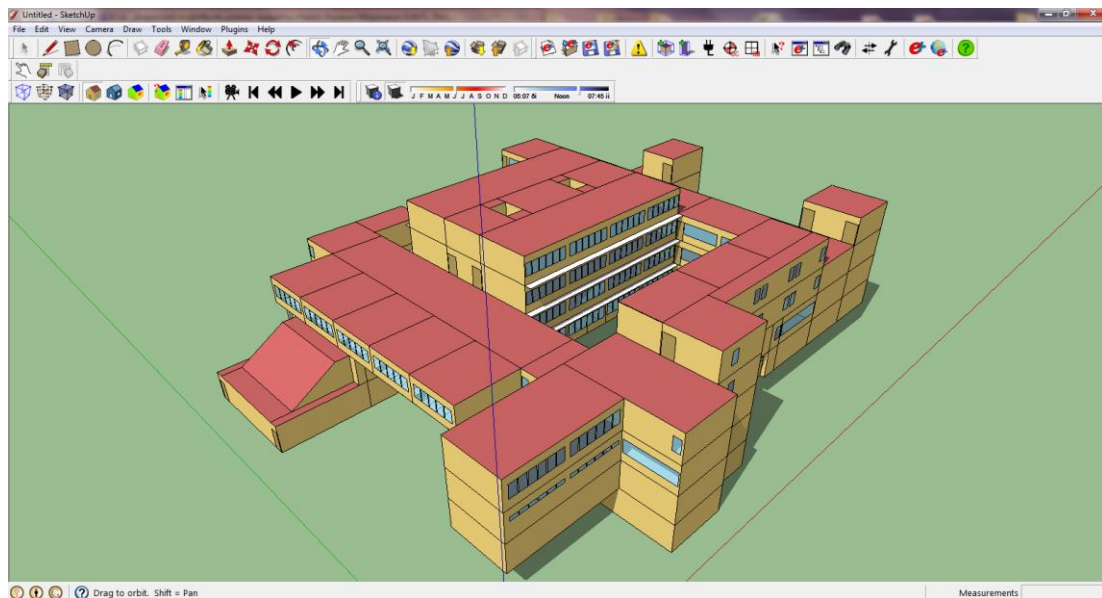
### 13.4.2 Ρυθμίσεις στο υπό μελέτη μοντέλο

Κατά το σχεδιασμό του υπό μελέτη κτιρίου ορίστηκαν τα εξής:

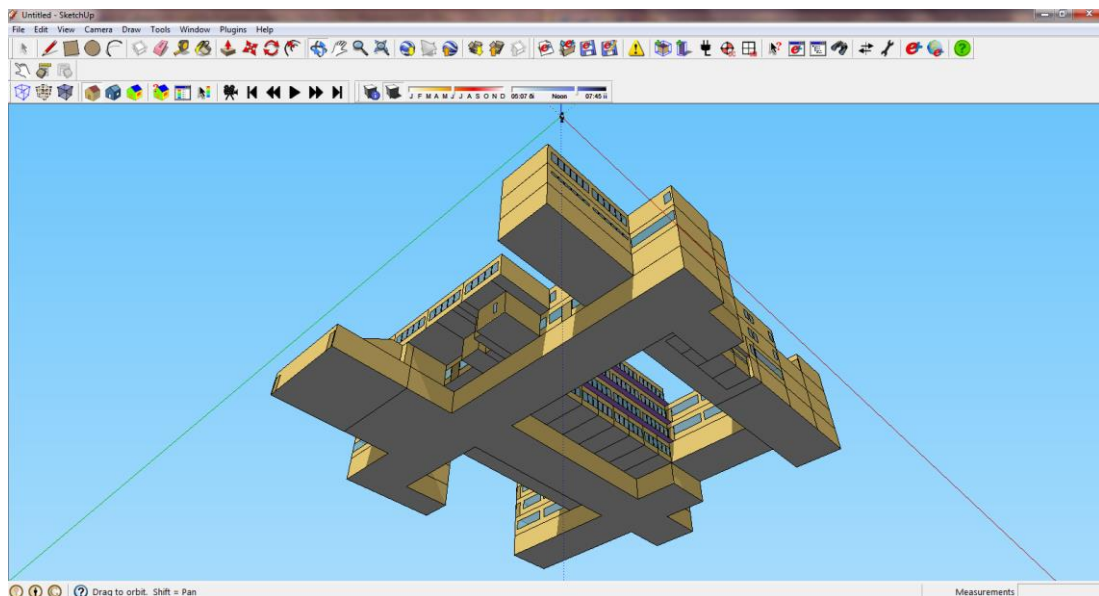
- Ως προς το είδος τους οι τοίχοι, τα δάπεδα, οι οροφές και το δώμα ορίστηκαν ως Wall, Floor, Ceiling και Roof αντίστοιχα.
- Ως προς την κατασκευή τους ορίστηκαν οι εσωτερικοί τοίχοι ως Exterior Wall ή Exterior Wall2, ανάλογα με το αν είναι τοίχοι από τούβλο ή σκυρόδεμα αντίστοιχα, οι εσωτερικοί τοίχοι ως Interior Wall, τα ταβάνια ως Interior Ceiling, το δώμα ως Exterior Roof, τα πατώματα ως Interior Floor και το δάπεδο του υπογείου ως Exterior Floor. Οι στρώσεις υλικών από τις οποίες αποτελούνται αυτά τα είδη κατασκευής ορίζονται μέσω του EnergyPlus.
- Οι εξωτερικές συνοριακές συνθήκες ορίστηκαν για τους εξωτερικούς τοίχους και το δώμα ως Outdoors, Sun Exposed και Wind Exposed, για τους εσωτερικούς τοίχους και τα εσωτερικά ταβάνια και δάπεδα ως Surface και για το δάπεδο και κάποιους τοίχους του υπογείου ως Ground.

Σχεδιάστηκαν μόνο οι τοίχοι που οριοθετούν την κάθε ζώνη και όχι αυτοί που βρίσκονται στο εσωτερικό της.

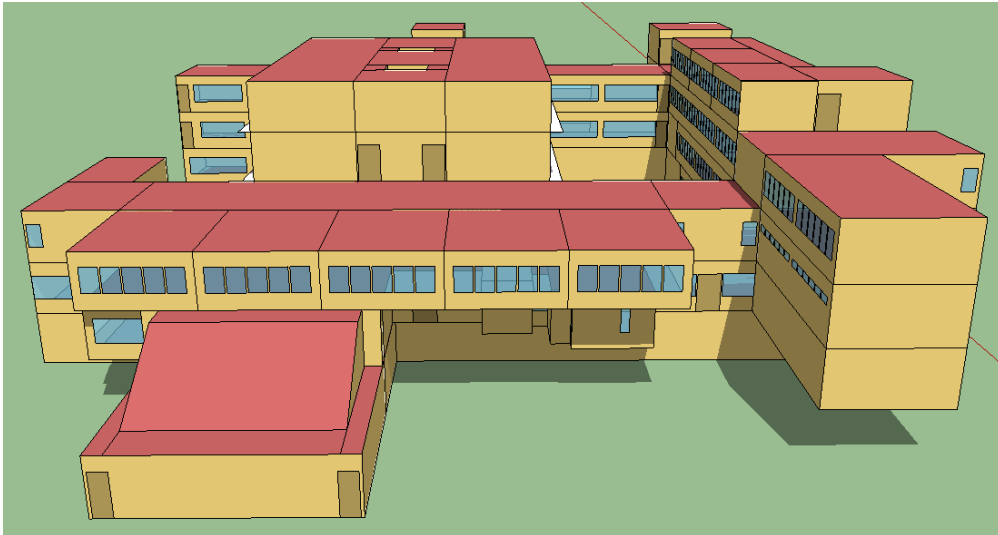
Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι διάφορες όψεις του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών μηχανικών σε τρισδιάστατη μορφή, όπως σχεδιάστηκαν για την προσομοίωση στο EnergyPlus.



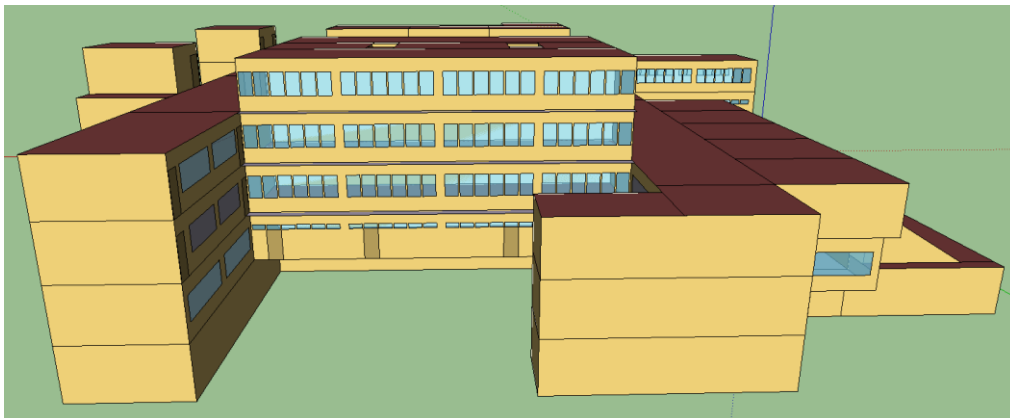
*Εικ. 13.14: Άποψη της προσομοίωσης του κτιρίου στο Google SketchUp*



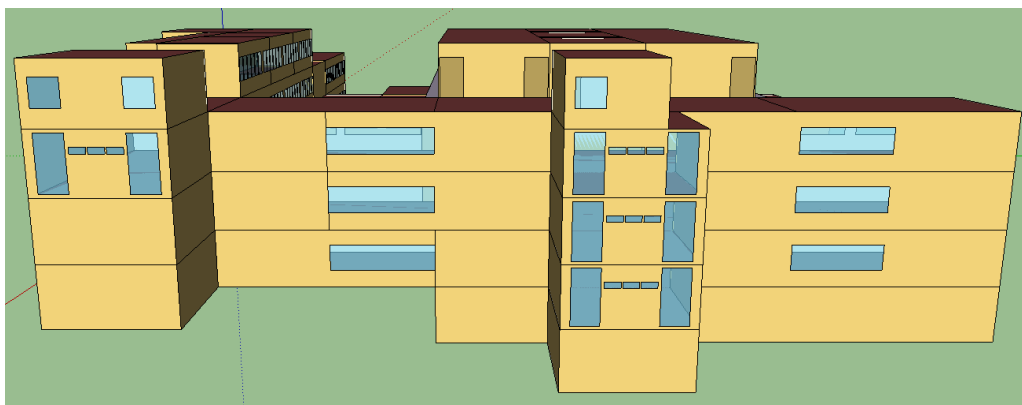
*Εικ. 13.15: Άνοψη του κτιρίου*



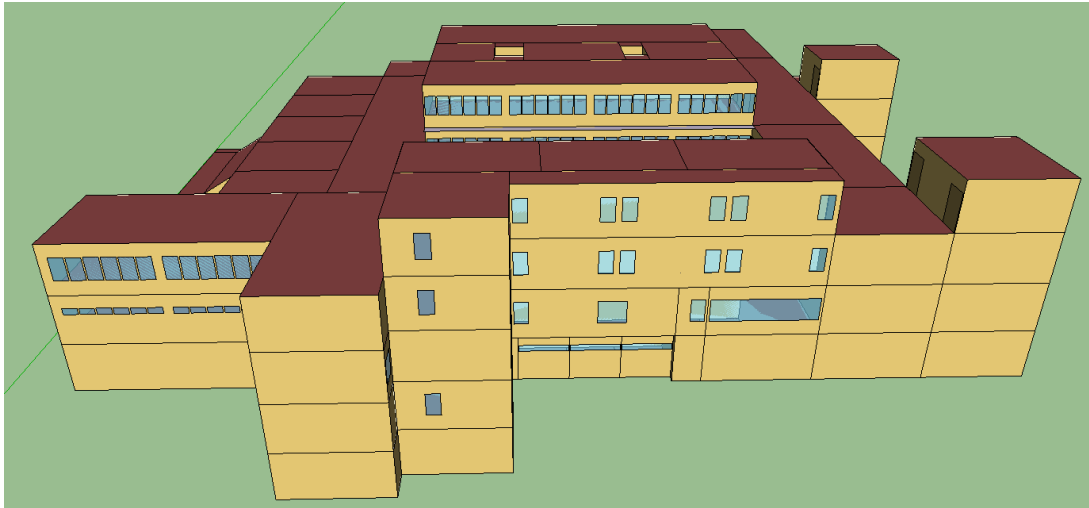
*Εικ. 13.16: Δυτική όψη του κτιρίου*



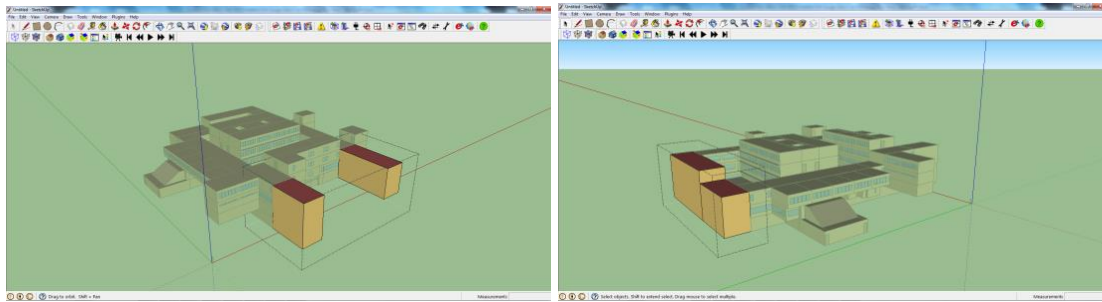
*Εικ. 13.17: Βόρεια όψη του κτιρίου*



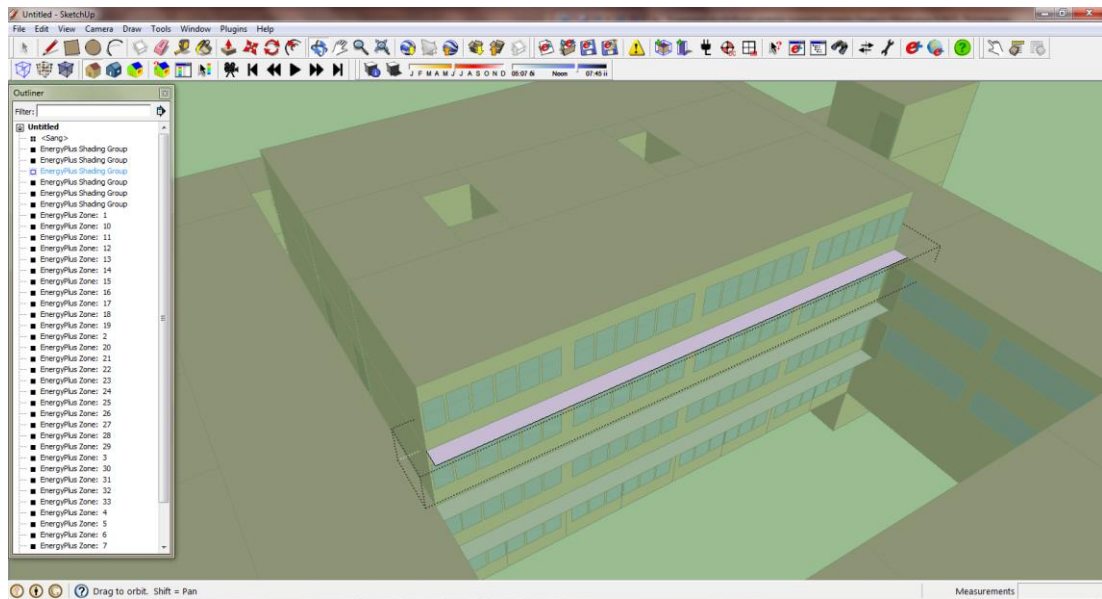
*Εικ. 13.18: Ανατολική όψη του κτιρίου*



Εικ. 13.19: Νότια όψη του κτιρίου



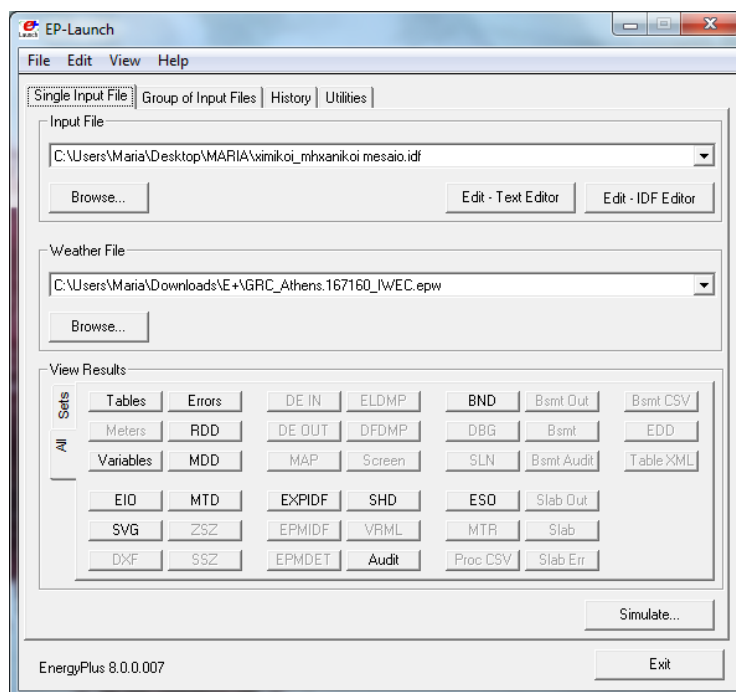
Εικ. 13.20: Βοηθητικό νότιο και βόρειο τμήμα



Εικ. 13.21: Σκίαστρο στάθμης 3

## 13.5 Εισαγωγή στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του EnergyPlus

Με την ολοκλήρωση της σχεδίασης του μοντέλου και των ρυθμίσεων στο πρόγραμμα Google SketchUp, ακολουθούν οι αντίστοιχες ρυθμίσεις στο πρόγραμμα EnergyPlus, το περιβάλλον του οποίου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικ. 13.22: Το περιβάλλον του προγράμματος EnergyPlus

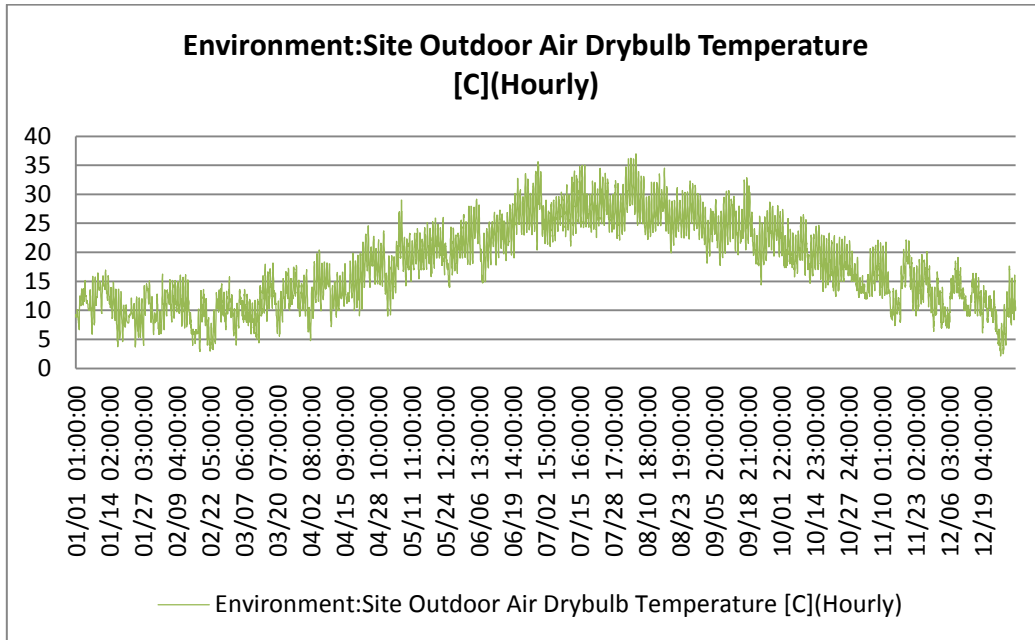
### 13.5.1 Εισαγωγή σχεδιαστικών δεδομένων του OpenStudio

Αρχικά, οι παραπάνω ρυθμίσεις εισέρχονται με το αποθηκευμένο αρχείο σε μορφή **.idf** ως δεδομένα εισόδου (**Input File**) στο πρόγραμμα EnergyPlus, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

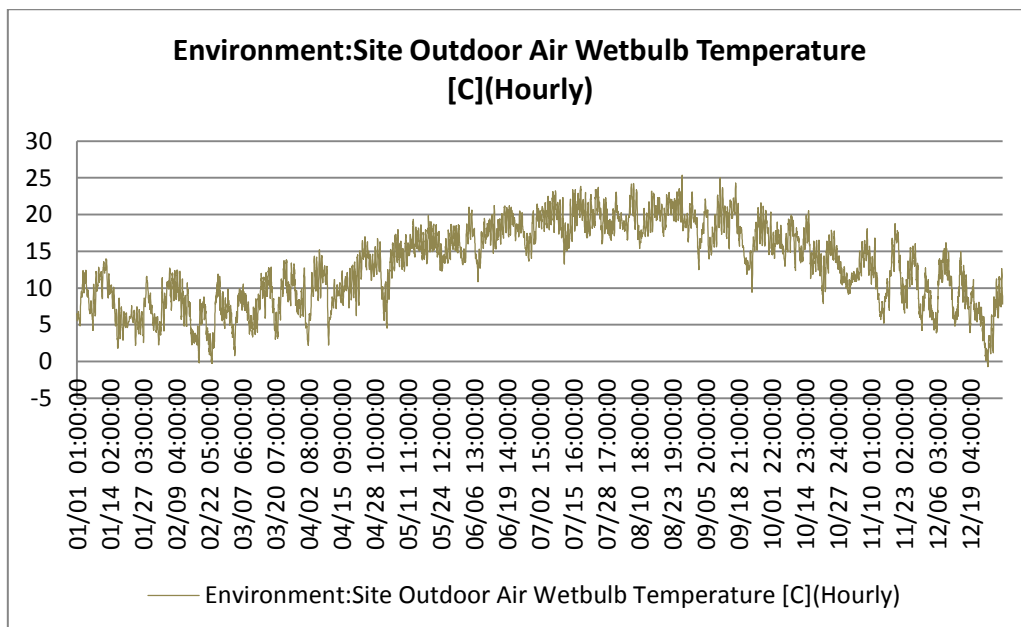
### 13.5.2 Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων

Στη συνέχεια, εισάγουμε το αρχείο καιρού (**Weather File**) με τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας, που επιλέχθηκε από τη βάση δεδομένων κλιματικών στοιχείων του EnergyPlus και είναι σε μορφή **.epw**. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από μετρήσεις της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc Atlanta, GA, USA 2001).

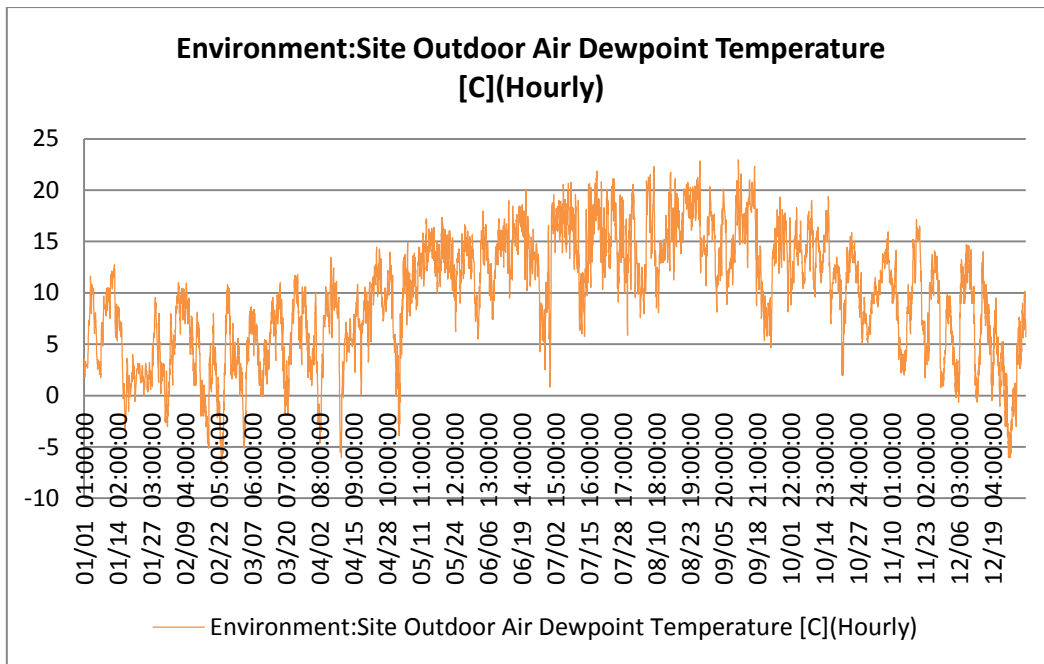
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η κατανομή της εξωτερικής θερμοκρασίας ξηρού και υγρού βολβού, του σημείου δρόσου και της σχετικής υγρασίας της εξωτερικής ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια ενός χρόνου σύμφωνα με τα κλιματικά δεδομένα της ASHRAE.



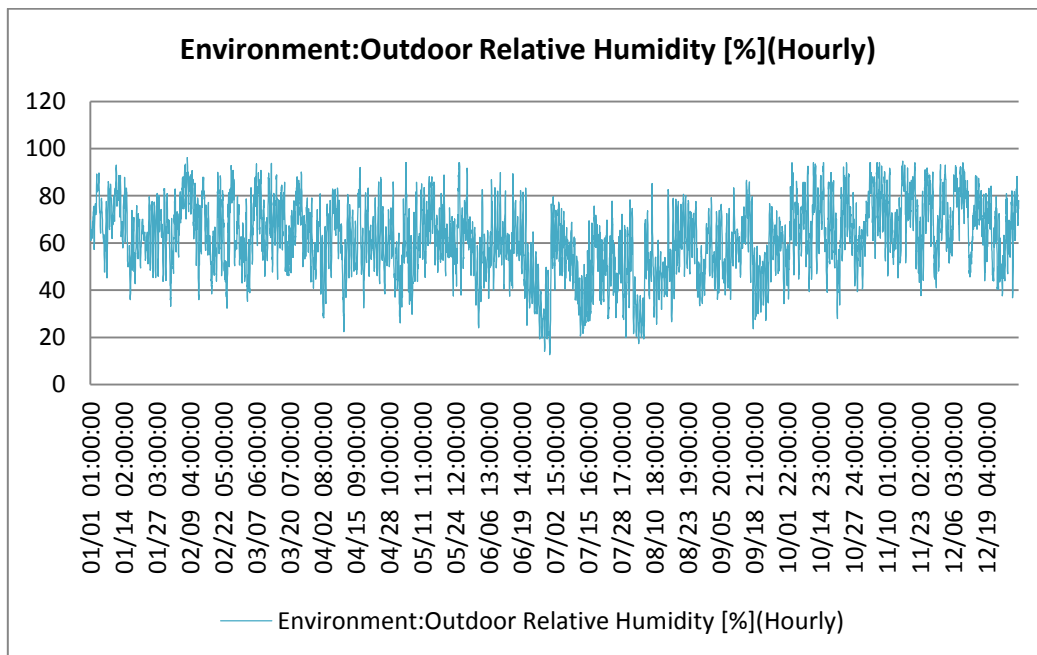
Εικ. 13.23: Ετήσιο διάγραμμα εξωτερικής θερμοκρασίας ξηρού βολβού



Εικ. 13.24: Ετήσιο διάγραμμα εξωτερικής θερμοκρασίας υγρού βολβού



Εικ. 13.25: Ετήσιο διάγραμμα σημείου δρόσου εξωτερικής ατμόσφαιρας

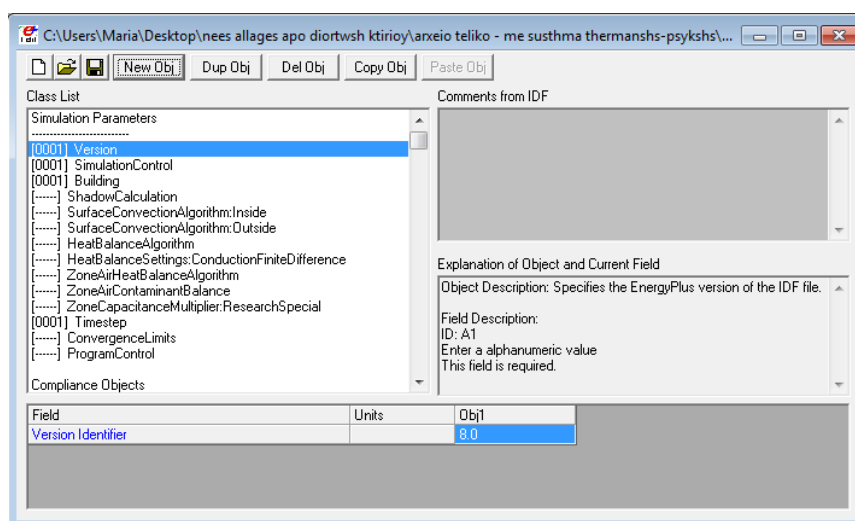


Εικ. 13.26: Ετήσιο διάγραμμα εξωτερικής σχετικής υγρασίας

### 13.5.3 Εισαγωγή δεδομένων στη λίστα παραμέτρων (IDF Editor)

Η εισαγωγή των υπόλοιπων δεδομένων πραγματοποιείται στην λίστα παραμέτρων που εμφανίζεται μέσω της επιλογής Edit-IDF Editor. Η λίστα IDF Editor

περιλαμβάνει παραμέτρους, κάποιες από τις οποίες είναι απαραίτητο να συμπληρωθούν, ενώ πολλές έχουν ήδη ρυθμιστεί μέσω της εισαγωγής των σχεδιαστικών δεδομένων του OpenStudio και θα πρέπει να ελεγχθούν.



Εικ. 13.27: Λίστα παραμέτρων IDF Editor

Στη συνέχεια περιγράφονται οι παράμετροι που συμπληρώθηκαν ως δεδομένα στην λίστα IDF Editor για την προσομοίωση του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών μηχανικών.

### 13.5.3.1 Παράμετροι Προσομοίωσης (Simulation Parameters)

- **Building**

Στην επιλογή Building ορίστηκαν τα γενικά στοιχεία του κτιρίου, δηλαδή το όνομα, το είδος της περιοχής στην οποία ανήκει, η τιμή ανοχής της σύγκλισης των φορτίων που παίρνει τιμές από 0-0,5 και ορίστηκε 0,04, η τιμή ανοχής της σύγκλισης της θερμοκρασίας που τέθηκε 0,4, ο τρόπος έκθεσής του στον ήλιο, όπου τέθηκε ολική έκθεση στον ήλιο και ο μέγιστος αριθμός των θερμών ημερών, όπου ορίστηκαν οι 25 ημέρες του μήνα ως θερμές.



- **Timestep**

Στην επιλογή **Timestep** ορίστηκε το βήμα της εκτέλεσης του προγράμματος. Η μεταβλητή αυτή χρησιμοποιείται στο μοντέλο υπολογισμού του θερμικού ισοζυγίου της κάθε θερμικής ζώνης ως το βασικό βήμα για τη μεταφορά θερμότητας και τον υπολογισμό των όγκων. Στην παρούσα προσομοίωση τέθηκε ως βήμα εκτέλεσης του προγράμματος το τέταρτο της ώρας, δηλαδή κάθε τέσσερις φορές την ώρα.

### 13.5.3.2 Τοποθεσία και Κλίμα (Location and Climate)

- **Site:Location**

Στην επιλογή **Site:Location** ορίστηκε η ακριβής τοποθεσία του κτιρίου, δηλαδή το όνομα της περιοχής όπου βρίσκεται το κτίριο, το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, η διαφορά ώρας σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Ωρολογιακό Χάρτη, που για την Ελλάδα είναι οι 2 ώρες, και το υψόμετρο της περιοχής που τέθηκε στα 15 μέτρα.

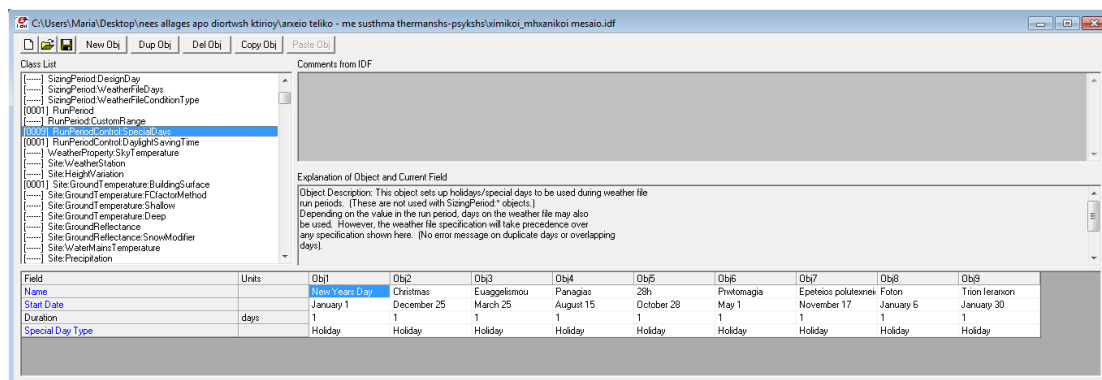
- **RunPeriod**

Στην επιλογή **RunPeriod** ορίστηκε η περίοδος για την οποία ζητήθηκε να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση, όπου τέθηκε για όλη τη διάρκεια του έτους (All year), ο μήνας έναρξης της προσομοίωσης που τέθηκε ο Ιανουάριος, η ημέρα έναρξης που τέθηκε η 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου, ο μήνας λήξης της προσομοίωσης που τέθηκε ο Δεκέμβριος και η ημέρα λήξης που τέθηκε η 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

- **RunPeriodControl:SpecialDays**

Στην επιλογή **RunPeriodControl:SpecialDays** ορίστηκαν κάποιες ειδικές μέρες, κατά τις οποίες λόγω της μη λειτουργίας της σχολής επικρατούν διαφορετικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα ως αργίες ορίστηκαν η Πρωτοχρονιά (New Years Day), τα Χριστούγεννα (Christmas), ο Ευαγγελισμός (Euaggelismou), η ημέρα της Παναγίας (Panagias), η 28η Οκτωβρίου (28h), η Πρωτομαγιά (Prwtomagia), η

επέτειος του Πολυτεχνείου (Ereteios polutexneiou), η ημέρα των Φώτων (Foton) και η ημέρα των Τριών Ιεραρχών (Trion Ierarxon).



Εικ. 13.28: Επιλογή Run Period Control: Special Days

- **RunPeriodControl:DaylightSavingTime**

Στην επιλογή **RunPeriodControl:DaylightSavingTime** ορίστηκε η περίοδος της Θερινής ώρας. Ως ημέρα έναρξης ορίστηκε η 2η Κυριακή του Μαρτίου και ως ημέρα λήξης ορίστηκε η 1η Κυριακή του Νοεμβρίου.

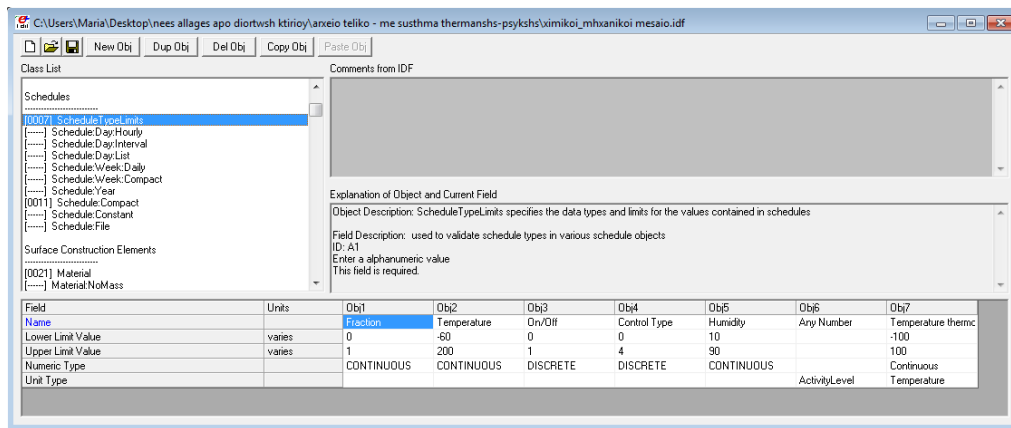
- **Site:GroundTemperature:BuildingSurface**

Στην επιλογή **Site:GroundTemperature:BuildingSurface** ορίστηκε η θερμοκρασία του εδάφους σταθερή στους 18 °C για όλους τους μήνες του χρόνου. Η θερμοκρασία αυτή είναι σημαντική για την θερμική συμπεριφορά των χώρων των οποίων οι εξωτερικές επιφάνειες έρχονται σε επαφή με το έδαφος.

### 13.5.3.3 Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας (Schedules)

- **SchedulesTypeLimits**

Στην επιλογή **SchedulesTypeLimits** ορίστηκαν τα όρια των τιμών των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας του κτιρίου και ο τύπος της μεταβλητής του κάθε χρονοδιαγράμματος, δηλαδή συνεχής (Continuous) ή διακριτή (Discrete).



Εικ. 13.29: Επιλογή Schedule TypeLimits

- **Schedule:Compact**

Στην επιλογή **Schedule:Compact** ορίστηκαν τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας των διαφορετικών χώρων του κτιρίου, δηλαδή το όνομα, ο τύπος και τα πεδία λειτουργίας των χρονοδιαγραμμάτων που αφορούν τον αριθμό των χρηστών και του εξοπλισμού στα γραφεία (Office Occupancy/Equipment), το επίπεδο δραστηριότητας (Activity level), τον φυσικό αερισμό του κτιρίου (Ventilation), τον αριθμό των χρηστών και του εξοπλισμού στις αίθουσες μαθημάτων (Leasons Occupancy/Equipment), τη χρησιμοποίηση των φωτιστικών σωμάτων στα γραφεία (Office Lights) και στις αίθουσες μαθημάτων (Leasons Lights), τη διήθηση του αέρα (Infiltration), καθώς και τη λειτουργία των σκιάστρων (Shading Schedule).

Τα παρακάτω χρονοδιαγράμματα (Εικόνα 13.38) αναφέρονται στη λειτουργία των γραφείων και των μαθημάτων, καθώς και στον τεχνητό φωτισμό τους αντίστοιχα. Πρέπει να αναφερθεί ότι το χρονοδιάγραμμα των μαθημάτων αναφέρεται στις αίθουσες διδασκαλίας, στο αναγνωστήριο, στα εργαστήρια και στο αμφιθέατρο. Πιο συγκεκριμένα υποδηλώνουν ότι:

- Στο διάστημα από **1<sup>η</sup> Ιανουαρίου έως και την 31<sup>η</sup> Ιουνίου** κατά τις εργάσιμες ημέρες μέχρι τις 6:00 το πρωί η χρήση των γραφείων και των αιθουσών, ύστερα από τις 6:00 έως τις 8:00 υπάρχουν, από τις 8:00 έως τις 15:00 τα γραφεία, οι αίθουσες και ο τεχνητός φωτισμός τους είναι σε πλήρη χρήση και λειτουργία αντίστοιχα, από τις 15:00 έως τις 17:00, και τέλος από

τις 17:00 έως τις 24:00 το βράδυ οι χώροι παραμένουν ανενεργοί. Επίσης, τις ημέρες του Σαββάτου και της Κυριακής οι χώροι δεν χρησιμοποιούνται.

- Στο διάστημα από την 1<sup>η</sup> Ιουλίου έως και την 31<sup>η</sup> Αυγούστου κατά τις εργάσιμες ημέρες μέχρι τις 6:00 το πρωί , από τις 6:00 έως τις 8:00 , από τις 8:00 έως τις 15:00 τα γραφεία, οι αίθουσες και ο τεχνητός φωτισμός τους είναι σε πλήρη χρήση και λειτουργία αντίστοιχα, από τις 15:00 έως τις 17:00 , και τέλος από τις 17:00 έως τις 24:00 το βράδυ οι χώροι παραμένουν ανενεργοί. Επίσης, τις ημέρες του Σαββάτου και της Κυριακής οι χώροι δεν χρησιμοποιούνται.
- Στο διάστημα από την 1<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου έως και την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου κατά τις εργάσιμες ημέρες μέχρι τις 6:00 το πρωί , από τις 6:00 έως τις 8:00, από τις 8:00 έως τις 15:00 τα γραφεία, οι αίθουσες και ο τεχνητός φωτισμός τους είναι σε πλήρη χρήση και λειτουργία αντίστοιχα, από τις 15:00 έως τις 17:00 , και τέλος από τις 17:00 έως τις 24:00 το βράδυ οι χώροι παραμένουν ανενεργοί. Επίσης, τις ημέρες του Σαββάτου και της Κυριακής οι χώροι δεν χρησιμοποιούνται.

Οι χρήστες (φοιτητές) που χρησιμοποιούν το **αμφιθέατρο** κατά την διάρκεια του μαθήματος βρέθηκαν από τα δεδομένα των ερωτηματολογίων. Δηλαδή περίπου **30 άτομα** κατά μέσο όρο. Επίσης, από την ίδια πηγή βρέθηκαν και οι ώρες λειτουργίας τους κατά την διάρκεια της ημέρας, δηλαδή από τις 9 το πρωί μέχρι τις 1 το μεσημέρι.

Ο αριθμός των χρηστών των **εργαστηρίων** βρέθηκε από τα αντίστοιχα ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν στους χώρους αυτούς. Δηλαδή κατά μέσο όρο **15 άτομα**. Οι ώρες λειτουργίας τους είναι όμοιες με τις ώρες λειτουργίας του Αμφιθεάτρου.

Ο αριθμός των χρηστών των **γραφείων** βρέθηκε από την επιτόπου επίσκεψη των χώρων κατά την έρευνα με τα ερωτηματολόγια. Τα περισσότερα γραφεία της πτέρυγας Ε αποτελούνται από **1 ή 2 άτομα** ανά γραφείο. Επίσης πολλά από αυτά τα γραφεία δεν λειτουργούν ταυτόχρονα οπότε καταλήξαμε ότι θα υπάρχουν περίπου 0.06 χρήστες ανά m<sup>2</sup>. Αυτό αντιστοιχεί περίπου σε 1.5 χρήστες ανά γραφείο (προσεγγιστικά). Όσον αφορά τις ώρες λειτουργίας τους ο υπολογισμός τους είναι

αρκετά περίπλοκος αλλά βασιστήκαμε στο γεγονός ότι η αιχμή παρατηρείται τις ώρες από τις 8 το πρωί μέχρι τις 5 το απόγευμα. Επίσης υπάρχει και ένας μικρός αριθμός χρηστών που παραμένει στο κτίριο μέχρι και τις 9 το βράδυ.

Obj1	Obj4	Obj5	Obj6
Office Occupancy/Equipment	Leasons Occupancy/Equipment	Office Lights	Leasons Lights
Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Through: 7/31	Through: 7/31	Through: 7/31	Through: 7/31
For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays
Until: 6:00	Until: 6:00	Until: 6:00	Until: 6:00
.01	.01	.05	.01
Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00
.1	.05	.1	.1
Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00
1	1	.5	.5
Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00
.3	.5	.9	.9
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
.01	.01	.01	.01
For: Saturday	For: Saturday	For: Saturday	For: Saturday
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0	0	0	0
For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0	0	0	0
Through: 9/1	Through: 9/1	Through: 9/1	Through: 9/1
For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays
Until: 6:00	Until: 6:00	Until: 6:00	Until: 6:00
.01	.01	.01	.01
Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00
.1	.01	.1	.005
Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00
.8	.01	.5	.01
Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00
.1	.01	.9	0
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0	0	0	0
For: Saturday	For: Saturday	For: Saturday	For: Saturday
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
.01	.01	.01	.01
For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0	0	0	0
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays
Until: 6:00	Until: 6:00	Until: 6:00	Until: 6:00
.01	.01	.01	.01
Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00
.01	.05	.01	.5
Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00
1	1	1	.5
Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00	Until: 17:00
.3	.5	.01	.9
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
.05	.01	.01	.01
For: Saturday	For: Saturday	For: Saturday	For: Saturday
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
.01	.01	.01	.01
For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0	0	0	0

Εικ. 13.30: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας

Τα παρακάτω χρονοδιαγράμματα αναφέρονται στον φυσικό αερισμό και στην διήθηση του αέρα μέσω ρωγμών του κελύφους και των κουφωμάτων και υποδηλώνουν ότι:

- Στο διάστημα από **1<sup>η</sup> Ιανουαρίου έως και την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου** για όλες τις ημέρες της εβδομάδας και για όλες τις ώρες πραγματοποιείται φυσικός αερισμός.
- Στο διάστημα από **1<sup>η</sup> Ιανουαρίου έως και την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου** για όλες τις ημέρες της εβδομάδας και για όλες τις ώρες πραγματοποιείται διήθηση του αέρα.

Obj3	Obj4
Ventilation always on	Infiltration always on
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00
1	1

Εικ. 13.31: Χρονοδιαγράμματα φυσικού αερισμού και διήθησης του αέρα.

#### 13.5.3.4 Κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών (Surface Construction Elements)

- **Material**

Στην επιλογή **Material** ορίστηκαν τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, δηλαδή το όνομα, η τραχύτητα του υλικού κατασκευής, που μπορεί να οριστεί ως Very Rough, Rough, Medium Rough, Medium Smooth, Smooth, Very Smooth, το πάχος του υλικού κατασκευής, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού κατασκευής σε (W/m\*k), η πυκνότητα του υλικού κατασκευής σε kg/m<sup>3</sup> και η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού κατασκευής σε J/(g-K).

Πρέπει να τονιστεί ότι στο EnergyPlus είναι αναγκαίο όλες οι ζώνες να οριοθετούνται από επιφάνειες. Για το λόγο αυτό, για το σχεδιασμό των σημείων της κατασκευής όπου δεν παρεμβάλλεται τοίχος μεταξύ δύο ζωνών αλλά και των φωταγωγών, όπου δεν υπάρχει ούτε πάτωμα ούτε οροφή μεταξύ των ορόφων, είναι απαραίτητο να οριστεί ως υλικό και ο αέρας, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια στη δημιουργία της κατασκευής Air Wall.

Τα υλικά κατασκευής του κτιρίου έχουν αναπτυχθεί λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 9. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής που εισήχθησαν στο πρόγραμμα:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12
Name		F05: Metal surface	G01: 25mm insulation	G02: 50mm insulation	G03a: 13mm gypsum	M11: 100mm lightwe	F16: Acoustic tile	M01: 100mm back	M15: 200mm heavy	M05: 200mm concr	G05: 25mm wood	Gravel (dry)	Reinforced Concret
Roughness		Smooth	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	Rough	MediumRough
Thickness	m	0.0009	0.0254	0.0508	0.019	0.1016	0.0191	0.1016	0.2032	0.2032	0.0254	0.25	0.15
Conductivity	W/m.K	45.28	0.03	0.03	0.16	0.53	0.06	0.89	1.95	1.11	0.15	0.7	0.67
Density	kg/m3	7504	43	43	800	1300	369	1920	2240	600	698	1800	1500
Specific Heat	J/kg.K	500	1210	1210	1090	840	550	790	900	920	1630	920	1000
Thermal Absorptance													
Solar Absorptance													
Visible Absorptance													

Field	Units	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21
Name		G06: 25mm wood	Gravel (dry)	Reinforced Concret	Slagarawi	Mosaic	Sovas	Wall Concrete	LiBsthw	Floor Concrete	Alotbeton	Beton Atme	Wall Sack
Roughness		MediumSmooth	Rough	MediumRough	MediumSmooth	Smooth	MediumRough	MediumRough	Rough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0.0254	0.25	0.15	0.01	0.02	0.02	0.1	0.05	0.05	0.2	0.25	0.3
Conductivity	W/m.K	0.15	0.7	0.67	0.17	1.05	0.67	2.04	1.02	0.13	0.12	2.04	0.744
Density	kg/m3	608	1800	1500	500	3000	1900	2400	1300	250	600	2400	1200
Specific Heat	J/kg.K	1630	920	1000	1400	1000	1090	880	920	1000	680	1000	900
Thermal Absorptance													
Solar Absorptance													
Visible Absorptance													

Εικ. 13.32: Επιλογή Material

• **Material:AirGap**

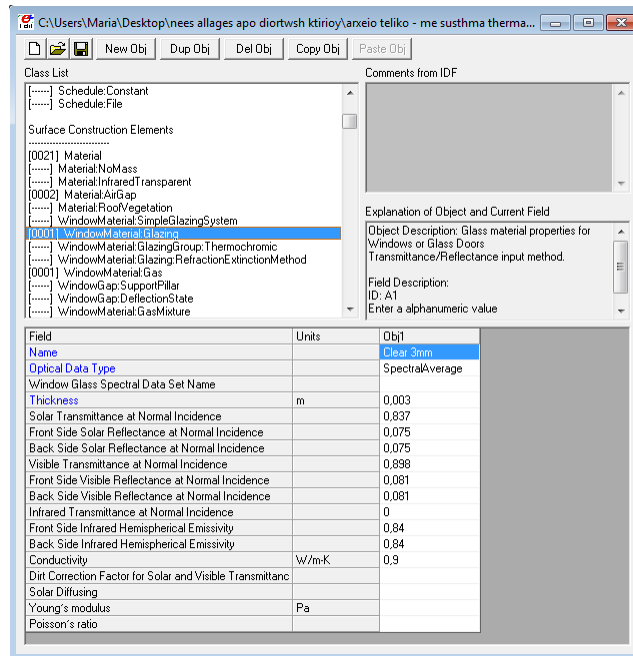
Στην επιλογή **Material:AirGap** ορίστηκε η θερμική αντίσταση του αέρα που βρίσκεται στο κενό των τοίχων και των οροφών.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		F04: Wall air space	F05: Ceiling air space
Thermal Resistance	m2.K/W	0.15	0.18

Εικ. 13.33: Επιλογή Material:AirGap

- **WindowMaterial:Glazing**

Στην επιλογή **WindowMaterial:Glazing** ορίζεται το είδος του υαλοπίνακα που φέρουν τα παράθυρα και οι ιδιότητές του.



Εικ. 13.34: Επιλογή WindowMaterial:Glazing

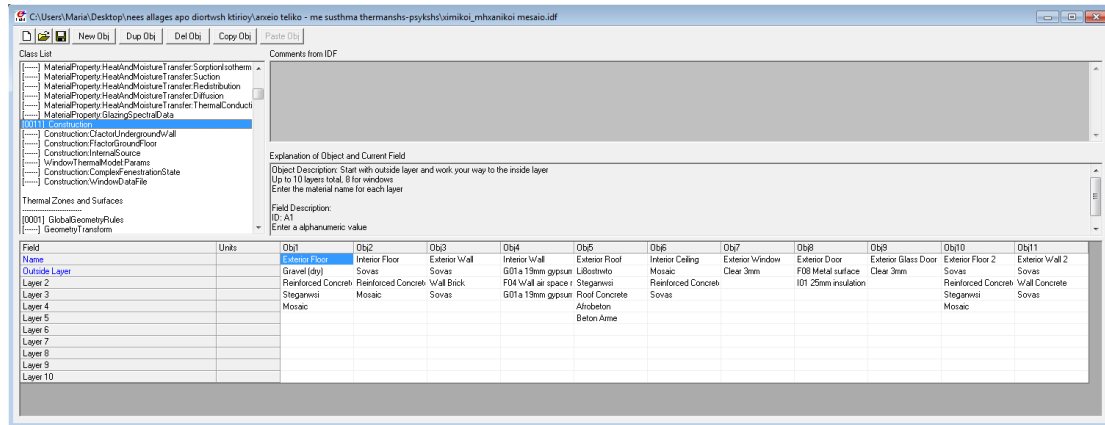
- **WindowMaterial:Gas**

Στην επιλογή **WindowMaterial:Gas** ορίστηκε το είδος του αερίου που υπάρχει στο κενό του υαλοπίνακα, που είναι ο αέρας, και το πάχος της στρώσης του αερίου που είναι 0,006m.

- **Construction**

Στην επιλογή **Construction** ορίζονται οι στρώσεις των υλικών από τις οποίες αποτελούνται τα διάφορα στοιχεία της κατασκευής ξεκινώντας από την εξωτερική στρώση προς την εσωτερική. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν 15 αντικείμενα κατασκευής τα χαρακτηριστικά των οποίων φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.





Εικ. 13.35: Επιλογή Construction

### 13.5.3.5 Θερμικές ζώνες και επιφάνειες (Thermal Zones and Surfaces)

- **Zone**

Στην επιλογή **Zone** εμφανίζονται όλες οι θερμικές ζώνες στις οποίες χωρίζεται το κτίριο, που δημιουργήθηκαν κατά τη σχεδίαση του μοντέλου στο Openstudio, καθώς και οι ακριβείς συντεταγμένες τους.

- **ZoneList**

Κρίθηκε αναγκαίο να γίνει ομαδοποίηση των θερμικών ζωνών ώστε να είναι ευκολότερη η ανάγνωση των αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα, ανά ομάδα θερμικών ζωνών, η οποία ανά θερμική ζώνη θα ήταν πολύπλοκη και χρονοβόρα λόγω του μεγάλου πλήθους τους.

Η ομαδοποίηση έγινε μέσω της εντολής ZoneList στην καρτέλα του IDF Editor, όπου ορίστηκαν ομάδες θερμικών ζωνών που περιλαμβάνουν ζώνες με κοινά χαρακτηριστικά, όπως η χρήση και η γεωμετρία του χώρου, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και οι απώλειες από τους χρήστες, τον ηλεκτρολογικό και μηχανολογικό εξοπλισμό, καθώς και τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.

Οι θερμικές ζώνες χωρίστηκαν στις εξής κατηγορίες:

1. Διάδρομοι-Βοηθητικοί Χώροι, που περιλαμβάνει τους διαδρόμους και τους βοηθητικούς χώρους οι οποίοι ανήκουν στις θερμικές ζώνες 2, 3, 5, 6, 11, 14, 15, 18, 20, 22, 23, 26, 29, 30, 32, 8

2. Εργαστήρια, που περιλαμβάνει τα εργαστήρια τα οποία ανήκουν στις θερμικές ζώνες 9, 10, 17, 19, 25, 27, 31, 33.
3. Γραφεία, που περιλαμβάνει τα γραφεία τα οποία ανήκουν στις θερμικές ζώνες 4, 16, 24, 7, 28, 21, 13.
4. Αμφιθέατρο, που περιλαμβάνει το αμφιθέατρο το οποίο ανήκει στη θερμική ζώνη 1.
5. Αίθουσες, που περιλαμβάνει τις αίθουσες διδασκαλίας οι οποίες ανήκουν στις θερμικές ζώνες 12.

- **BuildingSurface:Detailed**

Στην επιλογή **BuildingSurface:Detailed** εμφανίζονται όλες οι επιφάνειες που έχουν σχεδιαστεί στο OpenStudio, οπότε μπορεί να γίνει έλεγχος ή αλλαγή τους.

- **FenestrationSurface:Detailed**

Στην επιλογή **FenestrationSurface:Detailed** εμφανίζονται τα ανοίγματα που έχουν σχεδιαστεί στο OpenStudio, δηλαδή οι πόρτες και τα παράθυρα.

- **Shading:Building:Detailed**

Στην επιλογή **Shading:Building:Detailed** εμφανίζονται το όνομα και τα χαρακτηριστικά των σκιάστρων που έχουν σχεδιαστεί στο OpenStudio.

### 13.5.3.6 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη (Internal Gains)

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτιρίου προκαλούνται από τους χρήστες, τον τεχνητό φωτισμό και τον μηχανολογικό εξοπλισμό.

Η εισαγωγή των χρηστών στην προσομοίωση γίνεται λίστα παραμέτρων (IDF Editor) μέσω της επιλογής:

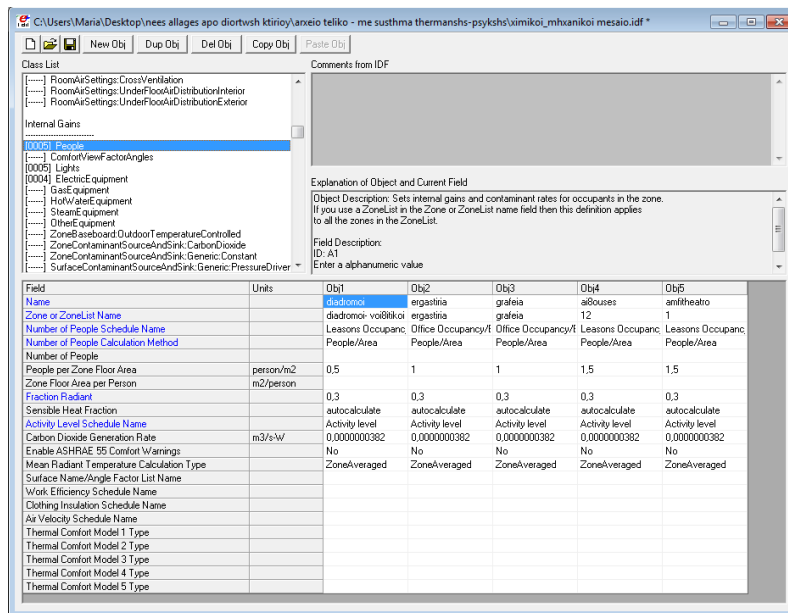
- **People**

Με την επιλογή **People** εισάγουμε στην προσομοίωση την επίδραση των χρηστών στις εσωτερικές συνθήκες κάθε θερμικής ζώνης ή ομάδας θερμικών ζωνών. Πιο συγκεκριμένα, στην επιλογή **Number of People Schedule Name** δηλώνεται το όνομα του χρονοδιαγράμματος με βάση το οποίο τροποποιείται ο αριθμός των ατόμων, στην επιλογή **Number of people Calculation Method** ορίστηκε ο αριθμός των ατόμων σε κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών να δοθεί σε μορφή ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας και στην επιλογή **People per Zone Floor Area** ορίστηκε ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας που αντιστοιχούν σε κάθε χώρο. Η ρύθμιση αυτή έγινε προσεγγιστικά με επί τόπου έρευνα, με τη χρήση ερωτηματολογίων και λαμβάνοντας υπόψη τις προτεινόμενες τιμές από την ASHRAE. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι στους διαδρόμους και τους βοηθητικούς χώρους αντιστοιχούν 0.5 άτομα/m<sup>2</sup>, στα εργαστήρια και τα γραφεία 1 άτομο/m<sup>2</sup>, και στις αίθουσες και το αμφιθέατρο 1.5 άτομα/m<sup>2</sup>.

Στην επιλογή **Fraction Radiant**, δηλώθηκε το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας, δηλαδή το ποσοστό της ακτινοβολίας που έρχεται σε επαφή με τον άνθρωπο και επιστρέφει στην θερμική ζώνη ως θερμότητα. Η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ του 0 και 1 και συνήθως λαμβάνει τιμές από 0.3 έως 0.4. Έγινε η παραδοχή ότι η τιμή του στη συγκεκριμένη περίπτωση θα είναι 0.3, δηλαδή ποσοστό 30%.

Στην επιλογή **Sensible Heat Fraction**, τέθηκε να υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα το αισθητό φορτίο που προκαλείται από τους χρήστες της εκάστοτε ζώνης ή της ομάδας θερμικών ζωνών και στην επιλογή **Activity Level Schedule Name**, δηλώθηκε το όνομα του χρονοδιαγράμματος που καθορίζει την ποσότητα θερμικού κέρδους ανά άτομο σύμφωνα με τις συνθήκες σχεδιασμού.

Τέλος, στην επιλογή **Carbon Dioxide Generation Rate**, δηλώθηκε το ποσό διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από κάθε άτομο και είναι σε μονάδες m<sup>3</sup>/sW. Η τιμή που χρησιμοποιήθηκε είναι 3.82\*10<sup>-8</sup> m<sup>3</sup>/sW, σύμφωνα με το πρότυπο ASHRAE 62,1-2007.



Εικ. 13.36: Επιλογή People

Η εισαγωγή του τεχνητού φωτισμού στην προσομοίωση γίνεται λίστα παραμέτρων (IDF Editor) μέσω της επιλογής:

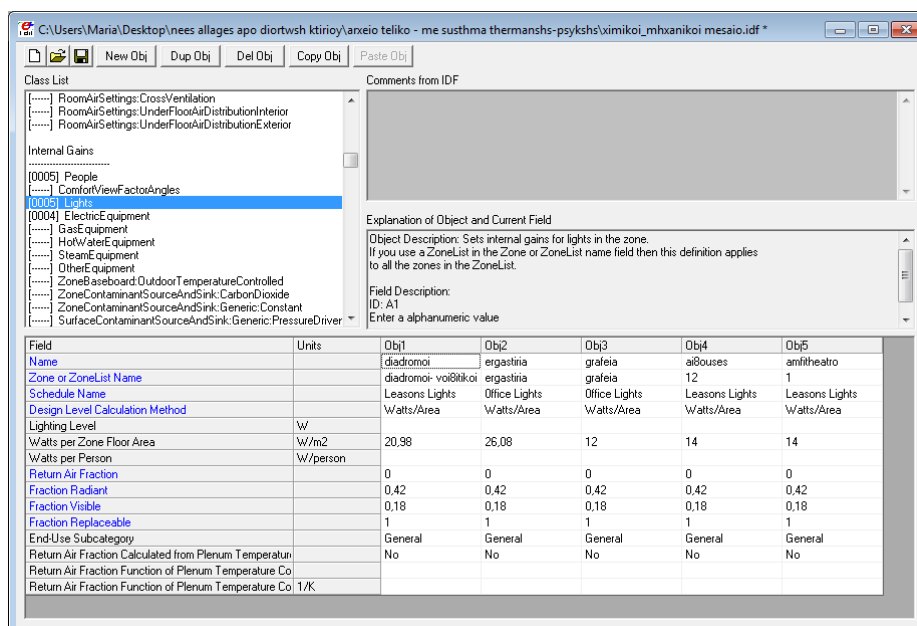
- **Lights**

Στην επιλογή **Lights** καθορίζονται στοιχεία σχετικά με το ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού της κάθε ζώνης, όπως είναι η εγκατεστημένη ισχύς του, το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του, καθώς και το πως διανέμεται η θερμότητα που προέρχεται από τα φώτα.

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών εισήχθηκε το όνομα και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του φωτισμού. Στην επιλογή **Design Level Calculation Method**, ορίστηκε ο τρόπος υπολογισμού του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού, όπου επιλέχθηκε να γίνει σε Watt ανά μονάδα επιφάνειας (Watt/Area). Στην επιλογή **Watts per Zone Floor Area**, ορίστηκαν οι τιμές ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας που τέθηκαν σε κάθε ζώνη, όπου επιλέχθηκαν προσεγγιστικά με βάση την επί τόπου καταγραφή των φωτιστικών σωμάτων σε επιλεγμένους χώρους. Έτσι για τους διαδρόμους και τους βοηθητικούς χώρους τέθηκε η τιμή 10 W/m<sup>2</sup>, για τα εργαστήρια η τιμή 18 W/m<sup>2</sup>, για τα γραφεία η τιμή 12 W/m<sup>2</sup>, για τις αίθουσες διδασκαλίας και για το αμφιθέατρο η τιμή 14 W/m<sup>2</sup>.

Οι επιλογές **Return Air Fraction**, **Fraction Radiant**, **Fraction Visible** και **Fraction Replaceable** αφορούν το ποσοστό της θερμότητας που παράγεται από τα φωτιστικά σώματα και φεύγει εκτός της θερμικής ζώνης μέσω του αέρα, το κλάσμα της θερμότητας που παράγεται από τα φωτιστικά σώματα και εκπέμπεται ως μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία και το κλάσμα της θερμότητας που παράγεται από τα φωτιστικά σώματα αντίστοιχα. Τέθηκαν οι τιμές 0, 0.42, 0.18 και 1 αντίστοιχα, που σύμφωνα με τις οδηγίες του προγράμματος θεωρούνται τυπικές τιμές. Το ποσοστό της θερμότητας που παράγεται από τα φωτιστικά σώματα και παραμένει ως θερμότητα στον αέρα εντός της ζώνης υπολογίζεται από το πρόγραμμα ως εξής:

$$f_{\text{convected}} = 1.0 - (\text{Return Air Fraction} + \text{Fraction Radiant} + \text{Fraction Visible})$$



Εικ. 13.37: Επιλογή Lights

Η εισαγωγή του μηχανολογικού εξοπλισμού στην προσομοίωση γίνεται στη λίστα παραμέτρων (IDF Editor) μέσω της επιλογής:

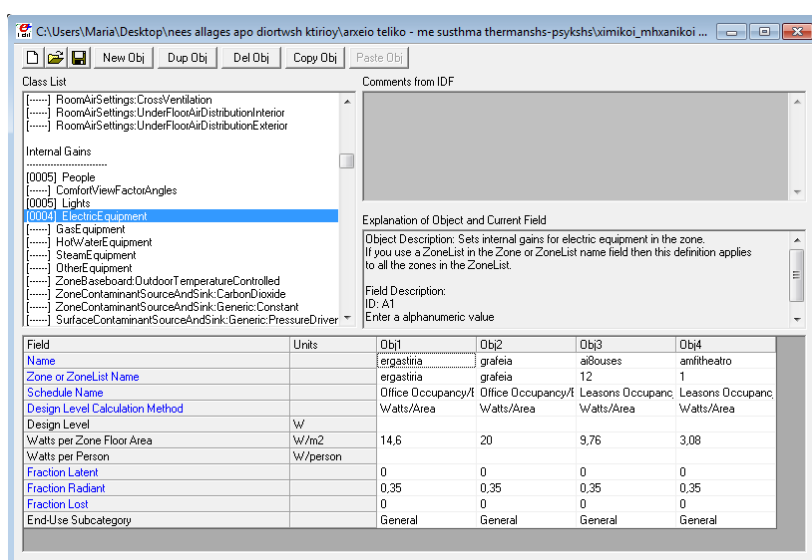
- **Electric Equipment**

Στην επιλογή **Electric Equipment** καθορίζονται στοιχεία σχετικά με το ηλεκτρικό σύστημα εξοπλισμού της κάθε ζώνης, όπως είναι η εγκατεστημένη ισχύς του και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του. Για κάθε ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών ορίστηκε το όνομα και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του, καθώς και ο τρόπος υπολογισμού του υπάρχοντος συστήματος ηλεκτρικού εξοπλισμού, που επιλέχθηκε

να γίνει σε Watt ανά μονάδα επιφάνειας (Watt/Area). Ακόμη, με βάση την επί τόπου καταγραφή ορίστηκαν οι τιμές ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας για κάθε ζώνη, που είναι οι εξής:

- για τα εργαστήρια η τιμή  $18 \text{ W/m}^2$ ,
- για τα γραφεία η τιμή  $15 \text{ W/m}^2$ ,
- για τις αίθουσες διδασκαλίας η τιμή  $5 \text{ W/m}^2$ ,
- για το χώρο του αμφιθεάτρου η τιμή  $5 \text{ W/m}^2$ ,
- στους διαδρόμους και τους βοηθητικούς χώρους θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει καθόλου ηλεκτρικός εξοπλισμός.

Οι επιλογές **Fraction Latent**, **Fraction Radiant** και **Fraction Lost** αφορούν το ποσοστό της λανθάνουσας θερμότητας που παράγεται από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, το ποσοστό της θερμότητας που παράγεται από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και εκπέμπεται ως μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία και το ποσοστό της θερμότητας που παράγεται από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και χάνεται. Τέθηκαν οι τιμές 0, 0.35 και 0 αντίστοιχα, σύμφωνα με τις οδηγίες του προγράμματος.



Εικ. 13.38: Επιλογή Electric Equipment

### 13.5.3.7 Ροή του αέρα στους χώρους του κτιρίου (Zone Airflow)

Η ροή του αέρα στους χώρους του κτιρίου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον καθορισμό της θερμικής τους άνεσης.

#### 1. Διήθηση αέρα μέσω ρωγμών

Λόγω της παλαιότητας του υπό μελέτη κτιρίου η ποσότητα του αέρα που διηθείται μέσα από τις ρωγμές των τοίχων και των κουφωμάτων είναι αρκετά σημαντική και επηρεάζει άμεσα τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες του εκάστοτε χώρου. Η εισαγωγή της διήθησης του αέρα στην προσομοίωση γίνεται στη λίστα παραμέτρων (IDF Editor) μέσω της επιλογής:

- **ZoneInfiltration:DesignFlowRate**

Με την επιλογή **ZoneInfiltration:DesignFlowRate** εισάγονται στην προσομοίωση στοιχεία σχετικά με την διείσδυση του εξωτερικού αέρα, που αφορούν τις θερμικές ζώνες ή ομάδες θερμικών ζωνών στις οποίες εφαρμόζεται και το χρονοδιάγραμμα που χρησιμοποιείται για την κάθε μία, που στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι πραγματοποιείται διείσδυση του αέρα όλες τις ώρες σε όλη τη διάρκεια του έτους, ακόμη και τις μέρες που το κτίριο παραμένει κλειστό. Συνεπώς επιλέχθηκε το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα με όνομα **Infiltration always on**.

Η τιμή της διήθησης είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί και εξαρτάται από πολλές μεταβλητές όπως η ταχύτητα του ανέμου, η διαφορά ανάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία, η ποιότητα της κατασκευής κ.α. Ωστόσο, επιλέχθηκε ο τρόπος υπολογισμού της διείσδυσης του αέρα να γίνεται σε εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (AirChanges/Hour) και τέθηκε μία εναλλαγή του αέρα την ώρα.

#### 2. Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός ενός χώρου εξαρτάται κυρίως από τη χρήση του, αλλά και από τη διάθεση των χρηστών να τον εφαρμόσουν. Η εισαγωγή του φυσικού αερισμού στην προσομοίωση γίνεται στη λίστα παραμέτρων (IDF Editor) μέσω της επιλογής:

- **ZoneVentilation:DesignFlowRate**

Με την επιλογή **ZoneVentilation:DesignFlowRate** εισήχθησαν στο πρόγραμμα στοιχεία σχετικά με το φυσικό αερισμό του κτιρίου. Έτσι, για κάθε ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών επιλέχθηκε το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα κατά το οποίο χρησιμοποιείται ο φυσικός αερισμός, ο τρόπος υπολογισμού του, όπου επιλέχθηκε να γίνει σε εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (AirChanges/Hour) και ο αριθμός των εναλλαγών ανά ώρα, που επιλέχθηκε για τον κάθε χώρο κατά προσέγγιση με βάση τα ερωτηματολόγια.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι στα εργαστήρια, τα γραφεία, τις αίθουσες και στο χώρο του υπογείου γίνονται 2 ανανεώσεις αέρα ανά ώρα και μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας τους, καθώς έγινε η παραδοχή ότι μόνο τότε παραμένουν ανοιχτά τα παράθυρα. Για τους διαδρόμους και τους βοηθητικούς χώρους θεωρήθηκε ότι γίνονται 4 ανανεώσεις αέρα ανά ώρα και καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, καθώς τα περισσότερα παράθυρα του κτιρίου παραμένουν μόνιμα ανοιχτά. Τέλος, για τους διαδρόμους του ισόγειου θεωρήθηκε ότι γίνονται 6 ανανεώσεις αέρα ανά ώρα, λόγω της άμεσης επαφής τους με τις εξωτερικές συνθήκες μέσω των αιθρίων.

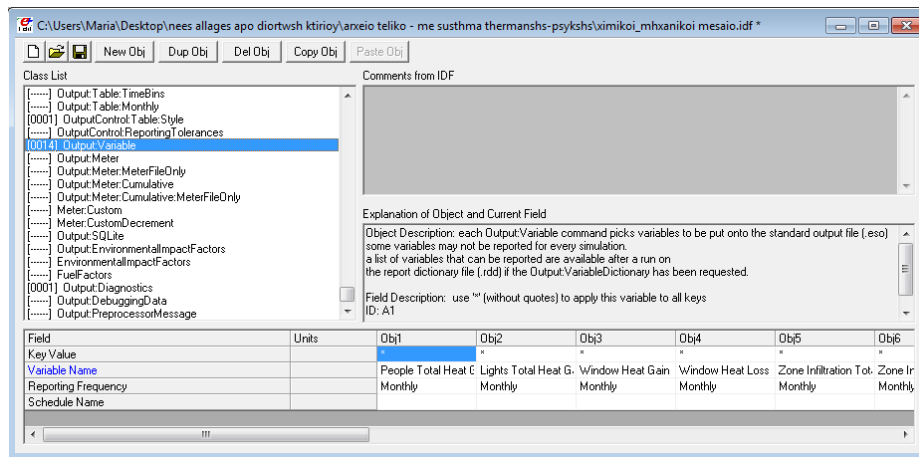
#### **13.5.5.8 Ζήτηση Αποτελεσμάτων (Output Reporting)**

Το EnergyPlus παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού πληθώρας παραμέτρων, η επιλογή των οποίων γίνεται ανάλογα με το είδος και το σκοπό της εκάστοτε μελέτης. Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή των δεδομένων ακολουθεί ο ορισμός των μεταβλητών που θα ζητηθούν ως αποτελέσματα.

- **Output:Variable**

Τα αποτελέσματα ζητούνται μέσω της ρύθμισης **Output:Variable** στην οποία εισάγονται τα ονόματα των ζητούμενων μεταβλητών και η συχνότητα υποβολής των αποτελεσμάτων.





Εικ. 13.39: Επιλογή Output:Variable

Οι παράμετροι που ζητήθηκαν στην προσομοίωση του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών μηχανικών είναι οι εξής:

- Τα μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη από:
  - τους χρήστες του κτιρίου
  - τον τεχνητό φωτισμό
  - τον ηλεκτρολογικό φωτισμό
- Τα μηνιαία θερμικά κέρδη και οι απώλειες λόγω:
  - των παραθύρων
  - της διήθησης του αέρα από τις ρωγμές του κελύφους
  - του φυσικού αερισμού
- Η μηνιαία ενεργειακή κατανάλωση:
  - του τεχνητού φωτισμού
  - του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού
- Οι ημερήσιες τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα
- Οι ημερήσιες τιμές της σχετικής υγρασίας του αέρα
- Η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας του συστήματος θέρμανσης και ψύξης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν για την ζήτηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης:

Αντικείμενο	Όνομα της μεταβλητής	Συχνότητα υποβολής αποτελεσμάτων
Object 1	Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη από τους Χρήστες (People Total Heat Gain)	Μηνιαία (Monthly)
Object 2	Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη από τον Τεχνητό Φωτισμό (Lights Total Heat Gain)	Μηνιαία (Monthly)
Object 3	Θερμικά Κέρδη από τα Παράθυρα (Window Heat Gain)	Μηνιαία (Monthly)
Object 4	Θερμικές Απώλειες από τα Παράθυρα (Window Heat Loss)	Μηνιαία (Monthly)
Object 5	Θερμικά Κέρδη λόγω της Διήθησης του Αέρα (Zone Infiltration Total Heat Gain)	Μηνιαία (Monthly)
Object 6	Θερμικές Απώλειες λόγω της Διήθησης του Αέρα (Zone Infiltration Total Heat Loss)	Μηνιαία (Monthly)
Object 7	Θερμικά Κέρδη λόγω του Φυσικού Αερισμού (Zone Ventilation Total Heat Gain)	Μηνιαία (Monthly)
Object 8	Θερμικές Απώλειες λόγω του Φυσικού Αερισμού (Zone Ventilation Total Heat Loss)	Μηνιαία (Monthly)
Object 9	Ενεργειακή Κατανάλωση του Τεχνητού Φωτισμού (Lights Electric Consumption)	Μηνιαία (Monthly)
Object 10	Ενεργειακή Κατανάλωση του Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού (Electric Equipment Electric Consumption)	Μηνιαία (Monthly)
Object 11	Μέση Θερμοκρασία Αέρα για κάθε Θερμική Ζώνη (Zone Mean Air Temperature)	Ημερήσια (Daily)
Object 12	Σχετική Υγρασία Αέρα για κάθε Θερμική Ζώνη (Zone Mean Relative Humidity)	Ημερήσια (Daily)

Εικ. 13.40: Αντικείμενα ζήτησης αποτελεσμάτων

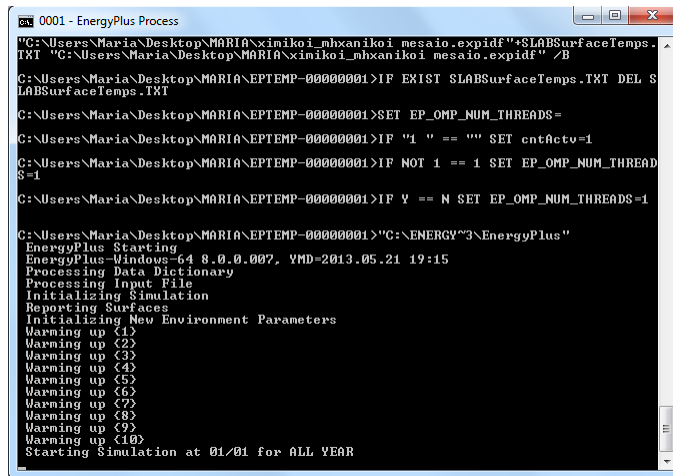
Αντικείμενο	Όνομα της μεταβλητής	Συχνότητα υποβολής αποτελεσμάτων
Object 1	Συνολικά Ιδανικά Φορτία Ενέργειας Ψύξης (Ideal Loads Total Cooling Energy)	Μηνιαία (Monthly)
Object 2	Συνολικά Ιδανικά Φορτία Ενέργειας Θέρμανσης (Ideal Loads Total Heating Energy)	Μηνιαία (Monthly)

Εικ. 13.41: Αντικείμενα ζήτησης αποτελεσμάτων για το σύστημα Θέρμανσης και Κλιματισμού

### 13.5.4 Εκτέλεση του προγράμματος

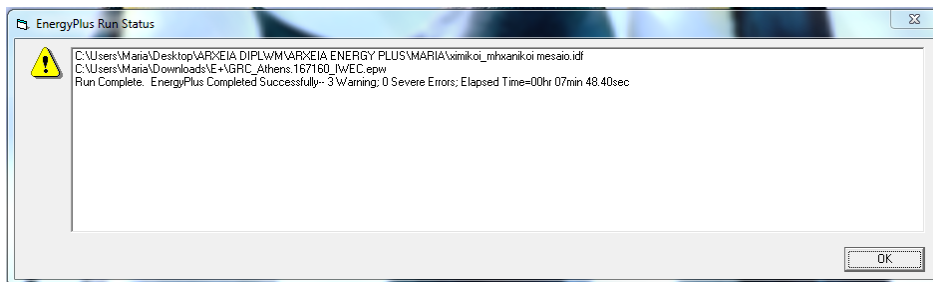
Αφού οριστούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία της προσομοίωσης στην καρτέλα IDF Editor, επιστρέφουμε στο περιβάλλον του προγράμματος EnergyPlus και ακολουθεί η εκτέλεσή του μέσω της εντολής **Simulate**.

Αμέσως ανοίγει ένα παράθυρο εντολών του DOS που παραμένει ανοιχτό κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Η διαδικασία εκτέλεσης του προγράμματος μπορεί να διαρκέσει από λίγα λεπτά έως αρκετή ώρα, γεγονός που εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του μοντέλου και τα υπάρχοντα λάθη.



Εικ. 13.42: Παράθυρο εκτέλεσης του προγράμματος EnergyPlus

Αφού ολοκληρωθεί η εκτέλεση του προγράμματος και το μαύρο παράθυρο των DOS κλείσει, εμφανίζεται ένα μήνυμα στην οθόνη όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Σε αυτό το παράθυρο μπορούμε να δούμε με μία γρήγορη ματιά αν υπάρχουν σημαντικά λάθη στο πρόγραμμα, όπως επίσης και τον χρόνο που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του προγράμματος.



Εικ. 13.43: Μήνυμα ολοκλήρωσης της εκτέλεσης του προγράμματος

Υπάρχουν 3 κατηγορίες λαθών:

- **Warnings**, που είναι προειδοποιήσεις και δεν αποτελούν σοβαρό πρόβλημα για την εκτέλεση του προγράμματος.
- **Severe errors**, τα οποία είναι πολύ σοβαρά και καθοριστικά για την έκδοση και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.
- **Fatal errors**, τα οποία είναι επίσης σοβαρά λάθη και πρέπει να διορθωθούν.

Επίσης, μπορούμε να δούμε τυχόν λάθη και προειδοποιήσεις με τη χρήση της επιλογής **Errors** στην καρτέλα του Ep-Launch. Τα λάθη εμφανίζονται σε μία καρτέλα τις εφαρμογής Notepad, όπου καταγράφεται και το πρόβλημα που εντοπίστηκε για τη δημιουργία τους, και με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η διόρθωσή τους.

### 13.5.5 Εμφάνιση αποτελεσμάτων

Για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων απαιτείται η διόρθωση των Severe errors και των Fatal errors, διαφορετικά το πρόγραμμα δεν θα εμφανίσει τα αρχεία των αποτελεσμάτων. Αφού, λοιπόν, διορθωθούν τα λάθη θα πρέπει να εκτελεστεί και πάλι το πρόγραμμα και μετά την επιτυχή εκτέλεσή του θα εμφανιστούν τα αρχεία με τα αποτελέσματα σε μορφή excel.

## 14. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

### 14.1 Εισαγωγή

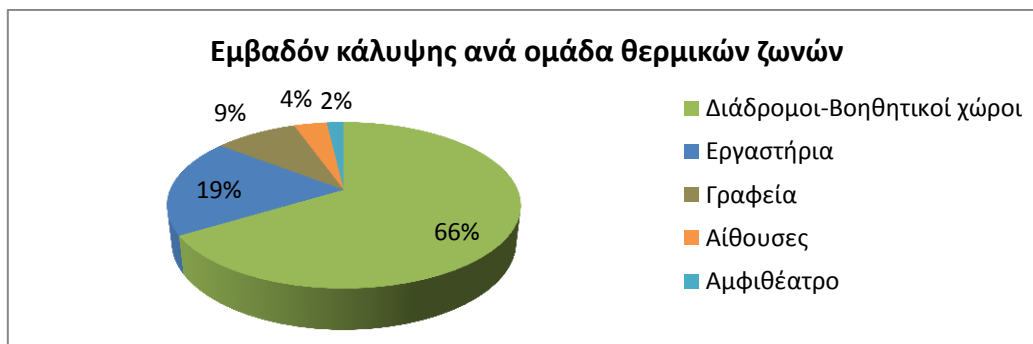
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του κτιρίου με το πρόγραμμα EnergyPlus και γίνεται η ανάλυσή τους. Κρίθηκε προτιμότερο να γίνει μία πιο συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών, και όχι για κάθε ζώνη ξεχωριστά, λόγω του μεγάλου πλήθους τους. Εξαίρεση αποτελούν η μέση θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, οι οποίες δόθηκαν αναλυτικά για την κάθε θερμική ζώνη. Τέλος, δόθηκαν τα αποτελέσματα και για το σύνολο του τμήματος του κτιρίου. Τα αποτελέσματα δόθηκαν σε μορφή διαγραμμάτων (γραφήματα ράβδων, γραμμών και πίτες ποσοστών).

### 14.2 Γενικά αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για το τμήμα του κτιρίου όπως εξήχθησαν από το πρόγραμμα:

Εμβαδόν κάλυψης για την κάθε ομάδα θερμικών ζωνών	
Θερμικές ζώνες	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
Διάδρομοι-Βοηθητικοί Χώροι	7.032,91
Εργαστήρια	2.056,32
Γραφεία	997,44
Αίθουσες	385,92
Αμφιθέατρο	198,12
<b>Σύνολο:</b>	<b>10.670,71</b>

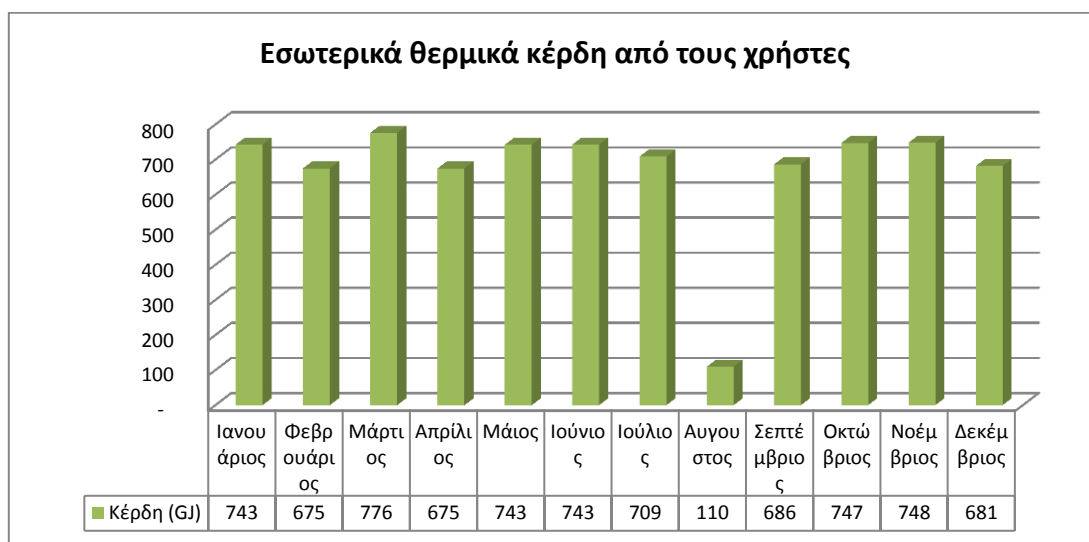
Εικ. 14.1: Εμβαδόν κάλυψης για την κάθε ομάδα θερμικών ζωνών



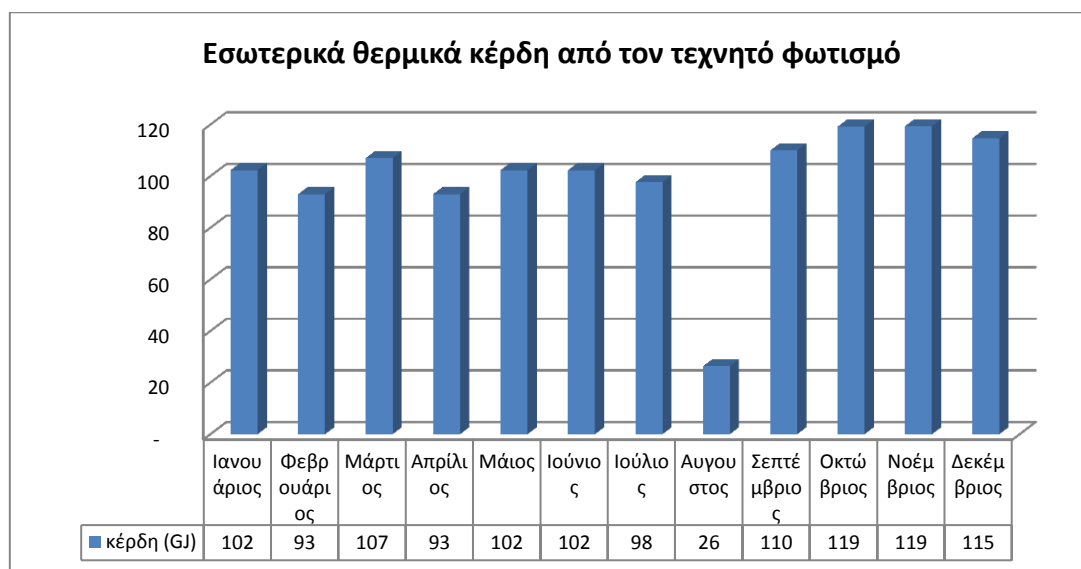
Εικ. 14.2: Εμβαδόν κάλυψης ανά ομάδα θερμικών ζωνών

### 14.3 Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Σημαντικό ρόλο στην θερμική άνεση του κτιρίου κατέχουν οι χρήστες, ο τεχνητός φωτισμός και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζονται τα μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες, τον τεχνητόφωτισμό και τον μηχανολογικό εξοπλισμό.

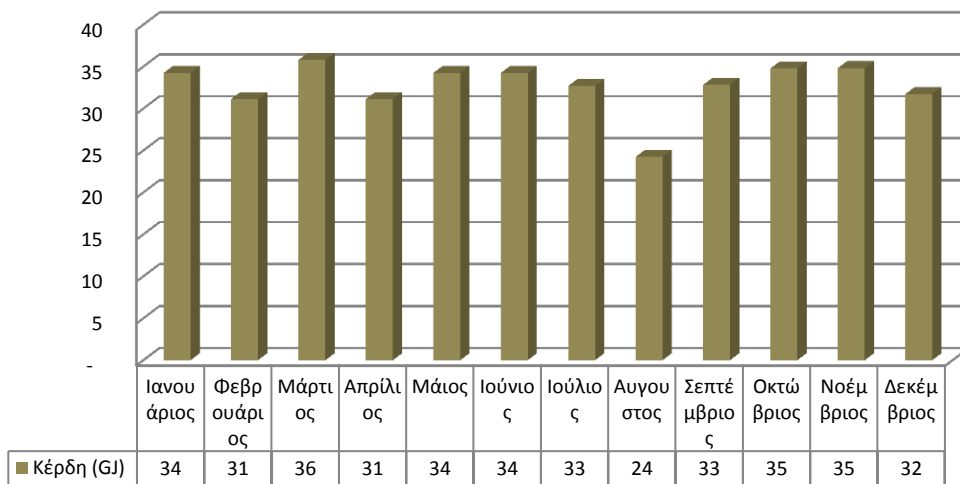


Εικ. 14.3: Συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους



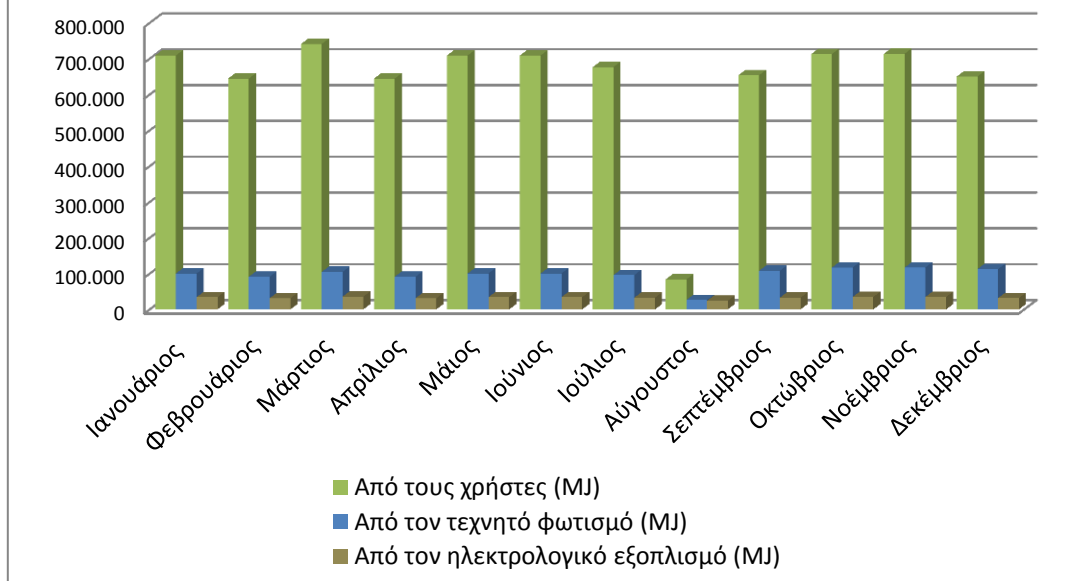
Εικ. 14.4: Συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό

### Εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό



Εικ. 14.5: Συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό

### Εσωτερικά θερμικά κέρδη

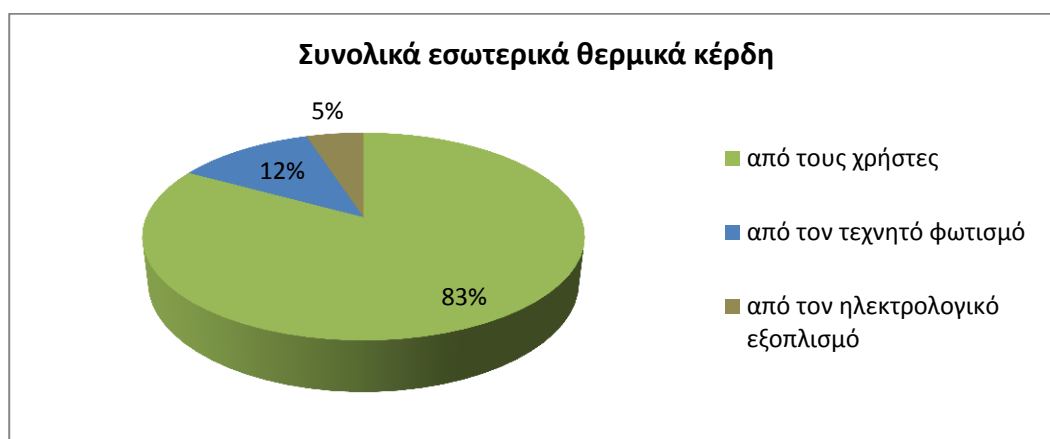


Εικ. 14.6: Συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη

Εσωτερικά θερμικά κέρδη (MJ)				
Μήνες	Χρήστες	Τεχνητός φωτισμός	Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	Σύνολο:
Ιανουάριος	742.645	102.343	34.237	879.225
Φεβρουάριος	675.132	93.039	31.124	799.295
Μάρτιος	776.402	106.995	35.793	919.190
Απρίλιος	675.132	93.039	31.124	799.295
Μάιος	742.645	102.343	34.237	879.225
Ιούνιος	742.645	102.343	34.237	879.225
Ιούλιος	708.889	97.691	32.681	839.261
Αύγουστος	109.742	26.313	24.230	160.285
Σεπτέμβριος	686.287	109.962	32.812	829.061
Οκτώβριος	747.151	119.193	34.774	901.118
Νοέμβριος	748.141	119.388	34.821	902.350
Δεκέμβριος	681.479	114.727	31.719	827.925
<b>Σύνολο:</b>	<b>8.036.290</b>	<b>1.187.376</b>	<b>391.789</b>	<b>9.615.455</b>

Εικ. 14.7: Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι η συνολική ενέργεια που κερδίζεται είναι 9.615,455 GJ, από την οποία τα 8.036,290 GJ προέρχονται από τους χρήστες, τα 1.187.376 GJ από τον τεχνητό φωτισμό και τα υπόλοιπα 391.789 GJ από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Είναι φανερό λοιπόν πως τη μεγαλύτερη πηγή εσωτερικών θερμικών κερδών την αποτελούν οι ίδιοι οι χρήστες του κτιρίου. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα, από αυτούς προέρχεται το 83% των εσωτερικών θερμικών κερδών του κτιρίου.

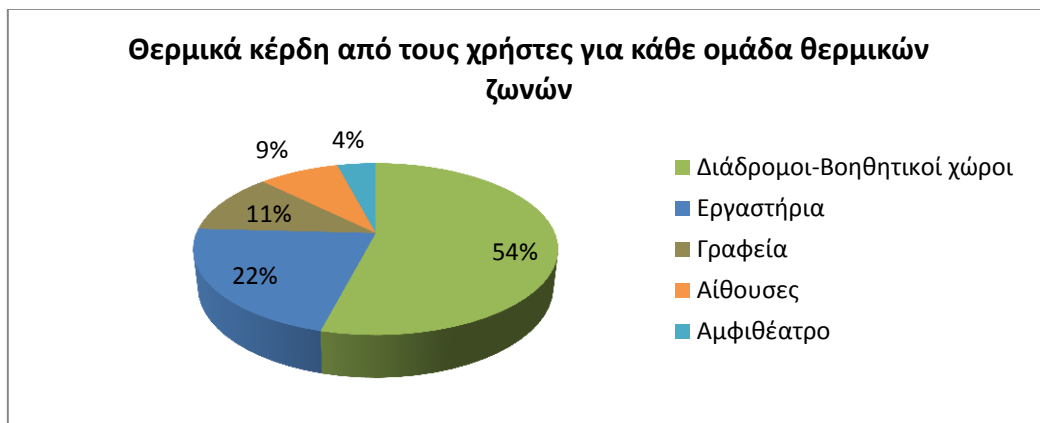


Εικ. 14.8: Συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη

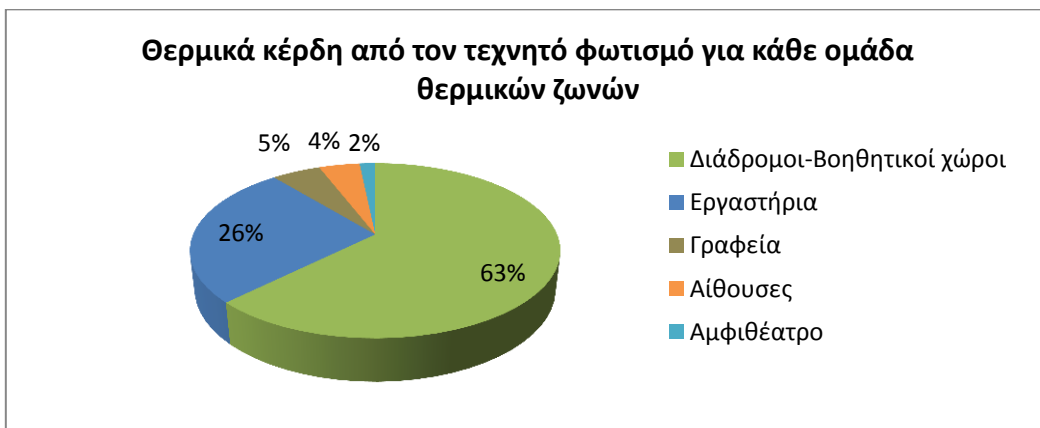


- **Ετήσια ποσοστά θερμικών κερδών για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών**

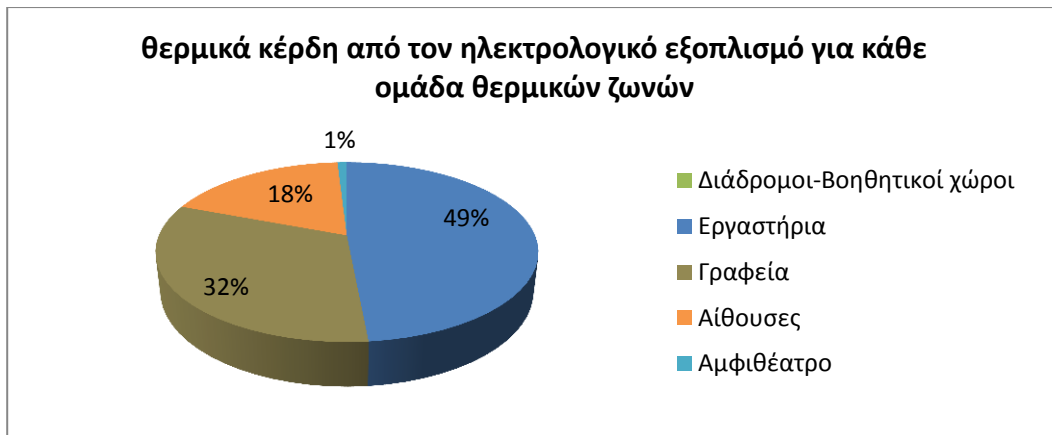
Στα παρακάτω διαγράμματα παρατηρούμε ότι οι διάδρομοι παρουσιάζουν τα περισσότερα θερμικά κέρδη από τους χρήστες, με ποσοστό 54%, ενώ ακολουθούν τα εργαστήρια με 22%. Ομοίως οι διάδρομοι παρουσιάζουν τα περισσότερα κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό με ποσοστό 63%, ενώ τα περισσότερα κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό πραγματοποιούνται στα εργαστήρια με ποσοστό 49%.



Εικ. 14.9: Ετήσια θερμικά κέρδη από τους χρήστες για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών



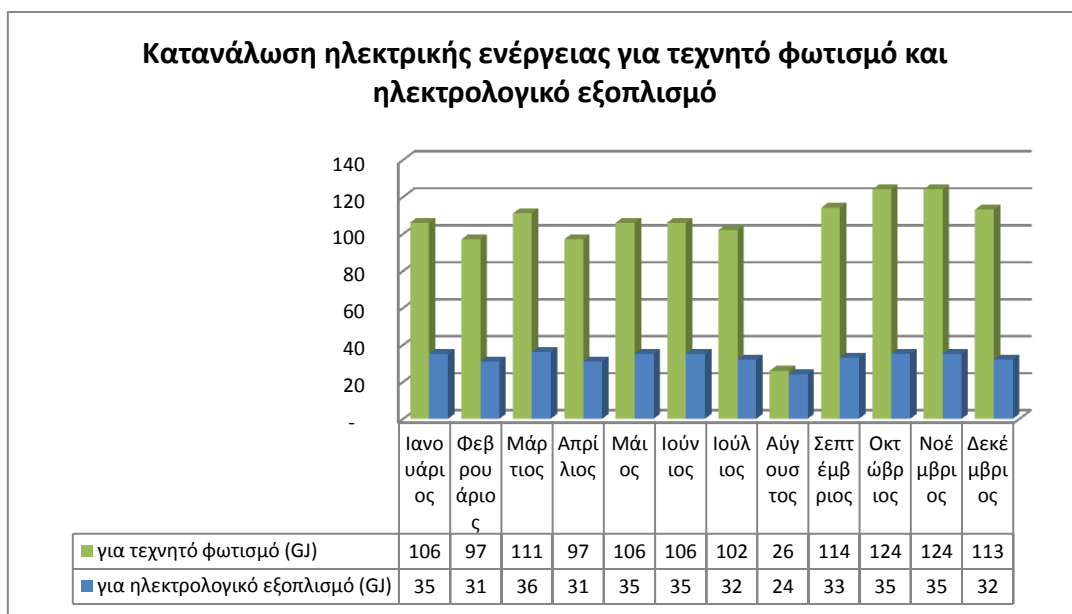
Εικ. 14.10: Θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών



Εικ. 14.11: Θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών

## 14.4 Κατανάλωση ενέργειας

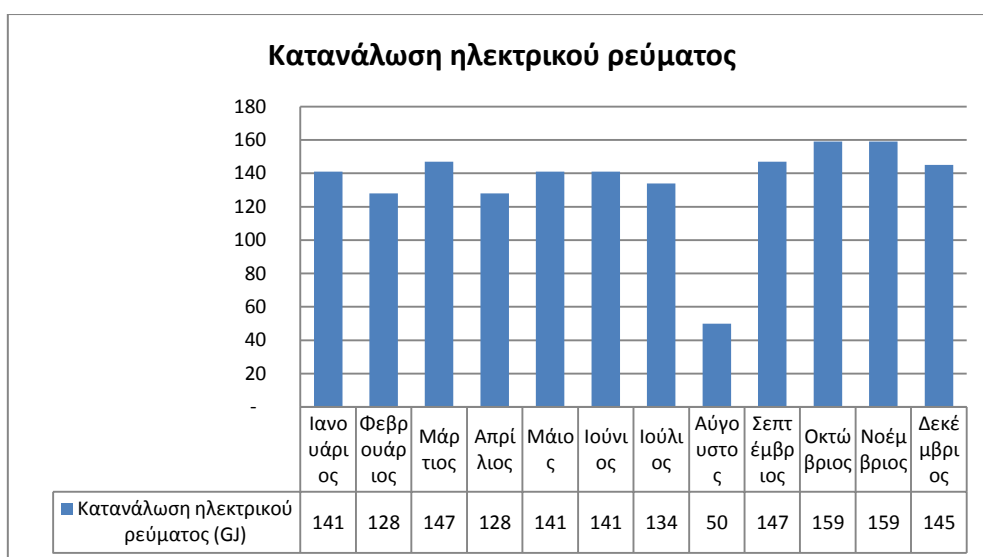
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος ανέρχεται στα 1.620 GJ, από τα οποία για τον τεχνητό φωτισμό καταναλώνονται τα 1.226 GJ, ενώ για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό τα 394 GJ.



Εικ. 14.12: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τον τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό

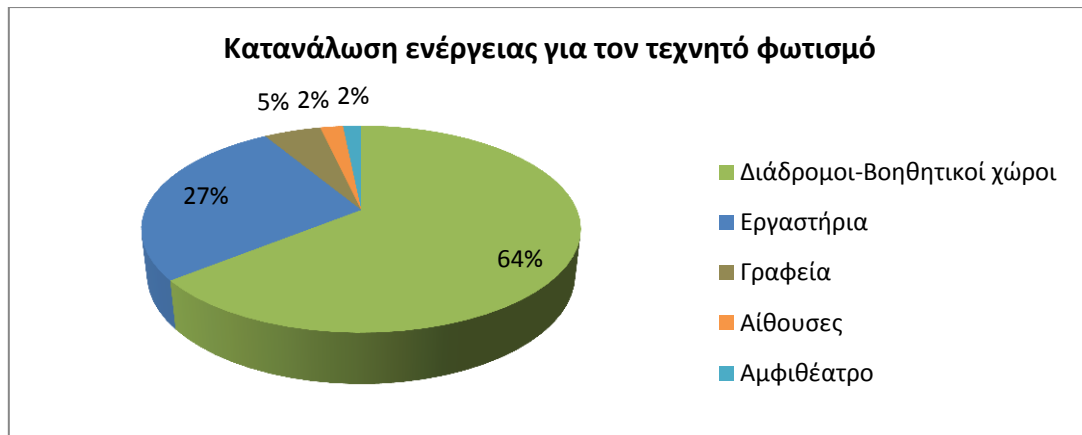
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας			
Μήνες	Τεχνητός φωτισμός (GJ)	Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός (GJ)	Συνολική κατανάλωση (GJ)
Ιανουάριος	106	35	141
Φεβρουάριος	97	31	128
Μάρτιος	111	36	147
Απρίλιος	97	31	128
Μάιος	106	35	141
Ιούνιος	106	35	141
Ιούλιος	102	32	134
Αύγουστος	26	24	50
Σεπτέμβριος	114	33	147
Οκτώβριος	124	35	159
Νοέμβριος	124	35	159
Δεκέμβριος	113	32	145
<b>Σύνολο:</b>	<b>1.226</b>	<b>394</b>	<b>1620</b>

Εικ. 14.13: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας



Εικ. 14.14: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι διάδρομοι και τα εργαστήρια καταναλώνουν την περισσότερη ενέργεια για τεχνητό φωτισμό, με ποσοστά 64% και 27% αντίστοιχα, ενώ ακολουθούν τα γραφεία, οι αίθουσες και το αμφιθέατρο πολύ μικρά ποσοστά.

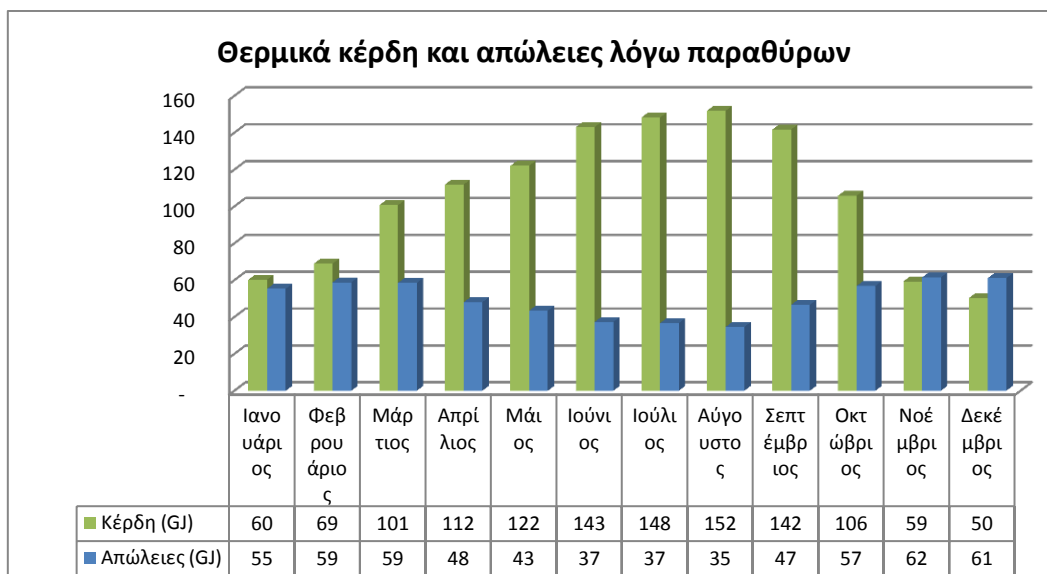


Εικ. 14.15: Κατανάλωση ενέργειας για τον τεχνητό φωτισμό για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών

## 14.5 Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, τα συνολικά ετήσια κέρδη από τα παράθυρα είναι 1.264,357 GJ, ενώ οι αντίστοιχες συνολικές ετήσιες απώλειες είναι 598,793 GJ.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή των θερμικών κερδών και απωλειών λόγω των παραθύρων κατά τη διάρκεια του χρόνου, ενώ στον πίνακα παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα. Γενικά, παρατηρείται ότι όλους τους μήνες τα θερμικά κέρδη είναι πολύ μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες και ειδικά κατά τους θερινούς μήνες είναι πάνω από τέσσερις φορές μεγαλύτερα από τις αντίστοιχες απώλειες.



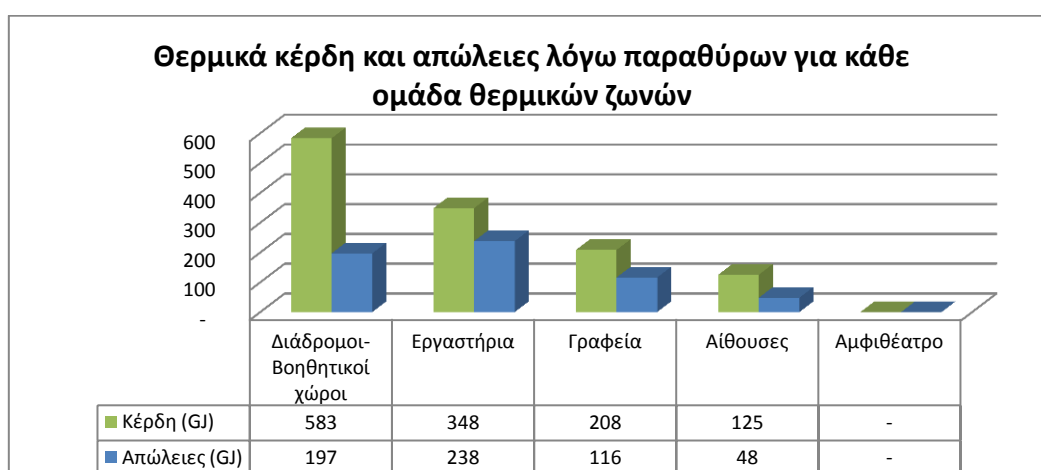
Εικ. 14.16: Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω των παραθύρων

Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων		
Μήνες	Θερμικά κέρδη (MJ)	Θερμικές απώλειες (MJ)
Ιανουάριος	60.258	55.315
Φεβρουάριος	68.950	58.822
Μάρτιος	100.707	58.541
Απρίλιος	111.882	47.990
Μάιος	122.063	43.411
Ιούνιος	143.049	37.336
Ιούλιος	148.253	36.716
Αύγουστος	151.920	34.625
Σεπτέμβριος	141.771	46.605
Οκτώβριος	105.825	56.844
Νοέμβριος	59.349	61.510
Δεκέμβριος	50.330	61.078
<b>Σύνολο:</b>	<b>1.264.357</b>	<b>598.793</b>

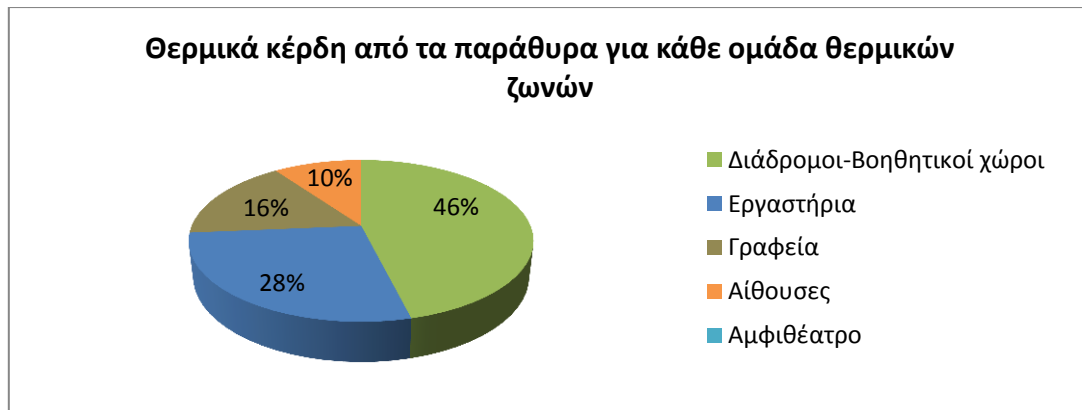
Εικ. 14.17: Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων

- Για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών

Από τα παρακάτω διαγράμματα παρατηρούμε ότι τα θερμικά κέρδη είναι μεγαλύτερα στους διαδρόμους με ποσοστό 46%, ενώ ακολουθούν τα εργαστήρια, τα γραφεία και οι αίθουσες, με ποσοστά 28%, 16% και 10% αντιστοίχως. Αντιθέτως, οι θερμικές απώλειες εμφανίζονται μεγαλύτερες στα εργαστήρια με ποσοστό 40% και ακολουθούν οι διάδρομοι, τα γραφεία και οι αίθουσες, με ποσοστά 33%, 19% και 8% αντίστοιχα.



Εικ. 14.18: Ετήσια θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω παραθύρων για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών



Εικ. 14.19: Ετήσια θερμικά κέρδη από τα παράθυρα για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών

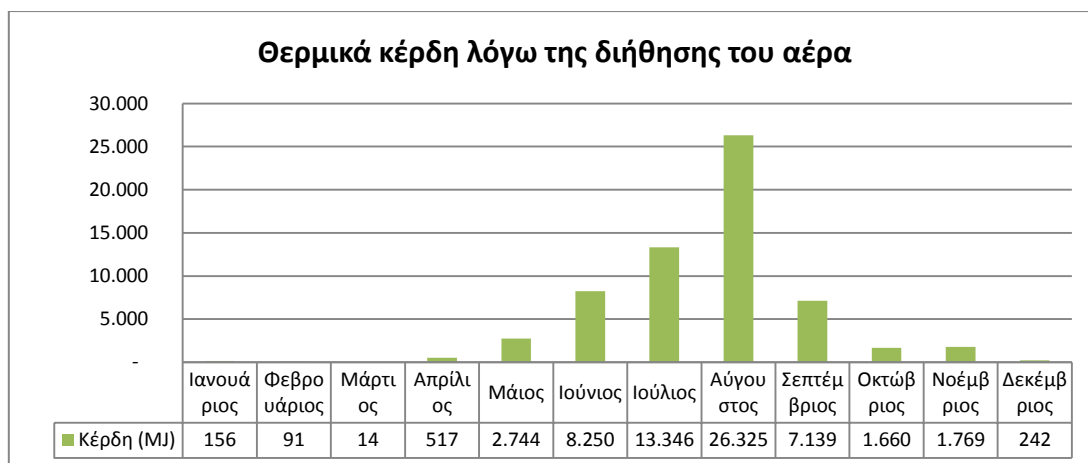


Εικ. 14.20: Ετήσιες απώλειες θερμότητας από τα παράθυρα για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών

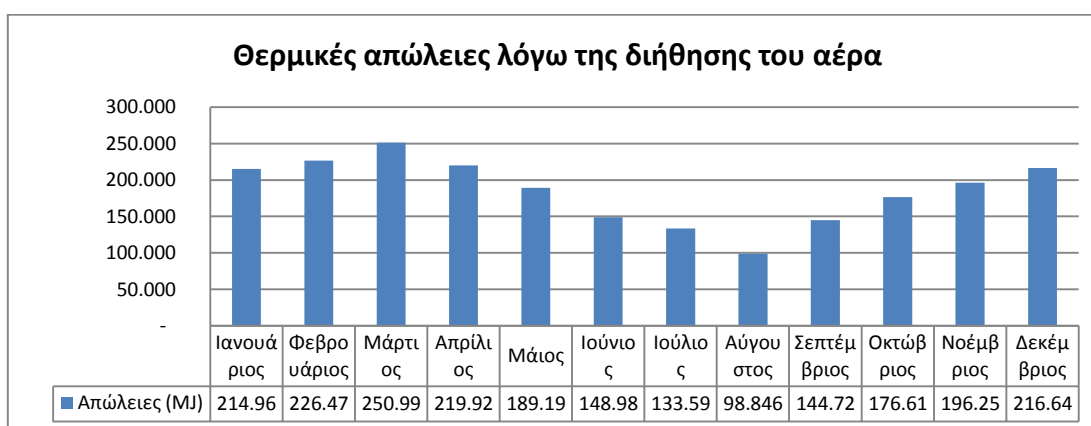
## 14.6 Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τα συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα είναι 62,253 GJ, ενώ οι αντίστοιχες απώλειες είναι 2.217,232 GJ. Παρατηρούμε ότι οι απώλειες είναι πολύ μεγαλύτερες από τα κέρδη. Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα θερμικά κέρδη σημειώνουν μεγάλη αύξηση κατά τους ζεστούς θερινούς μήνες, ενώ την ίδια περίοδο οι θερμικές απώλειες μειώνονται.

Στα παρακάτω διαγράμματα και τους πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα θερμικά κέρδη και οι απώλειες του κτιρίου που προέρχονται από την διήθηση του αέρα, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για την κάθε ομάδα θερμικών ζωνών.



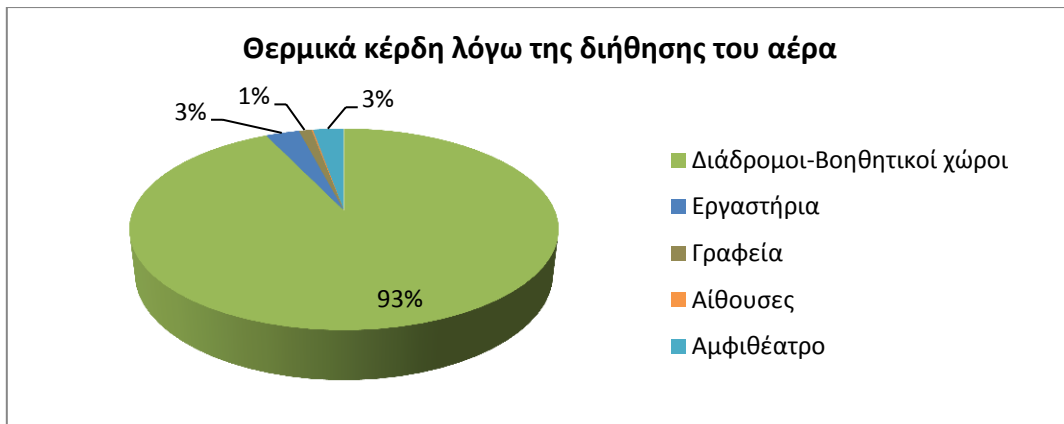
Εικ. 14.21: Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα



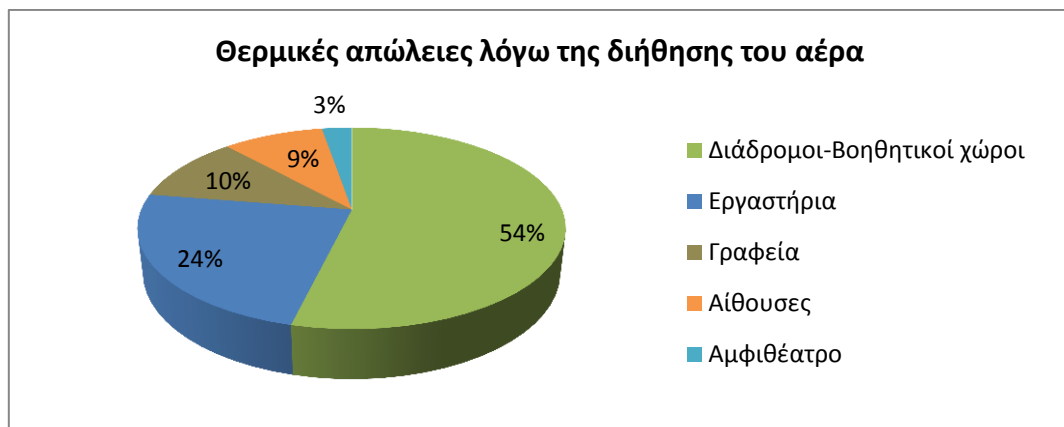
Εικ. 14.22: Μηνιαίες θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα

Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα		
Μήνες	Κέρδη (MJ)	Απώλειες (MJ)
Ιανουάριος	156	214.965
Φεβρουάριος	91	226.478
Μάρτιος	14	250.995
Απρίλιος	517	219.924
Μάιος	2.744	189.197
Ιούνιος	8.250	148.988
Ιούλιος	13.346	133.598
Αύγουστος	26.325	98.846
Σεπτέμβριος	7.139	144.724
Οκτώβριος	1.660	176.612
Νοέμβριος	1.769	196.256
Δεκέμβριος	242	216.649
<b>Σύνολο:</b>	<b>62.253</b>	<b>2.217.232</b>

Εικ. 14.23: Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα



Εικ. 14.24: Θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών



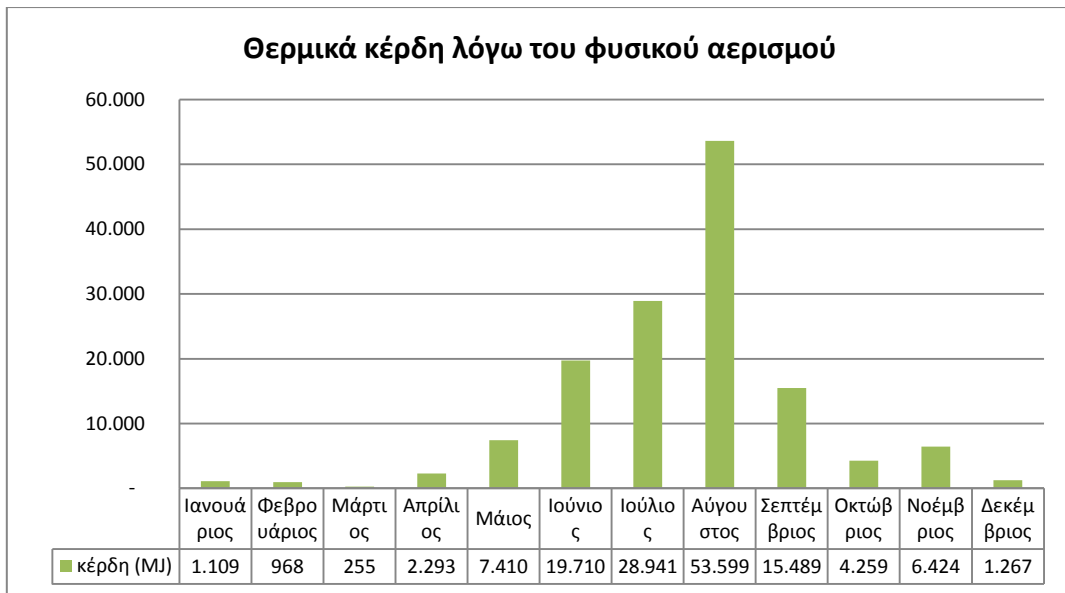
Εικ. 14.25: Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα για κάθε ομάδα θερμικών ζωνών

## 14.7 Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

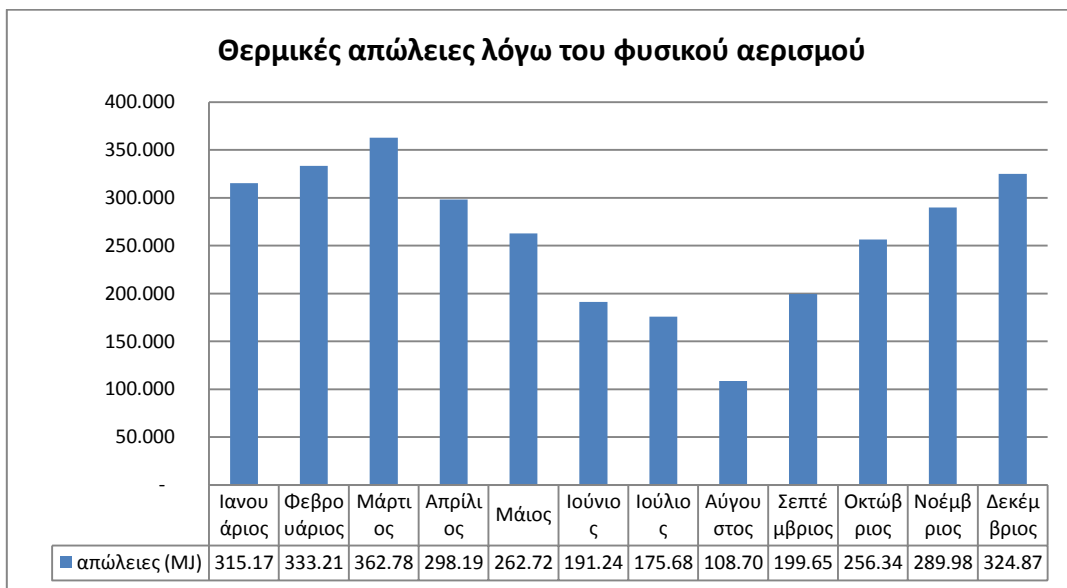
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τα συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη λόγω του φυσικού αερισμού είναι 141,724 GJ, ενώ οι αντίστοιχες απώλειες είναι 3.118,581 GJ. Παρατηρούμε ότι οι απώλειες είναι πολύ μεγαλύτερες από τα κέρδη. Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα θερμικά κέρδη σημειώνουν μεγάλη αύξηση κατά τους ζεστούς θερινούς μήνες, ενώ την ίδια περίοδο οι θερμικές απώλειες μειώνονται.

Στα παρακάτω διαγράμματα και τους πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα θερμικά κέρδη και οι απώλειες του κτιρίου που προέρχονται από τον φυσικό αερισμό.





Εικ. 14.26: Μηνιαία θερμικά κέρδη λόγω του φυσικού αερισμού



Εικ. 14.27: Μηνιαίες θερμικές απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

<b>Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού</b>		
<b>Μήνες</b>	<b>Κέρδη (MJ)</b>	<b>Απώλειες (MJ)</b>
Ιανουάριος	1.109	315.175,8
Φεβρουάριος	968	333.217,1
Μάρτιος	255	362.781
Απρίλιος	2.293	298.195,8
Μάιος	7.410	262.725,9
Ιούνιος	19.710	191.247,6
Ιούλιος	28.941	175.681,8
Αύγουστος	53.599	108.704,5
Σεπτέμβριος	15.489	199.651,5
Οκτώβριος	4.259	256.348,1
Νοέμβριος	6.424	289.979,6
Δεκέμβριος	1.267	324.872
<b>Σύνολο:</b>	<b>141.724</b>	<b>3.118.581</b>

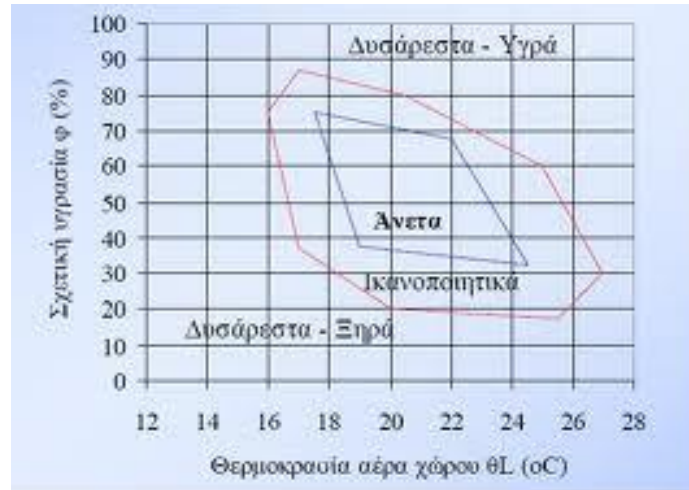
Εικ. 14.28: Θερμικά κέρδη και απώλειες λόγω του φυσικού αερισμού

## 14.8 Θερμική άνεση

Για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης του κτιρίου μπορούμε να λάβουμε υπόψη το ποσοστό των ωρών στη διάρκεια του έτους κατά το οποίο οι διάφοροι χώροι του κτιρίου βρίσκονται εκτός των ορίων θερμικής άνεσης. Επομένως, προκύπτουν δύο κατηγορίες θερμικής άνεσης, για τη χρήση χειμερινού ρουχισμού και καλοκαιρινού αντίστοιχα. Το ποσοστό αυτό δεν είναι αμελητέο, καθώς κυμαίνεται στο **63% για τη χρήση χειμερινού ρουχισμού** και στο **60% για τη χρήση καλοκαιρινού ρουχισμού**, για το σύνολο του κτιρίου.

## 14.9 Μέσες τιμές ημερήσιας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για κάθε θερμική ζώνη

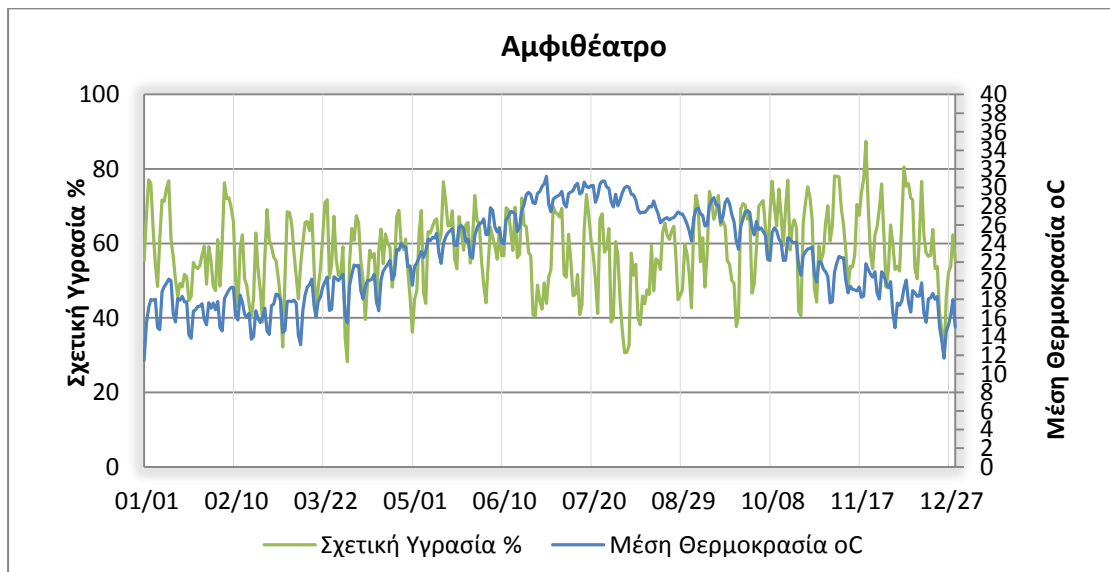
Στην συνέχεια θα εξάγουμε αποτελέσματα για την θερμική άνεση όσον αφορά την θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία που έχουμε στις θερμικές ζώνες. Το κατώτατο και ανώτατο όριο θερμικής άνεσης θεωρούνται οι 18°C και 22°C αντίστοιχα. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, η περιοχή άνεσης κυμαίνεται μεταξύ 18°C με σχετική υγρασία 75% και 24°C με σχετική υγρασία 35%. Γύρω από αυτήν την περιοχή υπάρχει μια ζώνη όπου οι συνθήκες είναι ανεκτές, ενώ έξω από αυτή την περιοχή οι συνθήκες θεωρούνται δυσάρεστες.



Εικ. 14.29: Περιοχή άνεσης ανάλογα με την σχέση θερμοκρασίας και υγρασίας [50]

- **Αμφιθέατρο - Ζώνη 1**

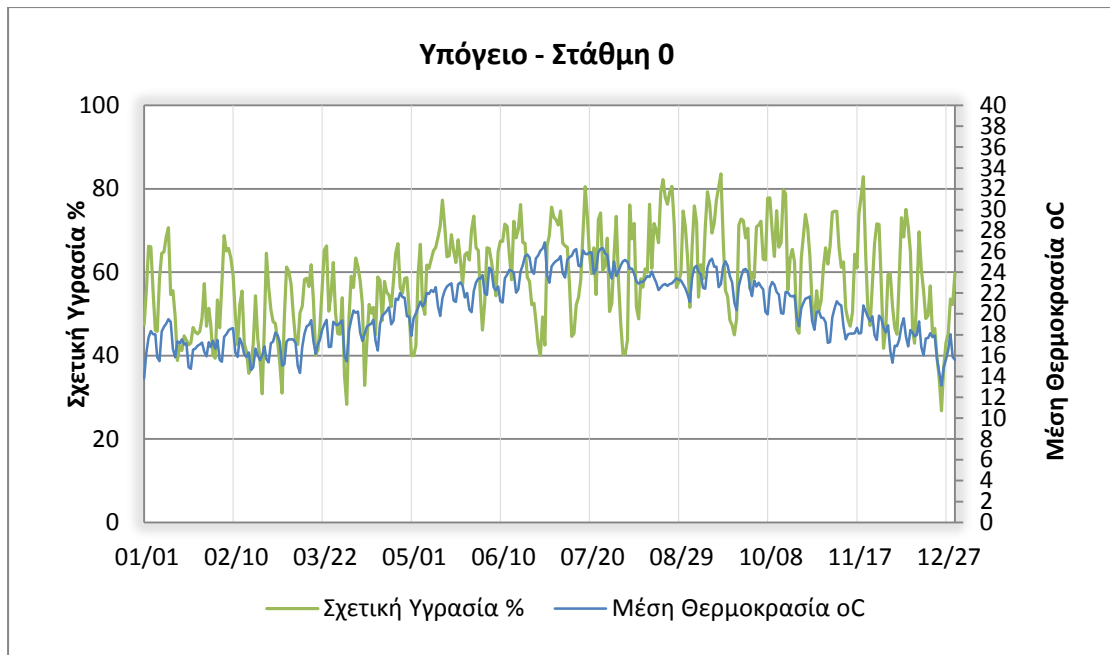
Στο Αμφιθέατρο οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 12 και 31°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 30 και 90%.



Εικ. 14.30: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 1 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Υπόγειο - Ζώνη 2**

Στο Υπόγειο οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 13 και 27°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 26 και 82%.

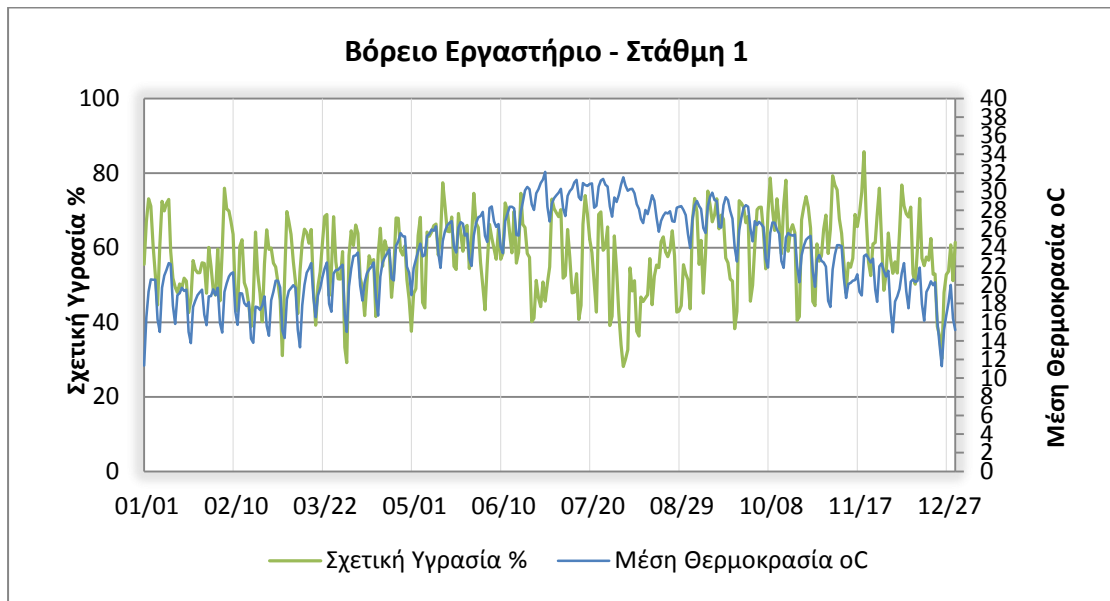


Εικ. 14.31: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 2 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Βόρεια εργαστήρια**

- **Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 - Ζώνη 10**

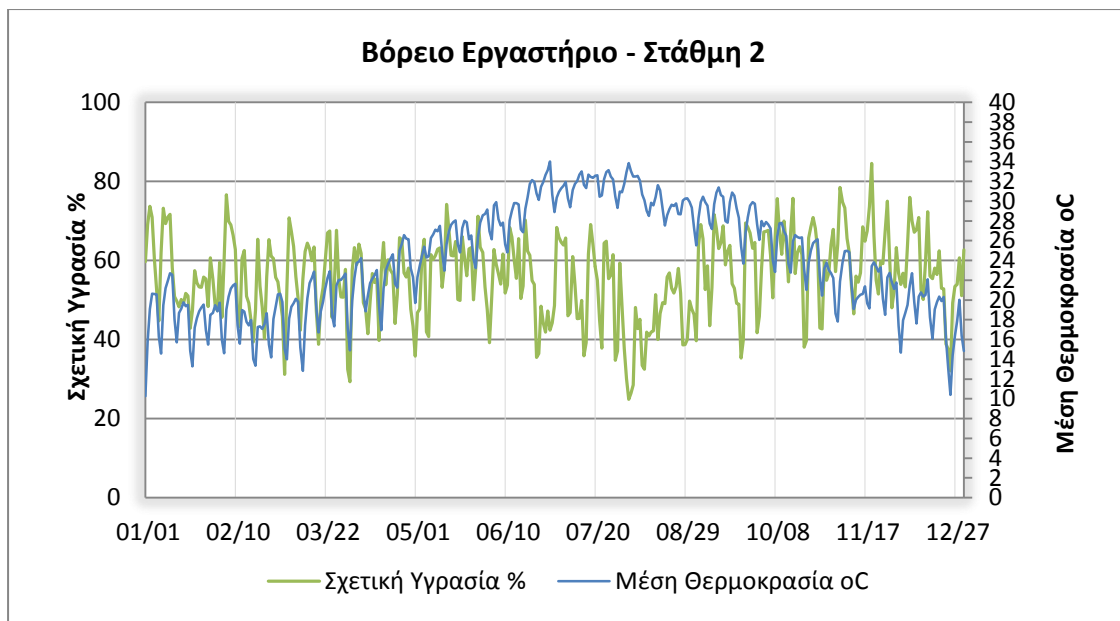
Στο Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 32°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 30 και 85%.



Εικ. 14.32: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 10 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 2 - Ζώνη 19**

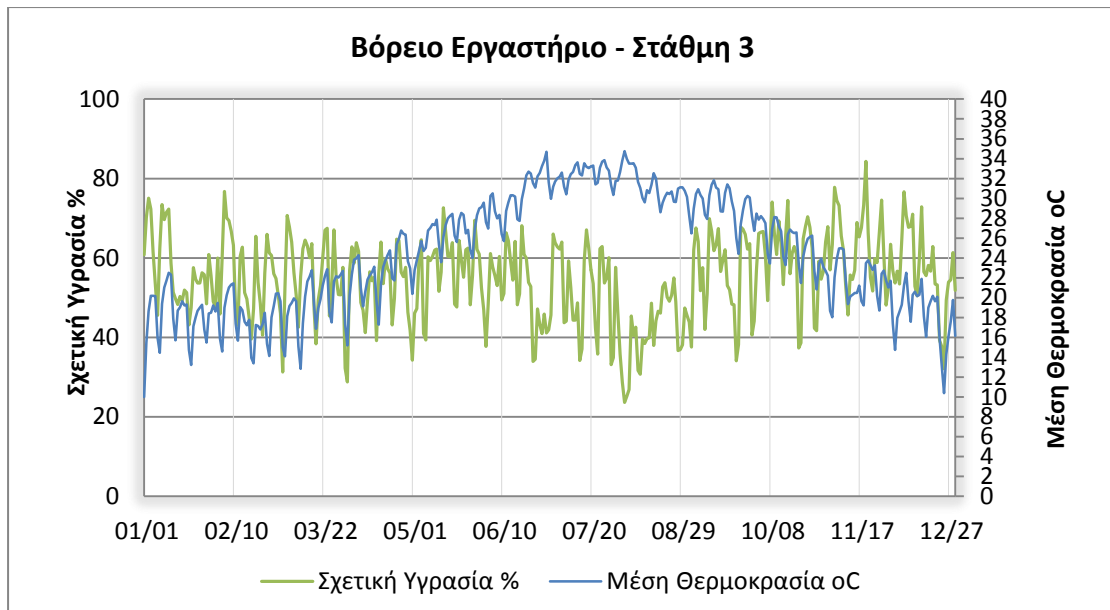
Στο Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 85%. Παρατηρείται πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 2°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται πτώση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



Εικ. 14.33: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 19 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 3 - Ζώνη 27**

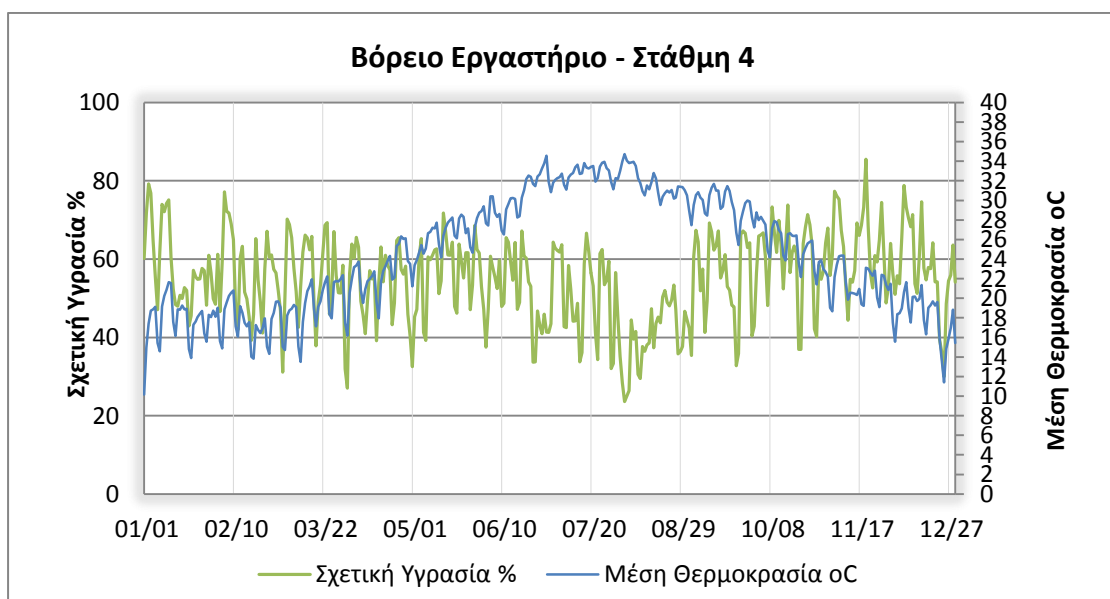
Στο Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 85%. Παρατηρείται πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 3°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται πτώση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



Εικ. 14.34: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 27 κατά τη διάρκεια ενός έτους

#### ➤ Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 4 - Ζώνη 33

Στο Βόρειο εργαστήριο της στάθμης 4 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 85%. Παρατηρείται πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 2°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται πτώση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.

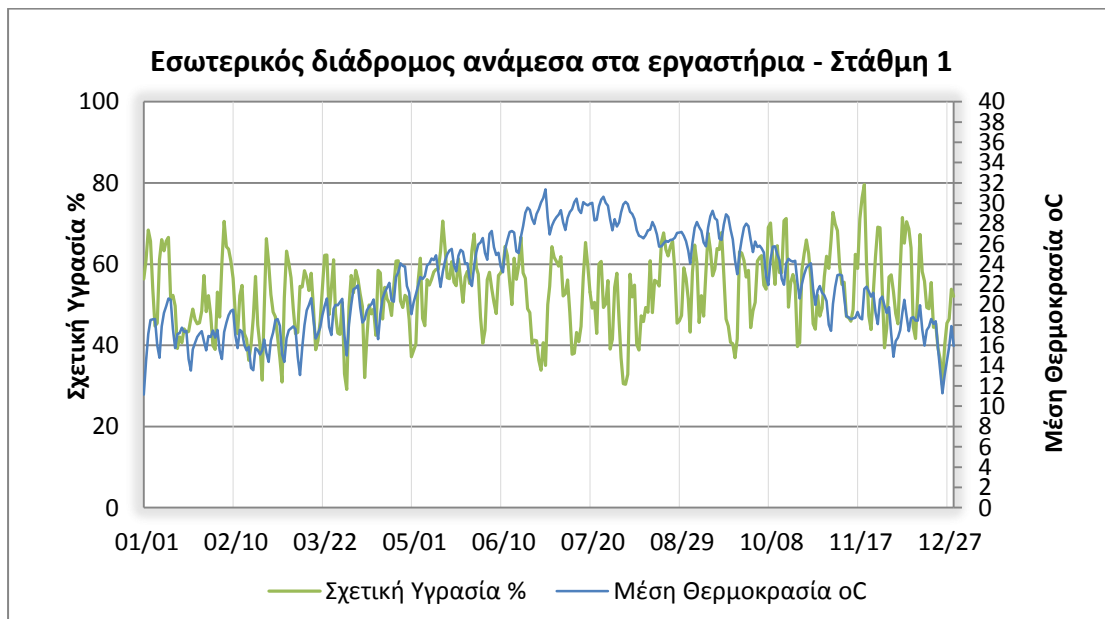


Εικ. 14.35: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 33 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Εσωτερικοί διάδρομοι ανάμεσα στα εργαστήρια**

- **Εσωτερικός διάδρομος ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 1 - Ζώνη 11**

Στον Εσωτερικό διάδρομο ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 1 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 29°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 28 και 80%.

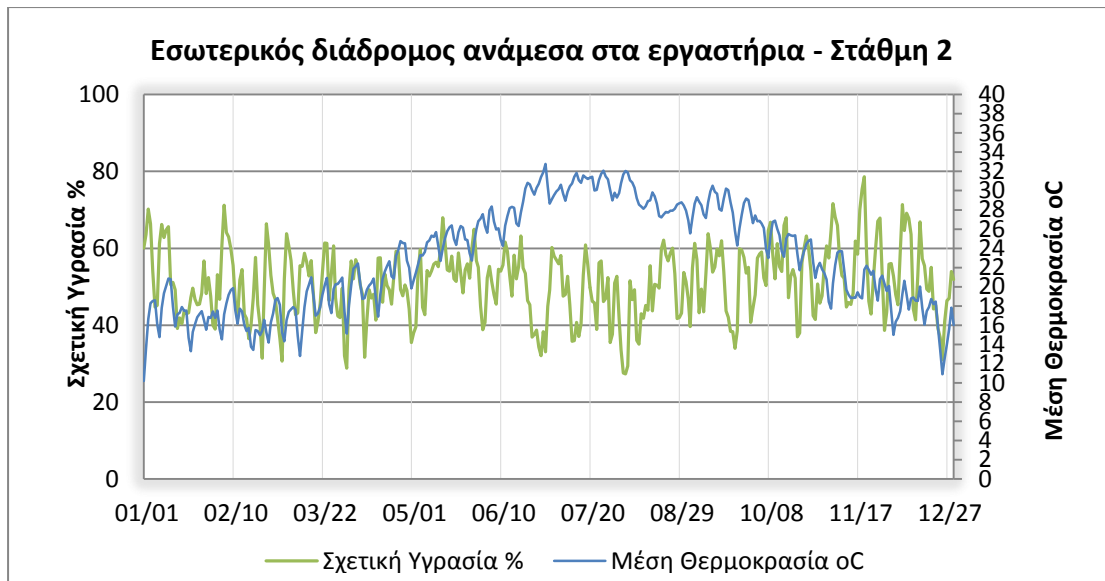


Εικ. 14.36: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 11 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Εσωτερικό διάδρομο ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 2 - Ζώνη 18**

Στον Εσωτερικό διάδρομο ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 33°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 27 και 79%.

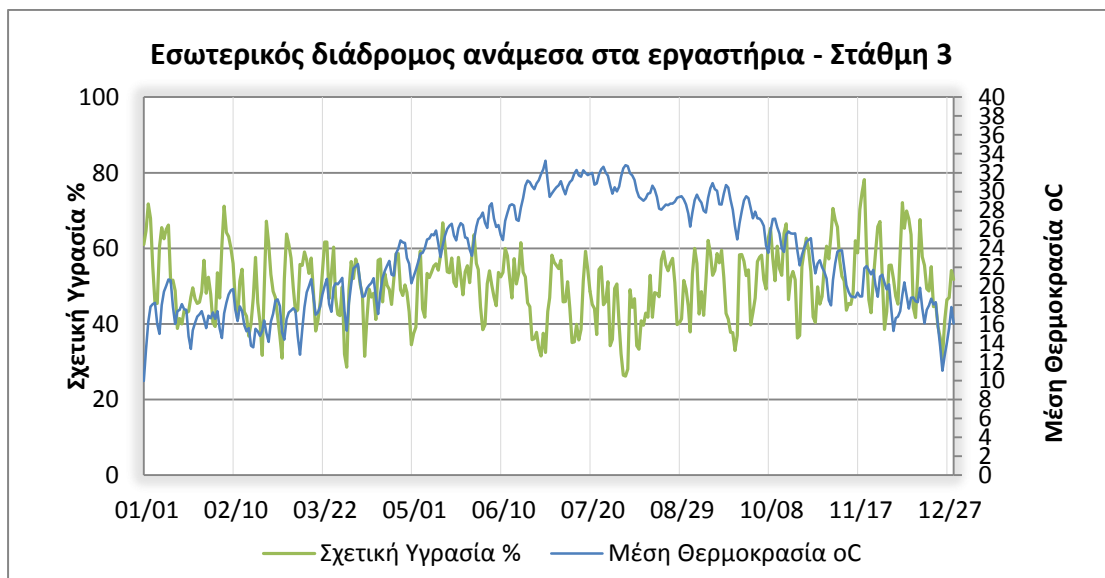
Παρατηρείται πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας της τάξης του 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 4°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται πτώση του ελάχιστου και μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



Εικ. 14.37: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 18 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Εσωτερικός διάδρομος ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 3 - Ζώνη 26**

Στον Εσωτερικό διάδρομο ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 33°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 26 και 79%. Παρατηρείται πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας της τάξης του 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 4°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται πτώση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 2% και του μέγιστου κατά 1% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



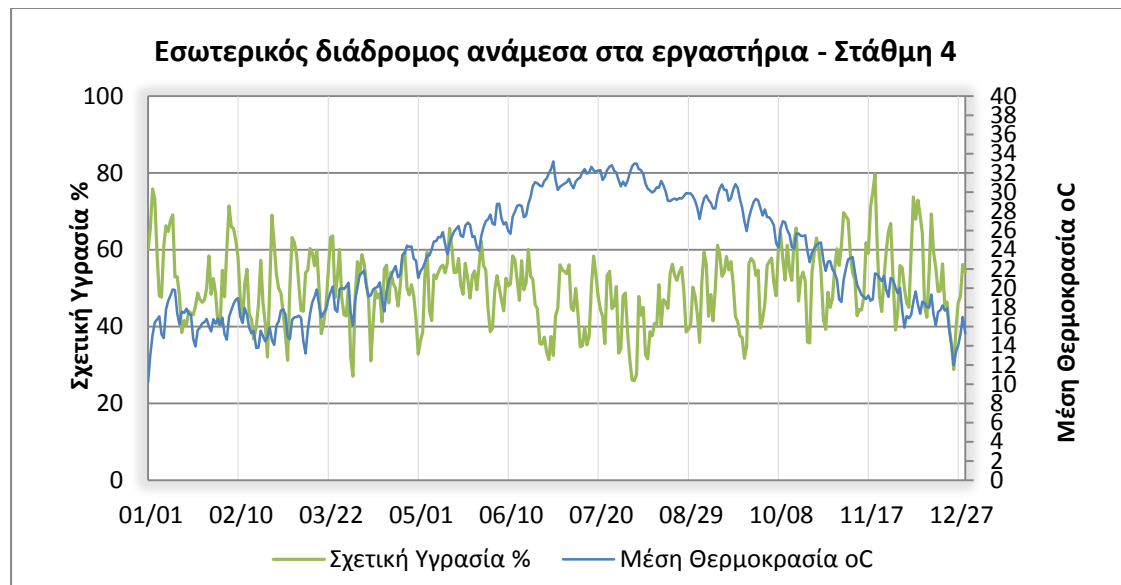
Εικ. 14.38 : Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 26 κατά τη διάρκεια ενός έτους



➤ **Εσωτερικός διάδρομος ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 4 - Ζώνη 32**

Στον Εσωτερικό διάδρομο ανάμεσα στα εργαστήρια της στάθμης 4 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 33°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 27 και 80%.

Παρατηρείται πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας της τάξης του 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 4°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται πτώση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



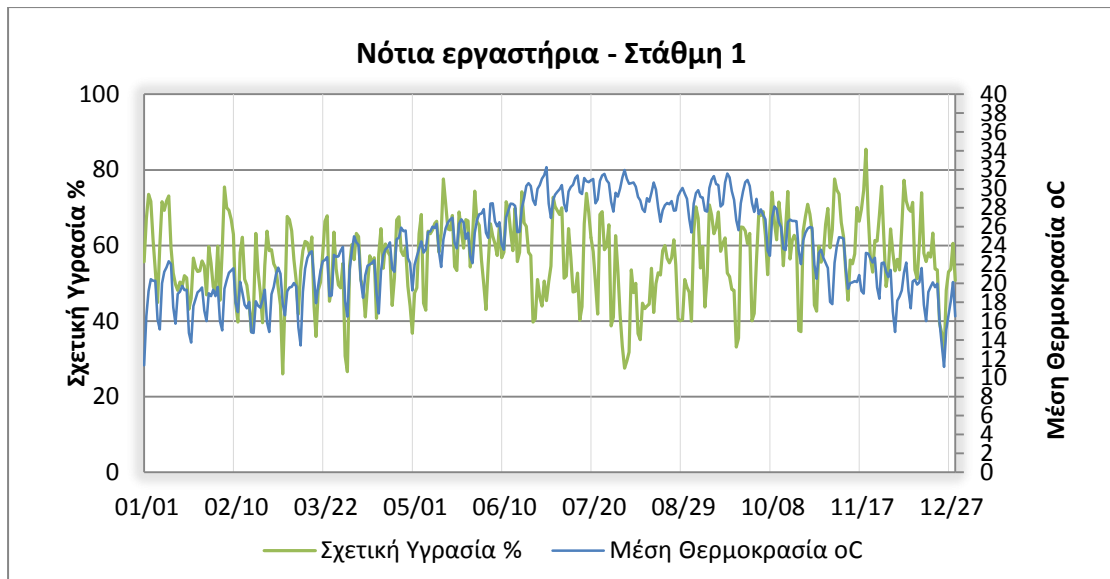
Εικ. 14.39: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 32 κατά τη διάρκεια ενός έτους

• **Νότια εργαστήρια**

➤ **Νότια εργαστήρια της στάθμης 1 - Ζώνη 9**

Στα Νότια εργαστήρια της στάθμης 1 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 33°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 27 και 85%.

Επίσης, παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C και πτώση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 3% σε σύγκριση με το αντίστοιχο βόρειο εργαστήριο της στάθμης 1.

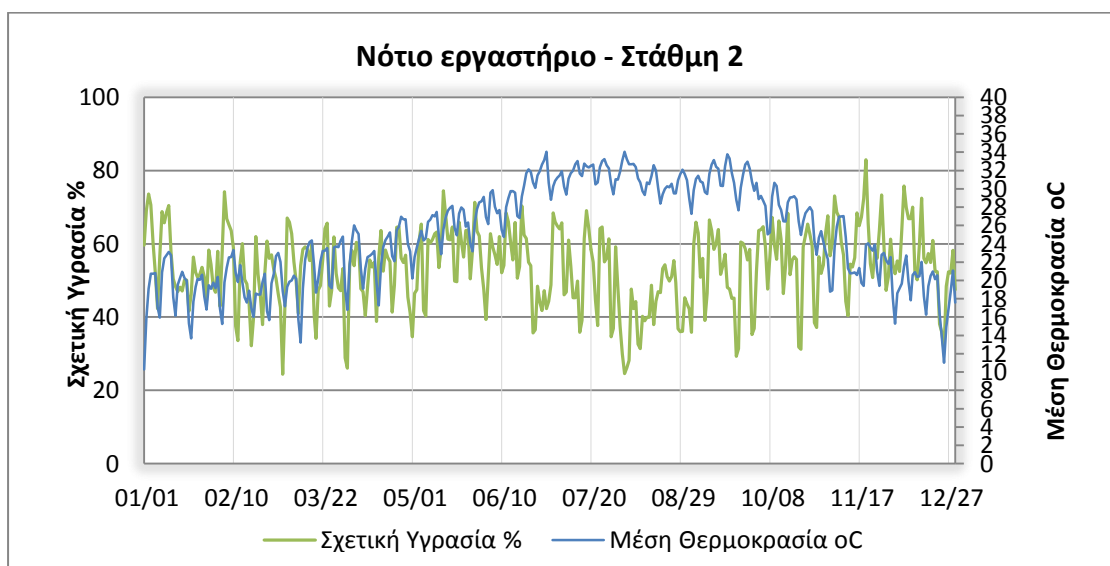


Εικ. 14.40: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 9 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2 - Ζώνη 17**

Στο Νότιο εργαστήριο της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 82%.

Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 2% και του μέγιστου κατά 3% σε σύγκριση με την στάθμη 1.

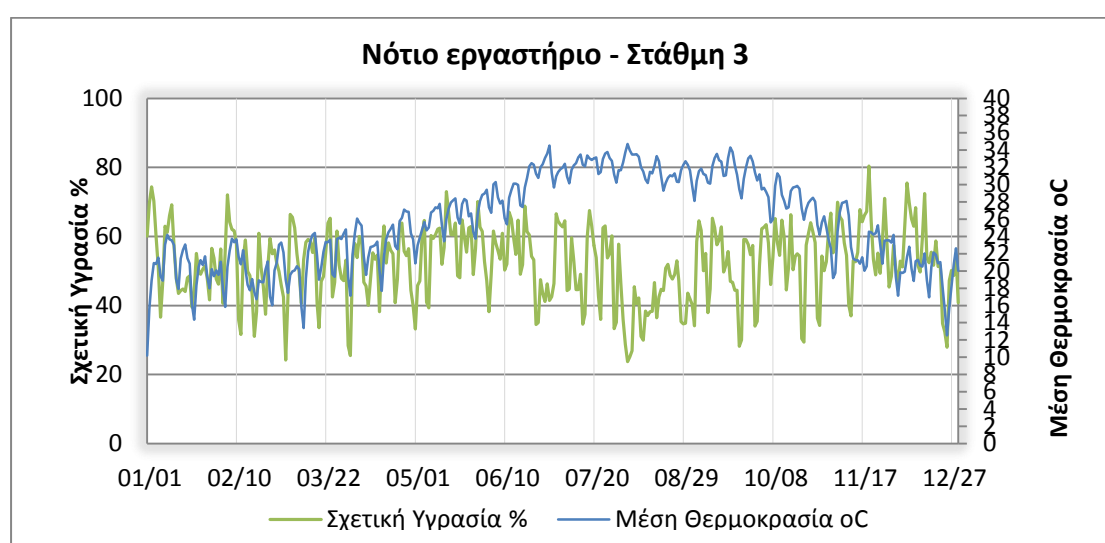


Εικ. 14.41: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 17 κατά τη διάρκεια ενός έτους

### ➤ Νότιο εργαστήριο της στάθμης 3 - Ζώνη 25

Στο Νότιο εργαστήριο της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 23 και 80%.

Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 4% και του μέγιστου κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.

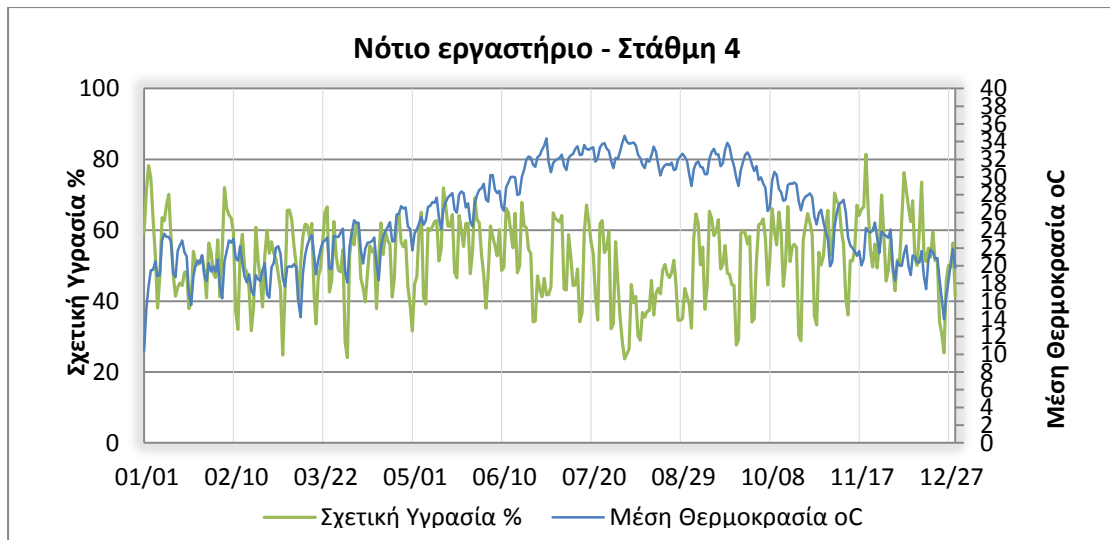


Εικ. 14.42: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 25 κατά τη διάρκεια ενός έτους

### ➤ Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 - Ζώνη 31

Στο Νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 24 και 81%.

Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 2°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 3% και του μέγιστου κατά 4% σε σύγκριση με την στάθμη 1. Εν συγκρίσει με την στάθμη 3 παρατηρείται αύξηση και του ελάχιστου και του μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% που πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι η στάθμη 4 είναι η τελευταία στάθμη και εκτίθεται στον αέρα και στη βροχή. Πρέπει να τονίζουμε ότι αυτή η αύξηση είναι θεωρητικά ασήμαντη.



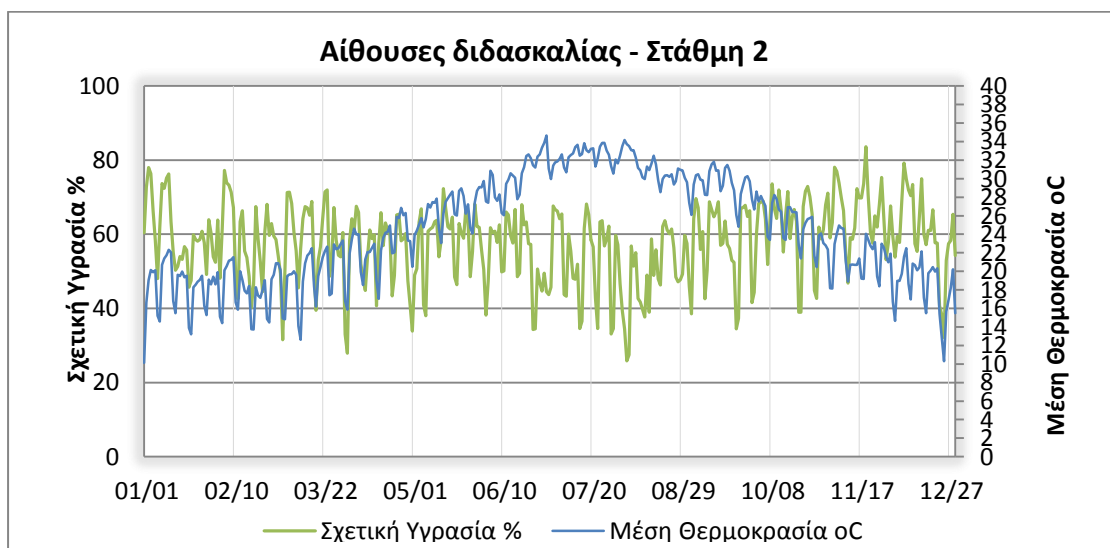
Εικ. 14.43: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 31 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- Αίθουσες διδασκαλίας

- Δυτικές αίθουσες διδασκαλίας της στάθμης 2 - Ζώνη 12

Στις δυτικές αίθουσες διδασκαλίας της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 84%.

Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 4% και του μέγιστου κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.

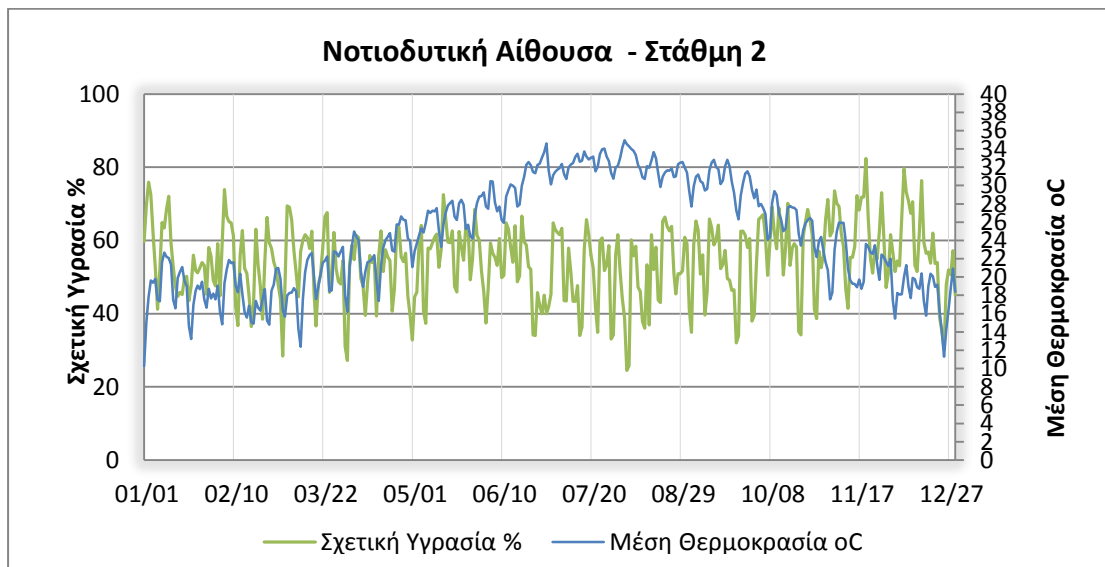


Εικ. 14.44: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 12 κατά τη διάρκεια ενός έτους

### ➤ Νοτιοδυτική αίθουσα της στάθμης 2 - Ζώνη 13

Στη Νοτιοδυτική αίθουσα της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 24 και 82%.

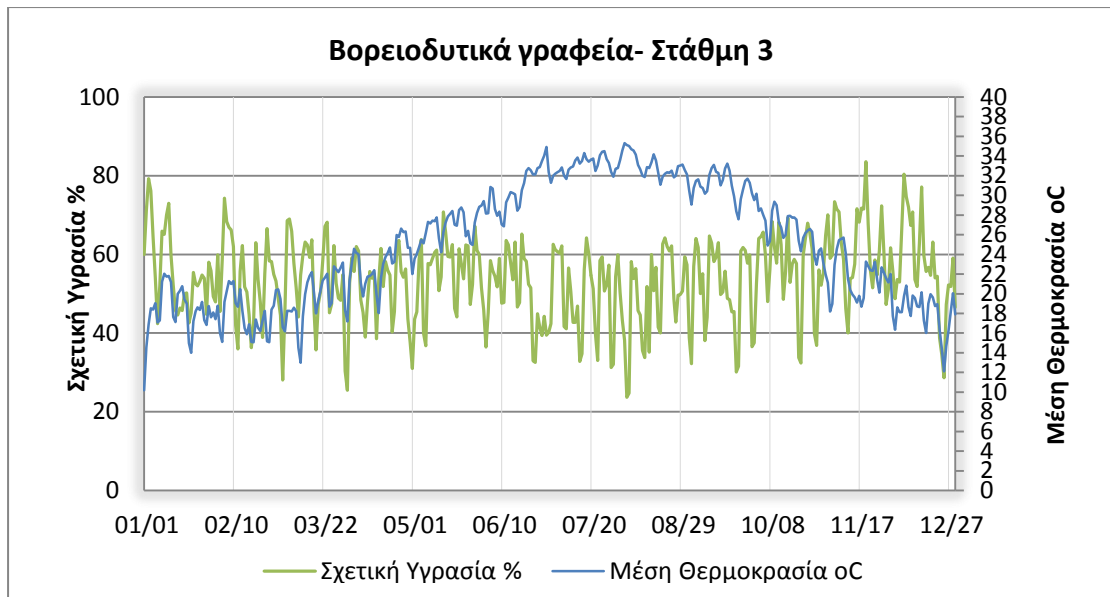
Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 4% και του μέγιστου κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



Εικ. 14.45: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 13 κατά τη διάρκεια ενός έτους

### ➤ Νοτιοδυτικά γραφεία της στάθμης 3 - Ζώνη 28

Στη Νοτιοδυτικά γραφεία της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 23 και 84%. Δεν παρατηρείται αλλαγή στις θερμοκρασίες σε σύγκριση με την στάθμη 1. Παρατηρείται, όμως, μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% και αύξηση του μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 2% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



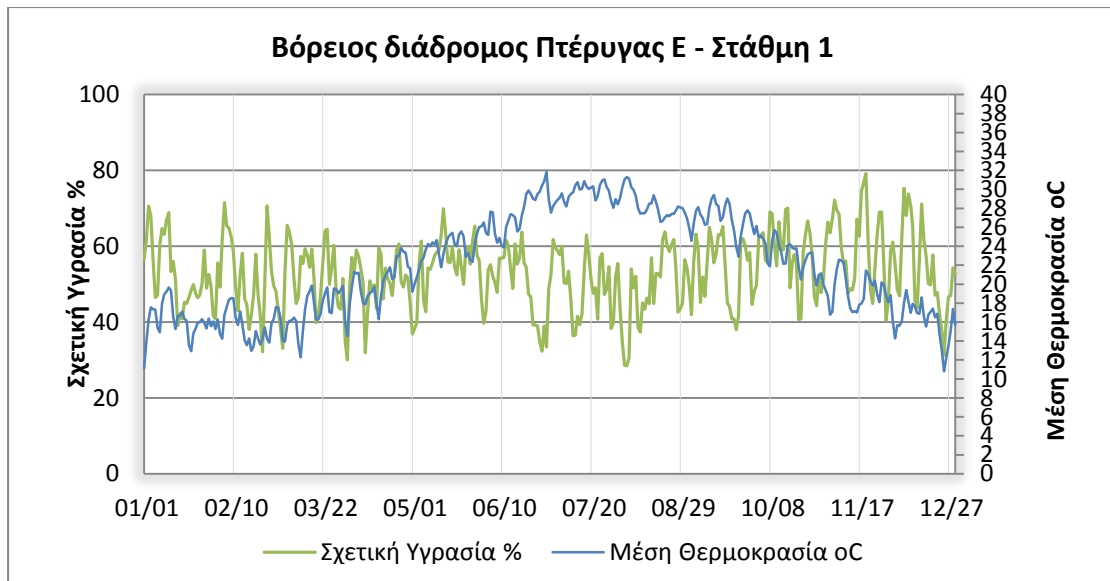
Εικ. 14.46: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 28 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Διάδρομοι Πτέρυγας Ε**

- **Βόρειος διάδρομος της πτέρυγας Ε της στάθμης 1 - Ζώνη 5**

Στο Βόρειο διάδρομο της πτέρυγας Ε της στάθμης 1 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 32°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 27 και 79%.

Παρατηρείται μείωση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με τα νότια γραφεία της ίδιας πτέρυγας και στάθμης. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% και του μέγιστου κατά 6% σε σύγκριση με τα νότια γραφεία της ίδιας πτέρυγας και στάθμης. Το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας παρατηρείται στα νότια γραφεία και όχι στο βόρειο διάδρομο, όπως θα ήταν το αναμενόμενο, πιθανώς να οφείλεται στο ότι η πτέρυγα Ε της στάθμης 1 κατά το μισό μέρος της βρίσκεται στο έδαφος.

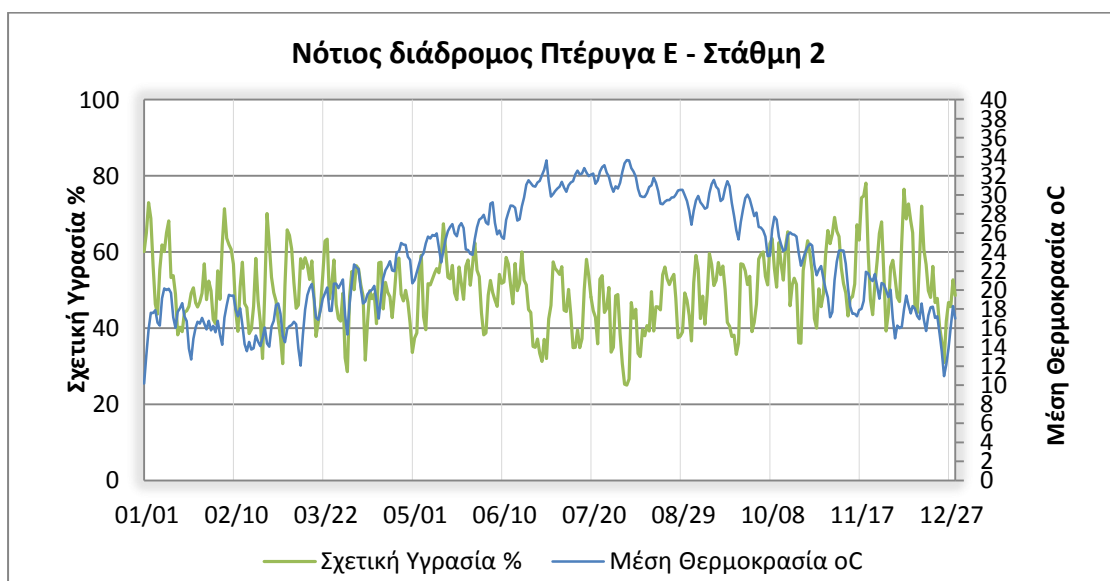


Εικ. 14.47: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 5 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Νότιος διάδρομος της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 - Ζώνη 15**

Στο Νότιο διάδρομο της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 78%.

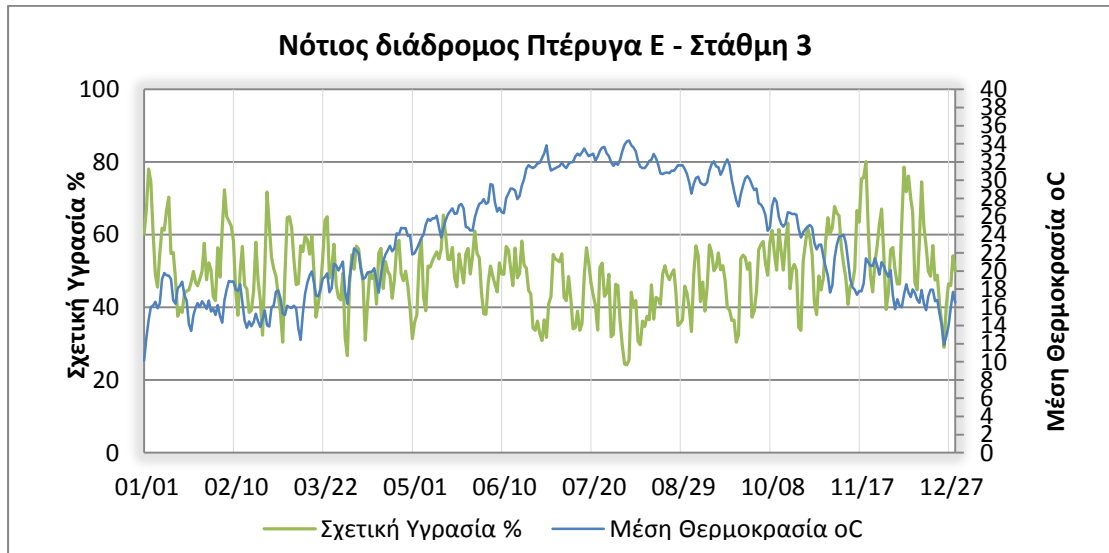
Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 4% και του μέγιστου κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



Εικ. 14.48: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 15 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Νότιος διάδρομος της πτέρυγας Ε της στάθμης 3 - Ζώνη 29**

Στο Νότιο διάδρομο της πτέρυγας Ε της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 80%. Δεν παρατηρείται αλλαγή στις θερμοκρασίες σε σύγκριση με τον αντίστοιχο διάδρομο της ίδιας πτέρυγας της στάθμης 2. Παρατηρείται, όμως, αύξηση του μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 2% σε σύγκριση με την στάθμη 2.



Εικ. 14.49: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 29 κατά τη διάρκεια ενός έτους

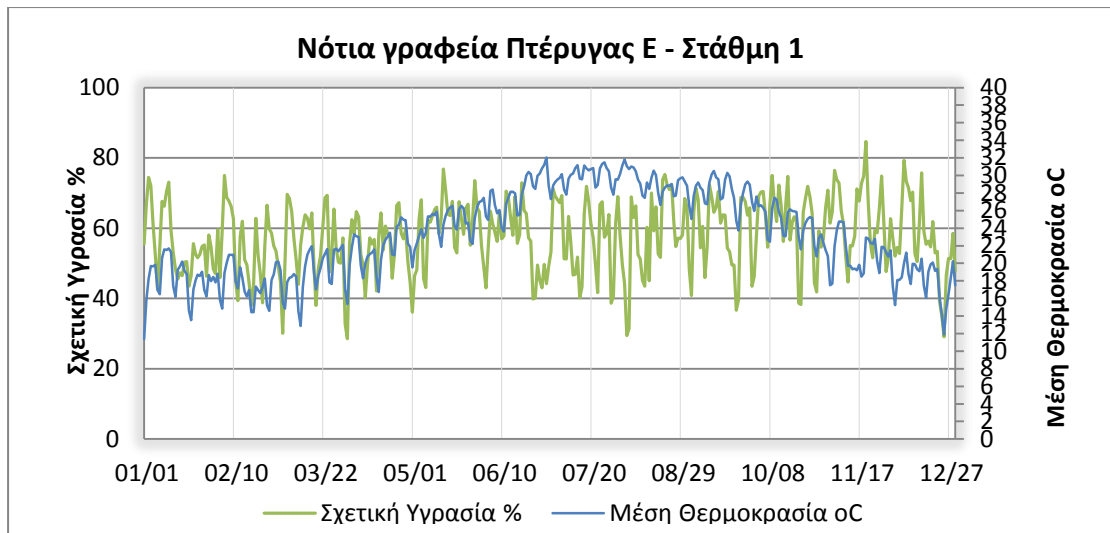
• **Γραφεία πτέρυγας Ε**

➤ **Νότια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 1 - Ζώνη 4**

Στα Νότια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 1 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 12 και 32°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 28 και 85%.

Παρατηρείται άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 4% και του μέγιστου κατά 5% σε σύγκριση με την στάθμη 1.

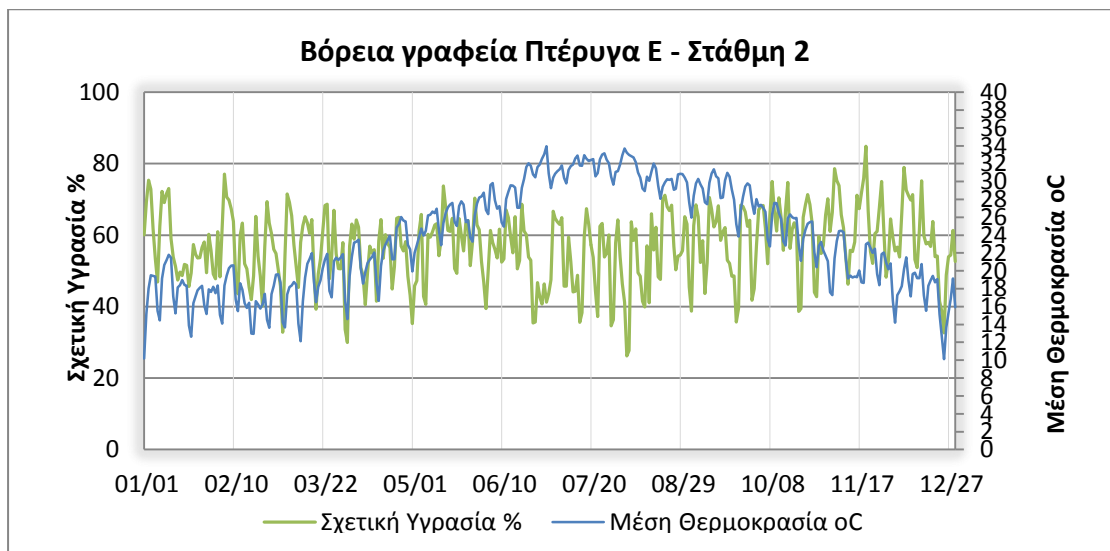




Εικ. 14.50: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 4 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 - Ζώνη 16**

Στα Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 85%.

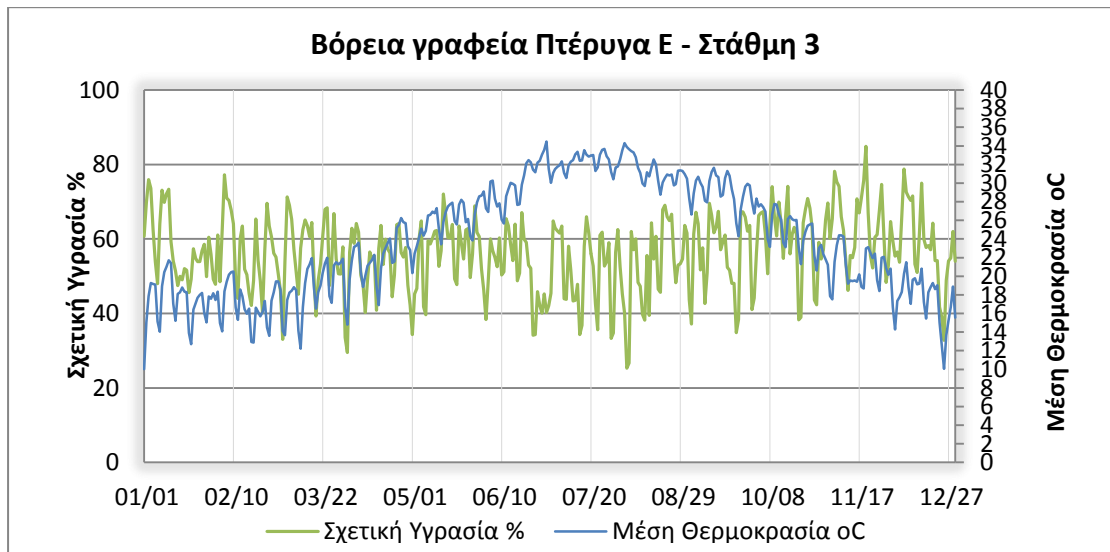


Εικ. 14.51: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 16 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 3 - Ζώνη 24**

Στα Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται

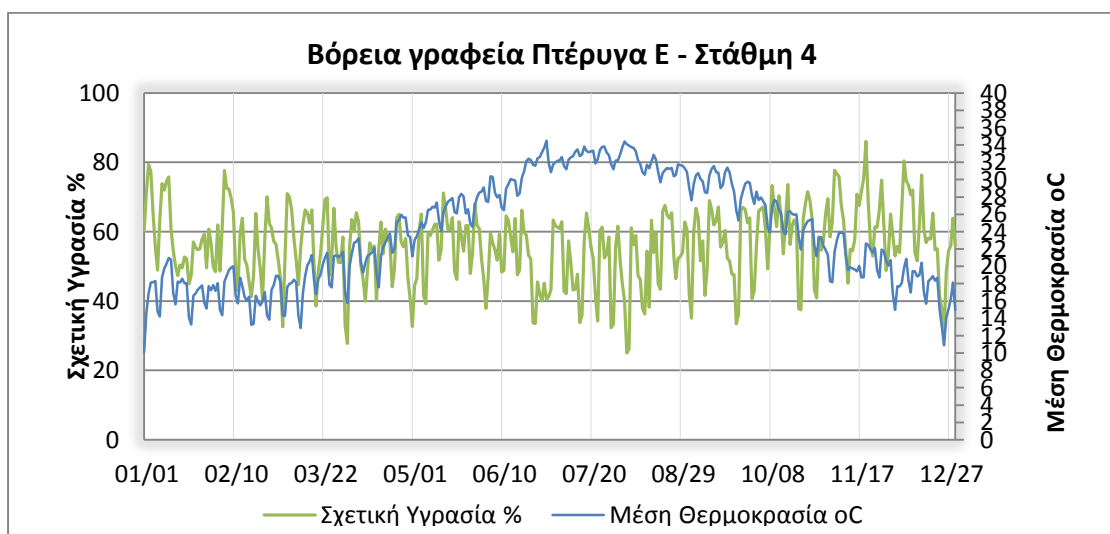
μεταξύ του 25 και 85%. Δεν παρατηρείται ουσιαστική αλλαγή στις θερμοκρασίες και υγρασίες σε σύγκριση με την στάθμη 2.



Εικ. 14.52: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 24 κατά τη διάρκεια ενός έτους

#### ➤ Νότια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 4 - Ζώνη 21

Στα Βόρεια γραφεία της πτέρυγας Ε της στάθμης 4 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 35°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 86%. Παρατηρείται μία μικρή άνοδος της μέγιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1 °C και αύξηση του μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% σε σύγκριση με τις στάθμες 2 και 3.

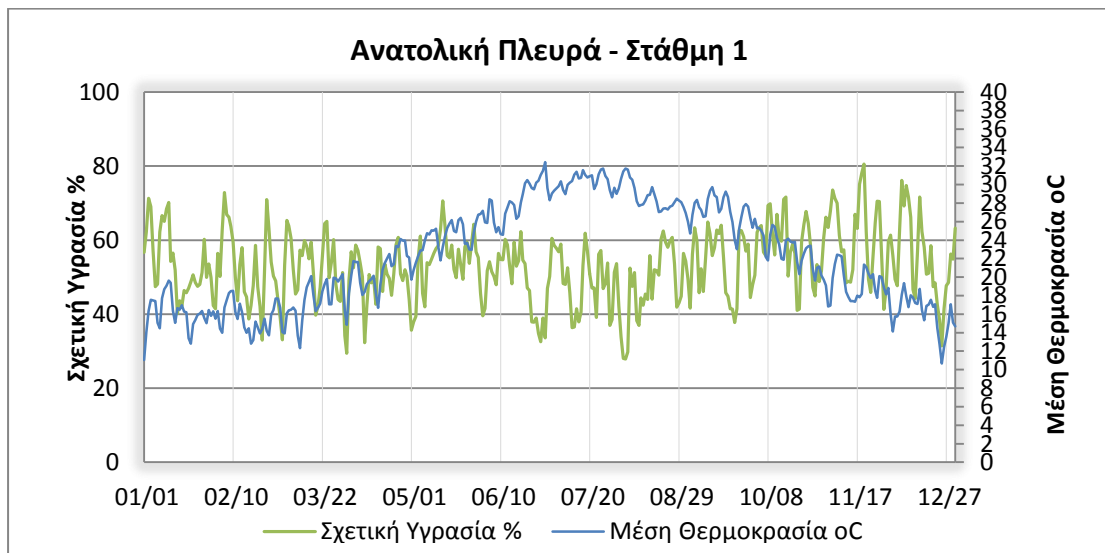


Εικ. 14.53: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 21 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Ανατολική πλευρά**

- **Ανατολική πλευρά της στάθμης 1 - Ζώνη 3**

Στην Ανατολική πλευρά της στάθμης 1 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 32°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 27 και 80%.

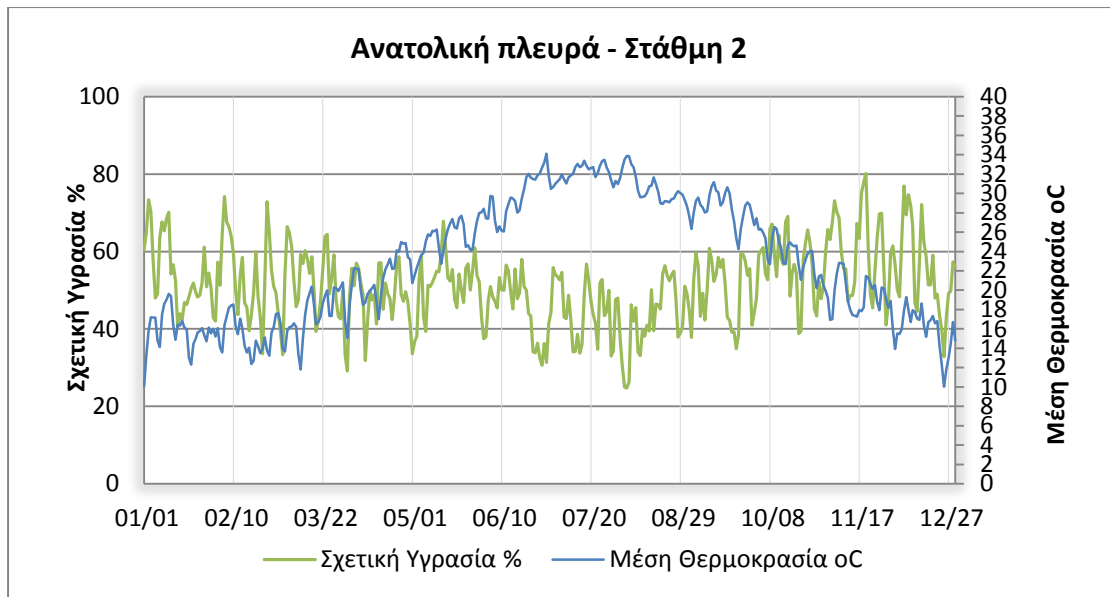


Εικ. 14.54: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 3 κατά τη διάρκεια ενός έτους

- **Ανατολική πλευρά της στάθμης 2 - Ζώνη 20**

Στην Ανατολική πλευρά της στάθμης 2 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 80%. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας παρατηρούνται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και οι αντίστοιχες ελάχιστες το χειμώνα.

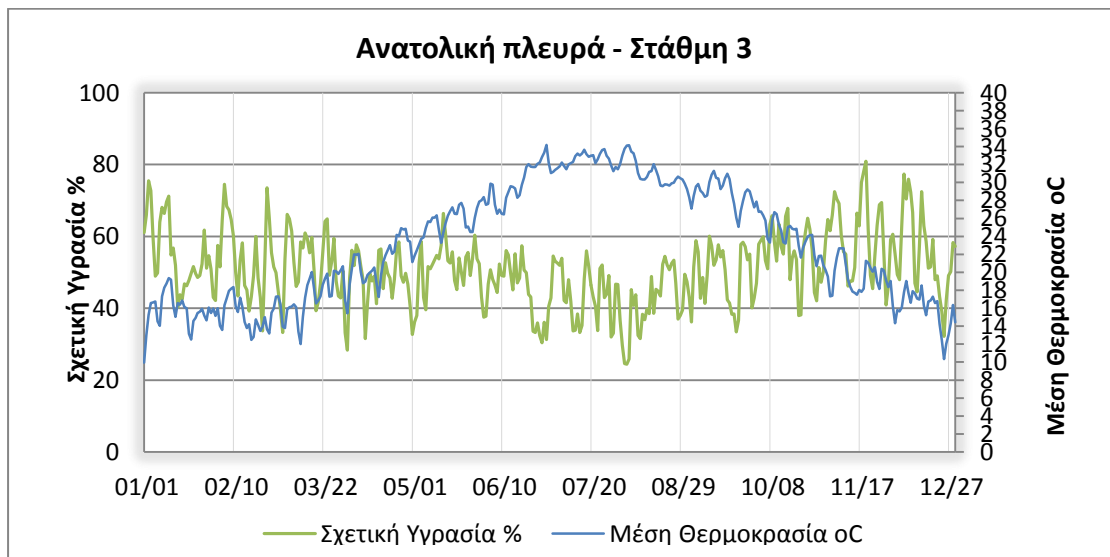
Παρατηρείται μικρή πτώση της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C και άνοδος της μέγιστης κατά 2 °C σε σύγκριση με την στάθμη 1. Επίσης, παρατηρείται μείωση του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας κατά 2% σε σύγκριση με την στάθμη 1.



Εικ. 14.55: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 20 κατά τη διάρκεια ενός έτους

➤ **Ανατολική πλευρά της στάθμης 3 - Ζώνη 22**

Στην Ανατολική πλευρά της στάθμης 3 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 10 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 81%. Δεν παρατηρείται αλλαγή στις θερμοκρασίες σε σύγκριση με την στάθμη 2. Παρατηρείται, όμως, μία μικρή αύξηση του μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 1% σε σύγκριση με τις στάθμες 1 και 2.

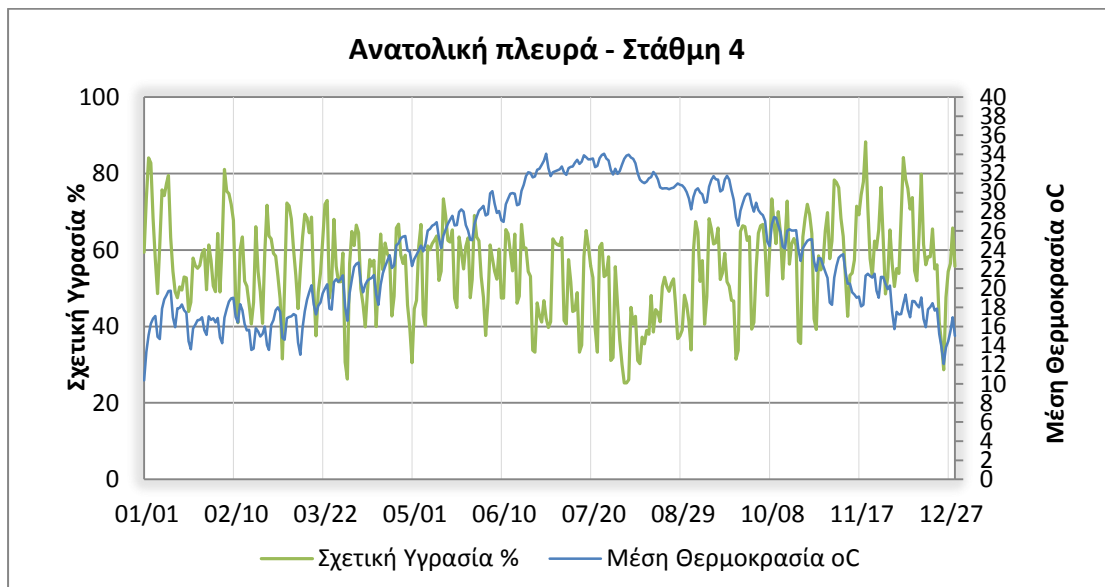


Εικ. 14.56: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 22 κατά τη διάρκεια ενός έτους

### ➤ Ανατολική πλευρά της στάθμης 4 - Ζώνη 30

Στην Ανατολική πλευρά της στάθμης 4 οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ των 11 και 34°C, ενώ το ποσοστό σχετικής υγρασίας κυμαίνεται μεταξύ του 25 και 88%.

Παρατηρείται μία μικρή άνοδος της ελάχιστης τιμής της θερμοκρασίας κατά 1°C σε σύγκριση με τις προηγούμενες στάθμες. Επίσης, παρατηρείται μεγάλη αύξηση του μέγιστου ποσοστού υγρασίας κατά 8% σε σύγκριση με τις στάθμες 1 και 2.

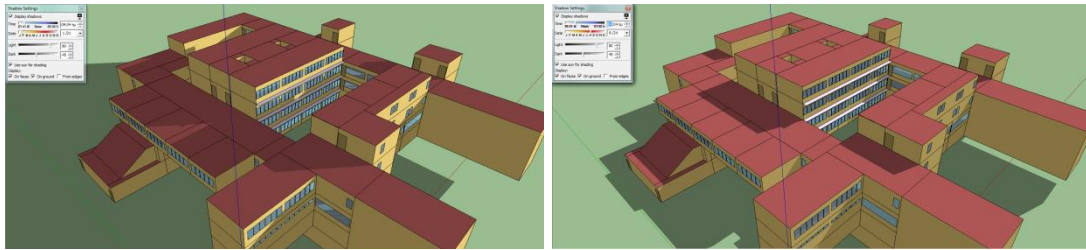


Εικ. 14.57: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ζώνης 30 κατά τη διάρκεια ενός έτους

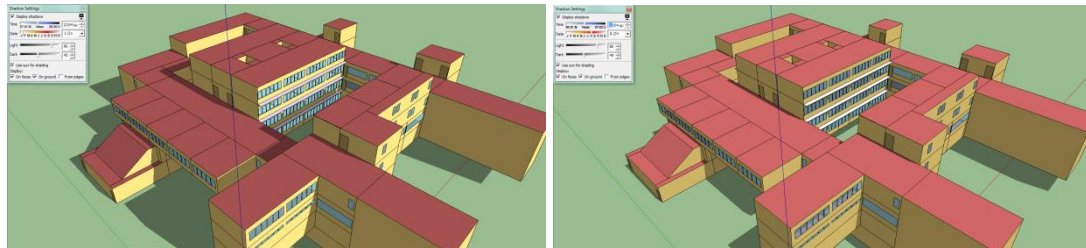
## 14.10 Σκίαση του κτιρίου

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η σκίαση της Νοτιοδυτικής και Βορειοδυτικής πλευράς του κτιρίου για μία χειμερινή και μία καλοκαιρινή ημέρα, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, στις 9:00, στις 12:00, στις 15:00 και στις 17:00.

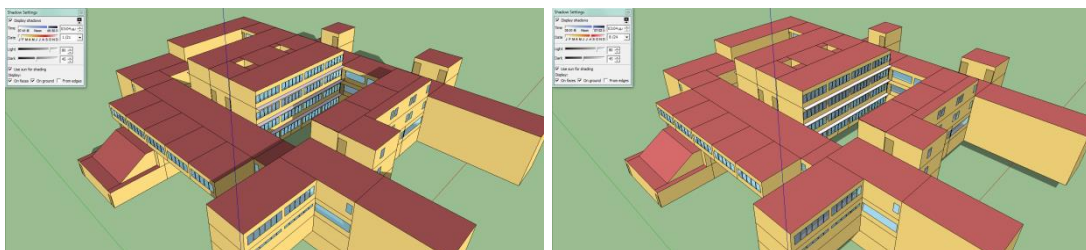
Όπως παρατηρείται, κατά τη χειμερινή περίοδο η θέση του ήλιου βρίσκεται χαμηλά επιτρέποντας στο φως να εισέλθει στους χώρους με **νότιο προσανατολισμό**, ενώ αντίθετα την καλοκαιρινή βρίσκεται ψηλά και τα οριζόντια σκίαστρα της νότιας πλευράς αποτρέπουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία των χώρων. Ακόμη, παρατηρείται ότι κατά τους χειμερινούς μήνες οι στάθμες 1 και 2 του νότιου προσανατολισμού σκιάζονται μόνιμα από τον υπόλοιπο κτιριακό όγκο.



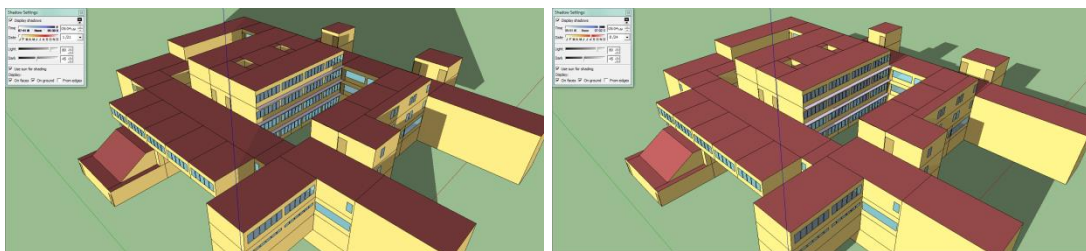
Εικ. 14.58: Σκίαση της Νοτιοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 9:00



Εικ. 14.59: Σκίαση της Νοτιοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 12:00



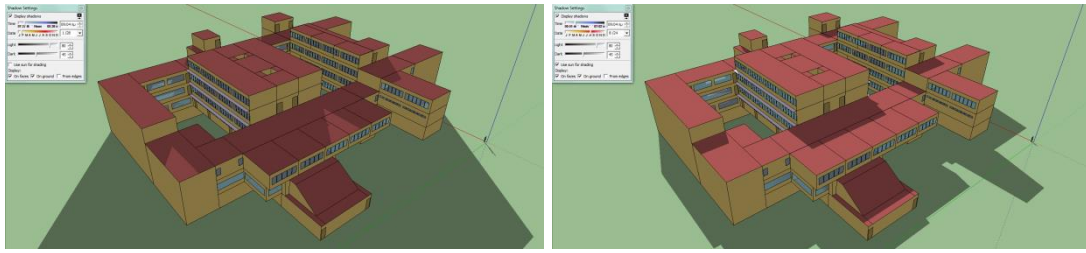
Εικ. 14.60: Σκίαση της Νοτιοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 15:00



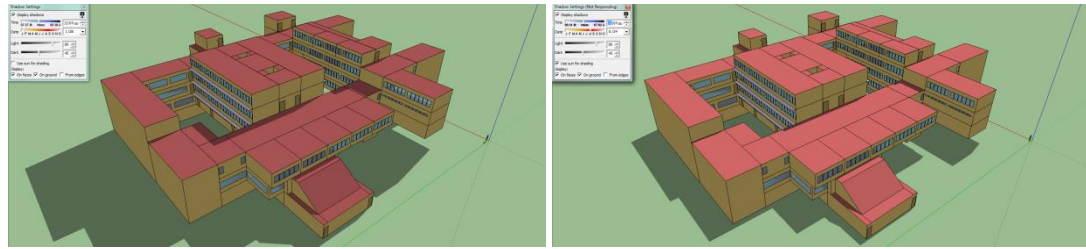
Εικ. 14.61: Σκίαση της Νοτιοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 17:00

Για το **βόρειο προσανατολισμό**, κατά τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο και για όλες τις ώρες της ημέρας, δεν παρατηρείται άμεση ηλιακή ακτινοβολία των χώρων. Ωστόσο, την καλοκαιρινή περίοδο το φως είναι περισσότερο, όμως η ύπαρξη των οριζόντιων σκιάστρων δεν συνεισφέρει στην σκίαση παρά μόνο στη μείωση του φυσικού φωτισμού των χώρων. Για το **δυτικό προσανατολισμό**, παρατηρείται άμεση ηλιακή ακτινοβολία από τις 12:00 και μετά, που έως και τις 17:00 είναι έντονη.

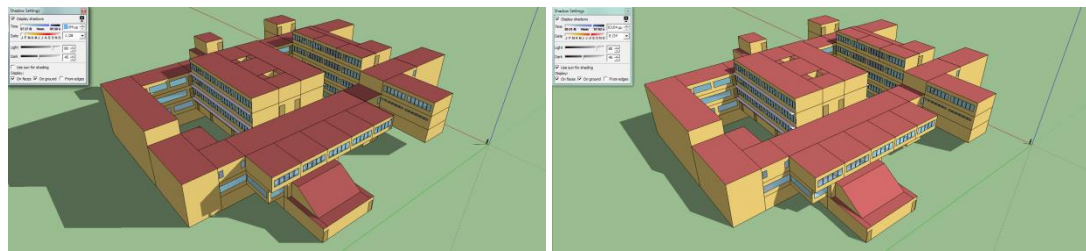




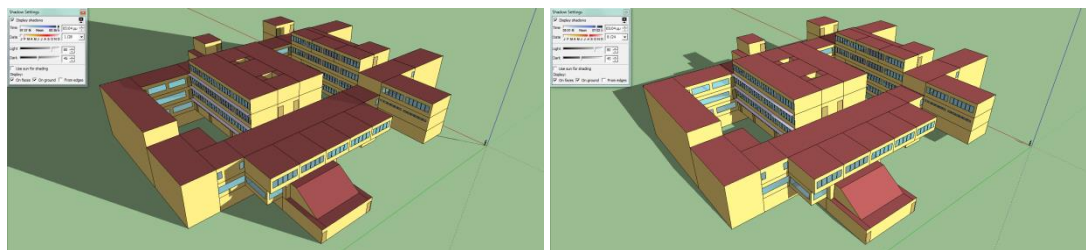
*Εικ. 14.62: Σκίαση της Βορειοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 9:00*



*Εικ. 14.63: Σκίαση της Βορειοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 12:00*



*Εικ. 14.64: Σκίαση της Βορειοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 15:00*



*Εικ. 14.65: Σκίαση της Βορειοδυτικής πλευράς του κτιρίου τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο στις 17:00*

## 14.11 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Μετά από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

- Τα συνολικά ετήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες είναι 8.036,290 GJ.
- Τα συνολικά ετήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό είναι 1.187,376 GJ.
- Τα συνολικά ετήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό είναι 391,789 GJ.
- Τα συνολικά ετήσια εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι 9.615,455 GJ.
- Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι 1.620 GJ.
- Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για φωτισμό είναι 1.226 GJ.
- Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό είναι 394 GJ.
- Τα συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη λόγω των παραθύρων είναι 1.264 GJ, ενώ οι αντίστοιχες συνολικές ετήσιες απώλειες είναι 598,8 GJ.
- Συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα είναι 62,253 GJ, ενώ οι συνολικές ετήσιες θερμικές απώλειες είναι 2.217,232 GJ.
- Συνολικά ετήσια θερμικά κέρδη λόγω του φυσικού αερισμού είναι 141,724 GJ, ενώ οι συνολικές ετήσιες θερμικές απώλειες είναι 3.118,581 GJ.
- Το ποσοστό ωρών κατά τη διάρκεια του έτους όπου η θερμική άνεση των χρηστών είναι ανεπαρκής κυμαίνεται στο 63% για τη χρήση χειμερινού ρουχισμού και στο 60% για τη χρήση καλοκαιρινού ρουχισμού, για το σύνολο του κτιρίου.

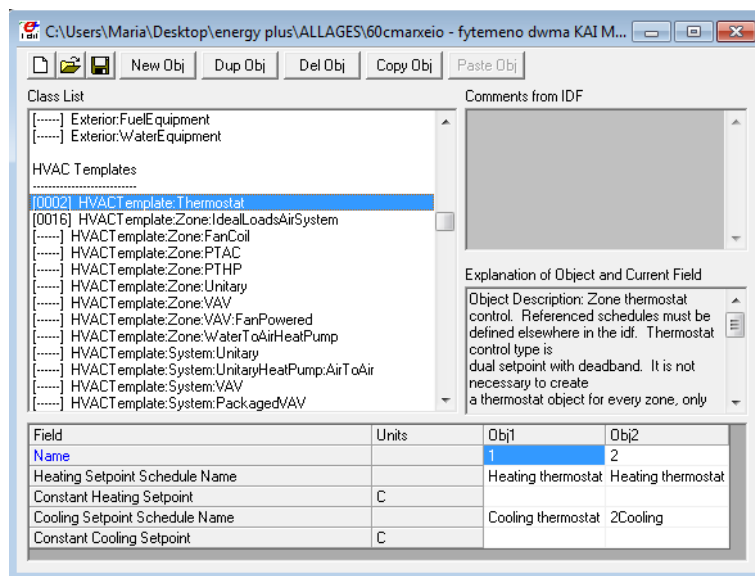


## 15. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ

Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει την ενέργεια που καταναλώνεται ώστε να υπάρχει θερμική άνεση στο κτίριο μέσω της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Η εισαγωγή του συστήματος θέρμανσης-ψύξης στην προσομοίωση γίνεται στη λίστα παραμέτρων (IDF Editor) στην κατηγορία **HVAC Templates**.

- **HVAC:Template:Thermostat**

Στην επιλογή HVAC:Template:Thermostat δημιουργήθηκαν δύο αντικείμενα που αναφέρονται στη λειτουργία του θερμοστάτη. Το πρώτο αναφέρεται στους χώρους που έχουν και θέρμανση και ψύξη, δηλαδή στα εργαστήρια, τα γραφεία και το αμφιθέατρο, ενώ το δεύτερο στους χώρους που έχουν μόνο θέρμανση, δηλαδή στις αίθουσες διδασκαλίας. Οι διάδρομοι δεν διαθέτουν τίποτα από τα δύο.



Εικ. 15.1: Επιλογή HVAC:Template:Thermostat

Σύμφωνα με την υπάρχουσα κατάσταση στο κτίριο, η θέρμανση λειτουργεί από τις 6:00 ως τις 12:00, ενώ η ψύξη ρυθμίζεται από τους χρήστες ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Ωστόσο, επειδή θεωρήθηκε ότι έτσι δεν εξασφαλίζεται επαρκής θερμική άνεση όλες τις ώρες λειτουργίας της σχολής, κρίθηκε αναγκαίο να

τεθεί σε λειτουργία για περισσότερες ώρες από τις 6:00 ως τις 15:00. Ακόμη, θεωρήθηκε ότι το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί από το Νοέμβριο έως και το Μάρτιο, ενώ το σύστημα ψύξης από τον Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο.

Πιο συγκεκριμένα, στο διάστημα από 1η Ιανουαρίου έως και την 31η Δεκεμβρίου κατά τις εργάσιμες ημέρες μέχρι τις 6:00 το πρωί το σύστημα θέρμανσης και ψύξης δεν λειτουργεί. Ύστερα από τις 6:00 έως τις 15:00 το σύστημα θέρμανσης ενεργοποιείται για θερμοκρασία από 20 °C και κάτω, ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται σταθερή στους 20°C, ενώ το σύστημα κλιματισμού από τους 24 °C και πάνω. Στη συνέχεια, από τις 15:00 έως τις 24:00 το βράδυ το σύστημα παραμένει ανενεργό, καθώς επίσης και τις ημέρες του Σαββάτου και της Κυριακής. Επίσης, το σύστημα δεν λειτουργεί κατά τις μέρες που η σχολή παραμένει κλειστή, δηλαδή στις αργίες και τις καλοκαιρινές διακοπές.

Για να ορισθούν οι ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης και ψύξης καθώς και για να οριστεί η επιθυμητή θερμοκρασία του θερμοστάτη δημιουργήθηκαν καινούρια χρονοδιαγράμματα στην επιλογή **Schedules** όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

2Cooling	Cooling thermostat schedule	Heating thermostat schedule
Temperature thermostat	Temperature thermostat	Temperature thermostat
Through: 12/31	Through: 5/31	Through: 4/30
For: AllDays	For: AllDays	For: Weekdays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 6:00
100	100	-100
	Through: 9/30	Until: 15:00
	For: Weekdays	20
	Until: 6:00	Until: 24:00
	100	-100
	Until: 15:00	For: Saturday
	24	Until: 24:00
	Until: 24:00	-100
	100	For: Sunday Holidays AllOtherDays
	For: Saturday	Until: 24:00
	Until: 24:00	-100
	100	Through: 10/31
	For: Sunday Holidays AllOtherDays	For: AllDays
	Until: 24:00	Until: 24:00
	100	-100
	Through: 12/31	Through: 12/31
	For: AllDays	For: Weekdays
	Until: 24:00	Until: 6:00
	100	-100
		Until: 15:00
		20
		Until: 24:00
		-100
		For: Saturday
		Until: 24:00
		-100
		For: Sunday Holidays AllOtherDays
		Until: 24:00
		-100

Εικ. 15.2: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας θερμοστάτη

- **HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem**

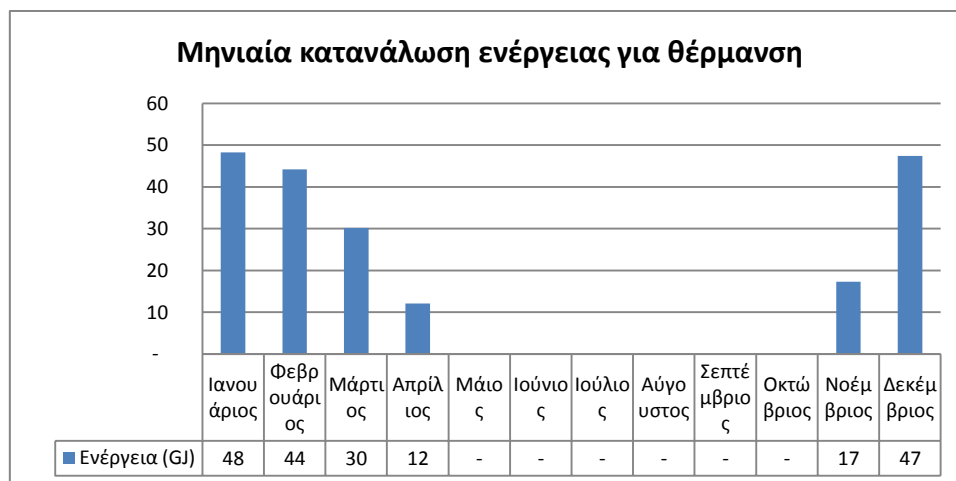
Ο ορισμός των θερμικών ζωνών που διαθέτουν σύστημα θέρμανσης – ψύξης γίνεται μέσω της επιλογής **HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem**, όπου ορίζονται οι θερμικές ζώνες και το πρόγραμμα λειτουργίας που ακολουθεί η καθεμία.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι 16 θερμικές ζώνες στις οποίες εφαρμόζεται το σύστημα θέρμανσης-ψύξης, τα αντίστοιχα εμβαδά τους και το συνολικό εμβαδόν κάλυψης του συστήματος.

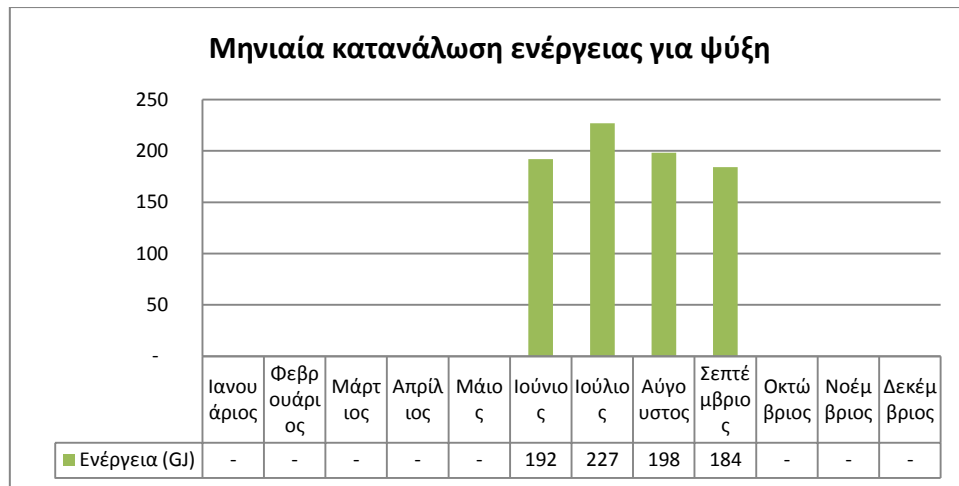
Θερμικές ζώνες του συστήματος θέρμανσης-ψύξης			
Όνομα	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Όνομα	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
1	198,12	19	257,04
4	64,68	21	186,66
9	257,04	24	186,66
10	257,04	25	257,04
12	385,92	27	257,04
13	135,24	28	135,24
16	153,72	31	257,04
17	257,04	33	257,04
<b>Σύνολο:</b>		<b>3502,56</b>	

Εικ. 15.3: Εμβαδά των θερμικών ζωνών που διαθέτουν σύστημα θέρμανσης-ψύξης

Παρακάτω παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που προέκυψαν συνολικά για όλο το κτίριο στη διάρκεια ενός έτους.



Εικ. 15.4: Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση



Εικ. 15.5: Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη (MJ)		
Μήνες	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	48.238	-
Φεβρουάριος	44.187	-
Μάρτιος	30.202	-
Απρίλιος	12.088	-
Μάιος	-	-
Ιούνιος	-	191.965
Ιούλιος	-	226.783
Αύγουστος	-	198.283
Σεπτέμβριος	-	184.129
Οκτώβριος	-	-
Νοέμβριος	17.314	-
Δεκέμβριος	47.390	-
<b>Σύνολο:</b>	<b>199.420</b>	<b>801.160</b>

Εικ. 15.6: Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα η ενέργεια που καταναλώνεται για ψύξη είναι κατά πολύ περισσότερη από την αντίστοιχη για θέρμανση. Πιο συγκεκριμένα, για θέρμανση καταναλώνονται συνολικά 105.074 MJ, ενώ για ψύξη 815.589 MJ το χρόνο.

## **16. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

---

### **16.1 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η παρουσίαση των προτάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, όπως προέκυψαν μετά τη μελέτη των αποτελεσμάτων της θερμικής ανάλυσής του και της προσομοίωσής του με το πρόγραμμα EnergyPlus. Τα προτεινόμενα μέτρα θα ταξινομηθούν με βάση τις ενεργειακά και οικονομικά αποδοτικότερες λύσεις και σε συνδυασμό με τη χρήση βιοκλιματικών κριτηρίων. Τέλος, θα εισαχθούν οι προτεινόμενες λύσεις στο πρόγραμμα και θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων πριν και μετά την εφαρμογή των βελτιωτικών μέτρων.

### **16.2 Αντικατάσταση των παραθύρων**

#### **16.2.1 Αντικατάσταση των εξωτερικών κουφωμάτων**

Μια ιδιαίτερα σημαντική παρέμβαση για την αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων, λιγότερο ή περισσότερο παλιών, αποτελεί η αντικατάσταση των κουφωμάτων τους (με την μειωμένη αεροστεγανότητα) με σύγχρονα, ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα με πιστοποιημένες ιδιότητες.

Σε πολλές περιπτώσεις λόγω της κακής εφαρμογής των παλαιών κουφωμάτων παραμένουν ανοιχτές χαραμάδες μέσα από τις οποίες περνάει ο εξωτερικός κρύος αέρας. Αποτέλεσμα αυτής της διείσδυσης του αέρα από παράθυρα και πόρτες μέσα σε ένα χώρο είναι να αυξάνονται οι θερμικές απώλειες και να δημιουργούνται ρεύματα αέρα τα οποία δυσκολεύουν την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης. Η χρήση σύγχρονων κουφωμάτων με υψηλές ενεργειακές προδιαγραφές οδηγεί στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, αλλά και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης.

Τα κουφώματα αυτά είναι συνδυασμός θερμομονωτικών πλαισίων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες, όπως τα μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή και ενεργειακά αποδοτικών υαλοπινάκων, όπως θα αναφερθεί στην παρακάτω παράγραφο. Παράλληλα, η καλή συναρμογή μεταξύ των υαλοπινάκων και του

πλαϊσίου μειώνει τις απώλειες αερισμού στο ελάχιστο και επιτυγχάνει υψηλά επίπεδα υδατοστεγανότητας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα, εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου, τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά και το κλίμα της περιοχής. Σε κάθε περίπτωση όμως, η αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με μονούς υαλοπίνακες, με νέα, τα οποία διαθέτουν διπλούς υαλοπίνακες και θερμομονωτικό πλαίσιο οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας που ανέρχεται σε ποσοστό από 20 έως 25%, ενώ η βελτίωση της θερμικής άνεσης είναι, χειμώνα-καλοκαίρι εντυπωσιακή, εξαφανίζοντας το χειμώνα φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών στα παράθυρα και μειώνοντας την υπερθέρμανση του χώρου το καλοκαίρι.

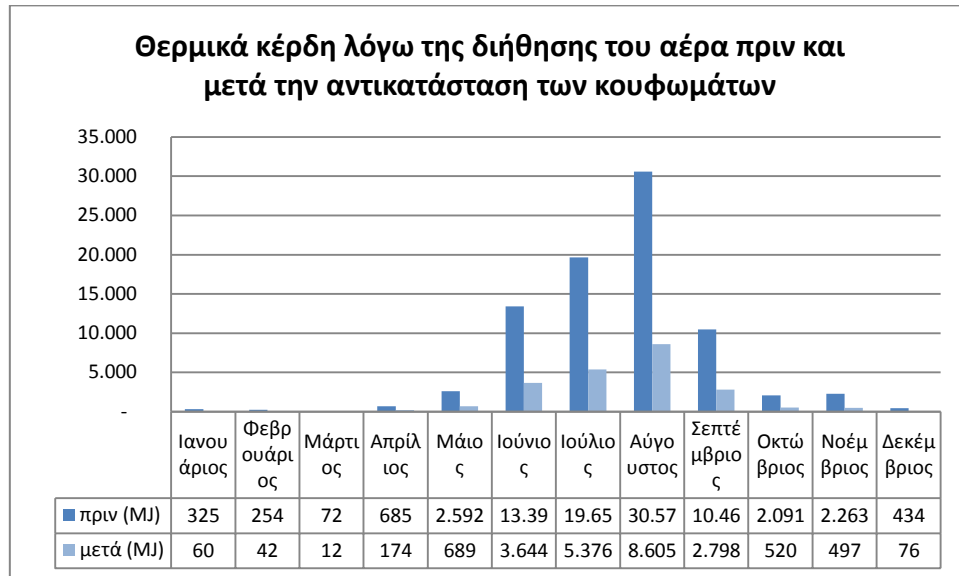
Επιλέχθηκε, λοιπόν, να γίνει αντικατάσταση των κουφωμάτων γύρω από τα πλαίσια των παραθύρων με θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου. Τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα αλουμινίου περιέχουν ένα υλικό, το πολυαμίδιο, ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό τμήμα του κουφώματος, το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας και ανθεκτικό υλικό.



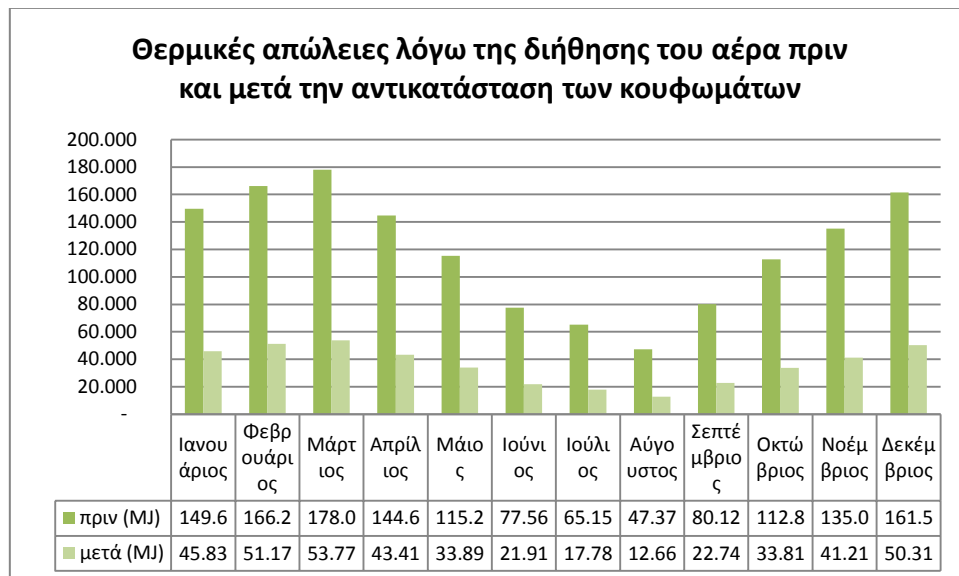
*Εικ. 16.1: Θερμομονωτικό σύστημα αλουμινίου*

Η εισαγωγή των δεδομένων της αντικατάστασης των κουφωμάτων στην προσομοίωση πραγματοποιείται στην λίστα παραμέτρων **IDF Editor** στην επιλογή **ZoneInfiltration:DesignFlowRate**. Με την αλλαγή των παλαιών κουφωμάτων, με τα νέα θερμομονωτικά κουφώματα αλουμινίου, μειώνεται σημαντικά η διήθηση του αέρα, και για το λόγο αυτό θεωρήθηκε ότι οι ανανεώσεις του αέρα λόγω της διήθησης θα μειωθούν από μία ανανέωση σε μισή ανά ώρα.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών λόγω διήθησης του αέρα από τα κουφώματα μετά την αντικατάσταση τους.



Εικ. 16.2: Θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων



Εικ. 16.3: Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης του αέρα πριν και μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων

Θερμικά κέρδη πριν και μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων				
Μήνας	Κέρδη (MJ)		Μείωση (MJ)	Ποσοστιαία μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	325	60	265	81,54%
Φεβρουάριος	254	42	212	83,46%
Μάρτιος	72	12	60	83,33%
Απρίλιος	685	174	511	74,60%
Μάιος	2.592	689	1.903	73,42%
Ιούνιος	13.395	3.644	9.751	72,80%
Ιούλιος	19.656	5.376	14.280	72,65%
Αύγουστος	30.578	8.605	21.973	71,86%
Σεπτέμβριος	10.469	2.798	7.671	73,27%
Οκτώβριος	2.091	520	1.571	75,13%
Νοέμβριος	2.263	497	1.766	78,04%
Δεκέμβριος	434	76	358	82,49%
<b>Σύνολο :</b>	<b>82.812</b>	<b>22.493</b>	<b>60.319</b>	<b>72,84%</b>

Εικ. 16.4: Θερμικά κέρδη λόγω της διήθησης πριν και μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων

Θερμικές απώλειες πριν και μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων				
Μήνας	Απώλειες (MJ)		Μείωση (MJ)	Ποσοστιαία μείωση
	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	149.665	45.830	103.835	69,38%
Φεβρουάριος	166.259	51.176	115.083	69,22%
Μάρτιος	178.001	53.776	124.225	69,79%
Απρίλιος	144.667	43.419	101.248	69,99%
Μάιος	115.257	33.894	81.363	70,59%
Ιούνιος	77.565	21.914	55.651	71,75%
Ιούλιος	65.151	17.788	47.363	72,70%
Αύγουστος	47.377	12.663	34.714	73,27%
Σεπτέμβριος	80.124	22.748	57.376	71,61%
Οκτώβριος	112.873	33.812	79.061	70,04%
Νοέμβριος	135.073	41.215	93.858	69,49%
Δεκέμβριος	161.582	50.311	111.271	68,86%
<b>Σύνολο :</b>	<b>1.433.595</b>	<b>428.546</b>	<b>1.005.049</b>	<b>70,11%</b>

Εικ. 16.5: Θερμικές απώλειες λόγω της διήθησης πριν και μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων

## 16.2.2 Αντικατάσταση των υαλοστασίων των παραθύρων

Οι υαλοπίνακες των κτιρίων συνεισφέρουν σε μεγάλο ποσοστό στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων, διότι μέσα από αυτούς μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας, το χειμώνα από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον και το καλοκαίρι αντίστροφα, από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου.



Η χρήση βελτιωμένων ενεργειακά προσόψεων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων. Ο σημερινός κανονισμός για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προϋποθέτει τη χρήση διπλών υαλοπινάκων, οι οποίοι μπορούν να μειώσουν τις θερμικές απώλειες κατά 27% - 40%, σε σχέση με τους απλούς υαλοπίνακες.

Επιπρόσθετα, εάν χρησιμοποιηθούν επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), οι οποίοι εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται, το όφελος είναι ακόμη μεγαλύτερο. Πιο συγκεκριμένα, 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.

Τέλος, ο συνδυασμός των υαλοπινάκων αυτών με σύγχρονα πλαίσια με πολύ καλές ιδιότητες αεροστεγανότητας και υδατοστεγανότητας, όπως αναφέραμε και παραπάνω, οδηγεί σε μια ολοκληρωμένη ενεργειακή λύση στις προσόψεις των κτιρίων.

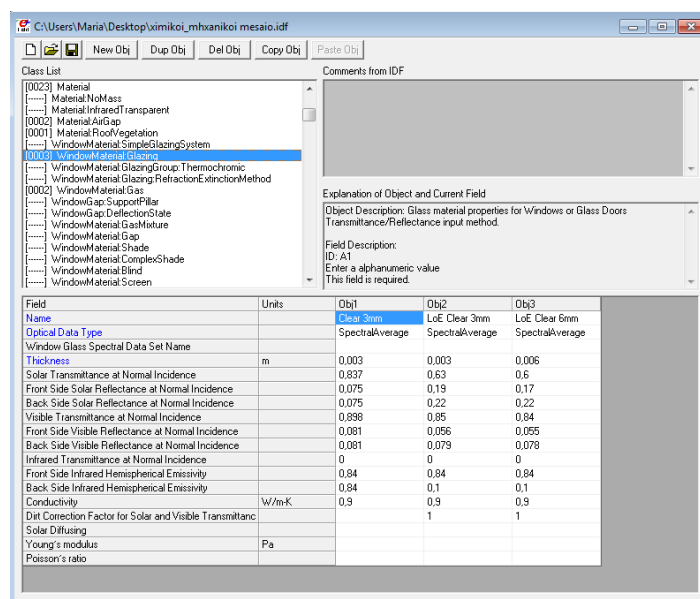


Εικ. 16.6: Τζάμια χαμηλής εκπομπής *Low-emissivity* (Low-e)

Πιο συγκεκριμένα, στο υπό μελέτη κτίριο όλα τα παράθυρα, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους, αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες. Επιλέχθηκε, λοιπόν, να αντικατασταθούν οι μονοί υαλοπίνακες των βόρεια προσανατολισμένων παραθύρων, που έχουν και τον δυσμενέστερο προσανατολισμό από άποψη θερμικών απωλειών, με διπλούς υαλοπίνακες με εξωτερικό τζάμι Low-e 6mm, 13mm αργό και εσωτερικό τζάμι Low-e 6mm. Όλοι οι υπόλοιποι υαλοπίνακες αντικαταστάθηκαν με διπλούς υαλοπίνακες με εξωτερικό τζάμι Low-e 3mm, 13mm αέρα και εσωτερικό τζάμι Low-e 3mm. Η εισαγωγή των δεδομένων της αντικατάστασης των υαλοστασίων στο πρόγραμμα πραγματοποιείται στην λίστα παραμέτρων **IDF Editor** στις παρακάτω εντολές:

- **WindowMaterial:Glazing**

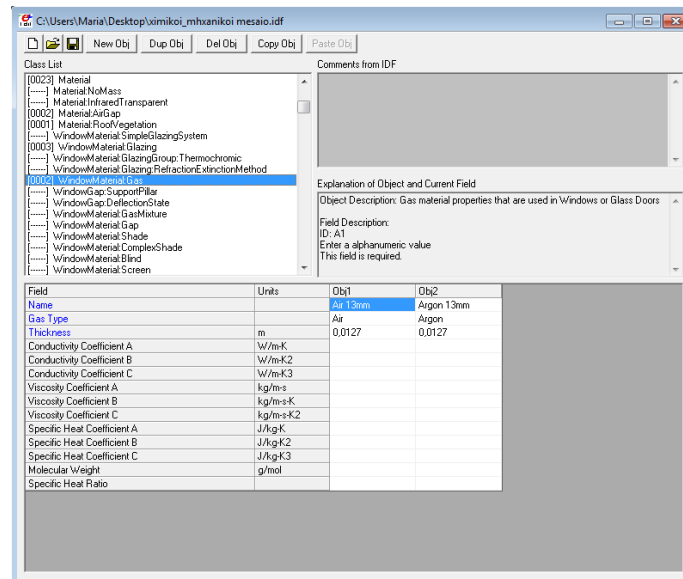
Στην επιλογή **WindowMaterial:Glazing** ορίστηκαν δύο νέα αντικείμενα που αναφέρονται στο γυαλί Low-e πάχους 3mm και 6mm αντίστοιχα.



Εικ. 16.7: Εισαγωγή των τζαμιών χαμηλής εκπομπής

- **WindowMaterial:Gas**

Στην επιλογή **WindowMaterial:Gas** ορίστηκαν δύο νέα αντικείμενα, όπου το ένα αναφέρεται στη στρώση αέρα πάχους 13mm και το άλλο στη στρώση από αργό πάχους 13mm.



Εικ. 16.8: Εισαγωγή των αερίων του κενού των υαλοπινάκων

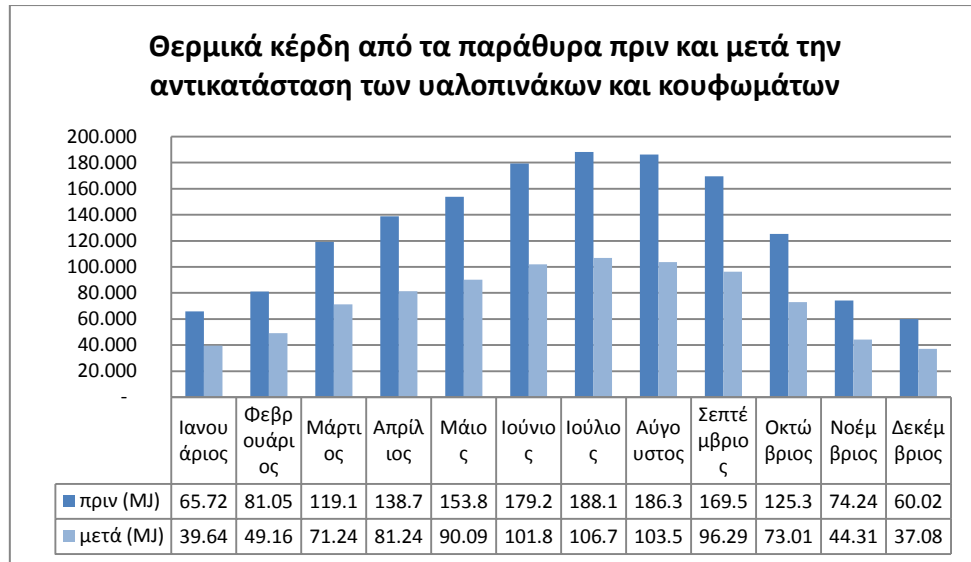
- **Construction**

Στην επιλογή **Construction** δημιουργήθηκαν δύο νέα αντικείμενα κατασκευής, το ένα για τον υαλοπίνακα με διπλά τζάμια Low-e και κενό αέρα 3mm (Exterior Window), και το άλλο για τον υαλοπίνακα με διπλά τζάμια και κενό με αργό 6mm (Exterior Window 2), όπως φαίνονται παρακάτω.

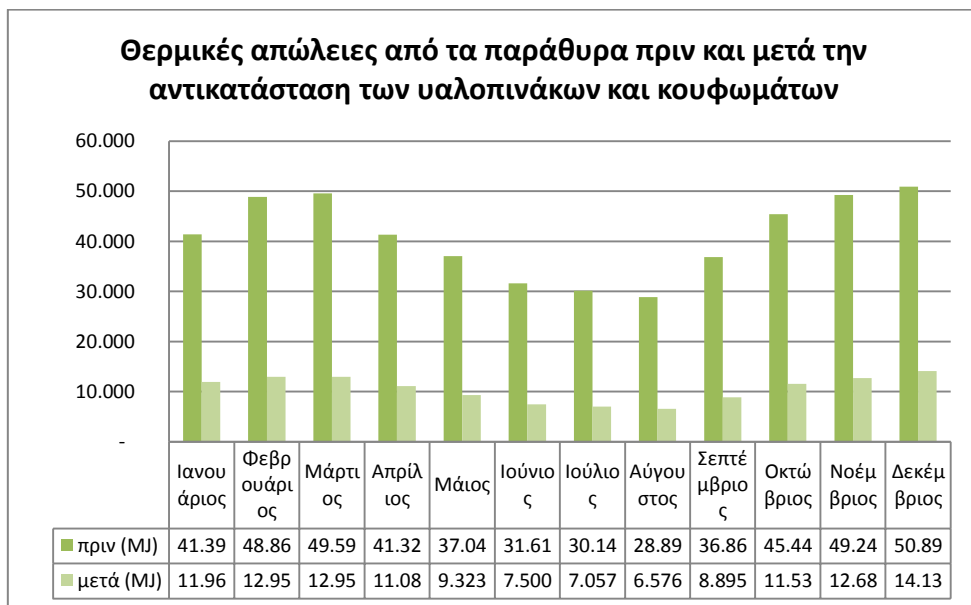
Exterior Window	Exterior Window 2
LoE Clear 3mm	LoE Clear 6mm
Air 13mm	Argon 13mm
LoE Clear 3mm	LoE Clear 6mm

Εικ. 16.9: Εισαγωγή των τζαμιών χαμηλής εκπομπής στην επιλογή Construction

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών από τα παράθυρα, λόγω της αλλαγής των υαλοπινάκων.



Εικ. 16.10: Θερμικά κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων



Εικ. 16.11: Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων

Ο παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν συνολικά τη μείωση των θερμικών κερδών και των απωλειών από τα παράθυρα λόγω της αντικατάστασης των υαλοπινάκων. Παρατηρούμε ότι η μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών από τα παράθυρα είναι αρκετά μεγάλη της τάξεως του 42% και 74% αντίστοιχα.

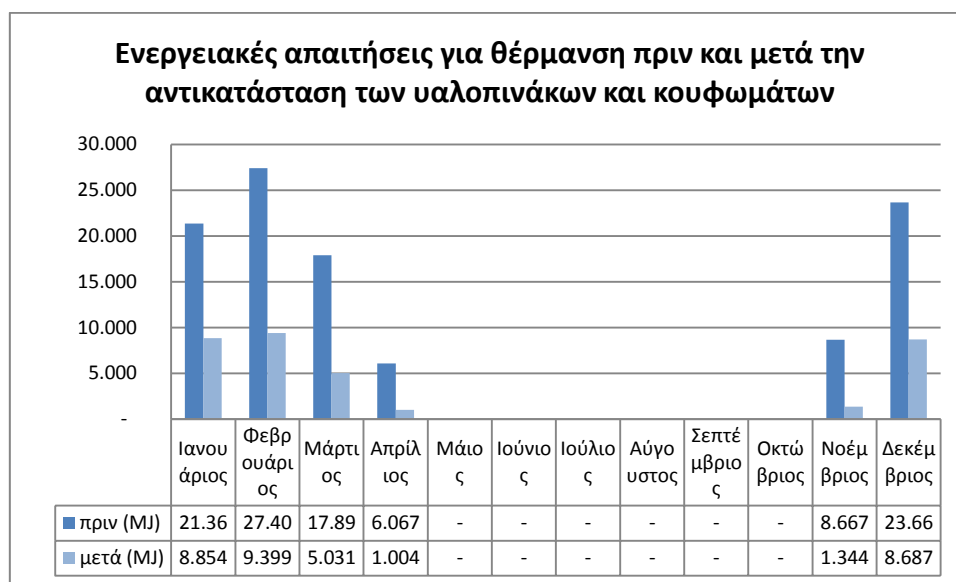
<b>Θερμικά κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και κουφωμάτων</b>				
<b>Μήνας</b>	<b>Κέρδη (MJ)</b>		<b>Μείωση (MJ)</b>	<b>Ποσοστιαία μείωση</b>
	<b>Πριν</b>	<b>Μετά</b>		
Ιανουάριος	65.727	39.647	26.080	39,68%
Φεβρουάριος	81.056	49.166	31.890	39,34%
Μάρτιος	119.101	71.243	47.858	40,18%
Απρίλιος	138.734	81.247	57.487	41,44%
Μάιος	153.858	90.099	63.759	41,44%
Ιούνιος	179.206	101.866	77.340	43,16%
Ιούλιος	188.128	106.791	81.337	43,23%
Αύγουστος	186.304	103.595	82.709	44,39%
Σεπτέμβριος	169.569	96.293	73.276	43,21%
Οκτώβριος	125.346	73.015	52.331	41,75%
Νοέμβριος	74.244	44.311	29.933	40,32%
Δεκέμβριος	60.020	37.086	22.934	38,21%
<b>Σύνολο :</b>	<b>1.541.291</b>	<b>894.357</b>	<b>646.934</b>	<b>41,97%</b>

Εικ. 16.12: Θερμικά κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και κουφωμάτων

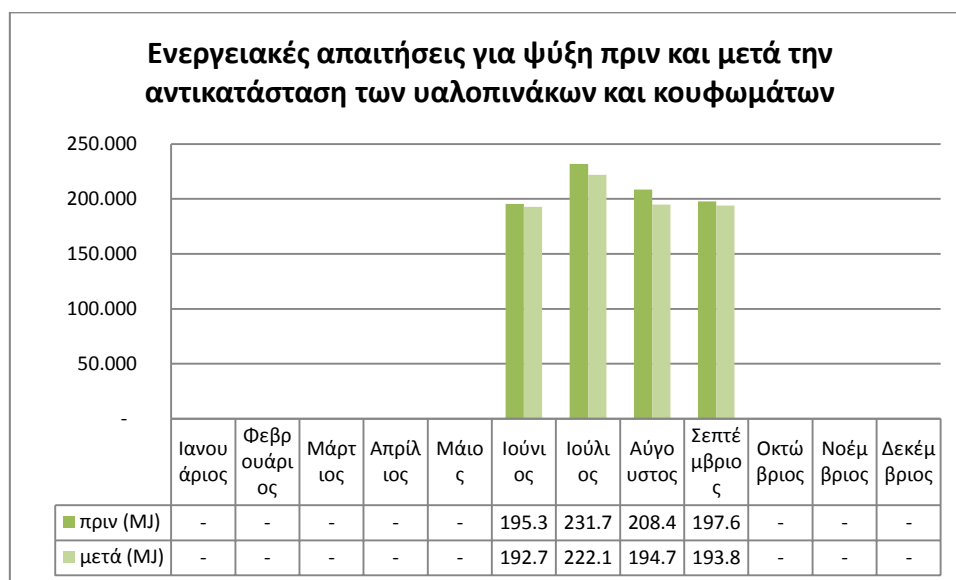
<b>Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και κουφωμάτων</b>				
<b>Μήνας</b>	<b>Κέρδη (MJ)</b>		<b>Μείωση (MJ)</b>	<b>Ποσοστιαία μείωση</b>
	<b>Πριν</b>	<b>Μετά</b>		
Ιανουάριος	41.392	11.969	29.423	71,08%
Φεβρουάριος	48.867	12.956	35.911	73,49%
Μάρτιος	49.590	12.958	36.632	73,87%
Απρίλιος	41.322	11.089	30.233	73,16%
Μάιος	37.043	9.323	27.720	74,83%
Ιούνιος	31.619	7.500	24.119	76,28%
Ιούλιος	30.145	7.057	23.088	76,59%
Αύγουστος	28.896	6.576	22.320	77,24%
Σεπτέμβριος	36.860	8.895	27.965	75,87%
Οκτώβριος	45.444	11.536	33.908	74,61%
Νοέμβριος	49.240	12.684	36.556	74,24%
Δεκέμβριος	50.894	14.139	36.755	72,22%
<b>Σύνολο :</b>	<b>491.313</b>	<b>126.681</b>	<b>364.630</b>	<b>74,22%</b>

Εικ. 16.13: Θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και κουφωμάτων

Στα παρακάτω διαγράμματα και στον πίνακα παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και κουφωμάτων. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 19,05%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη μειώνεται συνολικά κατά 190.655MJ.



Εικ. 16.14: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων



Εικ. 16.15: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και κουφωμάτων						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	48.238	19.223	-	-	29.015	60,15%
Φεβρουάριος	44.187	16.280	-	-	27.908	63,16%
Μάρτιος	30.202	9.201	-	-	21.001	69,54%
Απρίλιος	12.088	2.189	-	-	9.900	81,89%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	191.965	183.375	8.591	4,48%
Ιούλιος	-	-	226.783	206.916	19.867	8,76%
Αύγουστος	-	-	198.283	174.165	24.119	12,16%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	177.282	6.847	3,72%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	17.314	3.865	-	-	13.449	77,67%
Δεκέμβριος	47.390	17.431	-	-	29.959	63,22%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>68.188</b>	<b>801.160</b>	<b>741.737</b>	<b>190.655</b>	
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>131.232</b>		<b>59.423</b>		<b>190.655</b>	<b>19,05%</b>
	<b>65,81%</b>		<b>7,42%</b>			

Εικ. 16.16: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την αντικατάσταση των παραθύρων

### 16.3 Προσθήκη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 9, το υπό μελέτη κτίριο δεν διαθέτει θερμομόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και κρίθηκε αναγκαία η χρήση εξωτερικής θερμομόνωσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Το θερμομονωτικό υλικό που προτείνεται είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS - Extruded polystyrene), τα χαρακτηριστικά της οποίας παρουσιάστηκαν στην Παράγραφο 7.2.1.2. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6cm, με θερμική αγωγιμότητα 0,03 W/m\*K, φαινόμενη πυκνότητα 30 kg/m<sup>3</sup> και ειδική θερμοπερατότητα 1210 J/kg\*K. Οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης έχουν διαστάσεις 1.00m\*0.60m σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN 13163:2001. Οι στρώσεις της θερμομόνωσης αναφέρονται στην Παράγραφο 7.2.1.3.

Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο πρόγραμμα δημιουργώντας ένα νέο αντικείμενο στην επιλογή **Materials** το οποίο αναφέρεται στην εξηλασμένη πολυστερίνη και εισάγοντας το νέο υλικό στα δύο αντικείμενα της επιλογής **Construction** τα οποία αναφέρονται στους εξωτερικούς τοίχους από τούβλα και οπλισμένο σκυρόδεμα αντίστοιχα.

Obj1
Insulation: Extruded
MediumRough
0.03
0.03
43
1210

Εικ. 16.17: Αντικείμενο εξηλασμένης πολυστερίνης στην επιλογή Material

Obj1	Obj2
Exterior Wall	Exterior Wall 2
Sovas	Sovas
Wall Brick	Wall Concrete
Insulation: Extruded	Insulation: Extruded
Sovas	Sovas

Εικ. 16.18: Εισαγωγή εξηλασμένης πολυστερίνης στα αντικείμενα των εξωτερικών τοίχων στην επιλογή Construction

Τα στάδια κατασκευής της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- κόλληση των πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης στον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου με τη χρήση κατάλληλης κόλλας πρόσφυσης,
- τοποθέτηση γωνιακών εξαρτημάτων (γωνιόκρανα) σε όλες τις γωνίες του συστήματος,
- χρήση αγκυρίων στερέωσης του θερμομονωτικού υλικού στον εξωτερικό τοίχο,
- τοποθέτηση υαλοπλέγματος (οπλισμός) στην επιφάνεια του θερμομονωτικού υλικού με τη χρήση ενισχυτικού επιχρίσματος,
- επίστρωση με αστάρι ως υπόστρωμα του τελικού επιχρίσματος,
- τοποθέτηση του τελικού επιχρίσματος σε όλη την επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων για την στεγανοποίηση του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης.



Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των στρώσεων των εξωτερικών τοίχων μετά την τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης.

Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα				
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK)	Πυκνότητα (KG/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (W/m <sup>2</sup> K)
Σοβάς	0,87	1900	0,02	
Σκυρόδεμα	2,04	2400	0,10	
Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,029	29	0,06	
Σοβάς	0,87	1900	0,02	
Σύνολο:			0,20	0,43

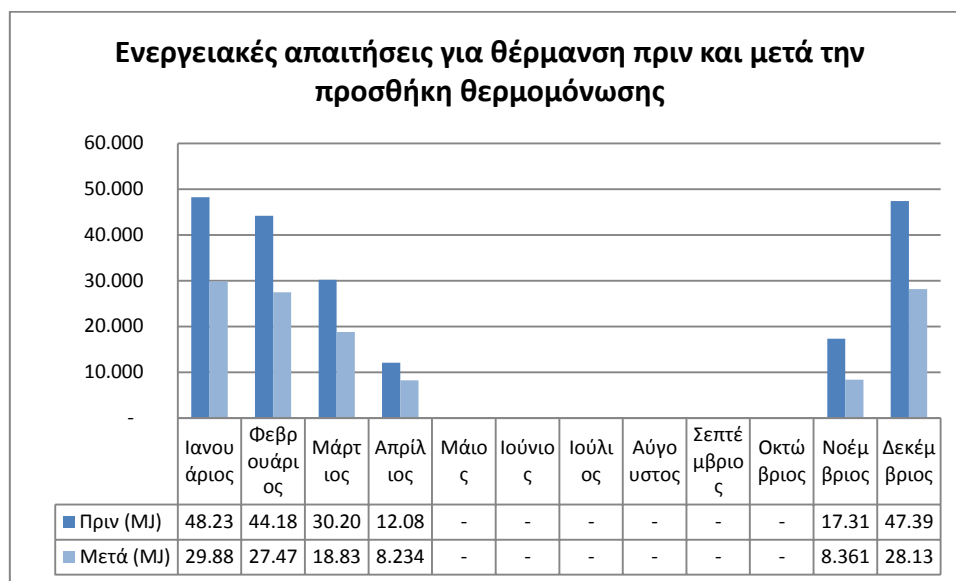
Εικ. 16.19: Νέος συντελεστής θερμοπερατότητας στους εξωτερικούς τοίχους από σκυρόδεμα

Εξωτερικοί τοίχοι από συμπαγή τούβλα				
Υλικό	Θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK)	Πυκνότητα (KG/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	Συντελεστής θερμοπερατότητας K (W/m <sup>2</sup> K)
Σοβάς	0,87	1900	0,02	
Τούβλα	0,744	1200	0,30	
Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,029	29	0,06	
Σοβάς	0,87	1900	0,02	
Σύνολο:			0,40	0,37

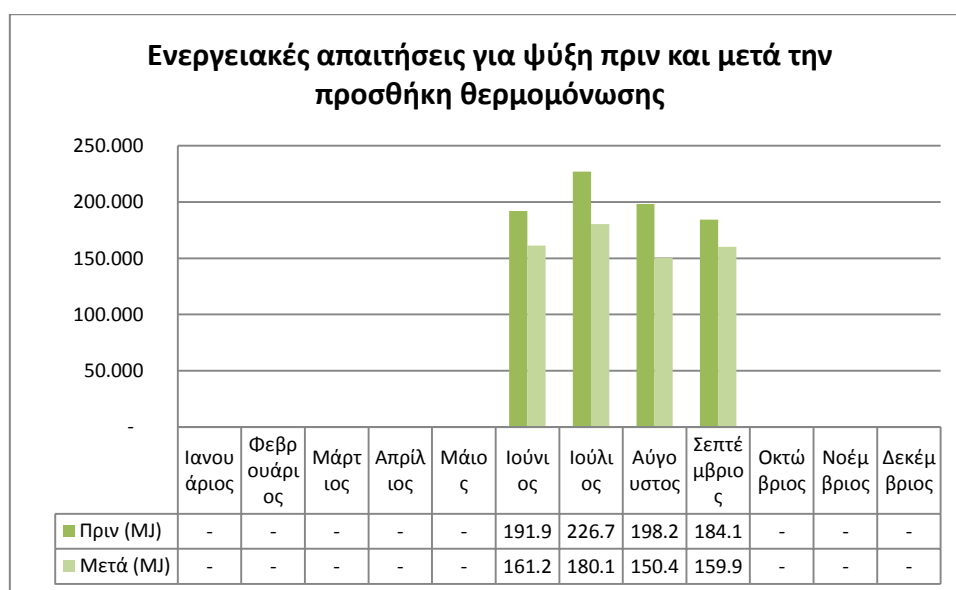
Εικ. 16.20: Νέος συντελεστής θερμοπερατότητας στους εξωτερικούς τοίχους από σκυρόδεμα

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι μετά την τοποθέτηση της εξωτερικής μόνωσης ο συντελεστής θερμοπερατότητας, τόσο των τοίχων από σκυρόδεμα, όσο και των τοίχων από τούβλα είναι πλέον μικρότερος από 0,5 W/m<sup>2</sup>K, που είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.

Στα παρακάτω διαγράμματα και στον πίνακα παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στους τοίχους. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 22,78%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη μειώνεται συνολικά κατά 227.901MJ.



Εικ. 16.21: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την προσθήκη θερμομόνωσης



Εικ. 16.22: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	48.238	29.881	-	-	18.358	38,06%
Φεβρουάριος	44.187	27.474	-	-	16.713	37,82%
Μάρτιος	30.202	18.831	-	-	11.371	37,65%
Απρίλιος	12.088	8.234	-	-	3.855	31,89%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	191.96	161.22	30.740	16,01%
Ιούλιος	-	-	226.78	180.14	46.634	20,56%
Αύγουστος	-	-	198.28	150.42	47.857	24,14%
Σεπτέμβριος	-	-	184.12	159.96	24.167	13,13%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	17.314	8.361	-	-	8.954	51,71%
Δεκέμβριος	47.390	28.137	-	-	19.253	40,63%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.42</b>	<b>120.91</b>	<b>801.16</b>	<b>651.76</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>78.503</b>		<b>149.39</b>		<b>227.901</b>	<b>22,78%</b>
	<b>39,37%</b>		<b>18,65%</b>			

Εικ. 16.23: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την προσθήκη εξωτερικής μόνωσης

## 16.4 Προσθήκη θερμομόνωσης στο δώμα

Στο υπό μελέτη κτίριο, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υπάρχοντος δώματος είναι  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , δηλαδή βρίσκεται κάτω από το ανώτερο επιτρεπτό όριο που σύμφωνα με τον Κ.Ε.ν.Α.Κ. είναι  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ωστόσο θεωρήθηκε χρήσιμο να ενισχυθεί η θερμομόνωσή του με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης του κτιρίου και τη μείωση της ενεργειακής του κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη.

### 16.4.1 Φυτεμένο δώμα

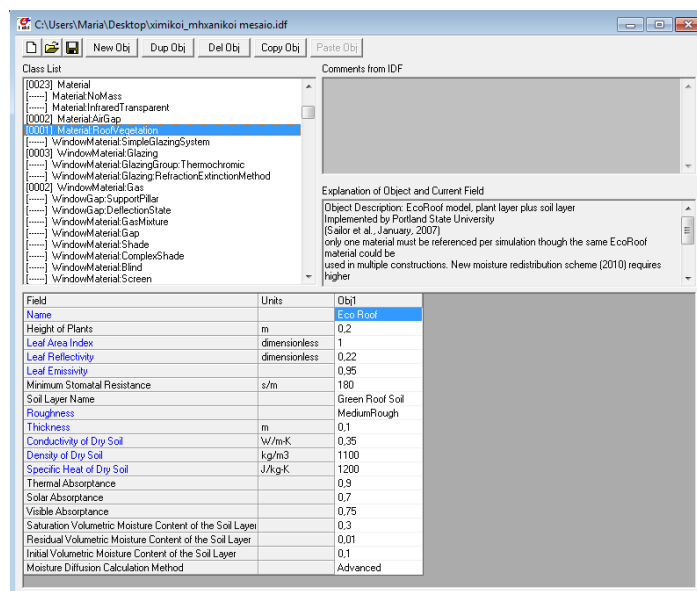
Για τη βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιρίου επιλέχθηκε να γίνει φύτευση του δώματος. Επιλέχθηκε η φύτευση εκτατικού τύπου, καθώς είναι η πλέον κατάλληλη για επεμβάσεις σε ήδη υπάρχοντα κτίρια. Τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα αποτελούνται από βλάστηση μικρού ύψους, με μικρό βάθος ριζών η οποία δε χρειάζεται ιδιαίτερη φροντίδα, έχει μικρές απαιτήσεις σε νερό και είναι ανθεκτική στο κρύο και το τον άνεμο. Το υπόστρωμα φύτευσης είναι μικρού πάχους (10-20

cm), οπότε και το στατικό φορτίο με το οποίο επιβαρύνεται η κατασκευή είναι σχετικά μικρό. Οι θερμικές ζώνες στις οποίες εφαρμόστηκε η φύτευση του δώματος και το εμβαδόν της καθέμιας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

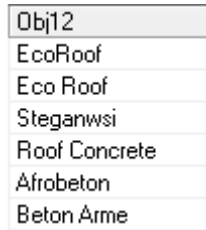
Θερμικές ζώνες του φυτεμένου δώματος	
Όνομα	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )
12	385,92
14	640,35
21	186,66
22	655,2
23	302,66
28	135,24
29	111,98
31	257,04
32	200,88
33	257,04
<b>Σύνολο:</b>	<b>3.132,97</b>

Εικ. 16.24: Θερμικές ζώνες του φυτεμένου δώματος

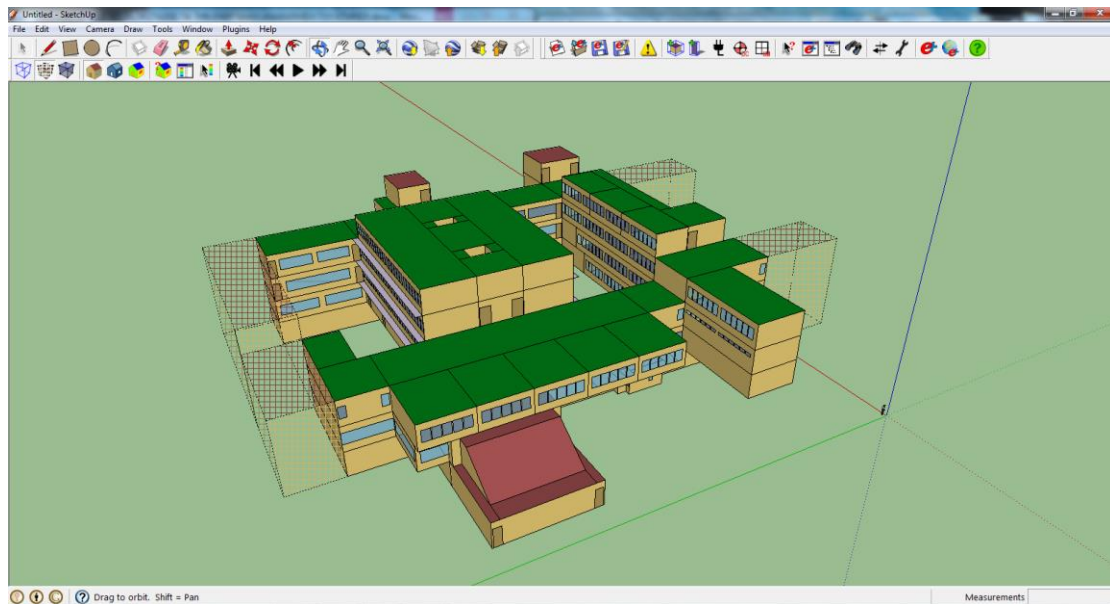
Η εισαγωγή των υλικών του φυτεμένου δώματος έγινε μέσω της επιλογής **Material:RoofVegetation** και τα χαρακτηριστικά της στρώσης της φύτευσης φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Επίσης, δημιουργήθηκε ένα νέο αντικείμενο στην επιλογή **Construction** που αφορά τη στρώση του δώματος με τη φύτευση.



Εικ. 16.25: Εισαγωγή υλικών φυτεμένου δώματος



Εικ. 16.26: Εισαγωγή στρώσης φυτεμένου δώματος στην επιλογή Construction

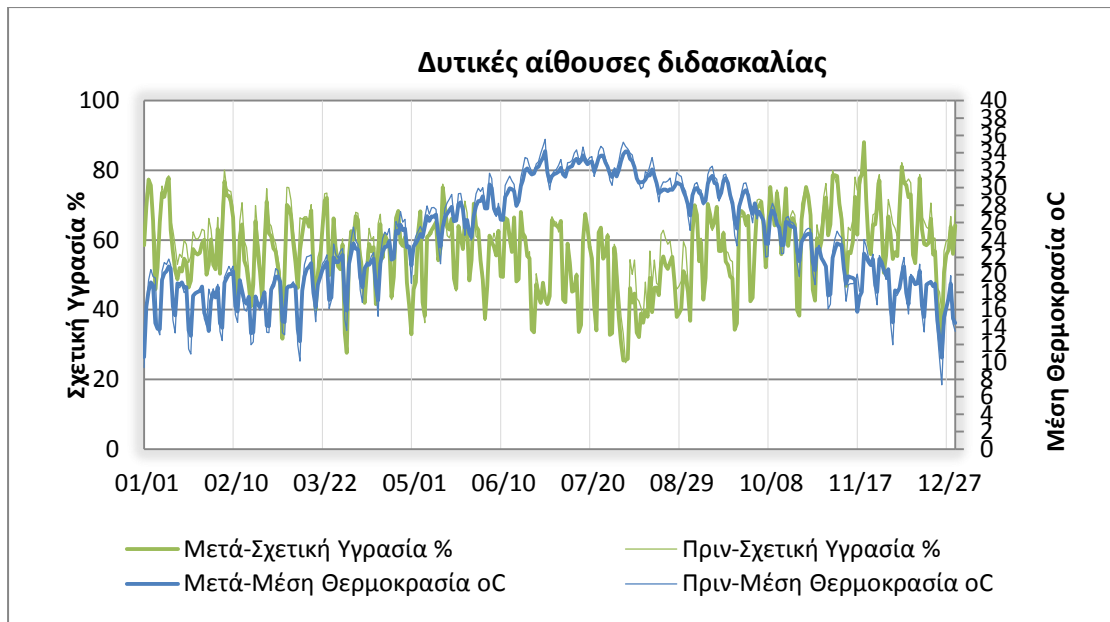


Εικ. 16.27: Απεικόνιση της προτεινόμενης φυτεμένης όψης στην προσομοίωση

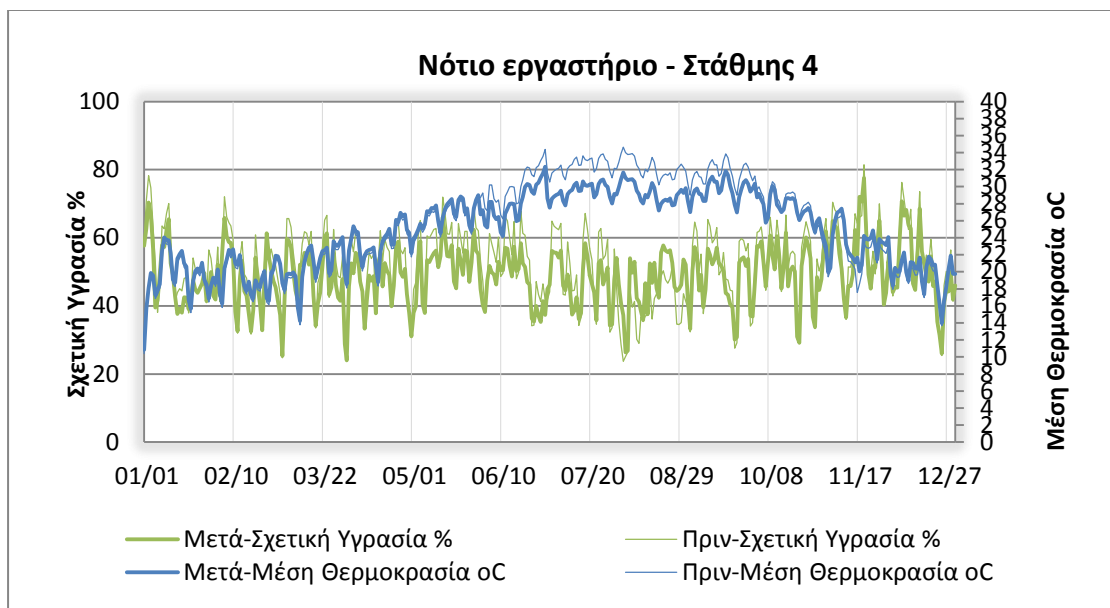
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αλλαγή της μέσης θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας πριν και μετά τη φύτευση του δώματος. Κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ κατά τους θερινούς μείωση της θερμοκρασίας. Η υγρασία παρουσιάζει μείωση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Πιο συγκεκριμένα, για τις δυτικές αίθουσες διδασκαλίας κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας κατά  $1-2^{\circ}\text{C}$  και μείωση της υγρασίας κατά 2-3%. Κατά τους θερινούς μήνες παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας επίσης κατά  $1-2^{\circ}\text{C}$  και μείωση της υγρασίας κατά 2-3%.

Για το νότιο εργαστήριο κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται μικρή αύξηση της θερμοκρασίας κατά  $1^{\circ}\text{C}$  και μείωση της υγρασίας κατά 2%, ενώ κατά τους θερινούς μήνες μεγάλη μείωση της θερμοκρασίας κατά  $3^{\circ}\text{C}$  και μεγάλη μείωση της υγρασίας που φτάνει και το 8%.



Εικ. 16.28: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια ενός έτους στις δυτικές αίθουσες διδασκαλίας πριν και μετά την φύτευση του δώματος



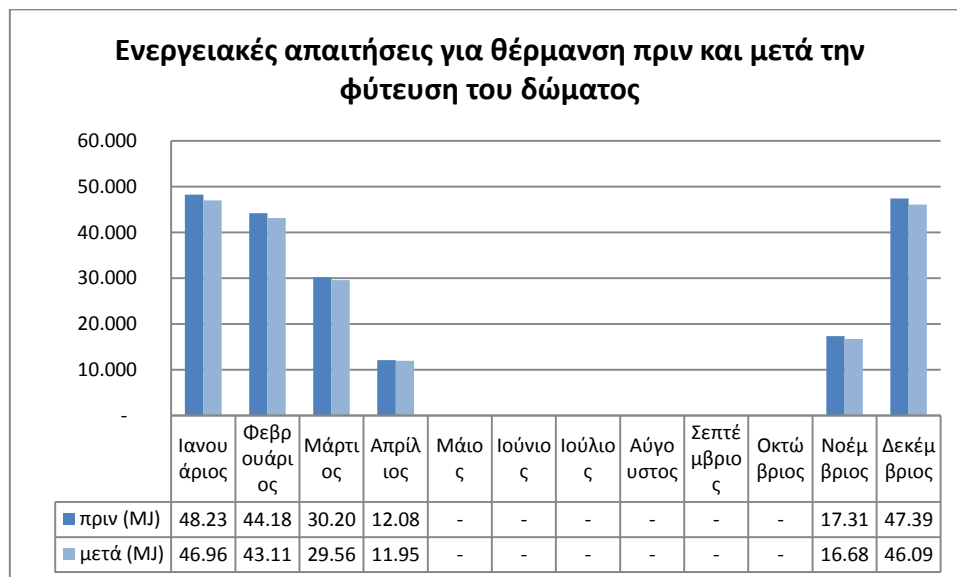
Εικ. 16.29: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια ενός έτους στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 πριν και μετά την φύτευση του δώματος

Στα παρακάτω διαγράμματα και στον πίνακα παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις του δώματος για θέρμανση και ψύξη, πριν και μετά την φύτευση. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 12%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη του δώματος μειώνεται συνολικά κατά 32.248MJ.

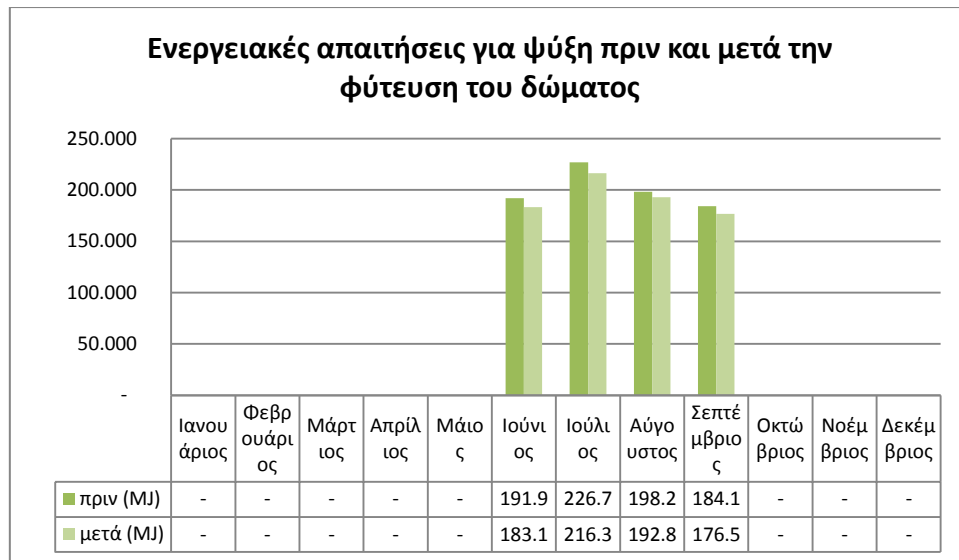
Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του δώματος πριν και μετά την φύτευση						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	7.827	7.045	-	-	782	9,99%
Φεβρουάριος	9.420	8.494	-	-	926	9,83%
Μάρτιος	6.005	5.441	-	-	564	9,39%
Απρίλιος	1.612	1.398	-	-	214	13,28%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	54.469	46.989	7.480	13,73%
Ιούλιος	-	-	64.464	57.328	7.136	11,07%
Αύγουστος	-	-	61.547	54.602	6.945	11,28%
Σεπτέμβριος	-	-	52.277	45.301	6.976	13,34%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	2.617	2.237	-	-	380	14,52%
Δεκέμβριος	8.001	7.158	-	-	843	10,54%
<b>Σύνολο :</b>	<b>35.484</b>	<b>31.775</b>	<b>232.759</b>	<b>204.220</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>3.709</b>		<b>28.539</b>		<b>32.248</b>	<b>12,02%</b>
	<b>10,45%</b>		<b>12,26%</b>			

Εικ. 16.30: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του δώματος πριν και μετά την φύτευση

Στα παρακάτω διαγράμματα και στον πίνακα παρουσιάζεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου λόγω της φύτευσης του δώματος.



Εικ. 16.31: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την φύτευση του δώματος



Εικ. 16.32: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την φύτευση του δώματος

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την φύτευση του δώματος						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	48.238	46.961	-	-	1.277	2,65%
Φεβρουάριος	44.187	43.117	-	-	1.070	2,42%
Μάρτιος	30.202	29.567	-	-	635	2,10%
Απρίλιος	12.088	11.954	-	-	134	1,11%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	191.965	183.137	8.828	4,60%
Ιούλιος	-	-	226.783	216.322	10.461	4,61%
Αύγουστος	-	-	198.283	192.899	5.384	2,72%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	176.557	7.572	4,11%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	17.314	16.687	-	-	627	3,62%
Δεκέμβριος	47.390	46.096	-	-	1.293	2,73%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>194.383</b>	<b>801.160</b>	<b>768.916</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>5.037</b>		<b>32.244</b>		<b>37.281</b>	<b>3,73%</b>
	<b>2,53%</b>		<b>4,03%</b>			

Εικ. 16.33: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την φύτευση του δώματος

#### 16.4.2 Μόνωση του δώματος

Εκτός από τη φύτευση, μία εναλλακτική λύση για τη θερμομόνωση του δώματος είναι η μόνωση της ταράτσας. Οι διάφορες στρώσεις που θα εφαρμοστούν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Ως θερμομόνωση επιλέχθηκαν πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6cm. Η εισαγωγή της μόνωσης του δώματος στο



πρόγραμμα έγινε με την προσθήκη του αντικειμένου της πολυστερίνης στην στρώση της κατασκευής της εξωτερικής οροφής.



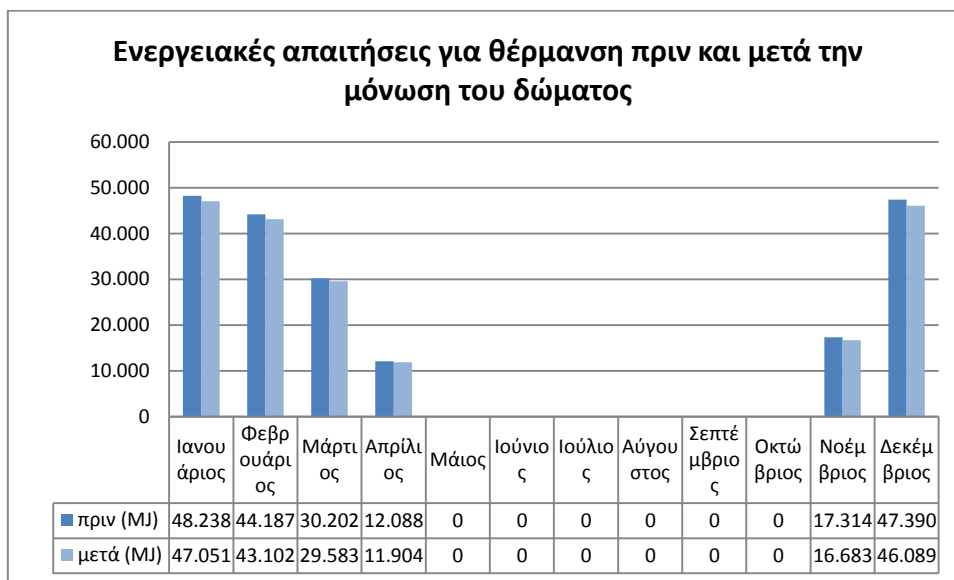
Εικ. 16.34: Τομή μόνωσης του δώματος

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις του δώματος για θέρμανση και ψύξη, πριν και μετά την μόνωσή του. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 2,73%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη μειώνεται συνολικά κατά 7.327MJ.

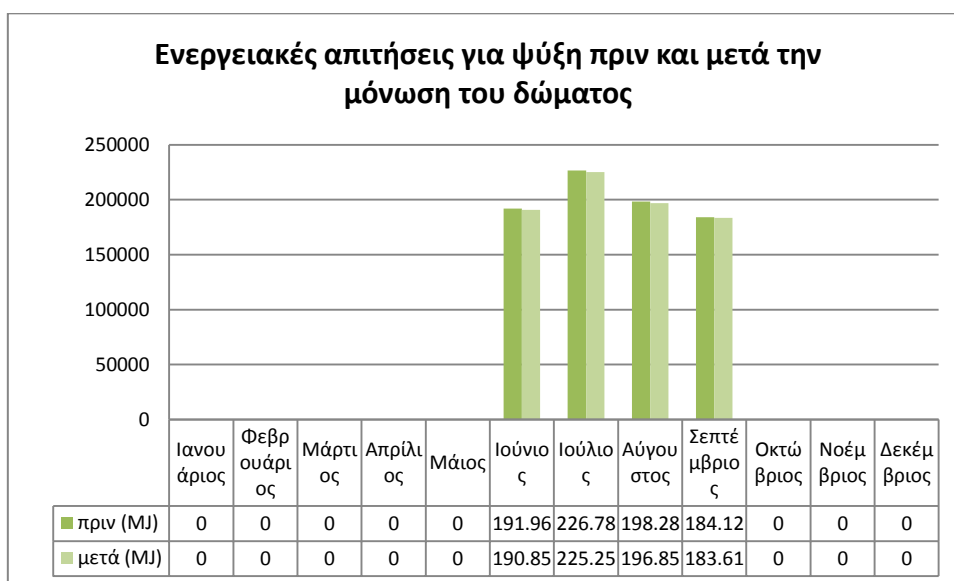
Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του δώματος πριν και μετά την μόνωση						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	7.827	7.448	-	-	379	4,84%
Φεβρουάριος	9.420	8.988	-	-	432	4,59%
Μάρτιος	6.005	5.779	-	-	226	3,76%
Απρίλιος	1.612	1.540	-	-	72	4,47%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	54.469	52.982	1.487	2,73%
Ιούλιος	-	-	64.464	62.928	1.536	2,38%
Αύγουστος	-	-	61.547	60.053	1.494	2,43%
Σεπτέμβριος	-	-	52.277	51.250	1.027	1,96%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	2.617	2.422	-	-	195	7,45%
Δεκέμβριος	8.001	7.524	-	-	477	5,96%
<b>Σύνολο :</b>	<b>35.484</b>	<b>33.703</b>	<b>232.759</b>	<b>227.213</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>1.781</b>	<b>5,02%</b>	<b>5.546</b>	<b>2,38%</b>	<b>7.327</b>	<b>2,73%</b>

Εικ. 16.35: Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη του δώματος πριν και μετά την μόνωση

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου λόγω της μόνωσης του δώματος.



Εικ. 16.36: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την μόνωση του δώματος



Εικ. 16.37: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την μόνωση του δώματος

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την μόνωση του δώματος						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	48.238	47.051	-	-	1.188	2,46%
Φεβρουάριος	44.187	43.102	-	-	1.085	2,46%
Μάρτιος	30.202	29.583	-	-	619	2,05%
Απρίλιος	12.088	11.904	-	-	184	1,52%
Μάιος	-	-	-	-	-	0,00%
Ιούνιος	-	-	191.965	190.858	1.108	0,58%
Ιούλιος	-	-	226.783	225.250	1.532	0,68%
Αύγουστος	-	-	198.283	196.852	1.431	0,72%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	183.617	511	0,28%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	0,00%
Νοέμβριος	17.314	16.683	-	-	631	3,65%
Δεκέμβριος	47.390	46.089	-	-	1.301	2,74%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>194.413</b>	<b>801.160</b>	<b>796.578</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>5.007</b>		<b>4.582</b>		<b>9.589</b>	<b>0,96%</b>
	<b>2,51%</b>		<b>0,57%</b>			

Εικ. 16.38: Μείωση ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη πριν και μετά την μόνωση της οροφής

## 16.5 Αξιοποίηση του φυσικού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες

### 16.5.1 Φυσικός αερισμός κατά τις απογευματινές ώρες

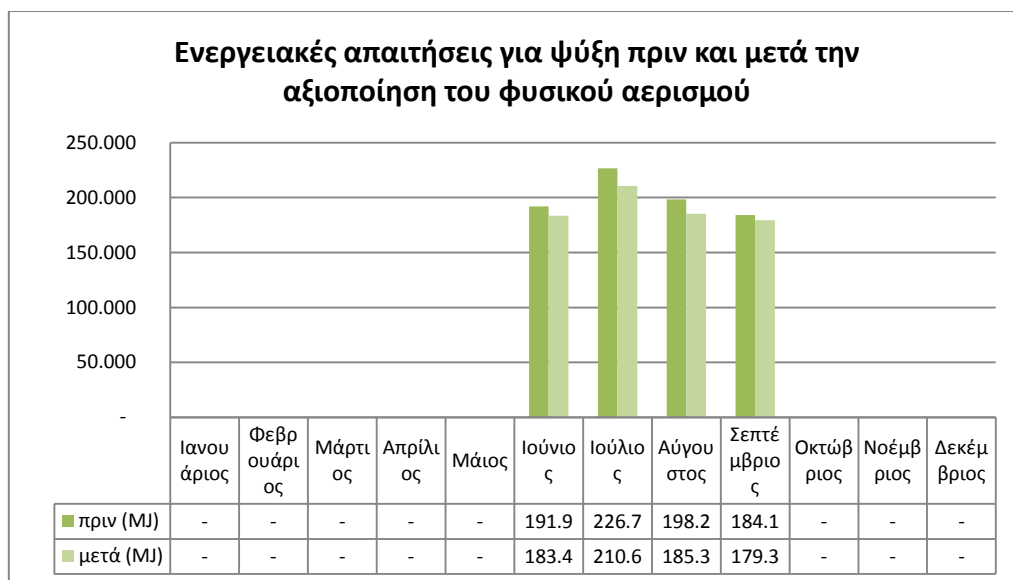
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η χρήση του φυσικού αερισμού είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην προσπάθεια μείωσης των ενεργειακών αναγκών για ψύξη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε να εφαρμόζεται φυσικός αερισμός τους θερινούς μήνες, κατά τη διάρκεια του Ιουνίου, του Ιουλίου και του Αυγούστου, και για τρεις συνολικά ώρες από τις 15:00 έως τις 18:00.

Για την εισαγωγή του φυσικού αερισμού στο πρόγραμμα δημιουργήθηκε ένα νέο χρονοδιάγραμμα όπως φαίνεται παρακάτω:

Night Ventilation	Though: 8/31	Until: 15:00
Fraction	For: Weekdays	.7
Through: 5/31	Until: 15:00	Until: 17:00
For: Weekdays	.01	1
Until: 6:00	Until: 18:00	Until: 24:00
.01	1	.01
Until: 8:00	Until: 24:00	For: Saturday
.05	.01	Until: 24:00
Until: 15:00	For: Saturday	0
.7	Until: 24:00	For: Sunday Holiday
Until: 17:00	0	Until: 24:00
1	For: Sunday Holiday	0
Until: 24:00	Until: 24:00	
.01	0	
For: Saturday	Though: 12/31	
Until: 24:00	For: Weekdays	
0	Until: 6:00	
For: Sunday Holiday	.01	
Until: 24:00	Until: 8:00	
0	.05	

Εικ. 16.39: Χρονοδιάγραμμα φυσικού αερισμού

Στο παρακάτω διάγραμμα και στον πίνακα παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη της τάξης του 5,29%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη μειώνεται συνολικά κατά 42.344 MJ.



Εικ. 16.40: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού

Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη του κτιρίου με και χωρίς την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού				
Μήνας	Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	-	-	-	-
Φεβρουάριος	-	-	-	-
Μάρτιος	-	-	-	-
Απρίλιος	-	-	-	-
Μάιος	-	-	-	-
Ιούνιος	191.965	183.452	8.514	4,44%
Ιούλιος	226.783	210.627	16.156	7,12%
Αύγουστος	198.283	185.386	12.897	6,50%
Σεπτέμβριος	184.129	179.352	4.777	2,59%
Οκτώβριος	-	-	-	-
Νοέμβριος	-	-	-	-
Δεκέμβριος	-	-	-	-
<b>Σύνολο :</b>	<b>801.160</b>	<b>758.816</b>	<b>42.344</b>	<b>5,29%</b>

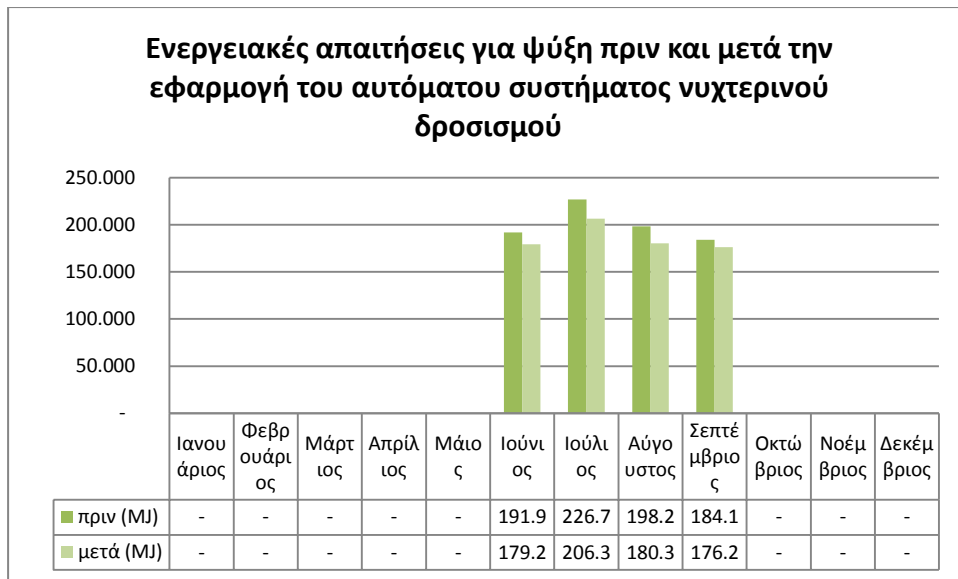
Εικ. 16.41: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού

## 16.6.2 Αυτόματο σύστημα νυχτερινού δροσισμού

Προτείνεται η εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού με τη χρήση μηχανισμών για το άνοιγμα των παραθύρων. Η εφαρμογή του θα πραγματοποιηθεί κατά τους θερινούς μήνες, από το Μάιο έως και τον Σεπτέμβριο, και τις βραδινές ώρες, από τις 23:00 έως τις 6:00, στους χώρους όπου εφαρμόζεται το σύστημα θέρμανσης-ψύξης.

Το σύστημα αυτό εκμεταλλεύόμενο τις χαμηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της νύχτας παραλαμβάνει από τον εξωτερικό αέρα μέρος του ψυκτικού φορτίου του χώρου μειώνοντας αισθητά τη θερμοκρασία, τόσο του εσωτερικού αέρα όσο και των δομικών στοιχείων, και συνεπώς την απαίτηση της μηχανικής ψύξης κατά τη διάρκεια της μέρας. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη, αν λάβουμε υπόψη μας ότι η επιπλέον κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών είναι αρκετά χαμηλή.

Στο παρακάτω διάγραμμα και στον πίνακα παρουσιάζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την αξιοποίηση του νυχτερινού δροσισμού. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη της τάξης του 7,36%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη μειώνεται συνολικά κατά 58.942 MJ.



Εικ. 16.42: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού

Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη του κτιρίου με και χωρίς την εφαρμογή του αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού				
Μήνας	Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	-	-	-	-
Φεβρουάριος	-	-	-	-
Μάρτιος	-	-	-	-
Απρίλιος	-	-	-	-
Μάιος	-	-	-	-
Ιούνιος	191.965	179.296	12.669	6,60%
Ιούλιος	226.783	206.356	20.426	9,01%
Αύγουστος	198.283	180.332	17.951	9,05%
Σεπτέμβριος	184.129	176.233	7.896	4,29%
Οκτώβριος	-	-	-	-
Νοέμβριος	-	-	-	-
Δεκέμβριος	-	-	-	-
<b>Σύνολο :</b>	<b>801.160</b>	<b>742.218</b>	<b>58.942</b>	<b>7,36%</b>

Εικ. 16.43: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού

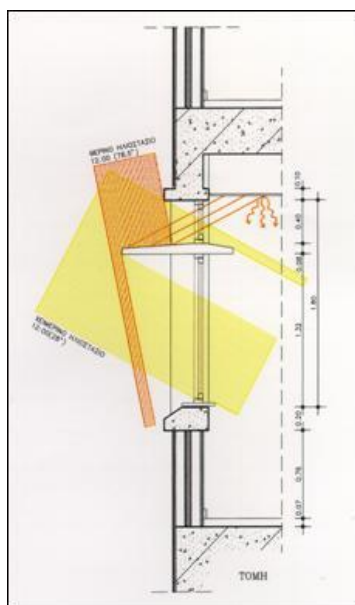
## 16.6 Τοποθέτηση σκίαστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4

Η σκίαση είναι περισσότερη αποδοτική όταν είναι εξωτερική, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους, και μπορεί να μειώσει κατά 80-90% τα ηλιακά κέρδη.<sup>[62]</sup> Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σκίασμού είναι η χρήση εξωτερικών

σκιάστρων με κινητές περσίδες, που όμως είναι ιδιαίτερα ακριβά, και για το λόγο αυτό προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση που συνδυάζεται με εσωτερικά στόρια που λειτουργούν συμπληρωματικά, επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν πολύ μικρή αντίσταση.<sup>[38]</sup>

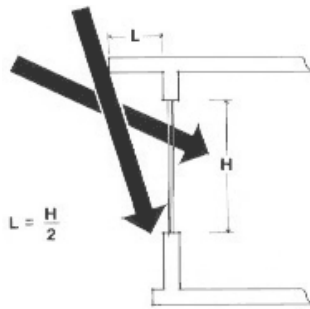
Τα σταθερά σκιάστρα αποτελούν σταθερό μέρος του κτιρίου και ο σχεδιασμός τους πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό και το σχήμα του ανοίγματος που χρειάζεται να προστατευτεί, σε συσχέτιση με τη θέση του ήλιου στις διάφορες χρονικές περιόδους της ημέρας και του έτους. Υλικό κατασκευής τους είναι το σκυρόδεμα, το αλουμίνιο, το πλαστικό και το ξύλο, και μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου, ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων.<sup>[2][6][61][24][55]</sup>

Για νότιο προσανατολισμό, ο προτεινόμενος τρόπος σκίασης είναι τα σταθερά ή ρυθμιζόμενα σκιάστρα τοποθετημένα οριζόντια πάνω από το παράθυρο, διότι τα νότια ανοίγματα λαμβάνουν πιο λίγη ακτινοβολία κατά την καλοκαιρινή περίοδο και είναι εύκολο να προστατευτούν, σε σχέση με τα δυτικά και ανατολικά παράθυρα. 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. Οι πρόβολοι που εκτείνονται δεξιά και αριστερά των ανοιγμάτων είναι πιο αποτελεσματικοί από πρόβολους που καλύπτουν μόνο το πλάτος του παραθύρου.



Εικ. 16.44: Σχεδιασμός σκιάστρων για χειμερινό ήλιασμό / θερινή ηλιοπροστασία και ενίσχυση του φυσικού φωτισμού [61]

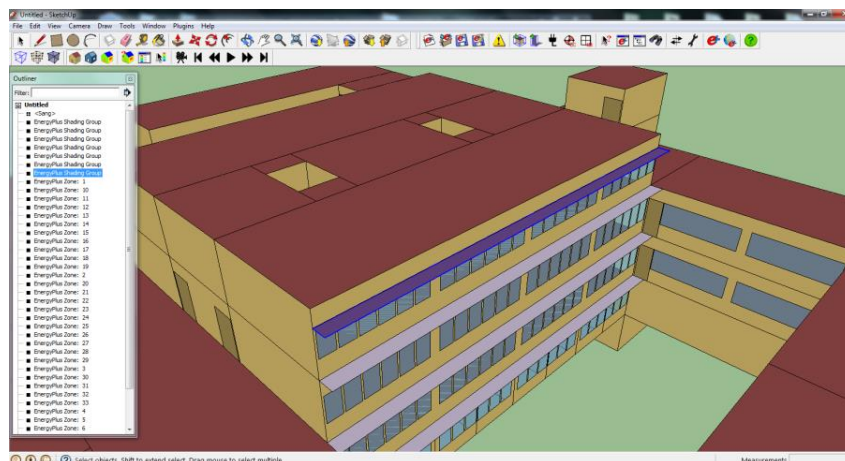
Για την Αθήνα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι 55-60°. Γενικά, όταν το σκίαστρο έχει πλάτος ίσο με το μισό του ύψους του παραθύρου, επιτυγχάνεται επαρκής σκιασμός από το Μάιο έως τον Αύγουστο, ενώ παράλληλα το χειμώνα επιτρέπεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό.<sup>[38]</sup>



Εικ. 16.45: Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκιάστρα, κατάλληλα για νότιο προσανατολισμό [38]

Έτσι, λοιπόν, με στόχο να προφυλάξουμε το νότιο εργαστήριο από την υπερθέρμανση κατά τους θερινούς μήνες, καθώς και από το ανεπιθύμητο φαινόμενο της «θάμβωσης», που περιγράφηκε παραπάνω, προτείνεται να τοποθετηθεί σταθερό οριζόντιο μεταλλικό σκίαστρο σε όλο το μήκος της εξωτερικής πλευράς, με πλάτος ίσο με το μισό του ύψους του παραθύρου, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση 90 εκατοστά. Στην βόρεια πλευρά δεν είναι αναγκαίο επειδή αυτή λαμβάνει έμμεσα την ηλιακή ακτινοβολία σε αντίθεση με τη νότια πλευρά που τη λαμβάνει άμεσα.

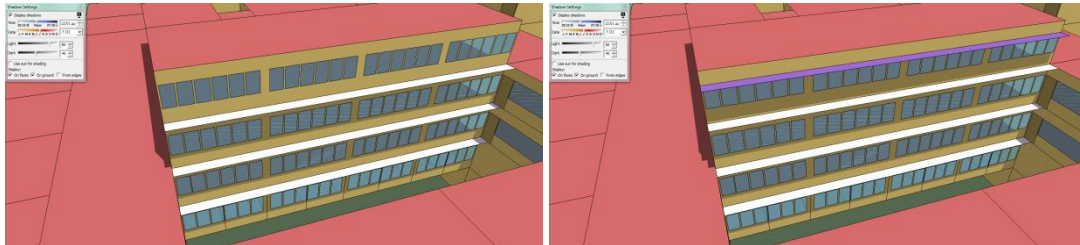
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η τοποθέτηση του σκιάστρου στην προσομοίωση του κτιρίου.



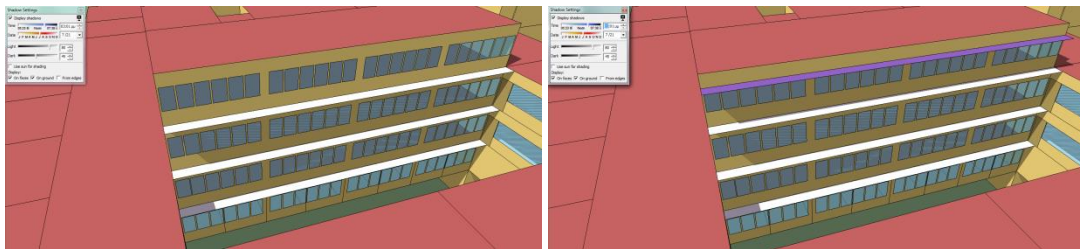
Εικ. 16.46: Τοποθέτηση οριζόντιου σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4



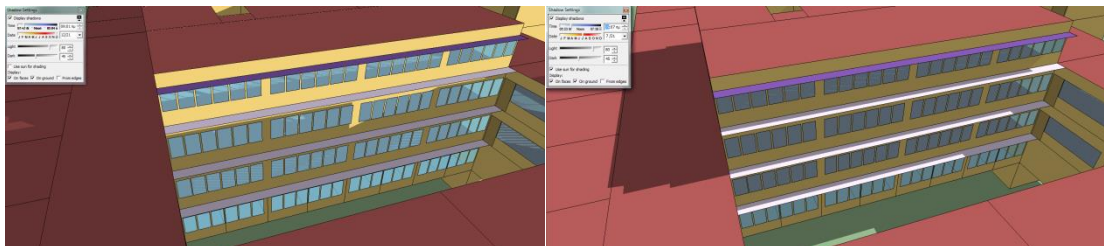
Στις παρακάτω εικόνες παρατηρείται ότι μετά την τοποθέτηση οριζόντιου σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4, κατά την καλοκαιρινή περίοδο μειώνεται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία, ιδιαίτερα από τις 12:00 έως τις 15:00 το μεσημέρι, ενώ αντίθετα κατά την χειμερινή το σκιάστρο δεν αποτρέπει το φυσικό φωτισμό του χώρου.



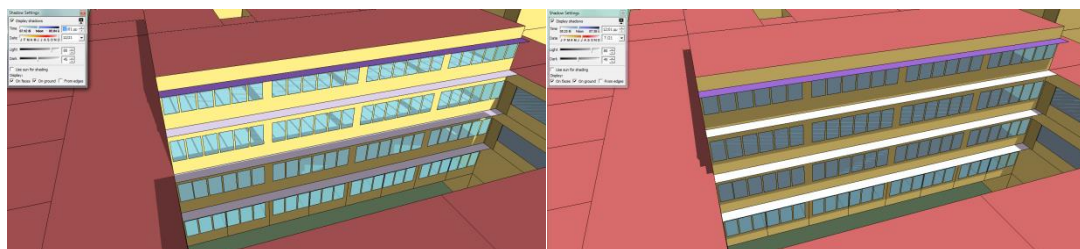
Εικ. 16.47: Σκίαση των νότιων εργαστηρίων πριν και μετά προσθήκη σκιάστρου στην στάθμη 4, την 21<sup>η</sup> Ιουνίου στις 12:00



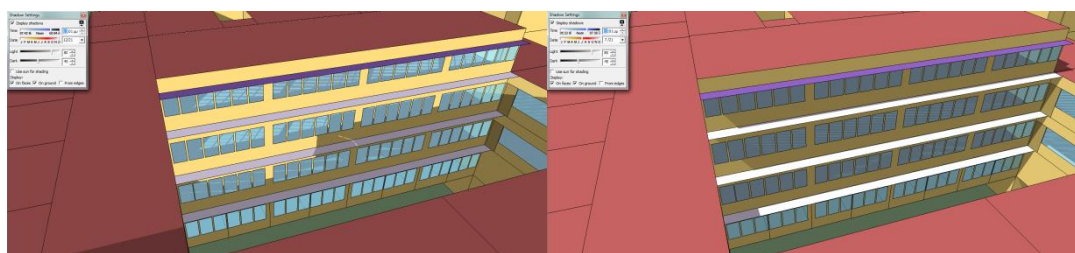
Εικ. 16.48: Σκίαση των νότιων εργαστηρίων πριν και μετά προσθήκη σκιάστρου στην στάθμη 4, την 21<sup>η</sup> Ιουνίου στις 15:00



Εικ. 16.49: Σκίαση των νότιων εργαστηρίων μετά την προσθήκη σκιάστρου στην στάθμη 4, την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και την 21<sup>η</sup> Ιουνίου στις 9:00



Εικ. 16.50: Σκίαση των νότιων εργαστηρίων μετά την προσθήκη σκιάστρου στην στάθμη 4, την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και την 21<sup>η</sup> Ιουνίου στις 12:00



Εικ. 16.51: Σκίαση των νότιων εργαστηρίων μετά την προσθήκη σκιάστρου στην στάθμη 4, την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και την 21<sup>η</sup> Ιουνίου στις 15:00

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η μείωση των απαιτήσεων για ψύξη στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4, πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου. Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 8,95%. Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη μειώνεται συνολικά κατά 6.781MJ.

Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη στο νότιο εργαστήριο πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου				
Μήνας	Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	-	-	-	-
Φεβρουάριος	-	-	-	-
Μάρτιος	-	-	-	-
Απρίλιος	-	-	-	-
Μάιος	-	-	-	-
Ιούνιος	17.001	15.947	1.054	6,20%
Ιούλιος	20.134	18.884	1.250	6,21%
Αύγουστος	19.987	17.879	2.108	10,55%
Σεπτέμβριος	18.604	16.235	2.369	12,73%
Οκτώβριος	-	-	-	-
Νοέμβριος	-	-	-	-
Δεκέμβριος	-	-	-	-
<b>Σύνολο :</b>	<b>75.727</b>	<b>68.946</b>	<b>6.781</b>	<b>8,95%</b>

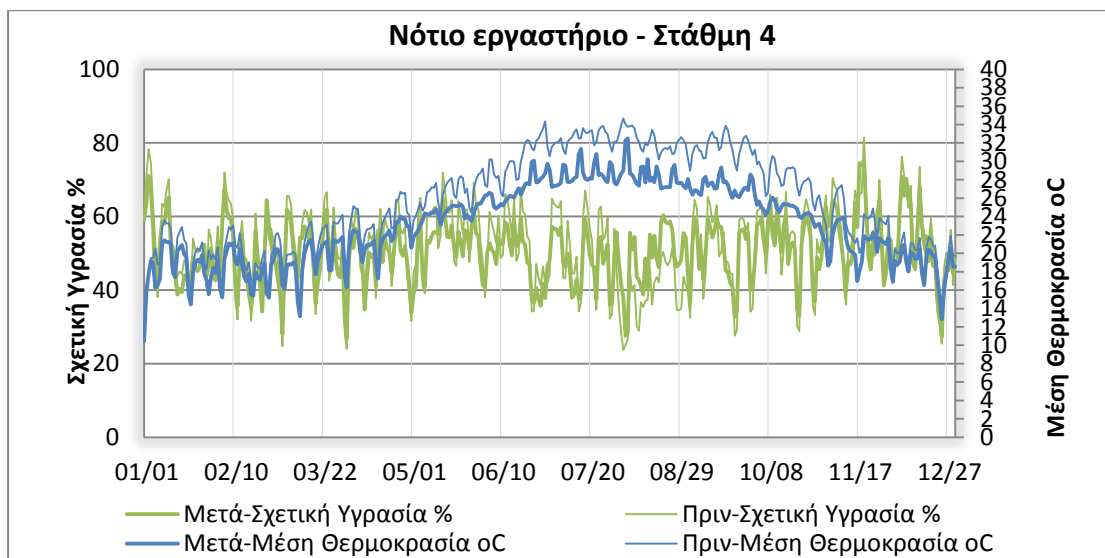
Εικ. 16.52: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη στο νότιο εργαστήριο πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4. Η μείωση που παρατηρείται στο σύνολο του κτιρίου είναι μικρή της τάξης του 0,71% και προέρχεται από την ψύξη, καθώς για την θέρμανση παρατηρείται μικρή αύξηση της κατανάλωσης που όμως θεωρείται αμελητέα.

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	(MJ)	(%)
Ιανουάριος	48.238	48.538	-	-	-300	-0,62%
Φεβρουάριος	44.187	44.578	-	-	-391	-0,88%
Μάρτιος	30.202	30.693	-	-	-491	-1,63%
Απρίλιος	12.088	12.433	-	-	-345	-2,85%
Μάιος	-	-	-	-		0
Ιούνιος	-	-	191.965	190.591	1.374	0,72%
Ιούλιος	-	-	226.783	225.084	1.699	0,75%
Αύγουστος	-	-	198.283	195.542	2.741	1,38%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	180.937	3.192	1,73%
Οκτώβριος	-	-	-	-		0
Νοέμβριος	17.314	17.467	-	-	-152	-0,88%
Δεκέμβριος	47.390	47.658	-	-	-269	-0,57%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>201.368</b>	<b>801.160</b>	<b>792.154</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>-1.948</b>		<b>9.006</b>		<b>7.058</b>	<b>0,71%</b>
	<b>-0,98%</b>		<b>1,12%</b>			

Εικ. 16.53: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του νότιου εργαστηρίου της στάθμης 4, πριν και μετά την τοποθέτηση του οριζόντιου σκιάστρου. Παρατηρούμε ότι τους θερινούς μήνες η πτώση της θερμοκρασίας είναι αισθητή, από 2 έως 5°C, ενώ σημειώθηκε αύξηση του ποσοστού υγρασίας κατά περίπου 3%.



Εικ. 16.54: Μέση θερμοκρασία και σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια ενός έτους πριν και μετά την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4

## **16.7 Άλλες προτεινόμενες επεμβάσεις**

### **1. Σκίαση των ανοιγμάτων**

#### **➤ Εξωτερική σκίαση των ανοιγμάτων**

Για την εξωτερική σκίαση των ανοιγμάτων υπάρχουν οι μεταλλικοί διάδρομοι των εργαστηρίων που λειτουργούν ως σκιάστρα για τη νότια και βόρεια πλευρά της Πτέρυγας Δ. Εξαίρεση αποτελεί το νότιο εργαστήριο της στάθμης 4, που περιγράφηκε παραπάνω.

Ακόμη, το γεγονός ότι τα περισσότερα ανοίγματα του κτιρίου έχουν τοποθετηθεί σε εσοχές δεν καθιστά απαραίτητη τη χρήση επιπλέον εξωτερικών σκιάστρων. Εξαίρεση αποτελούν τα ανατολικά γραφεία που δεν είναι τοποθετημένα σε εσοχές και στα οποία προτείνεται η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών κατακόρυφων σκιάστρων, τα οποία κατά τους θερινούς μήνες θα παραμένουν κατεβασμένα τις πρωινές ώρες για την μείωση των ανεπιθύμητων θερμικών κερδών και θα ανοίγονται μετά τις 12:00 το μεσημέρι για τον φυσικό φωτισμό των χώρων. Κατά τη χειμερινή περίοδο θα παραμένουν ανοιχτά, ενώ μπορούν να συνεισφέρουν και στην ανεμοπροστασία του κτιρίου όταν κριθεί απαραίτητο.

#### **➤ Εσωτερική σκίαση των ανοιγμάτων**

Όσον αφορά την εσωτερική σκίαση των ανοιγμάτων σημαντική είναι η χρήση των οριζόντιων περσίδων. Λόγω της παλαιότητας τους πολλές από αυτές δεν λειτουργούν με αποτέλεσμα οι χρήστες να τις έχουν μόνιμα κατεβασμένες και να μην αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός. Προτείνεται η επισκευή ή η αντικατάσταση των περσίδων που παρουσιάζουν πρόβλημα.

### **2. Τοποθέτηση αυτόματου συστήματος τεχνητού φωτισμού**

Σε όλο το κτίριο προτείνεται η τοποθέτηση αυτόματου συστήματος ελέγχου του τεχνητού φωτισμού, και κατά προτεραιότητα στον χώρο των εργαστηρίων όπου παρατηρήθηκε ότι το σύστημα φωτισμού ανοίγει από ένα μόνο διακόπτη για όλη των έκτασή τους, καθώς και στους κοινόχρηστους χώρους, όπως είναι οι διάδρομοι και τα

κλιμακοστάσια, όπου παρατηρήθηκε ότι τα φώτα παραμένουν μονίμως ανοιχτά με άσκοπη χρήση ενέργειας.

Ένα τέτοιο σύστημα διαθέτει κατάλληλους αισθητήρες, οι οποίοι ρυθμίζουν αυτόματα τα επίπεδα τεχνητού φωτισμού με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύεται στο χώρο. Ακόμη, μπορούν να διαθέτουν ανιχνευτές κίνησης, οι οποίοι θα διακόπτουν το φωτισμό όταν και όπου δεν παρατηρείται η παρουσία χρηστών. Εναλλακτικά, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν ρυθμιζόμενα συστήματα ελέγχου που είναι πιο οικονομικά, ωστόσο δεν θεωρούνται αρκετά αποδοτικά καθώς απαιτούν τη συνεχή επιτήρηση των χρηστών.

### **3. Αλλαγή χρώματος εξωτερικών τοίχων**

Το κτίριο δεν παρουσιάζει κάποια συγκεκριμένη χρωματική επιλογή στους εξωτερικούς τοίχους καθώς οι περισσότεροι είναι από εμφανές μπετόν, εκτός από τις εσοχές των δυτικών αιθουσών που έχουν πορτοκαλί χρώμα και ορισμένα σημεία των προσόψεων που έχουν γαλάζιο. Το γκρι χρώμα που έχει το μπετό απορροφά μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την καλοκαιρινή περίοδο με αποτέλεσμα τη δημιουργία ανεπιθύμητων θερμικών φορτίων στο εσωτερικό του κτιρίου. Προτείνεται η βαφή των εξωτερικών τοίχων με κάποιο ανοιχτό χρώμα με υψηλό συντελεστής ανάκλασης ώστε να μειωθεί η απορρόφηση θερμότητας κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

### **4. Αξιοποίηση των αιθρίων και τοποθέτηση βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου**

Τα αίθρια συνεισφέρουν στην μείωση της θερμοκρασίας τους θερινούς μήνες μέσω της σκίασης που προσφέρουν τα διάφορα φυτά και δέντρα που έχουν αναπτυχθεί σε αυτά. Ωστόσο, ο χώρος των αιθρίων είναι παραμελημένος γεγονός που αποτρέπει τη χρησιμοποίησή τους από τους χρήστες. Επίσης, πολλά από τα φυτά τόσο στα αίθρια όσο και στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου λόγω της μεγάλης ανάπτυξής τους αποτρέπουν το εισερχόμενο φυσικό φως.

Για το λόγο αυτό προτείνεται η διαμόρφωση των χώρων των αιθρίων και η τακτική φροντίδα της υπάρχουσας βλάστησης, αλλά και η φύτευση επιπλέον φυτών και δέντρων, κατά προτίμηση φυλλοβόλων ώστε να μην εμποδίζεται η επιθυμητή ηλιακή ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλά να παρέχεται η επιθυμητή σκίαση τους καλοκαιρινούς.

## **5. Εκμετάλλευση φωταγωγών**

Οι δύο φωταγωγοί βρίσκονται στους εσωτερικούς διαδρόμους της Πτέρυγας Δ και είναι κατασκευασμένοι από υαλότουβλα, ενώ στο επάνω μέρος διαθέτουν παράθυρα-φεγγίτες. Δεν έχουν αξιοποιηθεί κατάλληλα, καθώς δεν προσφέρουν καθόλου φυσικό φωτισμό και τα παράθυρα τους παραμένουν συνεχώς κλειστά.

Η απόδοσή τους θα μπορούσε να βελτιωθεί με την προσθήκη ανακλαστήρα στην κορυφή τους, ο οποίος να εκτρέπει τις ηλιακές ακτίνες προς τα κάτω επιτρέποντας την είσοδο στο φυσικό φως. Ακόμη, θα μπορούσε να τοποθετηθεί ηλιοστάτης, ο οποίος είναι μια συσκευή που φέρει καθρέπτη και ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας.<sup>[70]</sup>

Ακόμη, προτείνεται η διαμόρφωσή τους ώστε να λειτουργούν ως πύργοι αερισμού με σκοπό τον καλύτερο αερισμό των χώρων και την βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

## **6. Χρήση ανεμιστήρων οροφής**

Προτείνεται όλα τα γραφεία του κτιρίου να εφοδιαστούν με ανεμιστήρες οροφής, οι οποίοι θα βελτιώσουν σημαντικά το αίσθημα θερμικής άνεσης των χρηστών του κτιρίου. Η χρήση τους ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού των χώρων, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, μπορεί να συνεισφέρει στην βελτίωση της θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθειες (περίπου 2-3°C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα.<sup>[40]</sup>

## **7. Βελτίωση του συστήματος εξαερισμού**

Προτείνεται η εφαρμογή περισσότερων εναλλαγών του αέρα στους χώρους του κτιρίου, που θα επιτευχθεί με τη βελτίωση του υπάρχοντος συστήματος εξαερισμού.

### **16.8 Εφαρμογή όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων**

Προκειμένου να εξάγουμε συμπεράσματα για την συνολική εξοικονόμηση ενέργειας μετά από την εφαρμογή όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων, κρίθηκε πιο αποδοτικό να γίνει η διάκριση τριών εναλλακτικών σεναρίων επεμβάσεων, ώστε να γίνει στη συνέχεια η οικονομική ανάλυσή τους και η επιλογή του βέλτιστου.

Και τα τρία σενάρια περιλαμβάνουν την αντικατάσταση των υαλοπινάκων, την προσθήκη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους, την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 και την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού και νυχτερινού δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες.

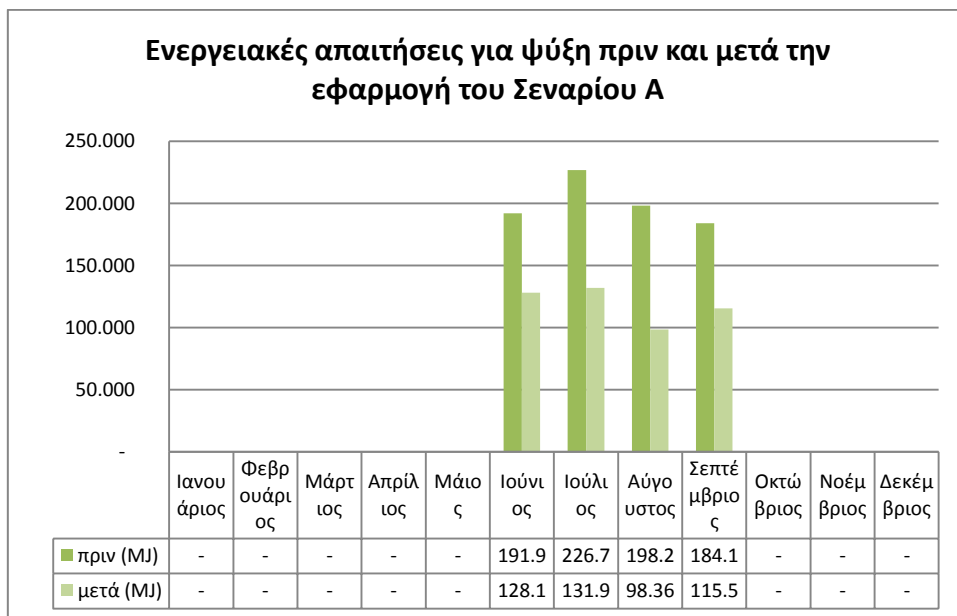
Το Σενάριο Α περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις, συμπεριλαμβανομένου του φυτεμένου δώματος, ενώ το Σενάριο Β περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις με απλή μόνωση του δώματος, αντί της φύτευσης. Τέλος, το Σενάριο Γ περιλαμβάνει την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων χωρίς τη μόνωση και τη φύτευση του δώματος.

#### **16.8.1 Σενάριο Α**

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μηνιαία μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη μετά την προσομοίωση του Σεναρίου Α. Στον Πίνακα 16.12 παρατηρούμε ότι η συνολική μείωση της κατανάλωσης φτάνει τα 495.051MJ και η ετήσια ποσοστιαία μείωση είναι 49,48%.



Εικ. 16.55: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Α



Εικ. 16.56: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Α

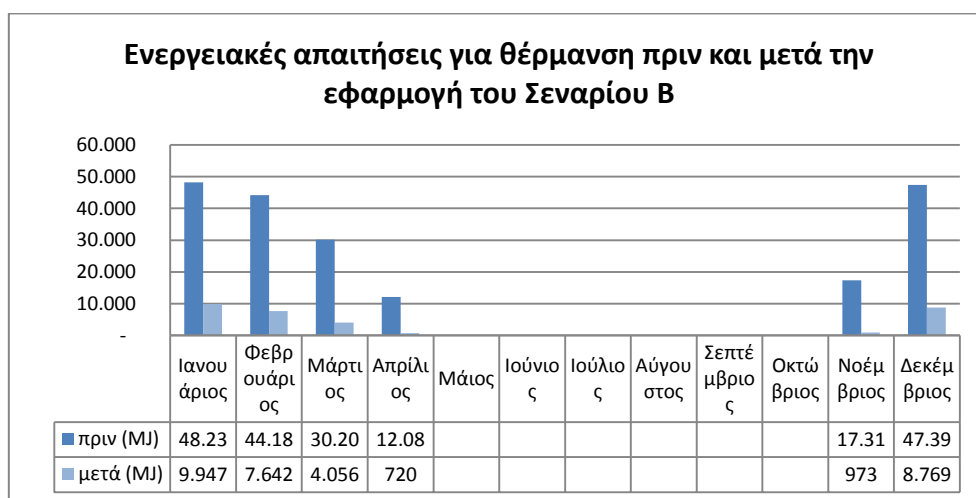


Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Α						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης (MJ)	Μείωση κατανάλωσης
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	48.238	9.847	-	-	38.391	79,59%
Φεβρουάριος	44.187	7.442	-	-	36.745	83,16%
Μάρτιος	30.202	3.906	-	-	26.296	87,07%
Απρίλιος	12.088	629	-	-	11.459	94,79%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	191.965	128.167	63.798	33,23%
Ιούλιος	-	-	226.783	131.998	94.785	41,80%
Αύγουστος	-	-	198.283	98.362	99.921	50,39%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	115.569	68.560	37,23%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	17.314	875	-	-	16.440	94,95%
Δεκέμβριος	47.390	8.734	-	-	38.656	81,57%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>31.433</b>	<b>801.160</b>	<b>474.095</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης (MJ)</b>	<b>167.987</b>		<b>327.065</b>		<b>495.051</b>	<b>49,48%</b>
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>84,24%</b>		<b>40,82%</b>			

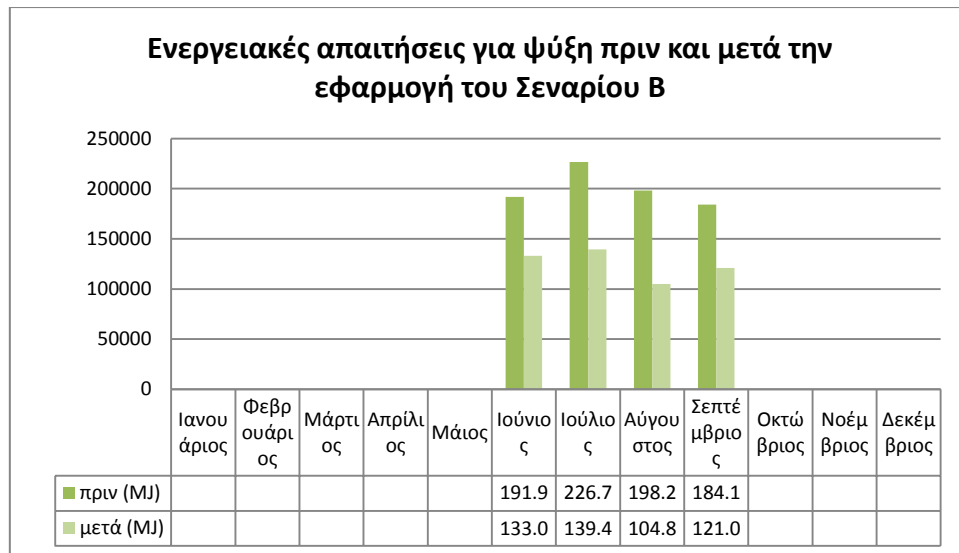
Εικ. 16.57: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Α

## 16.8.2 Σενάριο Β

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μηνιαία μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Β. Στον Πίνακα παρατηρούμε ότι η συνολική μείωση της κατανάλωσης φτάνει τα 469.868MJ και η ετήσια ποσοστιαία μείωση είναι 46,96%.



Εικ. 16.58: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Β



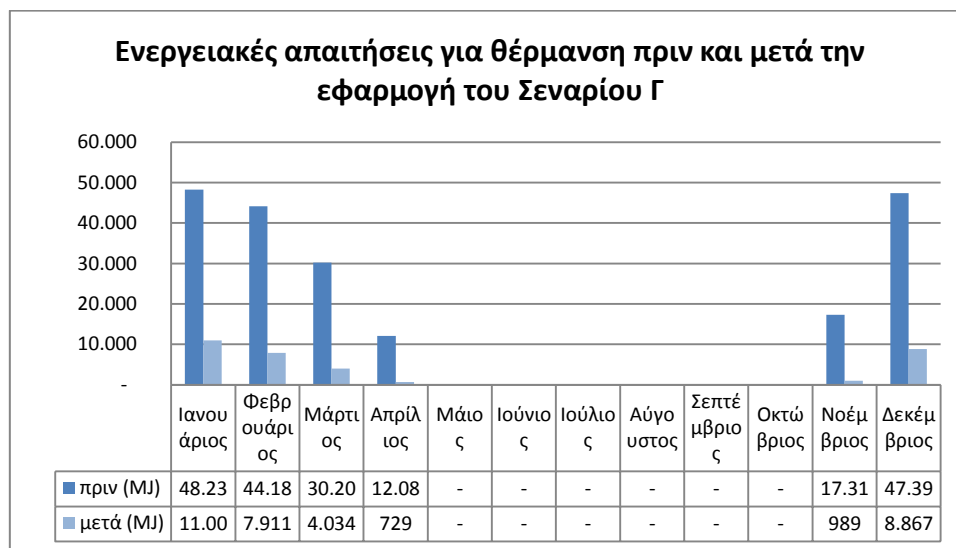
Εικ. 16.59: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Β

Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ						
Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης (MJ)	Μείωση κατανάλωσης
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	48.238	10.105	-	-	38.133	79,05%
Φεβρουάριος	44.187	7.411	-	-	36.776	83,23%
Μάρτιος	30.202	3.814	-	-	26.388	87,37%
Απρίλιος	12.088	609	-	-	11.479	94,96%
Μάιος	-	-	-	-	-	-
Ιούνιος	-	-	191.965	133.348	58.617	30,54%
Ιούλιος	-	-	226.783	139.620	87.163	38,43%
Αύγουστος	-	-	198.283	105.008	93.275	47,04%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	121.100	63.029	34,23%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	-
Νοέμβριος	17.314	949	-	-	16.365	94,52%
Δεκέμβριος	47.390	8.767	-	-	38.623	81,50%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>31.655</b>	<b>801.160</b>	<b>499.076</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης (MJ)</b>	<b>167.765</b>		<b>302.084</b>		<b>469.848</b>	<b>46,96%</b>
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>84,13%</b>		<b>37,71%</b>			

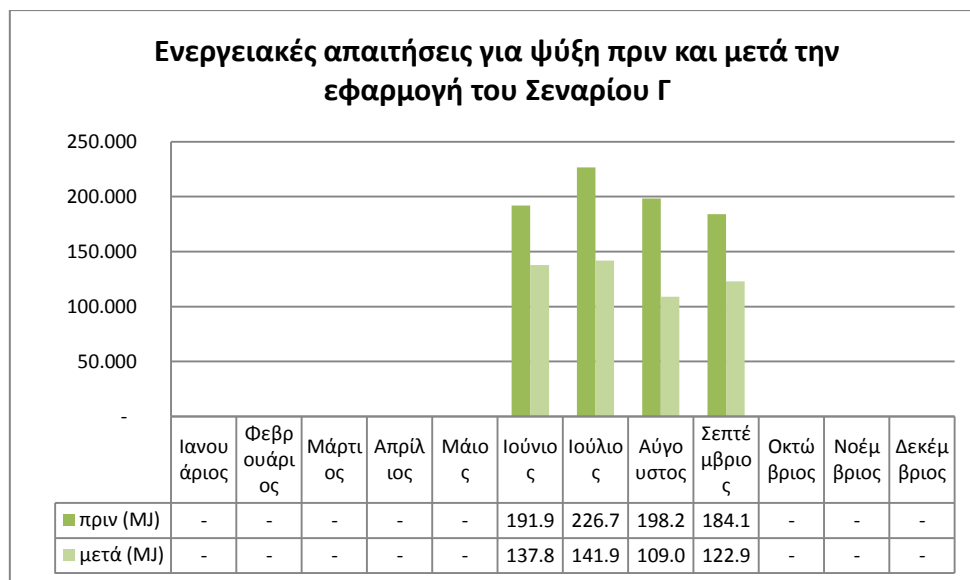
Εικ. 16.60: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Β

### 16.8.3 Σενάριο Γ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μηνιαία μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ. Στον Πίνακα παρατηρούμε ότι η συνολική μείωση της κατανάλωσης φτάνει τα 455.369MJ και η ετήσια ποσοστιαία μείωση είναι 45,51%.



Εικ. 16.61: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ



Εικ. 16.62: Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ

**Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ**

Μήνας	Θέρμανση (MJ)		Ψύξη (MJ)		Μείωση κατανάλωσης (MJ)	Μείωση κατανάλωσης
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά		
Ιανουάριος	48.238	11.005	-	-	37.234	77,19%
Φεβρουάριος	44.187	7.911	-	-	36.276	82,10%
Μάρτιος	30.202	4.034	-	-	26.168	86,64%
Απρίλιος	12.088	729	-	-	11.359	93,97%
Μάιος	-	-	-	-	-	0,00%
Ιούνιος	-	-	191.965	137.848	54.118	28,19%
Ιούλιος	-	-	226.783	141.920	84.863	37,42%
Αύγουστος	-	-	198.283	109.008	89.275	45,02%
Σεπτέμβριος	-	-	184.129	122.900	61.229	33,25%
Οκτώβριος	-	-	-	-	-	0,00%
Νοέμβριος	17.314	989	-	-	16.325	94,29%
Δεκέμβριος	47.390	8.867	-	-	38.522	81,29%
<b>Σύνολο :</b>	<b>199.420</b>	<b>33.536</b>	<b>801.160</b>	<b>511.675</b>		
<b>Μείωση κατανάλωσης (MJ)</b>	<b>165.884</b>		<b>175.485</b>		<b>455.369</b>	<b>45,51%</b>
<b>Μείωση κατανάλωσης</b>	<b>84,24%</b>		<b>40,82%</b>			

*Εικ. 16.63: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ*

## 16.9 Αξιολόγηση των επεμβάσεων

Για να αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των παραπάνω προτεινόμενων επεμβάσεων πρέπει να υπολογιστεί το οικονομικό κέρδος που αντιστοιχεί στις συγκεκριμένες μειώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης και να συγκριθεί με το αντίστοιχο κόστος της κάθε επέμβασης.

Αρχικά, η ενέργεια αυτή που έχει ήδη υπολογιστεί σε MJ μετατρέπεται σε kWh και με βάση την απόδοση της αντίστοιχης συσκευής, υπολογίζεται η πραγματική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Η απόδοση του λέβητα φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται για θέρμανση θεωρείται 90%, ενώ η απόδοση των κλιματιστικών σωμάτων θεωρείται 140%.

Το καύσιμο που καταναλώνεται για θέρμανση είναι το φυσικό αέριο και το καύσιμο που καταναλώνεται για ψύξη είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, η τιμή του φυσικού αερίου για το 2013 είναι 0,080 €/kWh. Επίσης, δεδομένου του ότι το Πολυτεχνείο αποτελεί καταναλωτή μέσης τάσης η

χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος με βάση τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. είναι 0,064 €/kWh.

Για να υπολογιστεί το κόστος της ενέργειας που εξοικονομείται, η πραγματική αντίστοιχη ενέργεια που θα καταναλωνόταν από το λέβητα και τα κλιματιστικά σώματα πολλαπλασιάζεται με το κόστος ανά kWh, που αντιστοιχεί στο φυσικό αέριο και το ηλεκτρικό ρεύμα αντίστοιχα. Στη συνέχεια, το κόστος της κάθε επέμβασης, αλλά και του συνόλου των επεμβάσεων, διαιρείται με το αντίστοιχο ετήσιο κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας, ούτως ώστε να βρεθεί ο χρόνος απόσβεσης.<sup>[27]</sup>

Το αρχικό κόστος λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης-ψύξης ανέρχεται στις 15.097€, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται η ετήσια μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, τα συνολικά κόστη, τα ετήσια κέρδη και ο αντίστοιχος χρόνος απόσβεσης για την κάθε επέμβαση χωριστά, αλλά και συνολικά για το κάθε σενάριο επεμβάσεων.

Αξιολόγηση του συστήματος θέρμανσης-ψύξης				
	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (MJ)	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (KWh)	Πραγματική ετήσια κατανάλωση καυσίμου (KWh)	Ετήσιο κόστος λειτουργίας (€)
<b>Θέρμανση</b>	199.420	55.394	61.549	4.924
<b>Ψύξη</b>	801.160	222.544	158.960	10.173
<b>Σύνολο:</b>	<b>1.000.580</b>	<b>277.939</b>	<b>220.510</b>	<b>15.097</b>

Εικ. 16.64: Αξιολόγηση του συστήματος θέρμανσης-ψύξης

### 16.9.1 Αξιολόγηση για την κάθε επέμβαση

- **Αντικατάσταση των παραθύρων**

Ενδεικτικό κόστος για τα διπλά τζάμια Low-e των 3mm με αέρα στο εσωτερικό θεωρήθηκαν τα 80€/m<sup>2</sup>, ενώ για τα διπλά τζάμια Low-e των 6mm με αργό στο εσωτερικό τα 100€/m<sup>2</sup>. Τα βόρεια παράθυρα καλύπτουν συνολικά επιφάνεια 272,6m<sup>2</sup>, ενώ τα υπόλοιπα καλύπτουν επιφάνεια 788,5m<sup>2</sup>, με αποτέλεσμα το κόστος επέμβασης να είναι 27.260€ και 63.080€ αντίστοιχα. Το συνολικό κόστος της επέμβασης είναι 90.340€. Το κόστος της αντικατάστασης των κουφωμάτων συνυπολογίζεται στο κόστος της αντικατάστασης των παραθύρων.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 52.960kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 3.995€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 23έτη.

- **Προσθήκη εξωτερικής μόνωσης**

Ως ενδεικτικό κόστος της εξωτερικής θερμομόνωσης αυτού του τύπου θεωρούνται τα 40€/m<sup>2</sup>. Η συνολική έκταση των εξωτερικών τοίχων είναι 6.606,59m<sup>2</sup>, συνεπώς το συνολικό κόστος της επέμβασης είναι 264.264€.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 38.861kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 2.718€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 97έτη.

- **Φύτευση της στέγης**

Ως ενδεικτικό κόστος του φυτεμένου δώματος θεωρήθηκαν τα 140€/m<sup>2</sup> και η συνολική επιφάνεια που θα φυτευτεί 2.578,17m<sup>2</sup>. Συνεπώς το συνολικό κόστος της επέμβασης φτάνει τα 360.943,8€.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 10.356kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 534€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 676έτη.

- **Μόνωση της οροφής**

Ως ενδεικτικό κόστος της μόνωσης της οροφής θεωρήθηκαν τα 40€/m<sup>2</sup> και η συνολική επιφάνεια του δώματος στην οποία θα εφαρμοστεί είναι 2.578,17m<sup>2</sup>. Συνεπώς, το συνολικό κόστος της επέμβασης φτάνει τα 103.127€.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 2.664kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 182€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 567έτη.

- **Αξιοποίηση του φυσικού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες**

Η χρήση του φυσικού αερισμού δεν συνοδεύεται από κάποια οικονομική επιβάρυνση, καθώς στην πράξη το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων πραγματοποιείται χειροκίνητα από τους χρήστες της σχολής.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 11.762kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 538€.

- **Εφαρμογή αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες**

Ως ενδεικτικό κόστος της τοποθέτησης του συστήματος αυτοματισμού για τον νυχτερινό δροσισμό θεωρήθηκαν τα 60€ για τον κάθε μηχανισμό. Υπολογίστηκε ότι απαιτούνται περίπου 70 μηχανισμοί, για τους χώρους όπου εφαρμόζεται το σύστημα θέρμανσης και ψύξης, συνεπώς το συνολικό κόστος της επέμβασης φτάνει τα 4.200€.

Πιο συγκεκριμένα, για τις 15 θερμικές ζώνες, μη συμπεριλαμβανομένης της ζώνης του αμφιθεάτρου, απαιτούνται 4 μηχανισμοί ανά εργαστήριο, 1 μηχανισμός ανά γραφείο, 2 μηχανισμοί για το αναγνωστήριο και 5 μηχανισμοί για τις αίθουσες διδασκαλίας. Συνεπώς, για τα 8 εργαστήρια απαιτούνται 32 μηχανισμοί και για τα 31 γραφεία, στα οποία επιλέχθηκε να εφαρμοστεί, απαιτούνται 31 μηχανισμοί. Για τις 3 αίθουσες διδασκαλίας θεωρήθηκε ότι απαιτούνται από 2 μηχανισμοί για τις 2 μεγάλες και 1 μηχανισμός για τη μικρή αίθουσα.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 16.373kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 748€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 6έτη.

- **Τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο**

Το κόστος τοποθέτησης του σκιάστρου εκτιμήθηκε στα 50€/m<sup>2</sup>. Η συνολική επιφάνειά του είναι 27,54m<sup>2</sup>, άρα το συνολικό κόστος τοποθέτησης του σκιάστρου ανέρχεται στα 1.377€.

Παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 1.961kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 66€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 21έτη.

Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν. Στον πίνακα της Εικόνας 16.65 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος της

κάθε επέμβασης και του κάθε σεναρίου επεμβάσεων, ενώ στον Πίνακα της Εικόνας 16.66 το ετήσιο κέρδος και ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επέμβασης. Τέλος, στον Πίνακα της Εικόνας 16.67 παρουσιάζεται η συνολική αξιολόγηση για την κάθε επέμβαση.

Κόστος επέμβασης (€)			
Επεμβάσεις	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Αντικατάσταση των παραθύρων	90.340	90.340	90.340
Προσθήκη εξωτερικής μόνωσης	264.264	264.264	264.264
Φύτευση της στέγης	360.944	-	-
Μόνωση της οροφής	-	103.127	-
Αξιοποίηση του φυσικού αερισμού	-	-	-
Τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο	1.377	1.377	1.377
Αξιοποίηση του νυχτερινού δροσισμού	4.200	4.200	4.200
<b>Σύνολο:</b>	<b>721.125</b>	<b>463.308</b>	<b>360.181</b>

Εικ. 16.65: Κόστος της κάθε επέμβασης για το κάθε σενάριο επεμβάσεων

Αξιολόγηση για κάθε επέμβαση					
Επεμβάσεις		Ετήσια μείωση ενέργειας για (MJ)	Ετήσια μείωση ενέργειας (KWh)	Πραγματική ετήσια μείωση κατανάλωσης καυσίμου (KWh)	Ετήσιο κέρδος (€)
Αντικατάσταση των παραθύρων	Θέρμανση	131.232	36.453	40.504	3.240
	Ψύξη	59.423	16.506	11.790	755
	<b>Σύνολο:</b>	<b>190.655</b>	<b>52.960</b>	<b>52.294</b>	<b>3.995</b>
Προσθήκη εξωτερικής μόνωσης	Θέρμανση	78.503	21.806	24.229	1.938
	Ψύξη	149.398	41.500	29.643	1.897
	<b>Σύνολο:</b>	<b>227.901</b>	<b>63.306</b>	<b>53.872</b>	<b>3.835</b>
Φύτευση της στέγης	Θέρμανση	5.037	1.399	1.555	124
	Ψύξη	32.244	8.957	6.398	409
	<b>Σύνολο:</b>	<b>37.281</b>	<b>10.356</b>	<b>7.952</b>	<b>534</b>
Μόνωση της οροφής	Θέρμανση	5.007	1.391	1.545	124
	Ψύξη	4.582	1.273	909	58
	<b>Σύνολο:</b>	<b>9.589</b>	<b>2.664</b>	<b>2.454</b>	<b>182</b>
Φυσικός αερισμός	Ψύξη	<b>42.344</b>	<b>11.762</b>	<b>8.402</b>	<b>538</b>
Αυτόματο σύστημα νυχτερινού δροσισμού	Ψύξη	<b>58.942</b>	<b>16.373</b>	<b>11.695</b>	<b>748</b>
Σκιάστρο στο νότιο εργαστήριο	Θέρμανση	-1.948	-541	-601	-48
	Ψύξη	9.006	2.502	1.787	114
	<b>Σύνολο:</b>	<b>7.058</b>	<b>1.961</b>	<b>1.186</b>	<b>66</b>

Εικ. 16.66: Υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης για την κάθε επέμβαση



Αξιολόγηση για κάθε επέμβαση			
Επεμβάσεις	Ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης		Χρόνος απόσβεσης (Ετη)
Αντικατάσταση των παραθύρων	Θέρμανση	65,81%	22,61
	Ψύξη	7,42%	
	<b>Σύνολο:</b>	<b>19,05%</b>	
Προσθήκη εξωτερικής μόνωσης	Θέρμανση	39,37%	68,90
	Ψύξη	18,65%	
	<b>Σύνολο:</b>	<b>22,78%</b>	
Φύτευση της στέγης	Θέρμανση	2,53%	676,17
	Ψύξη	4,02%	
	<b>Σύνολο:</b>	<b>3,73%</b>	
Μόνωση της οροφής	Θέρμανση	2,51%	567,21
	Ψύξη	0,57%	
	<b>Σύνολο:</b>	<b>0,96%</b>	
Φυσικός αερισμός	Ψύξη	5,29%	-
Σύστημα νυχτερινού δροσισμού	Ψύξη	7,36%	5,61
Σκίαστρο στο νότιο εργαστήριο	Θέρμανση	-0,98%	20,78
	Ψύξη	1,12%	
	<b>Σύνολο:</b>	<b>0,71%</b>	

Εικ. 16.67: Αξιολόγηση για την κάθε επέμβαση

Παρατηρούμε ότι η αντικατάσταση των παραθύρων, η προσθήκη εξωτερικής μόνωσης και νυχτερινός δροσισμός αποφέρουν μεγάλη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας και ο χρόνος απόσβεσής τους είναι σχετικά αποδεκτός.

Επίσης, η χρήση του φυσικού δροσισμού κατά τις απογευματινές ώρες αποφέρει σημαντική ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης χωρίς να συνοδεύεται από κάποια οικονομική επιβάρυνση, καθώς θα εφαρμόζεται από τους χρήστες.

Η τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 δεν προσφέρει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στο σύνολο του κτιρίου, καθώς αποτελεί μία επέμβαση που εφαρμόζεται σε ένα μικρό μόνο μέρος του. Ωστόσο, ο χρόνος απόσβεσης θεωρείται μικρός και η βελτίωση της θερμικής και οπτικής άνεσης του χώρου είναι σημαντική.

Αντιθέτως, η μόνωση και η φύτευση του δώματος αποτελούν πολύ ακριβές επεμβάσεις με μικρή μείωση της κατανάλωσης και συνεπώς μεγάλο χρόνο απόσβεσης.

Στον πίνακα που ακολουθεί αξιολογείται η αποδοτικότητα της κάθε επέμβασης όσον αφορά τον ενεργειακό και τον οικονομικό παράγοντα.

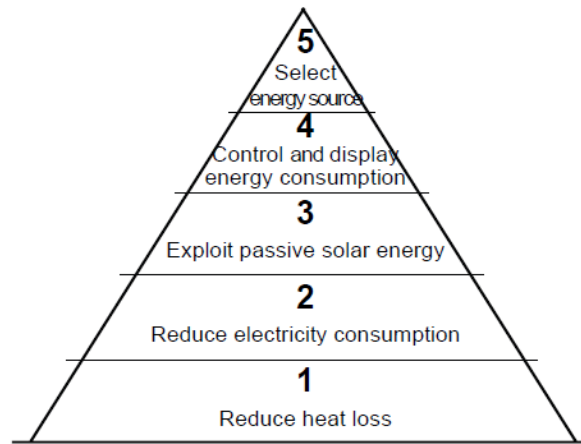
<b>Αποδοτικότητα Επέμβασης (Βαθμός 1-5)</b>		
<b>Είδος Επέμβασης</b>	<b>Ενεργειακή αποδοτικότητα</b>	<b>Οικονομική αποδοτικότητα</b>
Αντικατάσταση των παραθύρων	5	3
Προσθήκη εξωτερικής μόνωσης	5	3
Φύτευση της στέγης	2	1
Φυσικός αερισμός	3	5
Μόνωση της οροφής	1	1
Τοποθέτηση σκιάστρου	1	4
Αυτόματο σύστημα νυχτερινού δροσισμού	4	5
<b>Βαθμολογία : 1=χαμηλή, 5=υψηλή</b>		

*Εικ. 16.68: Αξιολόγηση των επεμβάσεων*

Η αξιολόγηση της κάθε επέμβασης μπορεί να γίνει και κατά προτεραιότητα, με βάση τα 5 βήματα στρατηγικής για την ενεργειακή απόδοση, βάσει στοιχείων του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας<sup>[23]</sup>. Στην Εικόνα 16.69 παρατηρούμε ότι, πρώτα επιδιώκουμε τη μείωση των θερμικών απωλειών και μετά την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που πρέπει να συνοδεύεται με αντίστοιχη μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού για τεχνητό φωτισμό, που δεν εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Ακολούθως, επιδιώκουμε την εκμετάλλευση της παθητικής ηλιακής ενέργειας και στη συνέχεια εφαρμόζουμε τα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου. Τα παραπάνω συνδυάζονται με βελτίωση του συστήματος αυτοματισμού και ελέγχου του συνόλου, έτσι ώστε να υπάρχει ο αποδοτικότερος συνδυασμός εκμετάλλευσης ήπιων και συμβατικών πηγών ενέργειας, όπως π.χ. στο φωτισμό. Τέλος, επιλέγουμε την οικονομικότερη πηγή συμβατικής ενέργειας με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της τελικής κατανάλωσης του συστήματος.

Συνεπώς, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 16.70, αρχικά επιλέγουμε την εξωτερική θερμομόνωση που επιφέρει μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων, για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, κατά 23%, στη συνέχεια την αλλαγή των παραθύρων με 19%, τη μόνωση του δώματος με μείωση των απαιτήσεων στο δώμα 3%, ακολούθως τον φυσικό αερισμό που προσφέρει μείωση των απαιτήσεων για ψύξη 5,3% και τη φύτευση του δώματος με μείωση των απαιτήσεων στο δώμα 12%, στη συνέχεια την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο με μείωση των

απαιτήσεων για ψύξη του εργαστηρίου 9% και τέλος το αυτόματο σύστημα νυχτερινού δροσισμού με μείωση των απαιτήσεων για ψύξη του κτιρίου κατά 7,3%.



Εικ 16.69: Πέντε βήματα στρατηγικής για την ενεργειακή απόδοση [23]



Εικ. 16.70: Πέντε βήματα στρατηγικής για την ενεργειακή απόδοση

### 16.9.2 Αξιολόγηση για το κάθε σενάριο επεμβάσεων

Στον Πίνακα παρουσιάζεται το ετήσιο κέρδος και ο χρόνος απόσβεσης για το κάθε σενάριο επεμβάσεων, ενώ στον Πίνακα παρουσιάζεται η συνολική αξιολόγηση για το κάθε σενάριο.

Για το Σενάριο Α παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη κατά 137.514kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 8.301€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 87έτη, που θεωρείται πολύ μεγάλο διάστημα.

Για το Σενάριο Β παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη κατά 130.549kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 7.975€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 58έτη, που θεωρείται μεγάλο διάστημα.

Για το Σενάριο Γ παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη κατά 126.491kWh ανά έτος και ετήσιο κέρδος 7.772€. Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 46έτη, που θεωρείται ικανοποιητικό διάστημα.

Αξιολόγηση για κάθε σενάριο επεμβάσεων							
Σενάριο	Ετήσια μείωση ενέργειας (MJ)	Ετήσια μείωση ενέργειας (KWh)	Πραγματική ετήσια μείωση κατανάλωσης καυσίμου (KWh)	Ετήσιο κέρδος (€)	Κόστος επέμβασης (€)	Χρόνος απόσβεσης (Ετη)	
Α	Θέρμανση	167.987	46.663	51.848	4.148	721.125	86,87
	Ψύξη	327.065	90.851	64.894	4.153		
	<b>Σύνολο:</b>	<b>495.052</b>	<b>137.514</b>	<b>116.742</b>	<b>8.301</b>		
Β	Θέρμανση	167.765	46.601	51.779	4.142	463.308	58,07
	Ψύξη	302.084	83.912	59.937	3.836		
	<b>Σύνολο:</b>	<b>469.848</b>	<b>130.513</b>	<b>111.716</b>	<b>7.978</b>		
Γ	Θέρμανση	165.884	46.079	51.199	4.096	360.181	46,34
	Ψύξη	289.485	80.412	57.437	3.676		
	<b>Σύνολο:</b>	<b>455.369</b>	<b>126.491</b>	<b>108.636</b>	<b>7.772</b>		

Εικ. 16.71: Υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης για το κάθε σενάριο επεμβάσεων

Αξιολόγηση των Σεναρίων Επεμβάσεων		
	Ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης	Χρόνος απόσβεσης (Ετη)
<b>Σενάριο Α</b>	49%	87
<b>Σενάριο Β</b>	47%	58
<b>Σενάριο Γ</b>	46%	46

Εικ. 16.72: Αξιολόγηση του κάθε Σεναρίου επεμβάσεων

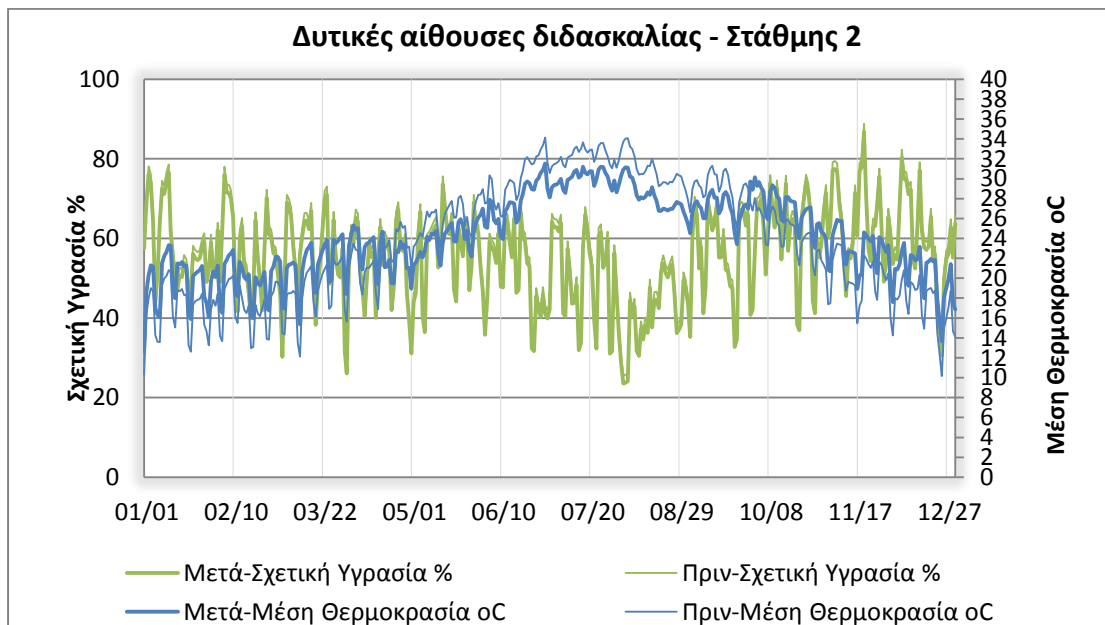
Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι το Σενάριο Γ είναι προτιμότερο των Α και Β, καθώς έχει πολύ μικρότερο χρόνο απόσβεσης με διαφορά 41 χρόνια και 12 χρόνια αντίστοιχα. Ταυτόχρονα, η διαφορά των ενεργειακών κερδών είναι μικρή, καθώς δεν ξεπερνά τις 11.023KWh και το ετήσιο κέρδος τα 529€ σε σχέση με το Σενάριο Α.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης-ψύξης πριν και μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων.

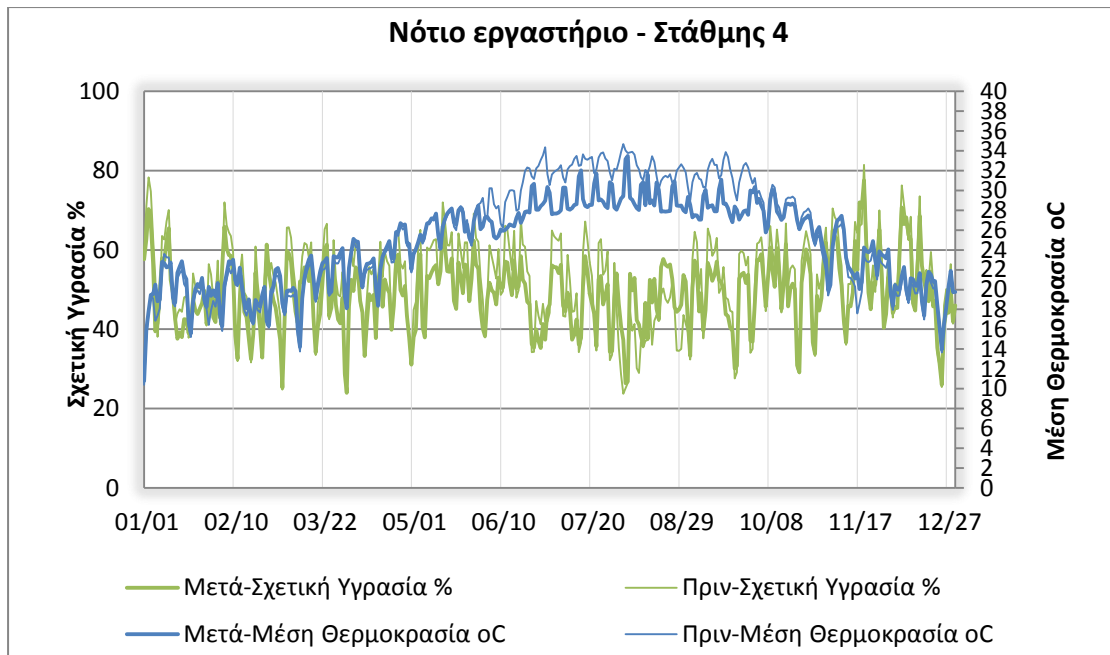
Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος θέρμανσης-ψύξης (€)	
Παρούσα κατάσταση	15.097
Αντικατάσταση των παραθύρων	11.102
Προσθήκη εξωτερικής μόνωσης	11.262
Φύτευση της στέγης	14.563
Μόνωση της οροφής	14.915
Φυσικός αερισμός	14.559
Αυτόματο σύστημα νυχτερινού δροσισμού	14.349
Σκιάστρο στο νότιο εργαστήριο	15.031
Σενάριο Α	6.796
Σενάριο Β	7.119
Σενάριο Γ	7.325

Εικ. 16.73: Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος θέρμανσης-ψύξης

Για την αξιολόγηση των επεμβάσεων εκτός από τον οικονομικό και ενεργειακό παράγοντα, που αποτελούν βέβαια τους πιο σημαντικούς, καλό είναι να λαμβάνονται υπόψη και άλλα στοιχεία όπως είναι η βελτίωση της θερμικής άνεσης. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αλλαγή της μέσης θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας μετά την εφαρμογή του κάθε σεναρίου επεμβάσεων.



Εικ. 16.74: Αλλαγή μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια ενός έτους στις δυτικές αίθουσες διδασκαλίας πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ



Εικ. 16.75: Αλλαγή μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια ενός έτους στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 πριν και μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ

### 16.10 Τελική πρόταση

Μετά από την αξιολόγηση της κάθε επέμβασης ξεχωριστά και των τριών σεναρίων επεμβάσεων που προτάθηκαν, και λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον ενεργειακό όσο και τον οικονομικό παράγοντα, κρίθηκε καταλληλότερο το Σενάριο Γ ως η βέλτιστη λύση για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου. Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει την αλλαγή των υαλοπινάκων και κουφωμάτων των παραθύρων, τη θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων, την τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4, την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού τις απογευματινές ώρες και του νυχτερινού δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες. Από την εφαρμογή του προκύπτει συνολική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κατά 46% και ετήσιο κέρδος κατά 7.772€, ενώ ο χρόνος απόσβεσης ανέρχεται στα 46 χρόνια.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

---

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η μελέτη του μεσαίου τμήματος του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμισή του και τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε μέσω της καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου και των προβλημάτων του μετά από επί τόπου επισκέψεις και με τη χρήση ερωτηματολογίων προς τους χρήστες. Ακόμη, μέσω μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας με τη χρήση θερμοϋγρόμετρων, μετρήσεων φυσικού φωτισμού με τη χρήση φωτόμετρου χειρός, και με την προσομοίωση του τμήματος του κτιρίου με το πρόγραμμα EnergyPlus εξάγαμε συμπεράσματα και προτάθηκαν βελτιωτικές επεμβάσεις. Τέλος, έγινε προσομοίωση των επεμβάσεων και αξιολογήθηκε η οικονομική τους βιωσιμότητα.





## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Σχετικά με τις **συνθήκες θερμικής άνεσης** του κτιρίου, από τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας προέκυψε ότι οι περισσότεροι χώροι δεν βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα, καθώς η θερμοκρασία και η υγρασία καταγράφηκαν εκτός των επιθυμητών ορίων.

Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι το κτίριο δεν διαθέτει θερμομόνωση τόσο στους εξωτερικούς τοίχους όσο και στην οροφή, με το συντελεστή θερμοπερατότητας να είναι πολύ μεγαλύτερος από τον ελάχιστο επιτρεπόμενο σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.

Ακόμη, το κτίριο διαθέτει μεγάλο πλήθος παραθύρων που αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται μεγάλες θερμικές απώλειες το χειμώνα και μεγάλα ανεπιθύμητα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι. Επίσης, πολλά από τα παράθυρα είτε είναι σπασμένα είτε παραμένουν ανοιχτά ακόμη και τους χειμερινούς μήνες δυσχεραίνοντας την κατάσταση.

Επιπρόσθετα, από τα ερωτηματολόγια συμπεραίνουμε ότι μεγάλος αριθμός των χρηστών δεν μπορεί να ελέγξει σε μεγάλο βαθμό την θερμοκρασία και τον αερισμό των χώρων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ανεπιθύμητες συνθήκες θερμικής άνεσης. Επίσης, το σύστημα θέρμανσης σταματά να λειτουργεί στις 12.00, ενώ τα μαθήματα διεξάγονται μέχρι τις απογευματινές ώρες όπου παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, στο χώρο του αμφιθεάτρου και στις αίθουσες διδασκαλίας παρατηρήθηκε υπερβολική ζέστη κατά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, ενώ στα γραφεία χαμηλές θερμοκρασίες το απόγευμα.

Σχετικά με τις **συνθήκες οπτικής άνεσης** του κτιρίου προέκυψε ότι η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι μειωμένη. Πιο συγκεκριμένα, από τις φωτομετρικές καμπύλες, που σχεδιάστηκαν μετά από τις μετρήσεις φυσικού φωτισμού με το φωτόμετρο χειρός, παρατηρήθηκαν χαμηλά επίπεδα οπτικής άνεσης στα γραφεία και τα εργαστήρια, ενώ υπερβολικά επίπεδα φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας και στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4.

Ακόμη, παρατηρήθηκε άσκοπη χρήση του τεχνητού φωτισμού ιδίως στους διαδρόμους στις πτέρυγες Α και Θ, παρά το γεγονός ότι διαθέτουν φυσικό φωτισμό αφού βρίσκονται δίπλα στα αίθρια. Επίσης, στους εσωτερικούς διαδρόμους της πτέρυγας Δ η αξιοποίηση των φωταγωγών για φυσικό φωτισμό είναι ανεπαρκής με αποτέλεσμα τα φώτα να παραμένουν αναμμένα.

Επιπλέον, από τα ερωτηματολόγια διαπιστώθηκε ότι μεγάλο μέρος των χρηστών δε μπορούν να ελέγξουν σε μεγάλο βαθμό τον φωτισμό. Ειδικά στα εργαστήρια παρατηρείται μεγάλη σπατάλη του ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς όλα τα φωτιστικά σώματα ρυθμίζονται από ένα μόνο διακόπτη, παρά τη μεγάλη τους έκταση.

Ωστόσο, και στους χώρους των γραφείων και των εργαστηρίων γίνεται μεγάλη χρήση των φωτιστικών σωμάτων, καθώς τα στόρια διατηρούνται κατεβασμένα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, είτε από προσωπική επιλογή των χρηστών για αποφυγή φαινομένων «θάμβωσης», είτε διότι πολλά από αυτά είναι χαλασμένα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 όπου παρατηρήθηκε έντονα το φαινόμενο της «θάμβωσης», ιδίως τις μεσημεριανές ώρες.

Σχετικά με τις **συνθήκες ακουστικής άνεσης** του κτιρίου μέσω των ερωτηματολογίων παρατηρήθηκε έντονος θόρυβος στο αμφιθέατρο, στο γραφείο και τα εργαστήρια από το σύστημα εξαερισμού. Ακόμη, παρατηρήθηκε θόρυβος από άλλες αιτίες στις αίθουσες διδασκαλίας.

Όσον αφορά την **ποιότητα του εσωτερικού αέρα** στους χώρους του κτιρίου δεν εντοπίστηκε κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα, με εξαίρεση το βόρειο γραφείο της στάθμης 4 όπου ο αέρας χαρακτηρίστηκε βαρύς και ότι μυρίζει έντονα.

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

---

Για τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στο κτίριο και τη μείωση των ενεργειακών του απωλειών προτάθηκε η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των κουφωμάτων των παραθύρων από ενεργειακούς υαλοπίνακες Low-e μειωμένης ανακλαστικότητας, η μόνωση των εξωτερικών τοίχων από πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6cm, η φύτευση και η μόνωση του δώματος, η τοποθέτηση εξωτερικού σταθερού οριζόντιου σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο της στάθμης 4 και η χρήση φυσικού αερισμού κατά τις απογευματινές ώρες και αυτόματου συστήματος νυχτερινού αερισμού, κατά τους θερινούς μήνες.

Μετά από την προσομοίωση των προτάσεων μέσω του προγράμματος προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου κατά 22,78% μετά από την προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους.
- Μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών του κτιρίου λόγω διήθησης κατά 72,84% και 70,11% μετά από την αντικατάσταση των κουφωμάτων των παραθύρων.
- Μείωση των θερμικών κερδών και απωλειών του κτιρίου από τα παράθυρα κατά 41,97% και 74,22% μετά από την αντικατάσταση των κουφωμάτων και των υαλοστασίων των παραθύρων.
- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου κατά 19,05% μετά από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των κουφωμάτων των παραθύρων.
- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη του δώματος κατά 12,02% και στο σύνολο του κτιρίου κατά 3,73% μετά τη φύτευση του δώματος.
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης στο δώμα τους θερινούς μήνες, μείωση της θερμοκρασίας κατά  $3^{\circ}\text{C}$  και αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 3%.

- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη του δώματος κατά 2,73% και στο σύνολο του κτιρίου κατά 0,96%, μετά τη μόνωση του δώματος.
- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου κατά 5,29% μετά την αξιοποίηση του φυσικού αερισμού κατά τις απογευματινές ώρες τους θερινούς μήνες.
- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου κατά 7,36% μετά την εφαρμογή του νυχτερινού δροσισμού τους θερινούς μήνες.
- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη του νότιου εργαστηρίου κατά 8,9% και στο σύνολο του κτιρίου κατά 1,12%, για θέρμανση και ψύξη.
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης στο νότιο εργαστήριο τους θερινούς μήνες, μείωση της θερμοκρασίας κατά 2-5 °C και αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 3%.

Για τη **βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης** στο κτίριο προτάθηκε η αντικατάσταση των περσίδων που δεν λειτουργούν στα εργαστήρια και στα γραφεία και η τοποθέτηση εξωτερικών κινητών κατακόρυφων σκιάστρων στα ανατολικά γραφεία. Ακόμη, η τοποθέτηση αυτόματου συστήματος ελέγχου του τεχνητού φωτισμού του κτιρίου και ειδικά για τους χώρους των εργαστηρίων η τοποθέτηση ξεχωριστών διακοπών για τα φωτιστικά σώματα. Επιπλέον, ο τακτικός καθαρισμός των γυάλινων επιφανειών στα παράθυρα και η τακτική συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων θα βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα του φωτισμού. Επίσης, προτάθηκε η ενίσχυση της απόδοσης των φωταγωγών με την προσθήκη ανακλαστήρα και τη χρήση ηλιοστάτη. Τέλος, προτάθηκε η εξωτερική σκίαση του νότιου εργαστηρίου της στάθμης 4.

Για τη **βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα** στο κτίριο προτάθηκε η βελτίωση του συστήματος εξαερισμού και η εφαρμογή περισσότερων εναλλαγών

αέρα. Ακόμη, η φύτευση δέντρων και φυτών στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου και στα αίθρια, καθώς και η φύτευση του δώματος, θα βελτιώσουν κατά πολύ την ποιότητα του εξωτερικού αέρα γύρω από το κτίριο και συνεπώς και του εσωτερικού μέσω του φυσικού αερισμού των χώρων.

Για τη συνολική αξιολόγηση των προτεινόμενων επεμβάσεων προτάθηκαν τρία εναλλακτικά σενάρια εφαρμογής, το Σενάριο Α που περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις με τη φύτευση του δώματος, το Σενάριο Β που περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις με τη μόνωση του δώματος χωρίς φύτευση, και τέλος το Σενάριο Γ που περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις χωρίς τη μόνωση και τη φύτευση του δώματος.

Μετά την προσομοίωση του κάθε σεναρίου επεμβάσεων μέσω του προγράμματος προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Συνολική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη κατά 49% μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Α.
- Συνολική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη κατά 47% μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Β.
- Συνολική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη κατά 46% μετά την εφαρμογή του Σεναρίου Γ.

Ακολούθησε, η οικονομική ανάλυση της κάθε επέμβασης και των σεναρίων επεμβάσεων, όπου εξάγαμε τα παρακάτω αποτελέσματα για το κόστος, το ετήσιο κέρδος και τον χρόνο απόσβεσης.

- Η εφαρμογή του Σεναρίου Α έχει συνολικό κόστος 721.125€, οδηγεί σε ετήσιο κέρδος 8.301€ και ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 87 χρόνια που θεωρείται πολύ μεγάλος.
- Η εφαρμογή του Σεναρίου Β έχει συνολικό κόστος 463.308€, οδηγεί σε ετήσιο κέρδος 7.975€ και ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 58 χρόνια που θεωρείται αρκετά μεγάλος.

- Η εφαρμογή του Σεναρίου Γ έχει συνολικό κόστος 360.181€, οδηγεί σε ετήσιο κέρδος 7.772€ και ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται στα 46 χρόνια που θεωρείται οικονομικά βιώσιμος.

Συνεπώς, διαπιστώνουμε ότι καταλληλότερο σενάριο εφαρμογής είναι το Σενάριο Γ λόγω του μικρού χρόνου απόσβεσης, λαμβάνοντας υπόψη και τη μικρή διαφορά των ενεργειακών κερδών σε σχέση με τα άλλα σενάρια που έχουν πολύ μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

---

Καταλήξαμε ότι η εφαρμογή της αλλαγής των υαλοπινάκων, της προσθήκης θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους, της αξιοποίησης του φυσικού αερισμού τις απογευματινές ώρες και της χρήσης αυτόματου συστήματος νυχτερινού δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες, και η τοποθέτηση σκιάστρου στο νότιο εργαστήριο αποτελούν οικονομικά βιώσιμες λύσεις και συνεισφέρουν σημαντικά στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, καθώς μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας και τα ετήσια έξοδα για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου. Ελπίζουμε σε μία μελλοντική εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων.





## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ**

---

- [1] Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010.
- [2] Goulding, J.O. Lewis, T.C. Steemers, 1994. 'Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για Αρχιτέκτονες'. Μάλλιαρης - Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- [3] Ανδρεαδάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.
- [4] R. Colombo, A. Landabaso, A. Sevilla, 1994. 'Εγχειρίδιο Σχεδιασμού, Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου'. Κοινό Κέντρο Ερευνών-Ευρωπαϊκή Επιτροπή & Ινστιτούτο Μηχανικής Συστημάτων και Πληροφορικής.
- [5] Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ) & ΥΠΕΧΩΔΕ, Δν/ση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας, 2000. 'Οικολογική δόμηση'. Ελληνικά Γράμματα.
- [6] Κώστας & Θέμης Τσίππρας, 2005. 'Οικολογική Αρχιτεκτονική'. Εκδόσεις Κέδρος
- [7] Σταμάτης Δ. Περδίο, 2006. 'Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών'.
- [8] Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ) & ΥΠΕΧΩΔΕ, Δν/ση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας, 2000. 'Οικολογική δόμηση'. Ελληνικά Γράμματα
- [9] J.R. Goulding, J. L. T. S., 1996. 'Ενέργεια στη Αρχιτεκτονική, Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια'. Μάλλιαρης - Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- [10] Αιμ. Γ. Κορωνάιος Καθηγητής Ε.Μ.Π., Γ. Ι. Πουλάκος Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π., 2005. 'Τεχνικά Υλικά'. Τόμος 2. Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [11] Αιμ. Γ. Κορωνάιος, Γ.-Φοίβος Σαργέντης, 2005. 'Δομικά Υλικά και Οικολογία'.
- [12] Σταμάτης Δ. Περδίο, 2007 'Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια-Αθλητικά κέντρα-Βιομηχανίες-Μεταφορές'. Τόμος Α. Τεχνική Εκδοτική
- [13] Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010.

- [14] Ελένη Ανδρεαδάκη, 2007. 'Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Περιβάλλον και βιωσιμότητα'. University Studio Press A.E.
- [15] Πουλάκος, Γ.Ι. -Κορωναίος, Αιμ. Γ., "Τεχνικά Υλικά Τόμος 1", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
- [16] Τριάντη Ευφροσύνη, Προτάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., 2003, Αθήνα
- [17] Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοικτών Χώρων, Ιούλιος 2011. ΚΑΠΕ cres
- [18] Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων, Υπουργείο Περιβάλλοντος ενέργειας & κλιματικής αλλαγής, Αθήνα, Ιανουάριος 2011
- [19] Ε. ΜΑΘΑΣ, Μέθοδοι Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής, ΚΑΠΕ, CRES
- [20] Σοφία Α. Τόλια. 'Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. – Πτέρυγες Α, Γ'. Αθήνα, Ιούλιος 2012.
- [21] Νιάου Μαρία, Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Λαμπαδαρίου της σχολής των Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. μέσω του Προγράμματος Ecotect, Νοέμβριος 2011, Αθήνα.
- [22] Φελλούρη Γεωργία, Βιοκλιματική Θεώρηση Κτιρίου Βέη, Σχολής Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Νοέμβριος 2010, Αθήνα.
- [23] Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings – BRITA in PuBs (Project n°: TREN/04/FP66EN/S07.31038/ 503135)
- [24] ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ, Μιχάλης Γρ.Βραχόπουλος, Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, 2004
- [25] Κλειώ Ν. Αξαρχή, 2009. 'Γενικές Αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού'.
- [26] Μπανάκα Στεφανία, Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.- Πτέρυγες Β, Δ, Νοέμβριος 2011, Αθήνα.
- [27] Χρυσούλα Λύτρα, Ενεργειακή αναβάθμιση βόρειου τμήματος κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, Αθήνα, Μάρτιος 2013

- [28] Παρασκευή Ν. Εμμανουήλ, Μαρίνα Ν. Κούγια, Ενεργειακή αναβάθμιση νότιου τμήματος κτηρίου Χημικών Μηχανικών Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
- [29] Εμμανουήλ Κακούρης, Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Φυσικής Ε.Μ.Π, στην περιοχή ζωγράφου με Βιοκλιματικά κριτήρια, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
- [30] Κατσέλης Χρήστος, Τεχνικοοικονομική μελέτη για βελτίωση της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με φωτοβολταϊκά στοιχεία, της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 2012, Αθήνα
- [31] Μπάμπαλης Αντώνιος & Παρασκευόπουλος Ματθαίος, Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κτηρίου κλειστού γυμναστηρίου Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου., Ιούνιος 2011, Αθήνα
- [32] Δαμιανού Μαρία & Σπύρου Νίκος, Προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης υπεραγοράς της αλυσίδας καταστημάτων DIA επί της οδού Πανεπιστημίου στην πόλη της Πάτρας, 2010, Πάτρα
- [33] Χριστοδούλου Γεωργία, Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, Αθήνα 2010
- [34] Αδαμοπούλου Ελένη, Επίδραση του συνδυασμού τιμών των κυριότερων παραμέτρων του κτιριακού κελύφους στις συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τους χειμερινούς μήνες, Αθήνα 2013
- [35] Κωνσταντίνα Α.Μπαμπαλή, Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις σε Κτίρια, Αθήνα, Ιούνιος 2011
- [36] Δήμητρα Στεφανακάκη, Φυτεμένες όψεις, Η συμβολή τους στην αναβάθμιση του αστικού τοπίου, Θεσσαλονίκη 2011
- [37] Δούλος Θ. Λάμπρος, Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2010
- [38] Αργυράκη Μαρία, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Ηλιακά Συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, Αθήνα, Ιούλιος 2008
- [39] Καραλίβανος Κωνσταντίνος, Κουτσιαλής Χρήστος, Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός υπάρχοντος κτιρίου γραφείων στην αττική μέσω του λογισμικού EnergyPlus, Αθήνα, Ιούλιος 2013

[40] Πιέτρης Κωνσταντίνος, Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.- Πτέρυγες Α,Θ,Η,Η1

[41] Γιαννουλά Ευαγγελία, Συνολική αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτηριακών υποδομών. Τα πλεονεκτήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, Σεπτέμβριος, 2010

## Ιστοσελίδες

---

[42]<http://users.sch.gr/theoarvani/sxolikanea/sxolikesergasies/sxoleio2008/epas2008.pdf>

[43]<http://www.buildings.gr/greek/lexicon/lexicon.htm>

[44]<http://www.oikosteges.gr/index.php/en/greenroofs/history>

[45]<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/242/1/Ptychiaki25.pdf>

[46][http://www.kontou.gr/PDFs/low\\_tech.pdf](http://www.kontou.gr/PDFs/low_tech.pdf)

[47]<http://dim-stanou.chal.sch.gr/spitia.htm>

[48]<http://www.prooikein.gr/news/81-news.html>

[49]<http://www.tmth.gr/sciencelated/64-arxaia-elliniki-technology/353-arxaia-katoikia-b>

[50]<http://www.monachos.gr/>

[51]<http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=70&catid=55&artid=1530>

[52]<http://www.slideshare.net/elokab/ss-8532294>

[53]<http://epas-amarous.att.sch.gr/daidalosapospasmata.htm>

[54]<http://www.zeroenergybuildings.org/2011/07/normal-0-false-false-false-en-us-x-none.html>

[55][http://www.cres.gr/kape/education/bioclimatic\\_brochure.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/bioclimatic_brochure.pdf)

[56]<http://www.panagoulis.com.gr/?q=fotovoltaika>

[57]<http://www.oikosocial.gr/index.php/2009-05-16-16-51-03/700-2012-10-19-15-24-29>

[58][http://repository.edulll.gr/edulll/bitstream/10795/1497/11/1497\\_01.pdf](http://repository.edulll.gr/edulll/bitstream/10795/1497/11/1497_01.pdf)

[59][http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inegsee.gr%2Fpdx%2Fflight%2520presentation.ppt&ei=1EaLUsnjAoaAhAfDwoDICg&usg=AFQjCNGpXG4mPjHVf\\_pWoBrR1JhJgxIzCw&sig2=L5g7azyXwa\\_5BlfdSQDPxg](http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inegsee.gr%2Fpdx%2Fflight%2520presentation.ppt&ei=1EaLUsnjAoaAhAfDwoDICg&usg=AFQjCNGpXG4mPjHVf_pWoBrR1JhJgxIzCw&sig2=L5g7azyXwa_5BlfdSQDPxg)

[60]<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/NOMOTHESIA/KTIRIOOIKODOMIKOS%20KSNONISMOS/097620FC1F4B1F54E0440003BA2D133C>

[61][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_hlioprostasia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm)

- [62]<http://www.energybooks.com/pdf/919929.pdf>
- [63][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_psixi\\_edafous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm)
- [64][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)
- [65][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_ybridikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm)
- [66][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_exanagkasmenos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exanagkasmenos.htm)
- [67][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_exatmistikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm)
- [68][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_nyxterini\\_aktinobolia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm)
- [69]<http://www.econews.gr/2012/08/06/spef-ektakti-eisfora-fwtovoltaika/>
- [70][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_fotagogoi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_fotagogoi.htm)
- [71]<http://blogs.sch.gr/8lyk-pat/files/2012/07/bioklimatiko.pdf>
- [72][http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)
- [73]<http://oikopress.gr/index.php/2012-09-24-13-16-49/3-2012-09-24-13-26-32>
- [74]<http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/5400/1476.pdf>
- [75][http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/anan\\_piges\\_enegreias/%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](http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/anan_piges_enegreias/%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)
- [76]<http://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>
- [77]<http://www.sunshine-energy.gr/en/node/15>
- [78]<http://lpad.chemeng.ntua.gr/LPAD/images/map-ximikoi.jpg>
- [79]<http://hoa.ntua.gr/timeseries/d/916/>
- [80]<http://www.taringa.net/posts/imagenes/2344184/Roca-tallada.html>

- [81]<http://www.zeroenergybuildings.org/2012/09/12.html>
- [82]<http://www.domical.gr/frames.php?id=28991286100829>
- [83]<http://buildinggreen.gr/articles/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/%CE%BF%CE%B9-%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%AD%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%83%CF%87-2/>
- [84]<http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/katoikies/monwsh-prosopshs>
- [85]<http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/katoikies/monwsh-orofhs>
- [86]<http://www.antemisaris.gr/product.aspx?iid=5021>
- [87]<http://fibrarco.gr/geotextiles.html>
- [88]<http://3otiko.blogspot.gr/search?q=Patrick+Blanc>
- [89]<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
- [90][http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikonomhsh-energeias/stratigikes\\_exoikonomisis/thermiki\\_prostasia/](http://www.ktizontastomellon.gr/index.php/eksoikonomhsh-energeias/stratigikes_exoikonomisis/thermiki_prostasia/)
- [91]<http://www.decobook.gr/texnika-arthra/oikologiki-domisi/983-2012-03-13-18-53-48>
- [92]<http://buildinggreen.gr/articles/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/%CE%B7-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B1-%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD/>







# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ Ε.Μ.Π

### Α. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ώρα:

Ηλικία  Φύλο: Α  Θ

1. Που βρίσκεται το γραφείο σας στο κτίριο;

Όροφος: Ισόγειο  1<sup>ος</sup>  2<sup>ος</sup>  3<sup>ος</sup>  4<sup>ος</sup>

Προσανατολισμός: Βορράς  Νότος  Ανατολή  Δύση

2. Υπάρχει παράθυρο στο χώρο σας; ΝΑΙ  ΟΧΙ

3. Περιπου πόσο μακριά βρίσκεται το γραφείο σας από το κοντινότερο παράθυρο;

Μέτρα:

4. Ανοίγετε συχνά το παράθυρο στο χώρο σας; ΝΑΙ  ΟΧΙ

5. Με πόσους άλλους μοιράζεστε το γραφείο σας; Άτομα

### Β. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΑΣ

1. Πως θα περιγράφατε το επίπεδο θερμικής άνεσης τη στιγμή αυτή;

Κρύο  Δροσερό  Ελαφρώς δροσερό  Ουδέτερο  Μόλις χλιαρό   
χλιαρό  Ζεστό

2. Πως θα βαθμολογούσατε την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο γραφείο σας αυτή τη στιγμή;

Απαράδεκτη  Απόλυτα ικανοποιητική  
Μόλις κάτω από το αποδεκτό όριο | Μόλις αποδεκτή

3. Πως θα περιγράφατε τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου σας αυτή τη στιγμή;

(Τα κουτιά με τονισμένο περίγυρο αντιπροσωπεύουν το ιδανικό σημείο κάθε κλίμακας)

3.α. Θερμοκρασία: Άνετη  Δυσάρεστη

3.β. Κίνηση αέρα: Στάσιμος  Με πολλά ρεύματα

3.γ. Ποιότητα αέρα: Ξηρός  Υγρός

3.δ. Φρέσκος  “Βαρύς”

Άοσμος  Μυρίζει έντονα

3.ε. Φωτισμός: Πολύ σκοτεινά  Πολύ φωτεινά

3.στ. Σταθερός  Με πολλές διακυμάνσεις

3.ζ. Δεν προξενεί θάμπωμα  Προξενεί θάμπωμα

3.η. Ομοιόμορφος  Ανόμοιος

3.θ. Γενικά ικανοποιητικός  Γενικά απαράδεκτος

3.ι. Θόρυβος:

Καθόλου θόρυβος  Υπερβολικός θόρυβος από το συστ. εξαερ.  
από το συστ.εξαερ.

3.κ. Κανένας άλλος θόρυβος  Πολλοί άλλοι θόρυβοι

3.λ. Γενικά ικανοποιητικός  Γενικά μη ικανοποιητικός

## Γ. ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΥ ΣΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Στο γραφείο σας πόσο μπορείτε να ελέγξετε τα παρακάτω;

1. Θερμοκρασία: Καθόλου  Πλήρως

2. Αερισμός: Καθόλου  Πλήρως

3. Φωτισμός: Καθόλου  Πλήρως

4. Πως θα περιγράφατε τις συνθήκες καθαριότητας στο γραφείο σας;

Απαράδεκτες  Ικανοποιητικές

5. Υπάρχουν καπνιστές στο άμεσο εργασιακό σας περιβάλλον; ΝΑΙ  ΟΧΙ

6. Σχολία για αλλά θέματα σχετικά με το εργασιακό σας περιβάλλον

.....  
.....

#### Δ. ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ

1. Έχετε προβλήματα άσθματος; ΝΑΙ  ΟΧΙ

2. Έχετε υποφέρει ποτέ από έκζεμα; ΝΑΙ  ΟΧΙ

3. Έχετε υποφέρει ποτέ από αλλεργίες; ΝΑΙ  ΟΧΙ

4. Είστε καπνιστής; ΝΑΙ  Καπνίζετε σ' αυτό το δωμάτιο; ΝΑΙ  ΟΧΙ

ΟΧΙ  Έχετε καπνίσει κανονικά στο παρελθόν; ΝΑΙ  ΟΧΙ

Όνομα: .....(Προ  
αιρετικά)