



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ)  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΚΤΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ Τ. ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Αθήνα, Ιούνιος 2018



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ)  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΚΤΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**  
**ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ**

**Εξεταστική επιτροπή**

Αναπληρωτής Καθηγητής Ιωάννης Τζουβαδάκης	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου	Εντεταλμένη Καθηγήτρια Ευφροσύνη Τριάντη
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Αθήνα, Ιούνιος 2018

## **Πρόλογος-Ευχαριστίες**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από το γράφοντα κατά τα δύο τελευταία εξάμηνα των μεταπτυχιακών σπουδών του στο Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, από τον Νοέμβριο του 2017 μέχρι και τον Ιούνιο του 2018.

Θεωρώ απαραίτητο να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες και την εκτίμησή μου προς τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και επιβλέποντα της Διπλωματικής μου Εργασίας. Η επιτυχής ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας οφείλεται στην άρτια καθοδήγηση και την ουσιαστική βοήθεια που ο ίδιος προσέφερε, την άψογη συνεργασία και τη συνεχή παρακολούθηση της εργασίας μου καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης, καθώς και στον παρακινητικό ρόλο που ανέλαβε.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ολόκληρο το προσωπικό του 4<sup>ου</sup> Γυμνασίου – Λυκείου Ηλιούπολης για τη συνεργασία τους κατά τις επισκέψεις μου στο σχολείο, καθώς και για την προθυμία τους να μοιραστούν μαζί μου στοιχεία που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, ιδιαίτερη μνεία θα ήθελα να κάνω για την οικογένειά μου. Οι γονείς μου με υποστήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών μου σπουδών, επιτρέποντάς μου να κηρυγώ τα όνειρα και τους στόχους μου. Το ίδιο ισχύει και για τον παππού και τη γιαγιά μου. Τους ευχαριστώ που ήταν εκεί στις εύκολες και τις δύσκολες στιγμές. Χωρίς τη βοήθειά τους, δε θα είχα καταφέρει να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και να κάνω κάτι που πραγματικά αγαπάω.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	x
Abstract .....	xi
1. Εισαγωγή .....	2
1.1 Αντικείμενο της Εργασίας.....	2
1.2 Στόχοι της Εργασίας.....	3
1.3 Μεθοδολογία Εκπόνησης της Εργασίας .....	4
1.4 Συνοπτική δομή της Εργασίας .....	5
2. Ενέργεια και περιβάλλον .....	8
2.1 Ενεργειακό ζήτημα.....	8
2.2 Ο κτιριακός τομέας .....	10
2.3 Θεσμικό πλαίσιο.....	13
3. Η έννοια και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού .....	18
3.1 Προσανατολισμός κτιρίου.....	19
3.2 Σχήμα κτιρίου.....	21
3.3 Προσανατολισμός ανοιγμάτων .....	21
3.4 Ορθή διάταξη των εσωτερικών χώρων .....	22
3.5 Θερμική μάζα.....	23
3.6 Θερμομόνωση .....	24
3.7 Ηλιασμός.....	26
3.8 Σκίαση .....	26
4. Εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).....	30
4.1 Παθητικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης.....	30
4.1.1 Σύστημα άμεσου κέρδους.....	30
4.1.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης .....	31
4.1.3 Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος .....	32

4.1.4	Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης .....	33
4.1.5	Τοιχοποιία με διάφανη μόνωση.....	35
4.2	Συστήματα φυσικού φωτισμού .....	36
4.2.1	Ανοίγματα οροφής.....	36
4.2.2	Αίθρια .....	38
4.2.3	Διαφανής μόνωση.....	38
4.2.4	Ανακλαστικές περσίδες .....	39
4.2.5	Ράφια φωτισμού.....	40
4.2.6	Φωτοσωλήνες (light pipes).....	41
4.3	Παθητικά συστήματα αερισμού και δροσισμού .....	42
4.3.1	Φυσικός αερισμός.....	42
4.3.2	Αερισμός με αεριζόμενο κέλυφος .....	44
4.3.3	Δροσισμός.....	44
4.4	Συστήματα θερμικής προστασίας κτιριακού κελύφους .....	48
4.5	Υλικά κατασκευής.....	49
4.6	Φυτεμένο δώμα .....	50
4.7	Εκμετάλλευση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) .....	51
4.7.1	Φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β).....	52
4.7.2	Γεωθερμία.....	53
4.7.3	Ανεμογεννήτριες (Α/Γ) σε κτίρια .....	54
4.7.4	Τηλεθέρμανση με βιομάζα .....	56
5.	Σχολικά κτίρια και βιοκλιματικός σχεδιασμός .....	58
5.1	Συνθήκες άνεσης .....	58
5.2	Ηλιασμός - Ηλιοπροστασία.....	60
5.3	Φυσικός φωτισμός.....	62
5.4	Φυσικός αερισμός .....	63
5.5	Οικοδομικά υλικά.....	64

5.6 Παραδείγματα βιοκλιματικών σχολείων .....	66
6. Μελέτη περίπτωσης: 4ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ηλιούπολης .....	70
6.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης .....	70
6.2 Στοιχεία του σχολικού κτιρίου .....	72
6.3 Σχεδιασμός του σχολικού κτιρίου με χρήση του λογισμικού Sketch Up .....	74
6.4 Ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού κτιρίου με χρήση του λογισμικού Energy Plus .....	82
6.4.1 Εισαγωγή στο περιβάλλον του Energy Plus .....	82
6.4.2 Κατηγορία Simulation Parameters .....	83
6.4.3 Κατηγορία Location and Climate .....	87
6.4.4 Κατηγορία Schedules .....	92
6.4.5 Κατηγορία Surface Construction Elements .....	112
6.4.6 Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces .....	117
6.4.7 Κατηγορία Internal Gains .....	121
6.4.8 Κατηγορία Zone Airflow .....	127
6.4.9 Κατηγορία HVAC Templates .....	128
6.4.10 Κατηγορία Output Reporting .....	130
6.5 Ανάλυση των αποτελεσμάτων του Energy Plus .....	132
7. Προτάσεις για ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου .....	139
7.1 Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης .....	139
7.2 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων .....	146
7.3 Αντικατάσταση υπάρχοντος φωτισμού με ενεργειακούς λαμπτήρες τεχνολογίας LED .....	150
7.4 Νυχτερινός αερισμός με χρήση εξαεριστήρων .....	154
8. Συμπεράσματα .....	159
Βιβλιογραφία .....	164

**Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1. Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας βάσει των Ευρωπαϊκών Οδηγιών ..	15
Πίνακας 2. Ενδεικτικοί στόχοι ενεργειακής απόδοσης σε εθνικό επίπεδο βάσει της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ .....	16
Πίνακας 3. Παράμετροι επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών χώρων .....	59
Πίνακας 4. Ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες σχολικών χώρων .....	59
Πίνακας 5. Ποιότητα φωτισμού σχολικών χώρων .....	63
Πίνακας 6. Ενδεικτική προτίμηση δομικών υλικών .....	65
Πίνακας 7. Θερμικές ζώνες σχολικού κτιρίου .....	78
Πίνακας 8. Είδος τοποθεσίας εγκατάστασης κτιρίου .....	85
Πίνακας 9. Παράμετροι εξισώσεως του Labs .....	90
Πίνακας 10. Συντελεστής θερμικής διάχυσης διαφόρων τύπων εδαφών .....	91
Πίνακας 11. Τιμές και αποτελέσματα για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας εδάφους ανά μήνα .....	91
Πίνακας 12. Δομικά υλικά επιφανειών σχολικού κτιρίου .....	113
Πίνακας 13. Κατασκευαστικά στοιχεία σχολείου .....	116
Πίνακας 14. Μετάδοση θερμότητας ανά είδος φωτιστικού σώματος .....	124
Πίνακας 15. Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας .....	136
Πίνακας 16. Ιδιότητες υλικών θερμομόνωσης .....	141
Πίνακας 17. Δομικά στοιχεία σχολικού κτιρίου με χρήση θερμομόνωσης .....	142
Πίνακας 18. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την επέμβαση με τη θερμομόνωση .....	145
Πίνακας 19. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την επέμβαση θερμομόνωσης ...	145
Πίνακας 20. Μηνιαία μέση ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια .....	148
Πίνακας 21. Όφελος στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την τοποθέτηση Φ/Β συστήματος .....	149
Πίνακας 22. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την τοποθέτηση Φ/Β συστήματος .....	150
Πίνακας 23. Ενεργειακές καταναλώσεις σε τεχνητό φωτισμό και όφελος μετά την επέμβαση με τους λαμπτήρες LED .....	153
Πίνακας 24. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την επέμβαση με λαμπτήρες LED .....	154
Πίνακας 25. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την επέμβαση με το νυχτερινό αερισμό .....	157
Πίνακας 26. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την επέμβαση με το νυχτερινό αερισμό .....	157
Πίνακας 27. Προτεινόμενες επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου .....	160

**Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1. Εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο.....	9
Εικόνα 2. Κατανομή ρύπων CO <sub>2</sub> ανά τομέα στην Ελλάδα.....	10
Εικόνα 3. Περίοδος κατασκευής κτιρίων στην Ελλάδα .....	11
Εικόνα 4. Προσανατολισμός κτιρίου.....	21
Εικόνα 5. Θερμομόνωση κτιρίου.....	25
Εικόνα 6. Οριζόντιο σκίαστρο .....	28
Εικόνα 7. Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους.....	31
Εικόνα 8. Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης.....	32
Εικόνα 9. Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα υαλοστάσια .....	33
Εικόνα 10. Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου .....	34
Εικόνα 11. Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση .....	35
Εικόνα 12. Διάφοροι τύποι ανοιγμάτων οροφής .....	37
Εικόνα 13. Φυσικό φως σε αίθριο .....	38
Εικόνα 14. Σύστημα διαφανούς μόνωσης .....	39
Εικόνα 15. Σύστημα ανακλαστικών περσίδων .....	40
Εικόνα 16. α) Εξωτερικά ανακλαστικά ράφια, β) ανακλαστικά ράφια εκατέρωθεν του ανοίγματος .....	40
Εικόνα 17. Σύστημα φωτοσωλήνα .....	41
Εικόνα 18. Αερισμός με αεριζόμενο κέλυφος .....	44
Εικόνα 19. Δροσισμός από το έδαφος μέσω υπεδάφιου συστήματος αγωγών .....	45
Εικόνα 20. Γεωθερμικό σύστημα με α) Οριζόντιους εναλλάκτες, β) Κατακόρυφους εναλλάκτες, γ) Γεώτρηση .....	47
Εικόνα 21. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους .....	49
Εικόνα 22. Φυτεμένη οροφή κτιρίου στο Σικάγο των ΗΠΑ .....	51
Εικόνα 23. Εναλλακτικές δυνατότητες ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια.....	53
Εικόνα 24. Χρήση γεωθεμίας σε κτίρια.....	54
Εικόνα 25. Ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους σε κτίρια.....	56
Εικόνα 26. Μορφές ηλιοπροστασίας ανάλογα με τον προσανατολισμό της όψης (όπου α και β η νότια όψη, γ και δ η δυτική όψη, ε και ζ η νοτιοανατολική ή νοτιοδυτική όψη.....	61
Εικόνα 27. α) και β) Βιοκλιματικό σχολικό κτίριο στο Παρίσι.....	67
Εικόνα 28. Βιοκλιματικό σχολικό κτίριο στην Κοζάνη .....	68
Εικόνα 29. Ηλιούπολη Αττικής και τοποθεσία 4 <sup>ου</sup> Γυμνασίου – Λυκείου Ηλιούπολης .....	70
Εικόνα 30. Κάτοψη σχολικού συγκροτήματος.....	72
Εικόνα 31. Νότια όψη σχολικού κτιρίου .....	73
Εικόνα 32. Νότια όψη σχολικού συγκροτήματος.....	74
Εικόνα 33. Εισαγωγή περιβάλλοντος Open Studio .....	75
Εικόνα 34. Σχεδίαση διαφανών και αδιαφανών επιφανειών .....	75
Εικόνα 35. Νότια όψη σχολικού κτιρίου .....	76



Εικόνα 36. Βόρεια όψη σχολικού κτιρίου .....	77
Εικόνα 37. Νοτιοδυτική όψη σχολικού κτιρίου.....	77
Εικόνα 38. Νότια όψη σχολικού κτιρίου με διαχωρισμό των θερμικών του ζωνών ...	79
Εικόνα 39. Βόρεια όψη σχολικού κτιρίου με διαχωρισμό των θερμικών του ζωνών .	79
Εικόνα 40. Νοτιοδυτική όψη σχολικού κτιρίου με διαχωρισμό των θερμικών του ζωνών .....	80
Εικόνα 41. Νότια όψη σχολικού κτιρίου σε X-ray model.....	81
Εικόνα 42. Καρτέλα εισαγωγής δεδομένων του υποπρογράμματος EP-Launch .....	83
Εικόνα 43. Υποκατηγορία Version.....	84
Εικόνα 44. Υποκατηγορία Simulation Control.....	84
Εικόνα 45. Βορράς κτιρίου σε σχέση με τον πραγματικό βορρά .....	85
Εικόνα 46. Μοντέλο ανάκλασης ακτινών ηλίου.....	85
Εικόνα 47. Υποκατηγορία Building .....	86
Εικόνα 48. Υποκατηγορία Timestep.....	87
Εικόνα 49. Υποκατηγορία Site: Location .....	88
Εικόνα 50. Υποκατηγορία Run Period .....	88
Εικόνα 51. Υποκατηγορία Run Period Control: Daylight Saving Time .....	89
Εικόνα 52. Υποκατηγορία Site: Ground Temperature – Building Surface .....	92
Εικόνα 53. Υποκατηγορία Schedule Type Limits .....	93
Εικόνα 54. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – People Density .....	95
Εικόνα 55. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Activity Level .....	96
Εικόνα 56. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Electric Equipment.....	97
Εικόνα 57. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Lights .....	98
Εικόνα 58. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Ventilation and Infiltration .....	99
Εικόνα 59. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Heat and Cooling Systems .....	100
Εικόνα 60. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – People Density.....	101
Εικόνα 61. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Activity Level.....	102
Εικόνα 62. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Electric Equipment.....	103
Εικόνα 63. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Lights.....	103
Εικόνα 64. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Ventilation and Infiltration .....	104
Εικόνα 65. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Heat and Cooling Systems .....	105
Εικόνα 66. Schedule: Year – People Density .....	107
Εικόνα 67. Schedule: Year – Activity Level .....	108
Εικόνα 68. Schedule: Year – Electric Equipment.....	109
Εικόνα 69. Schedule: Year – Lights .....	110
Εικόνα 70. Schedule: Year – Ventilation and Infiltration .....	111
Εικόνα 71. Schedule: Year – Heat and Cooling Systems .....	112
Εικόνα 72. Υποκατηγορία Materials .....	113
Εικόνα 73. Υποκατηγορία Windows Material: Glazing.....	114
Εικόνα 74. Υποκατηγορία Windows Material: Gas .....	115
Εικόνα 75. Υποκατηγορία Construction.....	116
Εικόνα 76. Υποκατηγορία Zone .....	117
Εικόνα 77. Υποκατηγορία Zone List .....	118

Εικόνα 78. Υποκατηγορία Building Surface: Detailed.....	119
Εικόνα 79. Υποκατηγορία Fenestration Surface: Detailed.....	120
Εικόνα 80. Υποκατηγορία Internal Mass.....	121
Εικόνα 81. Υποκατηγορία Internal Gains - People .....	122
Εικόνα 82. Είδη φωτιστικών σωμάτων.....	124
Εικόνα 83. Υποκατηγορία Internal Gains - Lights .....	125
Εικόνα 84. Υποκατηγορία Internal Gains – Electric Equipment.....	126
Εικόνα 85. Υποκατηγορία Zone Infiltration: Design Flow Rate .....	127
Εικόνα 86. Υποκατηγορία Zone Ventilation: Design Flow Rate .....	128
Εικόνα 87. HVAC Template: Thermostat .....	129
Εικόνα 88. HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System .....	130
Εικόνα 89. Υποκατηγορία Output: Variable .....	131
Εικόνα 90. Υποκατηγορία Output: Meter.....	131
Εικόνα 91. Εφαρμογή θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους.....	140
Εικόνα 92. Εφαρμογή θερμομόνωσης στα δώματα.....	141
Εικόνα 93. Εισαγωγή υλικών θερμομόνωσης στην υποκατηγορία Materials.....	142
Εικόνα 94. Αλλαγή των στρώσεων των δομικών στοιχείων στην υποκατηγορία Construction.....	143
Εικόνα 95. Τοποθέτηση συστοιχίας φωτοβολταϊκών για μεγιστοποίηση της απόδοσής τους .....	147
Εικόνα 96. Φωτιστικό οροφής με λαμπτήρες LED .....	151
Εικόνα 97. Αλλαγή καταναλώσεων για τεχνητό φωτισμό στην υποκατηγορία Lights .....	152
Εικόνα 98. Εξαεριστήρες ανοιγμάτων .....	155
Εικόνα 99. Αλλαγή ημερήσιου χρονοδιαγράμματος φυσικού αερισμού στην υποκατηγορία Schedule: Day: Interval.....	156

### **Κατάλογος Διαγραμμάτων**

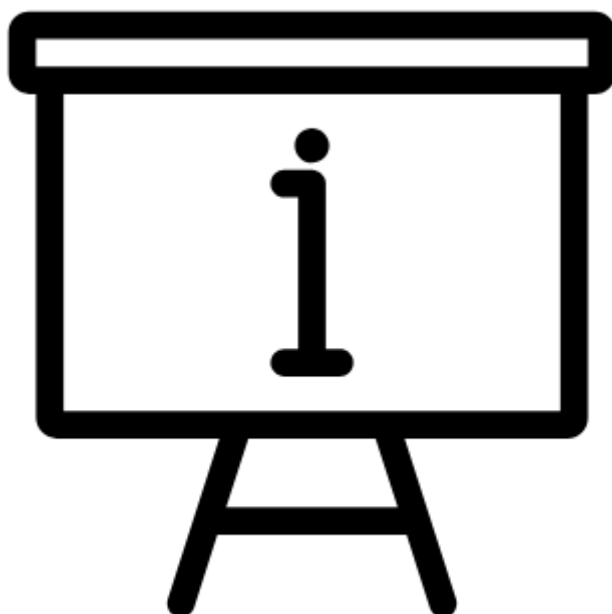
Διάγραμμα 1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικών ζωνών .....	132
Διάγραμμα 2. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση .....	133
Διάγραμμα 3. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό .....	134
Διάγραμμα 4. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικό εξοπλισμό ....	134
Διάγραμμα 5. Αθροιστική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας .....	135
Διάγραμμα 6. Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας .....	136
Διάγραμμα 7. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης 6 πριν και μετά την επέμβαση με τη θερμομόνωση .....	143
Διάγραμμα 8. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την επέμβαση με τη θερμομόνωση .....	144
Διάγραμμα 9. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό πριν και μετά την επέμβαση με τους λαμπτήρες LED .....	153
Διάγραμμα 10. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την επέμβαση του νυχτερινού αερισμού .....	156

## Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται την εφαρμογή μεθόδων βιοκλιματικού σχεδιασμού με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση ενός σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Ηλιούπολης. Στο πρώτο τμήμα της εργασίας θίγεται το ενεργειακό πρόβλημα της σημερινής εποχής και δίνεται έμφαση στον κτιριακό τομέα, ενώ γίνεται και μία αναφορά στο θερμικό πλαίσιο που έχει θεσπιστεί για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Στην συνέχεια ορίζεται η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, καθώς και οι βασικές αρχές που τον χαρακτηρίζουν. Επιπροσθέτως, παρατίθενται διάφορες εφαρμογές του και ειδικότερα μερικά παθητικά ηλιακά συστήματα, παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού και αερισμού και συστήματα φυσικού φωτισμού. Παράλληλα, προσδιορίζονται οι βασικές ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, καθώς και κάποιες χρήσεις τους. Ακολούθως, γίνεται η σύνδεση του βιοκλιματικού σχεδιασμού με τα σχολικά κτίρια και περιγράφονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη της ενεργειακής τους αναβάθμισης, ενώ παρατίθενται και δύο παραδείγματα βιοκλιματικών σχολικών συγκροτημάτων. Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για την περιοχή μελέτης και για το σχολικό κτίριο. Μετέπειτα, ακολουθεί η ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού κτιρίου με χρήση των λογισμικών Sketch Up για τον τρισδιάστατο σχεδιασμό του και του Energy Plus για την εισαγωγή όλων των υπόλοιπων παραμέτρων που επηρεάζουν τις ενεργειακές του καταναλώσεις. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ενεργειακή προσομοίωση σχολιάζονται και στην συνέχεια προτείνονται και αξιολογούνται τέσσερις επεμβάσεις με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου, οι οποίες είναι οι εξής: η εγκατάσταση θερμομόνωσης, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με ενεργειακούς λαμπτήρες LED και η χρήση νυχτερινού αερισμού με εξαεριστήρες. Στο τελευταίο κεφάλαιο εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα από την ανάλυση που προηγήθηκε και υπογραμμίζεται πως η ενεργειακή αναβάθμιση των υπάρχοντων κτιρίων, χρησιμοποιώντας ως τρόπο σκέψης τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, είναι απαραίτητη ώστε να γίνει η μετάβαση σε μια νέα εποχή εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

## Abstract

This master thesis deals with the application of bioclimatic design methods aiming at the energy upgrade of a school building in the area of Ilioupolis. The first part of the thesis raises the issue of the energy problem of the present era and emphasis is placed on the building sector, while a reference is made to the institutional framework that has been put in place to address the problem. Afterwards, the concept of bioclimatic design, as well as the basic principles that characterize it, are defined. In addition, various applications of bioclimatic design are described, and in particular, some passive solar systems, passive natural cooling and ventilation systems and natural lighting systems. At the same time, the basic renewable energy sources, as well as some of their uses, are identified. Thereafter, the bioclimatic design is linked to the school buildings and the ways in which it can help to achieve their energy upgrading are described. Moreover, two examples of bioclimatic school complexes are presented. In the next chapter, some details are presented for the study area and for the school building. Then, the energy simulation of the school building with the use of Sketch Up software for its three-dimensional design and Energy Plus software for the introduction of all the other parameters that affect its energy consumption, follows. The results from the energy simulation are commented on and then four interventions for the energy upgrade of the school building are proposed and evaluated, which are the following: thermal insulation installation, photovoltaic installation, replacement of conventional lamps with LED energy lamps and the use of night ventilation. The last chapter draws the final conclusions from the previous analysis and stresses that the energy upgrading of existing buildings, using bioclimatic design as a way of thinking, is necessary to make the transition to a new era of energy saving in the building sector.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Αντικείμενο της Εργασίας

Το παρόν πόνημα διεισδύει σε ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον ερευνητικό πεδίο : την εφαρμογή μεθόδων βιοκλιματικού σχεδιασμού με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση ενός σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Ηλιούπολης.

Πρόκειται για μια διαδικασία με αρκετές αξιώσεις και προκλήσεις κατά την εφαρμογή της στον κατασκευαστικό τομέα. Σε έναν ιδιαίτερα κατακερματισμένο και ασταθή τομέα της βιομηχανίας, όπως είναι ο κατασκευαστικός, η ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων εμφανίζεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο για την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και για την υψηλή απόδοση σε όρους κόστους.

Παρόλο που ο 21<sup>ος</sup> αιώνας πρόκειται για μία εποχή με καταπληκτικά τεχνολογικά επιτεύγματα και συνεχώς εξελισσόμενα δομικά στοιχεία, τα σύγχρονα ελληνικά σπίτια, στην πλειοψηφία τους, κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο που τα καθιστούν ενεργειακά σπάταλα. Οι συνθήκες της σύγχρονης εποχής επιβάλλουν την εξοικονόμηση ενέργειας με κάθε τρόπο και από οποιοδήποτε μέσο.

Ειδικότερα στο αντικείμενο της παρούσας εργασίας περιλαμβάνονται :

- Η εννοιολογική προσέγγιση του όρου του βιοκλιματικού σχεδιασμού και η παρουσίαση ορισμένων βασικών εφαρμογών του.
- Η ενεργειακή προσομοίωση ενός σχολικού κτιρίου με χρήση των λογισμικών Sketch Up και Energy Plus.
- Η παρουσίαση τεσσάρων επεμβάσεων που μπορούν να οδηγήσουν στην ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου, καθώς και η αξιολόγησή τους.

## 1.2 Στόχοι της Εργασίας

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας έχει τους παρακάτω στόχους:

1. Να αναδείξει το ενεργειακό πρόβλημα στον κτιριακό τομέα, καθώς και το πού οφείλεται αυτό.
2. Να τονίσει την σημασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην κατασκευή κτιρίων και να αναδείξει ορισμένες βασικές εφαρμογές του, ώστε αυτές να αρχίσουν να χρησιμοποιούνται εκτενέστερα.
3. Να καταστήσει σαφή τα χαρακτηριστικά εκείνα που συνθέτουν τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό ενός κτιρίου, καθώς και τις αντίστοιχες ενεργειακές καταναλώσεις που απαιτούνται.
4. Να παρουσιάσει μία πλήρη ενεργειακή μελέτη ενός σχολικού κτιρίου με τη χρήση σύγχρονων λογισμικών.
5. Να προτείνει μέσω βιοκλιματικών μεθόδων την ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου, με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, καθώς και το ενεργειακό και οικονομικό όφελος.
6. Τέλος, να ευαισθητοποιήσει, μέσω της επιλογής για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου της δευτεροβάθμιας βαθμίδας εκπαίδευσης, τα παιδιά από νεαρή ηλικία απέναντι στο περιβάλλον, καθώς η παιδική ηλικία και η μνήμη του παιδιού αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του ανθρώπου, δίνοντάς του τις βάσεις για την μετέπειτα εξέλιξή του.

### 1.3 Μεθοδολογία Εκπόνησης της Εργασίας

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε κατά τα δύο τελευταία εξάμηνα των μεταπτυχιακών σπουδών του συγγραφέα στο Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, από τον Νοέμβριο του 2017 μέχρι και τον Ιούνιο του 2018.

Δημιουργήθηκε ανάλυση μεγάλου αριθμού δημοσιεύσεων, βασισμένων στις λέξεις – κλειδιά : «bioclimatic architecture», «energy modelling», «building simulation», «sustainability assessments», «energy efficiency», «renewable power sources», «zero energy buildings», «eco-friendly materials», «sustainable urban development» και «passive heating and cooling».

Η βιβλιογραφία συγκεντρώθηκε με πλοήγηση σε δικτυακούς τόπους (πχ. Google scholar) και περιλαμβάνει επιστημονικά περιοδικά, βιβλία και Διπλωματικές Εργασίες. Σημαντική ήταν η βοήθεια επιστημονικών βιβλιογραφικών βάσεων δεδομένων που εμπεριέχουν εκδοτικές δικτυακές πύλες (publishing portals), όπως Elevisier, Taylor & Francis και Emerald. Να σημειωθεί ότι οι βιβλιογραφικές πηγές της αρχικής βιβλιογραφίας που συγκεντρώθηκε χρησίμευσαν στην επέκταση της έρευνας και τη συνεχή μελέτη του ερευνητικού πεδίου.

Περαιτέρω, με σκοπό την συγκέντρωση στοιχείων από πραγματικά έργα, καθώς και την επαφή με άτομα που δουλεύουν χρόνια και έχουν εμπειρία στον κατασκευαστικό κλάδο και στον ενεργειακό σχεδιασμό κατασκευών, πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στη ΔΕΗ και πιο συγκεκριμένα στη θυγατρική ΔΕΗ Ανανεώσιμες, όπου συμμετείχα σε πολύωρες συζητήσεις με ομάδες μηχανικών που εξειδικεύονται στον συγκεκριμένο τομέα.

Τέλος, γίνεται εκτεταμένη χρήση των λογισμικών Sketch Up και του plug-in Legacy Open Studio για τον τρισδιάστατο σχεδιασμό του σχολικού κτιρίου και Energy Plus για την ενεργειακή του προσομοίωση.



## 1.4 Συνοπτική δομή της Εργασίας

Η διπλωματική εργασία δομείται σε 8 κεφάλαια. Μετά το εισαγωγικό 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο ακολουθούν τα εξής κεφάλαια :

- **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Ενέργεια και περιβάλλον**

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία παρουσίαση του ενεργειακού ζητήματος της σύγχρονης εποχής, καθώς και στην συμβολή του κτιριακού τομέα στην επιδείνωση της κατάστασης. Επίσης παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

- **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Η έννοια και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού**

Στο κεφάλαιο αυτό, ορίζεται η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού και παρουσιάζονται οι βασικές αρχές που τον χαρακτηρίζουν και έχουν να κάνουν με τον προσανατολισμό του κτιρίου και των ανοιγμάτων, τη μορφή και τη δομή του κτιρίου, την ορθή χωροθέτηση και διάταξη των εσωτερικών του χώρων, κλπ.

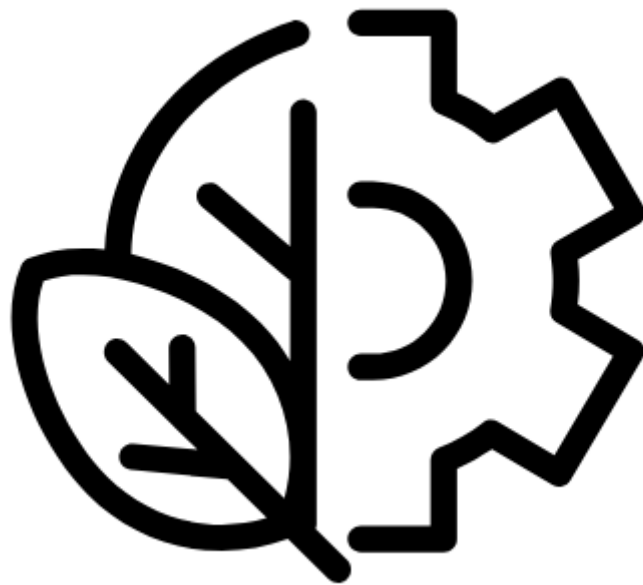
- **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ)**

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε διάφορες εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού με έμφαση στα παθητικά ηλιακά συστήματα, στα παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού και αερισμού και στα συστήματα φυσικού φωτισμού. Παράλληλα, παρουσιάζονται οι βασικές ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και κάποιες εφαρμογές τους στον κτιριακό τομέα.

- **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> Σχολικά κτίρια και βιοκλιματικός σχεδιασμός**

Αφού παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές και ορισμένες εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η σύνδεσή του με τα σχολικά κτίρια και πώς μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη της ενεργειακής τους αναβάθμισης, ενώ παρατίθενται και δύο παραδείγματα βιοκλιματικών σχολικών συγκροτημάτων.

- **Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> Μελέτη περίπτωσης: 4<sup>ο</sup> Γυμνάσιο – Λύκειο Ηλιούπολης**  
Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για την περιοχή μελέτης και το σχολικό κτίριο και στην συνέχεια γίνεται η ενεργειακή του προσομοίωση με χρήση των λογισμικών Sketch Up και Energy Plus. Επίσης σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.
- **Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> Προτάσεις για ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου**  
Αφού έγινε η ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού κτιρίου, στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται και αξιολογούνται τέσσερις επεμβάσεις που μπορούν να συντελέσουν στην ενεργειακή του αναβάθμιση.
- **Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> Συμπεράσματα**  
Το παρόν κεφάλαιο συμπεριλαμβάνει τα πορίσματα της ανάλυσης που έγινε στη Διπλωματική, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση από μελλοντικούς ερευνητές.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## 2. Ενέργεια και περιβάλλον

### 2.1 Ενεργειακό ζήτημα

Η ενέργεια είναι απολύτως απαραίτητη για την ίδια τη ζωή, αλλά και για όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την επίτευξη των αναπτυξιακών σχημάτων που η ανθρωπότητα επεξεργάζεται για να καλυτερεύσει τις συνθήκες διαβίωσης, να κατακτήσει την πρόοδο και την ευημερία και να βελτιώσει την ποιότητα ζωής. Η ανθρώπινη ιστορία λοιπόν, σημαδεύεται από μια ολοένα αυξανόμενη ανακάλυψη και χρήση ενεργειακών πόρων και ανακάλυψη τεχνολογιών για την εκμετάλλευση της ενέργειας.

Μέχρι το 19<sup>ο</sup> αιώνα ο άνθρωπος κάλυπτε τις ενεργειακές του ανάγκες με τη χρήση, κατά ένα μεγάλο μέρος, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική (ανεμόμυλοι), η υδραυλική (νερόμυλοι) κλπ. Με τη βιομηχανική επανάσταση όμως, τα ορυκτά καύσιμα (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) έγιναν οι πρωτεύουσες πηγές ενέργειας για την ανθρώπινη κοινωνία και οικονομία. Πλέον, οι ενεργειακές ανάγκες δεν καλύπτονται από πόρους που υπάρχουν ελεύθερα διαθέσιμοι σε κάθε χώρα, αλλά από πόρους που ανθούσαν σε μια μειοψηφία χωρών, ενώ οι υπόλοιπες έπρεπε να κάνουν εισαγωγή. (Λαζαρίδης, 2009)

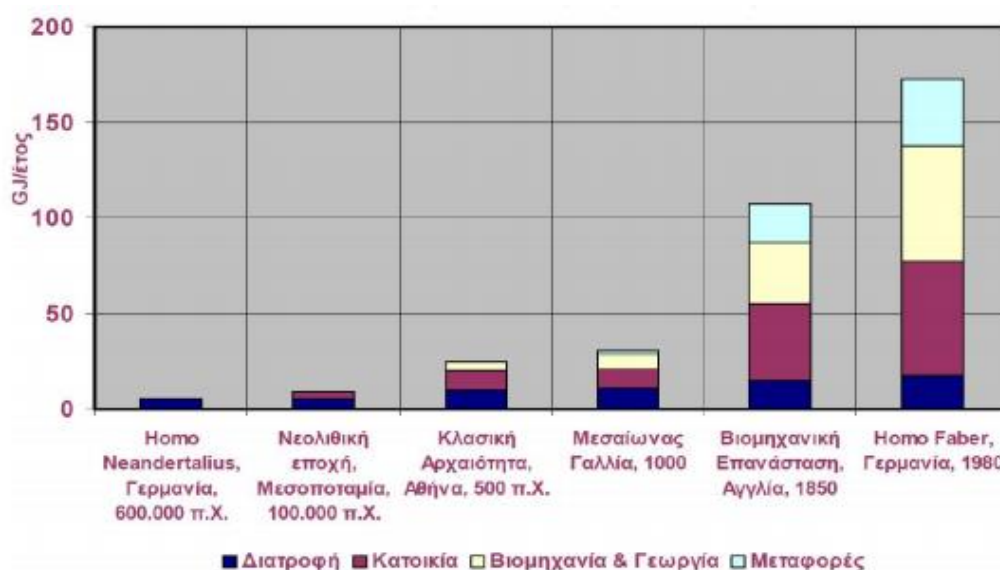
Δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) απελευθερώνονται κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων, καθώς και άλλων αερίων, όπως το μεθάνιο, αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις επρχόμενες δεκαετίες. Το διοξείδιο του άνθρακα ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από την καύση ορυκτών καυσίμων σε εφαρμογές που συνδέονται κατά κύριο λόγο με τα κτίρια, τις μεταφορές και τις βιομηχανικές δραστηριότητες ενώ το μεθάνιο προέρχεται από διάφορα οργανικά απόβλητα και την κτηνοτροφία.

Η Ευρώπη συμβάλει κατά 14% στο σύνολο των ετήσιων εκπομπών CO<sub>2</sub>, η Ασία κατά 25% και η Βόρεια Αμερική κατά 29%. Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub>, το οποίο είναι το κατεξοχήν υπεύθυνο αέριο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, προέρχονται κατά 94% από τον ευρύτερο ενεργειακό τομέα (πρωτογενή παραγωγή). Τα ορυκτά καύσιμα

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

θεωρούνται ότι συμβάλλουν δραματικά στις εκπομπές, ενώ μόνο η κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου συμβάλει κατά 50% στις ετήσιες συνολικές εκπομπές του CO<sub>2</sub> στην Ευρωπαϊκή Ένωση. (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα, ΚΑΠΕ).

Καθώς οι ενεργειακές ανάγκες πολλαπλασιάζονται, προκύπτουν διάφορα θέματα. Τα κύρια συνεισφέρουν αρνητικά στην εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτού πλούτου, στις ολοένα και δυσμενέστερες επιπτώσεις που έχει η χρήση ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον και στις έντονες διακυμάνσεις των τιμών των ορυκτών καυσίμων, καθώς και στην ανάγκη μείωσης της οικονομικής και πολιτικής εξάρτησης των χωρών καταναλωτών από τις προμηθεύτριες χώρες. Το σύγχρονο παγκόσμιο ενεργειακό ζήτημα έχει αναχθεί σε πηγή σημαντικών γεωπολιτικών προβλημάτων, χρόνιας οικονομικής αστάθειας, ανησυχητικής περιβαλλοντικής ρύπανσης και σοβαρών κοινωνικών ανισοτήτων.



Εικόνα 1. Εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας ανά άτομο  
Πηγή: Καρβούνης, 2014

Η προβλεπόμενη εξέλιξη της σημερινής ενεργειακής πολιτικής στα προσεχή έτη θα εντείνει την ανάγκη απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, γι' αυτό άλλωστε και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν την εναλλακτική λύση στο ενεργειακό και περιβαλλοντικό πρόβλημα. Πολλές χώρες επενδύουν πλέον στην ανάπτυξη, τη διάδοση και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών που θα αξιοποιήσουν στο μέγιστο βαθμό τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πρόκειται ουσιαστικά για ήπιες μορφές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα και η ενέργεια από τη θάλασσα, οι οποίες προέρχονται από τη φύση, είναι ανεξάντλητες και έχουν πλήρη αρμονία με το περιβάλλον (Καραβασίλη – Χονδρού, 1999).

## 2.2 Ο κτιριακός τομέας

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει δραματική υποβάθμιση του περιβάλλοντος με την αυξανόμενη χρήση υλικών και συσκευών εχθρικών προς το περιβάλλον, τα οποία έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Τα παραπάνω στοιχεία δημιουργούν ένα πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης αυτών των προβλημάτων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων θα πρέπει να συνδεθεί με τα περιβαλλοντικά προβλήματα και θα πρέπει να μελετάται ως μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στο χώρο του κτιρίου, καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον.

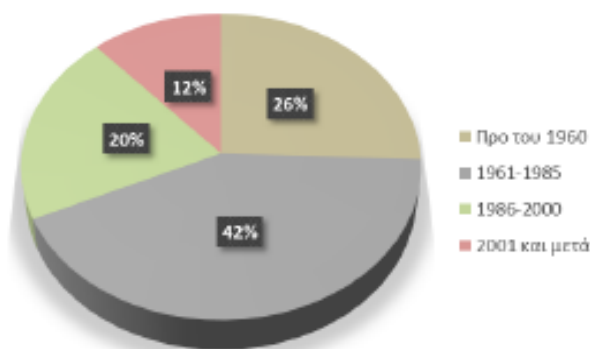
Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), το σημαντικότερο κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης (40%) οφείλεται στον κτιριακό τομέα. Στην Ελλάδα αυτό το ποσοστό είναι περίπου 42% και τα κτίρια ευθύνονται για πάνω από το 45% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων, κατέχει το σημαντικότερο τμήμα των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων με ποσοστό 61%, ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%). (Καρράς, 2016)

Τελική χρήση	1990	1995	2000	2005	2010 *	2015 *	2020 *
<b>Κτιριακός τομέας</b>	<b>34%</b>	<b>37%</b>	<b>41%</b>	<b>44%</b>	<b>42%</b>	<b>43%</b>	<b>44%</b>
<b>Μεταφορές</b>	<b>19%</b>	<b>21%</b>	<b>20%</b>	<b>21%</b>	<b>20%</b>	<b>21%</b>	<b>22%</b>
<b>Βιομηχανία</b>	<b>39%</b>	<b>34%</b>	<b>31%</b>	<b>28%</b>	<b>31%</b>	<b>29%</b>	<b>27%</b>
<b>Λοιπές χρήσεις</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>

Εικόνα 2. Κατανομή ρύπων CO<sub>2</sub> ανά τομέα στην Ελλάδα  
Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2011

Η Ελλάδα διαθέτει ένα σημαντικό κτιριακό απόθεμα, το οποίο, βάσει της απογραφής της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής το 2011, ανέρχεται σε 4.105.637 κτίρια, με σχεδόν

το 60% αυτών να έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980, γεγονός που καταδεικνύει ότι σε ένα μεγάλο ποσοστό του κτιριακού αποθέματος δεν έχει εφαρμοστεί σχεδόν κανένα σύστημα θερμομόνωσης. Σε αυτό έρχεται να προστεθεί και η εισχώρηση του κλιματισμού τα τελευταία χρόνια στα κτίρια, αυξάνοντας κατά πολύ την ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού αποθέματος (Σανταμούρης, 2011).



Εικόνα 3. Περίοδος κατασκευής κτιρίων στην Ελλάδα  
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2011

Συγκεκριμένα, η ενεργειακή κατανάλωση των δημόσιων κτιρίων ποικίλλει, λόγω των ιδιαίτερων λειτουργικών αναγκών τους, με ιδιαίτερη περίπτωση αυτή των σχολικών κτιρίων, όπου η περίοδος λειτουργίας τους διαφέρει αρκετά από τα υπόλοιπα δημόσια κτίρια. Στην Ελλάδα υπάρχουν πάνω από 15.000 δημόσια σχολικά κτίρια όλων των βαθμίδων, τα οποία εξυπηρετούν περισσότερους από 1.600.000 μαθητές. Η ετήσια κατανάλωση των σχολικών αυτών κτιρίων, ανέρχεται περίπου σε 270.000 MWH, ποσό όπως που ουσιαστικά δεν καλύπτει τις πραγματικές ενεργειακές ανάγκες, αφού είναι αρκετές οι περιπτώσεις όπου δεν επικρατούν οι βασικές συνθήκες άνεσης. Αυτό οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπου παρατηρείται το φαινόμενο του ψύχους κατά τους χειμερινούς μήνες και της ζέστης κατά τους θερινούς, τόσο από τους μαθητές, όσο και από τους διδάσκοντες. Σε αυτό το γεγονός έρχονται να προστεθούν οι δυσμενείς συνθήκες φωτισμού που επικρατούν στους εσωτερικούς χώρους των σχολικών κτιρίων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς και η παλαιότητα κατασκευής τους, αφού διακρίνονται από έλλειψη συστημάτων θερμοπροστασίας, όπως μόνωση, διπλοί υαλοπίνακες κλπ., καθιστώντας τα αρκετά ενεργοβόρα (Ο.Σ.Κ. – β, 2008).

Επομένως, η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια είναι ιδιαίτερα εμφανής και η λήψη μέτρων για τον περιορισμό των θερμικών, ηλεκτρικών, ψυκτικών ή άλλων

ενεργειακών αναγκών τους είναι επιβεβλημένη, όπως και ο φιλικός και λειτουργικός σχεδιασμός των νέων κτιρίων ως προς το περιβάλλον με βάση την βιοκλιματική αρχιτεκτονική και την εφαρμογή συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Παράλληλα, τα οφέλη από την εφαρμογή στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας είναι και οικονομικά διότι μειώνονται τα λειτουργικά έξοδα του κτιρίου.

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και ιδιαίτερα της πρωτογενούς θα συμβάλει στη μείωση της ενέργειας στην συνολική ενεργειακή αλυσίδα και την αύξηση της αιεφορίας των κτιρίων. Η επένδυση στην ενεργειακή απόδοση είναι απαραίτητη καθώς τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη θα υπερκαλύψουν το αρχικό κόστος επένδυσης. Ο κτιριακός τομέας είναι μεγάλος, τόσο όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας, αλλά και όσον αφορά στον αριθμό και στο είδος των κτιρίων. Προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στα κτίρια, πρέπει να εφαρμοστούν διάφορα μέτρα για την αύξηση της ενεργειακής τους απόδοσης.

Τα μέτρα αυτά μπορούν να χωρισθούν σε κατηγορίες, όπως εκείνα που σχετίζονται με το κτιριακό κέλυφος, τα ενεργειακά συστήματα που παρέχουν θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό, οι ηλεκτρικές συσκευές και τα συστήματα φωτισμού. Επίσης, υπάρχουν ενεργειακά συστήματα που μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όπως οι μονάδες συμπαραγωγής και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η βιομάζα, η αιολική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια.

Φυσικά, πρωταρχικό ρόλο παίζει η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου με βάση τα δομικά στοιχεία του (παθητικά συστήματα). Γι' αυτό στα ήδη υπάρχοντα κτίρια που δεν πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις, θα πρέπει πρώτα να γίνουν βελτιώσεις στα δομικά στοιχεία του κτιρίου και έπειτα να τοποθετηθούν συστήματα παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η τοποθεσία του κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας, καθώς σε κάθε τοποθεσία επικρατούν διαφορετικές καιρικές συνθήκες (μικροκλίμα περιοχής).



### 2.3 Θεσμικό πλαίσιο

Η ανάγκη για μείωση των προαναφερθέντων φαινομένων, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οδήγησε στη δημιουργία του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Το Πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από τη Σύμβαση – Πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές που είχε υπογραφεί στη διάσκεψη του Ρίο Ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση αυτή, κάνοντάς την νόμο του κράτους το 1994.

Μια χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε μειώνοντας τις εκπομπές, είτε εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους «ευέλικτους μηχανισμούς» που διαθέτει το πρωτόκολλο. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

- Εμπορία εκπομπών: μια βιομηχανικά ανεπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της πέραν των αρχικών που προβλέπει το Πρωτόκολλο μπορεί να «πουλήσει» αυτήν την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.
- Δημιουργία ενός «Μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης»: ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές τεχνολογίες για να μειθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι μια βιομηχανικά ανεπτυγμένη χώρα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και φθηνότερη.

Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8%, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, θέσπισε το 2009 μια ολοκληρωμένη πολιτική για την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή με φιλόδοξους στόχους έως το 2020, όπως:

- 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ,
- 20% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση 4% σε όλους τους τομείς σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Με το Ν.2851/2010, η Ελλάδα προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης – ψύξης και 0% στις μεταφορές (ΥΠΕΚΑ, 2009). Έως σήμερα έχει επιτευχθεί μόλις το 60% αυτού του στόχου, ενώ επιτεύχθηκε λιγότερο από το 80% του ενδιάμεσου στόχου που προβλεπόταν για το 2014.

Το 2010, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε ακόμη μια Οδηγία, την 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, έχοντας ως βασικό στόχο την επίτευξη πιο μακροπρόθεσμων στόχων, δηλαδή των κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση ενέργειας. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι:

- Έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και
- Μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίες τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές η Ευρωπαϊκή Κοινότητα λαμβάνει συνεχώς αρκετές νομοθετικές ρυθμίσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη, τις οποίες η ελληνική πλευρά προσπαθεί να εναρμονίσει με το εθνικό της δίκαιο. Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας της αντίστοιχης αυτής εναρμόνισης, έτσι ώστε να κατανοηθεί καλύτερα το πολύπλοκο θεσμικό πλαίσιο.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

*Πίνακας 1. Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας βάσει των Ευρωπαϊκών Οδηγιών  
Πηγή: ΚΑΠΕ, 2016*

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
	<p style="text-align: center;"><b>ΦΕΚ 362Δ/04.07.1979:</b> Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων <b>ΦΕΚ 880B/19.08.1998:</b> <u>ΚΥΑ 21475/4707</u> «Περιορισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub> με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων»</p>
<p style="text-align: center;"><b>Οδηγία 2002/91</b> για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων</p>	<p style="text-align: center;"><b>ΦΕΚ 89A/19.05.2008:</b> <u>Νόμος 3661/2008</u> «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» <b>ΦΕΚ 85A/04.06.2010:</b> <u>Νόμος 3851/2010</u> «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» <b>ΦΕΚ 407B/09.04.2010:</b> <u>ΥΑ Δ6/Β/οικ. 5825</u> «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» <b>ΦΕΚ 177A/06.10.2010:</b> <u>ΠΔ 100/2010</u> «Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»</p>
<p style="text-align: center;"><b>Οδηγία 2006/32</b> για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες</p>	<p style="text-align: center;"><b>ΦΕΚ 1122B/17.06.2008:</b> <u>ΥΑ Δ6/Β/14826</u> «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα» <b>Υπουργείο Ανάπτυξης 2008:</b> 1<sup>ο</sup> Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ) <b>ΦΕΚ 95A/23.06.2010:</b> <u>Νόμος 3855/2010</u> «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις» <b>ΦΕΚ 1228B/14.06.2011:</b> Επιχειρήσεις Ενεργειακών Υπηρεσιών (ESCOs). Λειτουργία, Μητρώο, Κώδικας Δεοντολογίας και συναφείς διατάξεις <b>ΥΠΕΚΑ 2011:</b> 2<sup>ο</sup> ΕΣΔΕΑ</p>
<p style="text-align: center;"><b>Οδηγία 2010/31</b> για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων</p>	<p style="text-align: center;"><b>ΦΕΚ 42A/19.02.2013:</b> <u>Νόμος 4122/2013</u> «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις»</p>
<p style="text-align: center;"><b>Οδηγία 2012/27</b> για την ενεργειακή αποδοτικότητα</p>	<p style="text-align: center;"><b>ΦΕΚ 143A/09.11.2015:</b> <u>Νόμος 4342/2015</u> «Συνταξιοδοτικές ρυθμίσεις, ενσωμάτωση στο Ελληνικό Δίκαιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012 «Για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των Οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ», όπως τροποποιήθηκε από την Οδηγία 2013/12/ΕΕ του Συμβουλίου της 13ης Μαΐου 2013 «Για την προσαρμογή της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση, λόγω της προσχώρησης της Δημοκρατίας της Κροατίας» και άλλες διατάξεις»</p>

Στο πλαίσιο της τελευταίας Οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή αποδοτικότητα, τίθεται η επίτευξη ορισμένων εθνικών στόχων, όπως η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας να φτάσει τα 18,4 Mtoe<sup>1</sup> το 2020 κλπ., στοιχεία που δίνονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα.

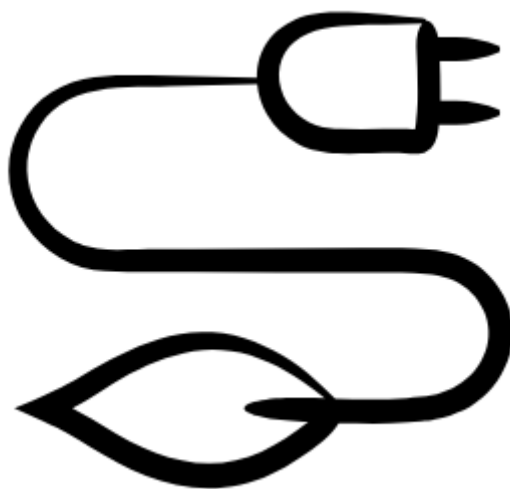
<sup>1</sup>Mtoe: Million Tonnes of Oil Equivalent (Εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου)

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

*Πίνακας 2. Ενδεικτικοί στόχοι ενεργειακής απόδοσης σε εθνικό επίπεδο βάσει της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ  
Πηγή: ΚΑΠΕ, 2016*

	ΕΤΟΣ			
	2007	2009	2011	ΣΤΟΧΟΣ 2020
Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας (Mtoe)	31,5	30,5	27,8	<b>25,4</b>
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (Mtoe)	30,7	29,6	26,9	<b>24,7</b>
Συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας (Mtoe)	22,1	20,5	18,9	<b>18,4</b>
Ενεργειακή ένταση πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας (koe/€)	0,137	0,128	0,129	<b>0,109</b>
Ενεργειακή ένταση τελικής κατανάλωσης ενέργειας (koe/€)	0,099	0,089	0,091	<b>0,081</b>

Τα παραπάνω στοιχεία καθιστούν επιτακτική την ανάγκη επανασχεδιασμού του κτιριακού τομέα της Ελλάδας, με βάση τα βιοκλιματικά κριτήρια, με έμφαση στα δημόσια κτίρια, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη ενεργειακή αναβάθμιση. Σύμφωνα με την πρόσφατη πρόταση και στόχο της ΕΕ για χρήση ΑΠΕ σε ποσοστό 20% το 2020 και σε συνδυασμό με τα χρηματοδοτικά εργαλεία που προσφέρει, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια προσπάθεια εφαρμογής. Όσον αφορά στις σχολικές υποδομές, οι αρμοδιότητές τους ανήκουν στον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ), οποίος τα τελευταία χρόνια έχει χρηματοδοτήσει την ανέγερση βιοκλιματικών σχολείων σε μικρό αριθμό. Επίσης, σημαντική είναι και η πρόσκληση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας για την υποβολή προτάσεων χρηματοδότησης ανέγερσης βιοκλιματικών σχολικών κτιρίων από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) και τον ΟΣΚ. Δυστυχώς όμως, οι χρηματοδοτήσεις αυτές αφορούν σε νέες ανεγέρσεις και όχι σε ήδη υπάρχοντα κτίρια. Γεγονός που επιβάλλει την προώθηση περαιτέρω δράσεων ενεργειακής αναβάθμισης παλαιότερων σχολικών μονάδων, τα οποία στην πλειονότητά τους είναι κατασκευασμένα πριν αρκετές δεκαετίες (medsos.gr, 2016).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3. Η έννοια και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ως αντίμετρο στην αλόγιστη κατανάλωση φυσικών πόρων και στα συνεπακόλουθα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα, έχει προταθεί τα τελευταία χρόνια το μοντέλο της αειφόρου ή βιώσιμης ανάπτυξης. Θεμελιώδη στοιχεία της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η διατήρηση της ισορροπίας ανάμεσα στην οικονομική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος, η προσπάθεια για αποτελεσματική αποκατάσταση των οικοσυστημάτων του πλανήτη, ο περιορισμός της κατανάλωσης αγαθών και φυσικών πόρων, η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η δικαιότερη κατανομή του φυσικού πλούτου.

Υπό το πρίσμα αυτό, διαμορφώθηκε η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό των κτιρίων και των οικιστικών συνόλων, η οποία αφορά στην ήπια, συμβιωτική διαχείριση του περιβάλλοντος, με την εφαρμογή τεχνικών που θα συντείνουν στη διατήρηση της ισορροπίας των οικοσυστημάτων του πλανήτη.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αναφέρεται στο σχεδιασμό των κτιρίων με γνώμονα την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης μέσω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας αλλά και άλλων περιβαλλοντικών πηγών. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν αφενός τα παθητικά συστήματα που εγκαθίστανται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των χώρων και αφετέρου όλες οι τεχνικές δόμησης των κτιρίων που βελτιώνουν τη φυσική λειτουργία και την ενεργειακή συμπεριφορά του κελύφους.

Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού συνοψίζονται ως εξής :

- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και η μείωση των θερμικών απωλειών κατά το χειμώνα, ώστε να αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των χώρων.
- Μείωση των θερμικών κερδών το καλοκαίρι μέσω διατάξεων ηλιοπροστασίας προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση της ανάγκης για ψυκτικό φορτίο.
- Αξιοποίηση του ήλιου για φυσικό φωτισμό

- Εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων για φυσικό αερισμό και δροσισμό.
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο.
- Βελτίωση και ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών ενός χώρου για επίτευξη θερμικής άνεσης των ατόμων.

Συνεπώς, για την κατασκευή και τη λειτουργία ενός βιοκλιματικού κτιρίου, πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη οι τοπικές κλιματικές συνθήκες και να υπολογιστούν τα κλιματικά οφέλη και οι περιορισμοί. Το κτίριο θα πρέπει να έχει την ικανότητα να συλλέγει και να αποθηκεύει θερμότητα όταν χρειάζονται θερμικά φορτία, ενώ όταν χρειάζεται ψυκτικά φορτία να λειτουργεί ως φυσικός συλλέκτης δροσισμού και ως αποθήκη ψύξης, και τέλος να δρα ως φυσικός ανανεωτής αέρα, προκειμένου να προσφέρει στους χρήστες άνετο θερμικό εσωκλίμα. Επίσης, βασικό πεδίο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η χρήση δομικών υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων τους.

Στην Ελλάδα μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιριακού τομέα είναι δυνατόν να επιτευχθεί η ενεργειακή επάρκεια του κτιριακού τομέα σε ποσοστό άνω του 80%. Το κόστος της κατασκευής κτιρίων βιοκλιματικού σχεδιασμού σε σχέση με το κόστος μιας συμβατικής σύγχρονης κατασκευής είναι κατά ένα μικρό ποσοστό (περίπου 10%) πιο υψηλό.

Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν μερικές βασικές αρχές που πρέπει να εφαρμοστούν σε ένα κτίριο πριν κατασκευαστεί ώστε να ευνοηθεί κατά το δυνατό περισσότερο από το χώρο στον οποίο βρίσκεται, καθώς και να μεγιστοποιηθούν οι απολαβές που μπορούν να προκύψουν στο φυσικό φωτισμό, το φυσικό δροσισμό, τη φυσική θέρμανση και το φυσικό αερισμό του κτιρίου

### 3.1 Προσανατολισμός κτιρίου

Ο προσανατολισμός και η μορφή του κτιρίου αποτελούν βασικούς πυλώνες για την υλοποίηση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Ο όγκος, οι επιφάνειες και τα ανοίγματα επηρεάζουν τις θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη του κτιρίου. Η θέση και ο προσανατολισμός του καθώς και τα κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα είναι οι

βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία ενός κτιρίου ως προς το παθητικό δροσισμό, τη θέρμανση, το φωτισμό.

Το πρόβλημα του προσανατολισμού και της σωστής χωροθέτησης του κτιρίου είναι περίπλοκο καθώς εξαρτάται εκτός από τα τοπογραφικά δεδομένα του οικοπέδου και από προσωπικές ανάγκες για τη χρήση του κτιρίου όπως η ιδιωτικότητα και η απρόσκοπτη δυνατότητα θέας του περιβάλλοντος χώρου του κτιρίου.

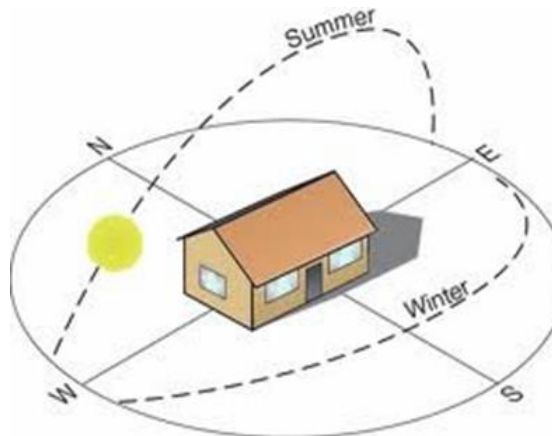
Όσον αφορά τις κλιματικές παραμέτρους, για την εύκρατη ζώνη ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος με απόκλιση  $30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά.

Η νότια όψη είναι η ευνοϊκότερη όψη για όλο το χρόνο καθώς θερμαίνεται το χειμώνα και σκιάζεται εύκολα το καλοκαίρι. Η ανατολική και δυτική όψη θερμαίνονται ελάχιστα το χειμώνα ενώ θερμαίνονται αρκετά το καλοκαίρι. Οι βορινές προσόψεις των κτιρίων που βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο, ηλιάζονται μόνο το καλοκαίρι νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα.

Βασικά σημεία είναι τα εξής :

- Η μέγιστη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος των κτιρίων παρατηρείται το μεσημέρι του καλοκαιριού κάτι που γίνεται αισθητό ιδιαίτερα σε χώρους που φωτίζονται από πάνω.
- Οι τιμές ηλιασμού διαφέρουν σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό του δρόμου και εξαρτώνται άμεσα από τη σχέση ύψους κτιρίου-πλάτος δρόμου. Όταν ο ηλιασμός ενός κτιρίου παρεμποδίζεται λόγω σκιασμού από εμπόδια ο νότιος προσανατολισμός μειονεκτεί μιας και η νότια πρόσοψη δέχεται το μεγαλύτερο μέρος του ηλιασμού της όταν ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλή θέση (π.χ. το χειμώνα).
- Κατά τον Ιούνιο το μέγιστο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά ώρα είναι μεγαλύτερο σε μια πρόσοψη βορειοδυτική ή βορειοανατολική απ' ότι σε μια νότια ενώ το αντίστοιχο ημερήσιο άθροισμα είναι μόλις μικρότερο.





Εικόνα 4. Προσανατολισμός κτιρίου

Πηγή: <http://www.sgagroup.gr/sga-kataskevastiki/bioklimatiki-arxitektoniki>

### 3.2 Σχήμα κτιρίου

Το σχήμα του κτιρίου εξαρτάται από τις ανάγκες του για θέρμανση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Η χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφεύγεται η σκιάση του κατά τους ψυχρούς μήνες, από άλλα κτίρια ή βλάστηση.

Η χειμερινή περίοδος είναι η πιο επιρρεπής στο σκιασμό μεγάλων επιφανειών, γιατί ο ήλιος είναι χαμηλά και η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών μικρή. Το καταλληλότερο από ενεργειακή σκοπιά σχήμα ενός κτιρίου, είναι εκείνο που εμφανίζει το χειμώνα τις μικρότερες θερμικές απώλειες και το μεγαλύτερο ηλιακό κέρδος, ενώ το καλοκαίρι τη μικρότερη δυνατή θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Συμπερασματικά προκύπτει ότι βέλτιστη λύση αποτελούν τα συμπαγή κτίρια κυβικής μορφής για περιοχές με ψυχρό κλίμα ενώ ένα κτίριο επίμηκες στον άξονα ανατολής-δύσης προτείνεται για μέρη με εύκρατο κλίμα, με μεγαλύτερη δυνατότητα ελευθέριας εκλογής μορφής.

### 3.3 Προσανατολισμός ανοιγμάτων

Όσον αφορά το βιοκλιματικό σχεδιασμό, τα ανοίγματα (μέγεθος, θέση, προσανατολισμός) και οι ιδιότητες των υλικών τους, επηρεάζουν όσο κανένα άλλο στοιχείο του κτιρίου τα ποσοστά της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο

εσωτερικό του. Η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους, βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το σχεδιασμό των κτιρίων και την τοποθέτηση των χώρων σε σχέση με τις απαιτήσεις ηλιασμού και θέρμανσης.

Ο καλύτερος προσανατολισμός για μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, φωτεινότητα και θερμότητα είναι ο νότιος προσανατολισμός με απόκλιση  $30^\circ$ , στον άξονα ανατολής - δύσης. Προσανατολίζοντας τους κύριους χώρους ενός σπιτιού προς τον ήλιο, μπορεί να εξοικονομηθεί έως και 30% των ετήσιων αναγκών για θέρμανση. Αντίθετα, ο δυτικός προσανατολισμός πρέπει να αποφεύγεται ιδιαίτερα σε χώρους με ηλιοφάνεια, λόγω της πιθανής υπερθέρμανσής τους, καθώς και της οπτικής ενόχλησης από τις ερυθρές ακτίνες του ηλιοβασιλέματος.

Σύγχρονη άποψη είναι ότι η γυάλινη επιφάνεια των ανοιγμάτων είναι η πιο αποδοτική καθώς και οικονομική, αρκεί να έχει το σωστό προσανατολισμό. Προτείνονται μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότιο προσανατολισμό, μετρίου μεγέθους στην ανατολική και δυτική όψη και μικρότερα ανοίγματα στο βορρά. Τα τελευταία, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό των κτιρίων, διότι πέραν της διασφάλισης φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχουν τη δυνατότητα διαμεπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου.

Η αναλογία ανοιγμάτων-τοίχων είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος που επηρεάζει το εσωτερικό περιβάλλον και την κατανάλωση ενέργειας. Με την αύξηση της επιφάνειας κυρίως των νότιων ανοιγμάτων, αυξάνονται τα άμεσα ηλιακά κέρδη, αλλά ταυτόχρονα αυξάνονται και οι απώλειες θερμότητας, ο κίνδυνος υπερθέρμανσης τις ζεστές μέρες.

Σαν γενικός κανόνας για περιοχές με πολύ θερμά καλοκαίρια, ισχύει ότι η επιφάνεια των διαφανών στοιχείων δεν πρέπει να ξεπερνά το 10-15% του εμβαδού των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου. (Κωνσταντινίδου, 2009)

### 3.4 Ορθή διάταξη των εσωτερικών χώρων

Οι μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στη διάρκεια τού χειμώνα στις πλευρές ενός κτιρίου είναι καθοριστικές για μια λειτουργική διάταξη των χώρων.

Η βόρεια πλευρά παραμένει η πιο ψυχρή γιατί δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία ενώ η ανατολική και η δυτική δέχονται ίση ποσότητα, με λίγο πιο ζεστή τη δυτική εξαιτίας του συνδυασμού ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών μεσημβρινών θερμοκρασιών του αέρα. Η νότια πλευρά είναι η φωτεινότερη, η πιο ζεστή και δέχεται ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια όλης της ημέρας.

Επομένως, οι χώροι που κατοικούνται όλη τη μέρα και έχουν μεγάλες απαιτήσεις θέρμανσης και φωτισμού πρέπει να τοποθετηθούν στο νότο. Χώροι με μικρές ή μηδενικές απαιτήσεις σε φωτισμό (διάδρομοι, μπάνια, αποθήκη, γκαράζ) τοποθετούνται στα βόρεια ώστε να μεσολαβούν ανάμεσα στους ζεστούς χώρους και τη ψυχρή βορεινή πλευρά τού κτιρίου.

Κατά το σχεδιασμό της κάτοψης ενός κτιρίου, οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν, έτσι ώστε αυτοί με μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες να τοποθετηθούν στη νότια πλευρά. Αντίθετα, οι χώροι με περιορισμένο χρόνο χρήσης που απαιτούν συγκριτικά χαμηλότερες θερμοκρασίες (πχ. W.C.) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη.

### 3.5 Θερμική μάζα

Η ικανότητα ενός κτιρίου να αποθηκεύει θερμότητα στο εσωτερικό του και να αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια αποτελεσματικά, προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλης θερμικής μάζας. Η θερμότητα αποθηκεύεται στη θερμική μάζα του κτιρίου η οποία αποτελείται από το σύνολο των θερμοσυσσωρευτών υλικών των δομικών στοιχείων. Τα πιο κατάλληλα υλικά για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με υψηλή θερμοχωρητική ικανότητα. Θερμοχωρητικά είναι όλα τα οικοδομικά υλικά με πυκνή μοριακή δομή. Είναι τα πυκνά και βαριά υλικά, όπως η πέτρα, το μάρμαρο, το σκυρόδεμα, το τούβλο, ο πηλός, τα κεραμικά υλικά ή νέας τεχνολογίας όπως τα υλικά αλλαγής φάσης.

Η θερμική μάζα απορροφά θερμότητα είτε από την ηλιακή ακτινοβολία είτε από το θερμό αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, τη συσσωρεύει και την αποθηκεύει. Για αυτό ονομάζεται και αποθήκη θερμότητας του κτιρίου. Όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, τα δομικά στοιχεία αποδίδουν θερμότητα.

Η θερμική μάζα είναι ο ρυθμιστής της εσωτερικής θερμοκρασίας, αφού:

- Καθυστερεί τη ψύξη των χώρων κατά τη διάρκεια της νύχτας το χειμώνα, διατηρώντας τους θερμούς ως το πρωί.
- Καθυστερεί τη θέρμανση των χώρων κατά τις θερινές μέρες, διατηρώντας τους δροσερούς ως το βράδυ.
- Συμβάλει στη μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό του κτιρίου, τόσο μεταξύ μέρας και νύχτας, όσο και μεταξύ του χειμώνα και του καλοκαιριού.

Προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία της θερμικής μάζας είναι η πλήρης εξωτερική της θερμομόνωση. Έτσι λειτουργεί αποτελεσματικά, απορροφά και αποδίδει θερμότητα μόνο από και προς τον εσωτερικό χώρο και όχι προς το περιβάλλον.

### 3.6 Θερμομόνωση

Σε ένα κτίριο το ενεργειακό ισοζύγιο υπολογίζεται από τα θερμικά κέρδη και τις θερμικές απώλειες. Τα θερμικά κέρδη προέρχονται από τα συστήματα θέρμανσης του κτιρίου, την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και από εσωτερικές πηγές θερμότητας όπως ο φωτισμός, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι ηλεκτρονικές συσκευές. Οι θερμικές απώλειες προέρχονται από :

- Ροή θερμότητας διαμέσου του κτιριακού κελύφους, δηλαδή των δομικών υλικών του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων και του δαπέδου και της οροφής.
- Ροή θερμότητας μέσω ηλιακής ακτινοβολίας από τα παράθυρα του κτιρίου και από τα ανοίγματα του κτιρίου.
- Διείσδυση εξωτερικού αέρα στο κτίριο.

Η θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές αφορά τα κατάλληλα μέτρα που πρέπει να εφαρμοσθούν για την παρεμπόδιση της διαφυγής της θερμότητας από ένα χώρο.

Η εμπόδιση της διαφυγής θερμότητας και κατά επέκταση η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου, συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων που τροφοδοτούν τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-

ψύξης. Σε σωστά μονωμένα κτίρια η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη θέρμανση και τη ψύξη του χώρου μπορεί να είναι από 20-40% λιγότερη σε σχέση με ένα κτίριο χωρίς κατάλληλη θερμομόνωση. (Καλαργάλη, 2014)

Τα περισσότερο ευπαθή σημεία ενός κτιριακού κελύφους, που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις (δώματα και στέγες) στην εξωτερική τοιχοποιία, τα δάπεδα, η οροφή και τέλος τα εξωτερικά κουφώματα. Επίσης, ορθό είναι να μονώνονται κατάλληλα οι εγκαταστάσεις και οι αγωγοί του κτιρίου.



Εικόνα 5. Θερμομόνωση κτιρίου  
Πηγή: <https://www.polismichaniki.gr>

Οι θερμικές απώλειες αντιμετωπίζονται με διάφορους τρόπους μόνωσης. Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές:

- Από το εσωτερικό μέρος: Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί όπως το επίχρισμα.
- Από το εξωτερικό μέρος: Στην περίπτωση αυτή η μόνωση τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου.
- Με χρήση ειδικών τούβλων: Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα

τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης.

- Θερμομόνωση μεταξύ δύο τοίχων: Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ δύο δομικών τοίχων και αυτό ίσως αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Εξασφαλίζεται δηλαδή η θερμομόνωση, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται επαρκώς και η στατική αντοχή του συστήματος και ιδιαίτερα η αντοχή που απαιτείται από τον αντισεισμικό κανονισμό.

### 3.7 Ηλιασμός

Ο σωστός ηλιασμός των κτιρίων αποτελεί ένα από τα βασικά ζητούμενα του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω κατάλληλου σχεδιασμού των κτιρίων μπορεί να συμβάλλει, πρώτον, στη διασφάλιση αποδεκτών εσωκλιματικών συνθηκών (συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης), και δεύτερον μέσω της ορθής θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτή συνεπάγεται (οικονομικά, περιβαλλοντικά λόγω μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, ποιότητας ζωής κ.λπ.). Μέσω του ηλιασμού επιτυγχάνεται αφ' ενός η εξασφάλιση θερμικών κερδών για το κτίριο κατά τη χειμερινή περίοδο και αφ' ετέρου ο φυσικός φωτισμός των χώρων.

### 3.8 Σκίαση

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου αποτελεί μια από τις κύριες τεχνικές για τη μείωση των θερμικών κερδών, κατά τη διάρκεια των θερμών ημερών του έτους. Επιτυγχάνει τη διατήρηση των εσωτερικών θερμοκρασιών σε ανεκτά επίπεδα και συνεπώς συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών άνεσης, ενώ στην περίπτωση των συστημάτων κλιματισμού, επιτυγχάνει μείωση των ηλιακών κερδών και των φορτίων αιχμής με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

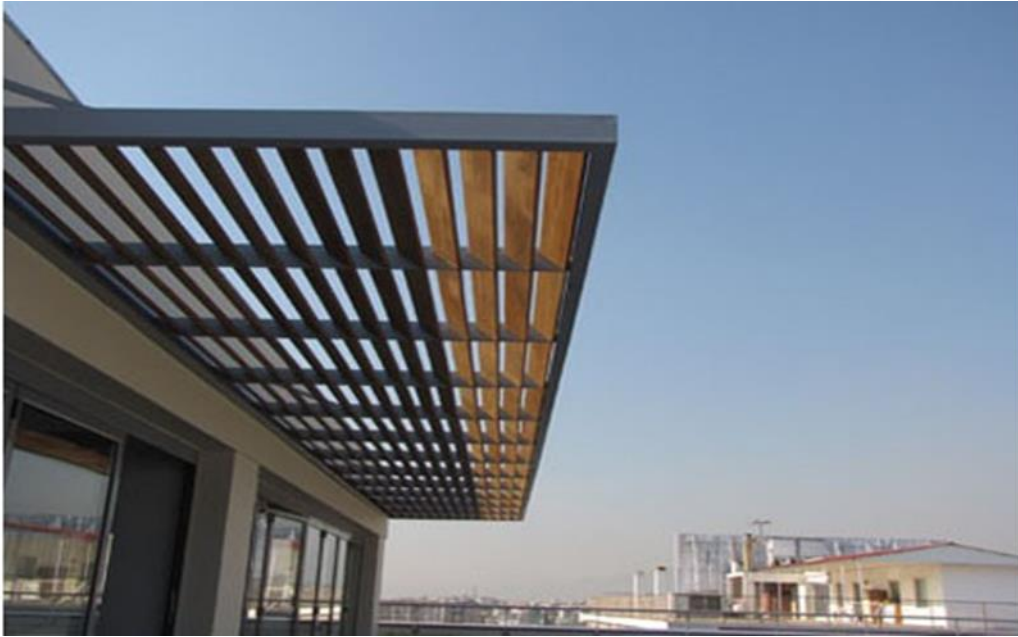
Παράλληλα, η σκίαση θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξασφαλίζει ικανοποιητικό ηλιασμό και να μην παρεμποδίζει τη θέα στους περιβάλλοντες χώρους.

Η ηλιοπροστασία ενός κτιρίου κατά τις περιόδους όπου η θερμοκρασία ξεπερνά τα επίπεδα θερμικής άνεσης, επιτυγχάνεται με το σκιασμό του κελύφους του κτιρίου και κατά κύριο λόγο των ανοιγμάτων του. Βασικά κριτήρια για την αποτελεσματική ηλιοπροστασία ενός κτιρίου είναι η χωροθέτηση του στο οικοπέδο, ο όγκος, το σχήμα του και η διαμόρφωση κατάλληλων ανοιγμάτων καθώς και ο περιβάλλον χώρος του οικοπέδου.

Συνιστώμενες τεχνικές σκιασμού είναι οι εξής :

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: Συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό. Τα σκίαστρα μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου, ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων, με αναλογίες τέτοιες ώστε να σχηματίζεται ανάμεσα στο εξωτερικό σκίαστρο και στο κατώφλι του ανοίγματος γωνία ύψους  $55^\circ$  για γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$ .
- Κατακόρυφα εξωτερικά σταθερά σκίαστρα: Συνιστώνται για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι κάθετα ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος. Το μήκος της προεξοχής καθορίζεται από τη γωνία των  $55^\circ$ , για όλα τα γεωγραφικά πλάτη της χώρας.
- Εξωτερικά κινητά σκίαστρα: Πρόκειται για μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό ή κατακόρυφες για ανατολικό και δυτικό, κινούμενες σε οδηγούς, με χειροκίνητο ή αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης.
- Εσωτερικά κινητά σκίαστρα: Συνιστώνται για νότιο, ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. (Αργυράκη, 2008)
- Σκίαση από δέντρα: Η σκίαση από φύτευση αποτελεί πολύ αποτελεσματική λύση στον ανατολικό, δυτικό και νότιο προσανατολισμό, η οποία επιτυγχάνεται κυρίως με φυλλοβόλα δέντρα.
- Φύτευση στις όψεις: Συνήθως χρησιμοποιούνται αναρριχητικά φυτά ή θάμνοι. Μελέτες έδειξαν ότι υπερτερούν σε σχέση με τα άλλα μέσα σκίασης γιατί δεν υπερθερμαίνονται, επιτρέπουν την κίνηση του αέρα διαμέσου του φυλλώματός τους, μειώνουν τη θερμοκρασία του άμεσου περιβάλλοντος και φιλτράρουν τον αέρα από τα σωματίδια σκόνης.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-  
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3



*Εικόνα 6. Οριζόντιο σκίαστρο*  
*Πηγή: <http://www.likeart.gr>*





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## 4. Εφαρμογές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Σε αυτό το κεφάλαιο και αφού αναλύθηκαν προηγουμένως οι γενικοί στόχοι, τα στοιχεία και οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, θα γίνει παρουσίαση των πιο συγκεκριμένων τεχνικών που αφορούν κάθε τομέα, όπως τη θέρμανση, το δροσισμό και το φωτισμό.

### 4.1 Παθητικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδίως σε ηλιόλουστες χώρες όπως η Ελλάδα, είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες, των οποίων η εκμετάλλευση οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας, με ταυτόχρονα πλεονεκτήματα στους τομείς της θερμικής άνεσης και της προστασίας του περιβάλλοντος. Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά κάποιες από τις βασικές μεθόδους και τεχνικές χρησιμοποίησης της ηλιακής θερμότητας.

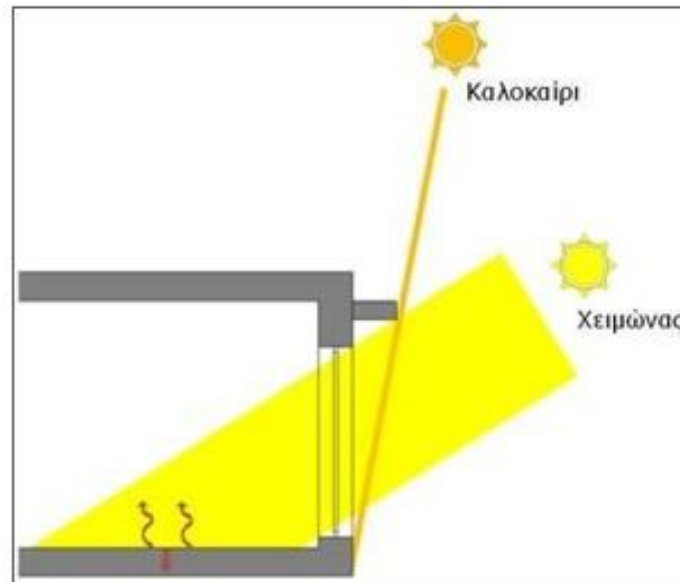
#### 4.1.1 Σύστημα άμεσου κέρδους

Πρόκειται για τον πιο απλό και συνηθισμένο τρόπο αποκόμισης ωφέλειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Η λογική είναι απλή: οι ηλιακές ακτίνες εισέρχονται στο κτίριο μέσα από κατάλληλα γυάλινα ανοίγματα. Έτσι, ολόκληρο το κτίριο λειτουργεί ως συλλέκτης, χώρος αποθήκευσης και διανομέας της θερμότητας που προέρχεται από τον ήλιο. Τα ανοίγματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, είτε άμεση είτε διάχυτη. Εν συνεχεία, αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Ανάλογα με την κατασκευή και τα υλικά, διανέμεται στους διάφορους χώρους σταδιακά.

Σε σχέση με μια συμβατική κατασκευή κτιρίου, η διαφορά έγκειται στον στρατηγικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και στην προσεκτική επιλογή των δομικών υλικών. Παραδείγματος χάρη, σε μια περιοχή με ηλιοφάνεια αλλά με αρκετά δροσερά καλοκαίρια, θα πρέπει να επιλεγθούν δομικά υλικά με μεγάλη απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε η θερμότητα να αποθηκεύεται και για τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

Στο πλαίσιο των συστημάτων άμεσου κέρδους, πολύ χρήσιμο μπορεί να φανεί ένα μεγάλο υαλοστάσιο στη νότια πλευρά του κτιρίου. Αυτός ο προσανατολισμός, όπως σημειώθηκε και παραπάνω, αποφέρει πολλά πλεονεκτήματα και μειώνει τον κίνδυνο της υπερθέρμανσης

κατά τους μήνες του καλοκαιριού (τουλάχιστον σε σύγκριση με τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα).



Εικόνα 7. Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους  
Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

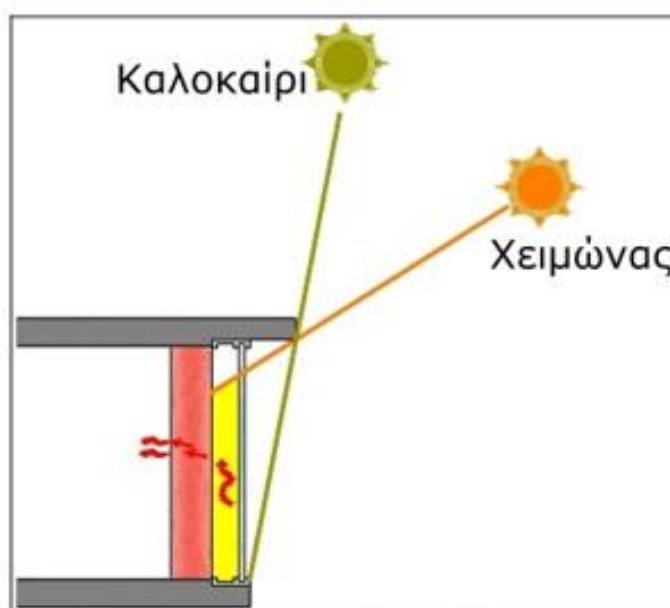
#### 4.1.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Πρόκειται για ένα σύστημα που συνδυάζει την κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης περιλαμβάνει α) έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση με νότιο προσανατολισμό (απόκλιση έως 30ο ανατολικά ή δυτικά). Αυτός είναι κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, καθώς ο στόχος του είναι να αποθηκεύσει και να διανείμει τη θερμότητα. Και β) ένα διαφανές υλικό τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 εκατοστών προς την εξωτερική του πλευρά. Η λειτουργία αυτής της πλευράς στοχεύει στη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο πιο πολλή ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνει αυτή η εξωτερική πλευρά του συστήματος, τόσο πιο αποδοτικό είναι το τελευταίο.

Σημαντικός παράγοντας για την αποδοτικότητα του ηλιακού τοίχου είναι, όπως είναι ευνόητο, το πάχος του τοίχου. Όσο πιο παχύς είναι, τόσο πιο καθυστερημένα γίνεται η επιθυμητή μετάδοση της θερμότητας προς το εσωτερικό του κτιρίου. Σε αυτό, βέβαια, παίζουν και άλλοι παράγοντες ρόλο, όπως τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των υλικών τοιχοποιίας.

Οι ηλιακοί τοίχοι μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά τοιχοποιίας, όπως χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους, οπτόπλινθους (πλήρεις ή με οπές), πέτρα και ωμοπλίνθους ή να αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή κατασκευασμένα από μπετόν, τα οποία περιέχουν νερό.

Τέλος, για να αποτραπούν οι αντίστροφες αρνητικές συνέπειες το καλοκαίρι, πρέπει να προβλεφθεί η δυνατότητα σκίασης του εξωτερικού μέρους του τοίχου ή και ανοίγματός του.

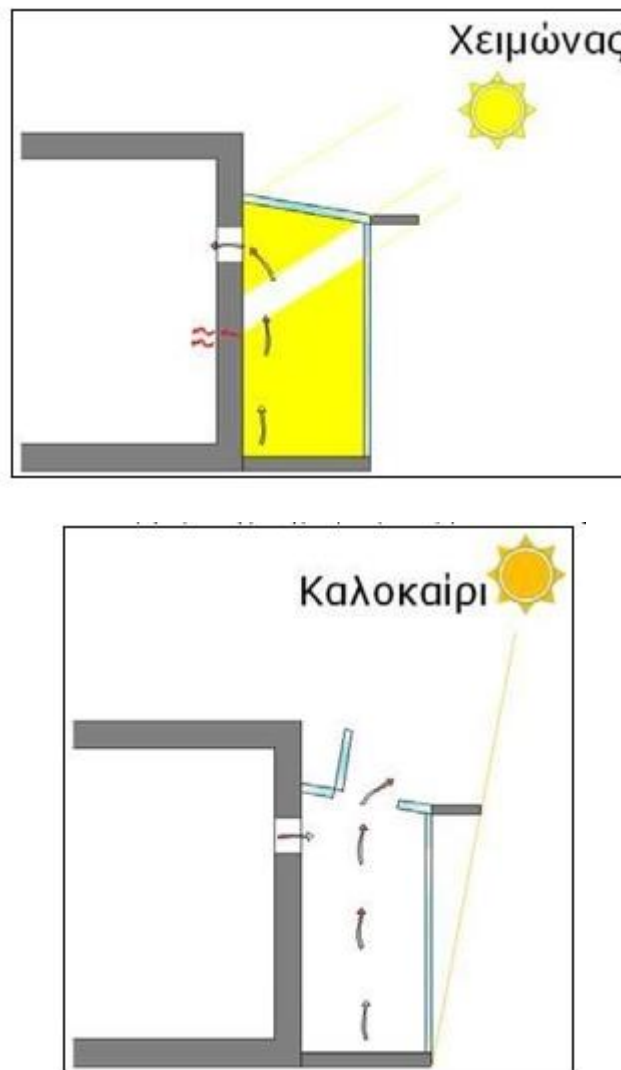


Εικόνα 8. Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης  
*Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010*

#### 4.1.3 Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος

Η λειτουργία του θερμοκηπίου ως συστήματος θέρμανσης ενός κτιρίου μπορεί να περιγραφεί ως συνδυασμός των δύο παραπάνω αναφερθέντων συστημάτων. Δηλαδή το θερμοκήπιο λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης και ενώνεται με συμπαγή τοίχο θερμικής αποθήκευσης με την οικία που επιθυμούμε να θερμανθεί. Η μεταφορά της θερμότητας μπορεί να γίνεται μέσω αγωγιμότητας ή να διευκολύνεται με θυρίδες για τη μεταφορά θερμού αέρα από το θερμοκήπιο προς το σπίτι.

Έτσι, το κτίριο χωρίζεται σε δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτίριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον κύριο κατοικήσιμο χώρο.



Εικόνα 9. Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου με ανοιγόμενα βαλοστάσια  
Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

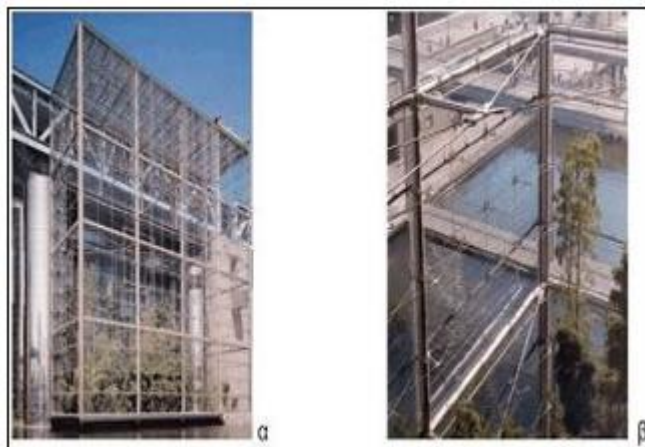
#### 4.1.4 Θερμοσιφωνικό πάνελo ή αεροσυλλέκτης

Πρόκειται για έναν συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα. Ενδέχεται να είναι είτε προσαρτημένος στο κέλυφος του κτιρίου είτε τοποθετημένος ανεξάρτητα από αυτό. Αποτελείται από έναν υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε απόσταση δύο έως πέντε εκατοστών μπροστά από μία μεταλλική επιφάνεια με σκούρο ή μαύρο χρώμα. Συνολικά, το σύστημα θερμομονώνεται και έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως και 30 μοίρες από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία. Για την Ελλάδα, έχει υπολογιστεί ότι η βέλτιστη κλίση είναι οι 30-40 μοίρες.

Το σύστημα του θερμοσιφωνικού πάνελ (ή αεροσυλλέκτη, όπως ονομάζεται εναλλακτικά) επικοινωνεί με το κτίριο με θυρίδες εισροής και εκροής. Από αυτές, ο αέρας κυκλοφορεί από και προς το κτίριο, χάρη στο φαινόμενο του φυσικού θερμοσιφωνισμού, με αφορμή τη λειτουργία του ηλιακού τοίχου: ο ψυχρός αέρας, που προέρχεται από το εσωτερικό του κτιρίου, εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πάνελ από τη χαμηλότερα τοποθετημένη θυρίδα· εκεί θερμαίνεται, με αποτέλεσμα να γίνεται ελαφρότερος και να ανεβαίνει προς την ανώτερη θυρίδα, απ' όπου διοχετεύεται εκ νέου προς τον χώρο του κτιρίου που πρέπει να θερμανθεί.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του εν λόγω συστήματος είναι ότι, καθώς μπορεί να απομονωθεί θερμικά από το υπόλοιπο κτίριο, δεν χρειάζεται να αντιμετωπίσουμε τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια των θερμών καλοκαιρινών μηνών. Το μόνο που απαιτείται είναι να κλείσουμε τις θυρίδες. Το κλείσιμο των θυρίδων, άλλωστε, είναι σημαντικό να γίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, ώστε να αποφευχθούν οι θερμικές απώλειες για όσες ώρες δεν έχει ήλιο.

Για την αύξηση της απόδοσης του θερμοσιφωνικού πάνελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί διπλός υαλοπίνακας.



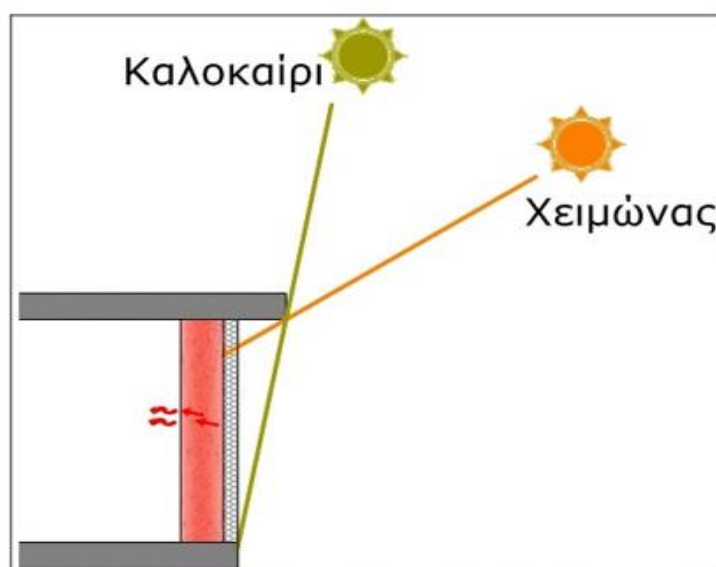
Εικόνα 10. Αρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πάνελου  
Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

#### 4.1.5 Τοιχοποιία με διάφανη μόνωση

Το συγκεκριμένο σύστημα αφορά έναν τοίχο στη νότια πλευρά του κτιρίου (με απόκλιση έως και 30 μοίρες σε οριζόντιο επίπεδο από τον απόλυτο νότιο προσανατολισμό). Ο τοίχος είναι φτιαγμένος από υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως τούβλο, το οποίο και συνηθίζεται. Στην εξωτερική πλευρά του τοποθετείται διαφανής μόνωση (από θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, που επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να τη διαπεράσει) χωρίς επίχρισμα. Επίσης, η εξωτερική πλευρά του τοίχου βάφεται με μαύρο ή σκούρο χρώμα.

Ουσιαστικά, δηλαδή, πρόκειται για έναν ηλιακό τοίχο, αλλά θερμομονωμένο. Επομένως, από τη μία μειώνονται μεν οι θερμικές απολαβές, αφού η εξωτερική επιφάνεια απορροφά λιγότερη ακτινοβολία σε σχέση με το γυαλί. Παράλληλα, όμως, αυξάνονται τα συνολικά θερμικά οφέλη, λόγω της θερμομόνωσης που περιορίζει τις απώλειες σε σχέση με το γυαλί. Έτσι, δεν χρειάζεται και τις νύχτες του χειμώνα κάποια επιπλέον πρόνοια για τη θερμική προστασία. Ταυτόχρονα, άλλο πλεονέκτημα είναι ότι έχει μεγάλη απόδοση, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρότερους μήνες.

Τους θερμούς μήνες του καλοκαιριού είναι σημαντικό ο τοίχος με διαφανή μόνωση να σκιάζεται αποτελεσματικά, προκειμένου να αποφεύγεται η ανεπιθύμητη υπερθέρμανση του χώρου.



Εικόνα 11. Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση  
Πηγή: Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

## 4.2 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτός μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων. Ιδίως σε χώρες όπως η Ελλάδα, με έντονη ηλιοφάνεια, η χρήση του φυσικού φωτισμού αναδεικνύεται σε βασικό παράγοντα, καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται ότι μπορεί να φτάσει μέχρι και το 70%.

Η χρήση του φυσικού φωτισμού επιδρά στην ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου καταρχάς άμεσα, καθώς όσο περισσότερο φυσικό φως διαθέτουμε, τόσο λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια απαιτείται για τον φωτισμό του κτιρίου. Επιδρά, όμως, και έμμεσα, αφού οι δίοδοι της ηλιακής ακτινοβολίας προς το σπίτι, όπως λόγω χάρη, μια μεγάλη τζαμαρία, είναι ταυτόχρονα και δίοδοι εισόδου, αλλά και εξόδου θερμότητας. Για άλλη μια φορά, λοιπόν, η στάθμιση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων, αλλά και η σωστή προσαρμογή στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε κλίματος ή και κάθε περίπτωσης κτιρίου, αποδεικνύεται σημαντική. (Μερέση, 2015)

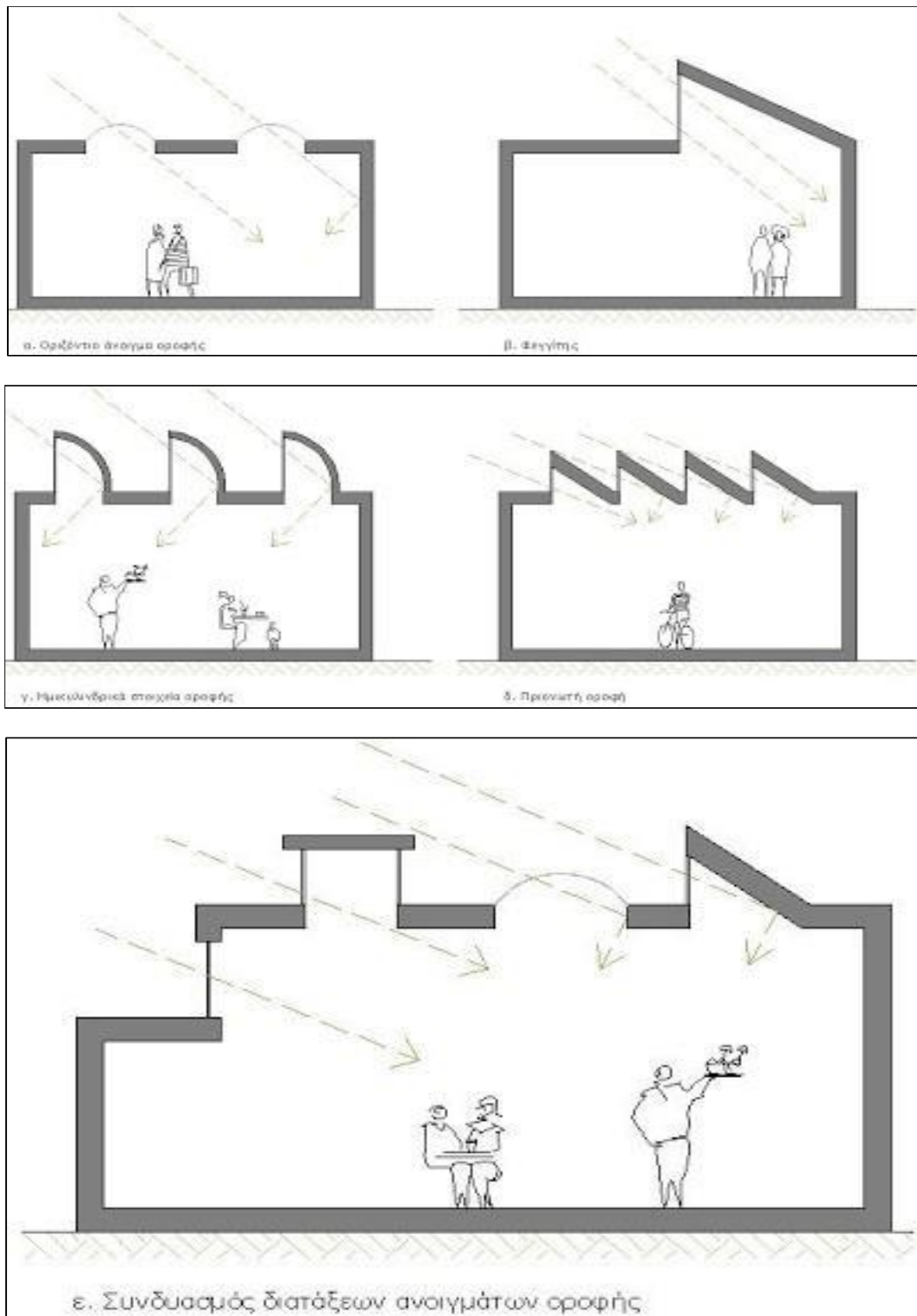
Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένα από τα βασικά συστήματα φυσικού φωτισμού.

### 4.2.1 Ανοίγματα οροφής

Πρόκειται για ανοίγματα στην οροφή του κτιρίου, στα οποία ενσωματώνονται διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες. Έτσι, εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή του φωτός στον χώρο, καθώς και η παροχή μεγάλη ποσότητας διάχυτου φωτός από τον ουράνιο θόλο, πράγμα που είναι προτιμητέο σε σχέση με το άμεσο φως. Συνίσταται μάλιστα να τοποθετούνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα και να συνδυάζονται με μεθόδους σκιασμού, με το σκεπτικό ότι ο ήλιος το καλοκαίρι είναι ψηλότερα απ' ό,τι τον χειμώνα και άρα τα ανοίγματα οροφής δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόσπτωση τους θερμούς μήνες.



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-  
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

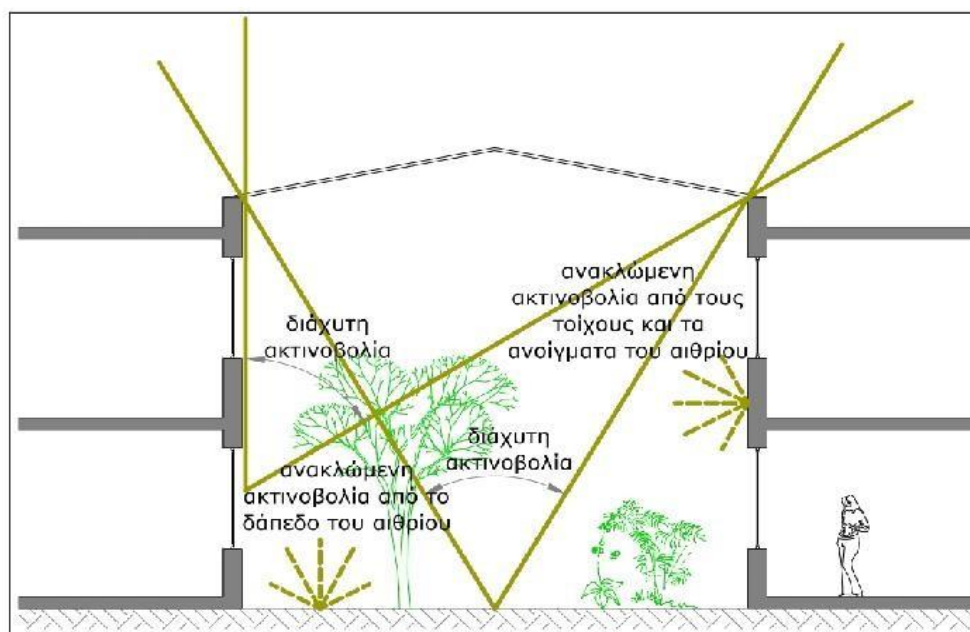


Εικόνα 12. Διάφοροι τύποι ανοιγμάτων οροφής

Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>

#### 4.2.2 Αίθρια

Τα εσωτερικά αίθρια επιτρέπουν την είσοδο διάχυτου φωτός από τον ουράνιο θόλο, πράγμα που επιτρέπει την ομοιογενή διάχυσή του και την αποφυγή του ανεπιθύμητου φαινομένου της θάμβωσης.



Εικόνα 13. Φυσικό φως σε αίθριο

Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-mikroklima-photismos-periballon-choros-mikroklima>

#### 4.2.3 Διαφανής μόνωση

Εν προκειμένω χρησιμοποιούνται υλικά που επιτρέπουν στο φως να εισέλθει στο κτίριο, δρώντας παράλληλα θερμομονωτικά, εμποδίζοντας δηλαδή τη θερμική μετάδοση. Η διαφανής μόνωση απορροφά τόσο την άμεση ακτινοβολία όσο και τη διάχυτη και μπορεί να εφαρμοστεί σε τοίχους ή/και σε οροφές κτιρίων. Προτιμότερη είναι η διαφανής μόνωση της νότιας πλευράς του κτιρίου και στη συνέχεια αυτή της ανατολικής και δυτικής (αν βέβαια, υποτεθεί ότι δεν θα τοποθετηθεί τέτοια μόνωση σε όλες τις πλευρές, για λόγους, λόγου χάρη, οικονομικούς). Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν και ανάμεσα στα φύλλα των υαλοπινάκων. Η διαπερατότητα των διαφανών μονωτικών υλικών από το φως κινείται συνήθως ανάμεσα στο 45 και το 80%, ενώ αν πρόκειται για εγκατάσταση ανάμεσα σε φύλλο υαλοπίνακα, εμφανίζεται μια μείωση της τάξης του 8%.



Εικόνα 14. Σύστημα διαφανούς μόνωσης  
Πηγή: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_monotika\\_ylika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_monotika_ylika.htm)

#### 4.2.4 Ανακλαστικές περσίδες

Οι ανακλαστικές περσίδες μπορεί να είναι είτε σταθερές είτε ρυθμιζόμενες. Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε να κάνουμε με ένα σταθερό σύστημα περσίδων κατασκευασμένων από ανακλαστικό υλικό, που καλύπτουν ένα άνοιγμα και χρησιμεύουν στην αποτροπή της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερμούς μήνες. Στη δεύτερη περίπτωση, υπάρχει η δυνατότητα – χειροκίνητης ή μηχανικής- ρύθμισης των περσίδων, ώστε με κατάλληλο χειρισμό να διαμορφώνεται η κάθε φορά σωστή κλίση και να αντιμετωπίζεται η διείσδυση των ηλιακών ακτινών αλλά και του φαινομένου της θάμβωσης. Και οι δύο κατηγορίες περσίδων (σταθερές και ρυθμιζόμενες) μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά του ανοίγματος. Σε κάθε περίπτωση, χρήσιμος είναι ο συχνός καθαρισμός τους, καθώς η συγκέντρωση στην επιφάνειά τους ρύπων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα μπορεί να τις «θολώσει», περιορίζοντας τις ανακλαστικές ιδιότητες της επιφάνειάς τους.

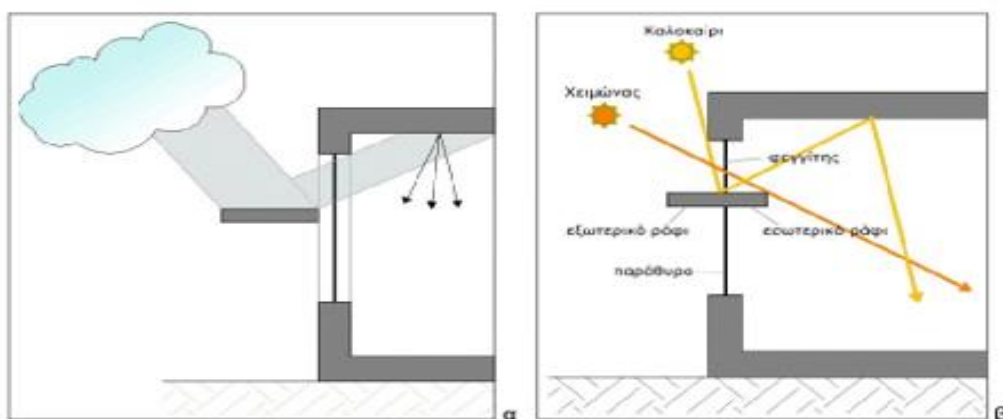


Εικόνα 15. Σύστημα ανακλαστικών περσίδων

Πηγή: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos\\_rafia\\_fotismou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_rafia_fotismou.htm)

#### 4.2.5 Ράφια φωτισμού

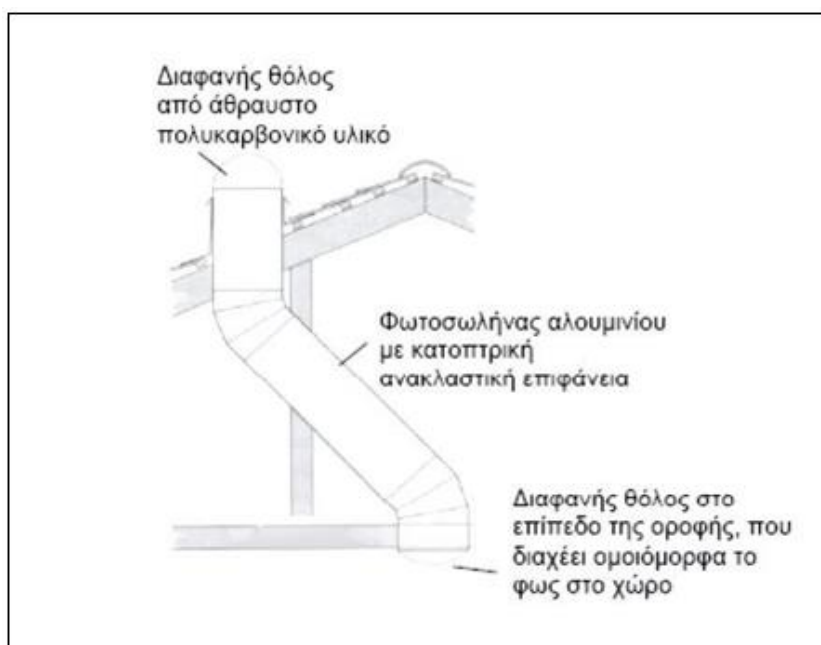
Πρόκειται για επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, συνήθως κατασκευασμένα από αλουμίνιο με έντονες ανακλαστικές ιδιότητες στην ανώτερη επιφάνεια, που τοποθετούνται σε νότια κυρίως ανοίγματα του κελύφους και σε ιδανικό ύψος 2 μέτρων από το έδαφος. Έτσι, δεν αποτελούν πηγή θάμβωσης των ενοίκων, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζουν τη διάχυση του φωτός προς το βάθος του κτιρίου. Μπορούν να τοποθετηθούν είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του κτιρίου. Η πρώτη επιλογή είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με τη δεύτερη, αλλά η βέλτιστη λύση είναι ο συνδυασμός των δύο.



Εικόνα 16. α) Εξωτερικά ανακλαστικά ράφια, β) ανακλαστικά ράφια εκατέρωθεν του ανοίγματος  
Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros-mikroklima-photismos-periballon-choros-mikroklima>

#### 4.2.6 Φωτοσωλήνες (light pipes)

Πρόκειται για πολύ εξελιγμένα συστήματα για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, που προσφέρουν πλήθος πλεονεκτημάτων, καθώς εξοικονομούν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας (υπολογίζεται ότι η εξοικονόμηση φτάνει έως το 100%), μεταφέρουν το φως ακόμη και σε δυσπρόσιτα ανήλια σημεία (πχ αποθήκες, υπόγεια), είναι εύκολο να εγκατασταθούν, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μεγάλη κλίμακα (λόγχου χάρη σε βιομηχανικούς χώρους). Επίσης, είναι δυνατόν να προσαρμοστούν σε ήδη υφιστάμενα κτίρια. Αποτελούνται από έναν κρυστάλλινο ή ακρυλικό θόλο, από έναν ανακλαστικό σωλήνα, που είναι εσωτερικά κατασκευασμένος από μέταλλο με υψηλές ανακλαστικές ιδιότητες, ώστε το φως να μεταφέρεται χωρίς μεγάλες απώλειες, και τέλος από τον κρυστάλλινο ή ακρυλικό διαχύτη. Χρησιμοποιούνται σε διάφορες διατομές, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης, αν και η μέγιστη μεταφορά της φωτεινής δέσμης επιτυγχάνεται όταν αυτή προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Τέλος, στο εσωτερικό του φωτοσωλήνα μπορούν να τοποθετηθούν οπτικές ίνες από γυαλί ή και πλαστικό, πράγμα που επιτρέπει τη διανομή της δέσμης φωτός σε διάφορες επιμέρους δέσμες, που προορίζονται ενδεχομένως για διαφορετικούς χώρους. (Wikipedia, 2018).



Εικόνα 17. Σύστημα φωτοσωλήνα

Πηγή: [http://www.digital-in.info/etomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/7\\_energiaka\\_kelyfi-I-fysikos-fotismos.pdf](http://www.digital-in.info/etomeas/images/stories/docs/2T1_41/7_energiaka_kelyfi-I-fysikos-fotismos.pdf)

### 4.3 Παθητικά συστήματα αερισμού και δροσισμού

Τα διάφορα συστήματα και τεχνικές δροσισμού που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποσκοπούν στη μείωση του θερμικού φορτίου του κτιρίου, ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, με εύκρατα μεσογειακά κλίματα, υπολογίζεται ότι ο σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων είναι σε θέση να θερμάνει επαρκώς τον χειμώνα και να ανακουφίσει επαρκώς από τη ζέστη το καλοκαίρι (σε ποσοστό 60-70%). Γι' αυτούς τους λόγους, κρίνεται σημαντική η πολιτική βούληση για τη θέσπιση κανονισμών και οδηγιών που προτρέπουν τους μηχανικούς και τους αρχιτέκτονες προς την κατεύθυνση της σωστής μελέτης του κλίματος στο οποίο καλούνται να σχεδιάσουν και να οικοδομήσουν, προκειμένου να είναι σε θέση να εκμεταλλευθούν τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής, υπολογίζοντας, φυσικά, και τις λειτουργικές ανάγκες των κτιρίων και των ανθρώπων που τα χρησιμοποιούν.

#### 4.3.1 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί μια από τις βασικές στρατηγικές στην υλοποίηση της βιοκλιματικής σχεδίασης ενός κτιρίου. Αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου τους θερμούς μήνες ώστε να αποτραπεί η υπερθέρμανση του, διατηρώντας ικανοποιητικά επίπεδα θερμικής άνεσης στο κτίριο.

Παράλληλα, μέσω του φυσικού αερισμού-δροσισμού μειώνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, για ψύξη τους θερινούς μήνες, αλλά έχουμε και περιβαλλοντικά οφέλη με τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα και των εκπομπών χλωροφθορανθράκων από τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση κλιματιστικών.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν το φυσικό αερισμό είναι οι εξής : οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

Στο πλαίσιο του φυσικού αερισμού, υπάρχουν τρεις κύριες στρατηγικές, που διακρίνονται ανάλογα με την κινητήρια δύναμη που εφαρμόζεται και χρησιμοποιούνται για την επίτευξη διαφορετικών σε μέγεθος και έκταση στόχων:

1) Μονόπλευρος αερισμός, επαγόμενος από την μεταβολή του ανέμου (Wind variation-induced single-sided ventilation). Πρόκειται για μια στρατηγική που βρίσκει τοπική εφαρμογή, όταν ο αερισμός απαιτείται σε ξεχωριστά δωμάτια.

2) Διαμπερήs αερισμός υποκινούμενος από την πίεση του ανέμου (Wind pressure-driven cross ventilation). Πρόκειται για στρατηγική που εφαρμόζεται όταν ο αερισμός απαιτείται σε έναν όροφο ενός κτιρίου. Η αποδοτικότητά του εξαρτάται από παράγοντες όπως το σχήμα και τη θέση του κτιρίου, καθώς και από το μικροκλίμα του περιβάλλοντός του.

3) Κατακόρυφος αερισμός υποκινούμενος από ανωστική πίεση (Buoyancy pressure-driven stack ventilation). Πρόκειται για την πιο «ευρείας έκτασης» στρατηγική, όταν δηλαδή ο αερισμός απαιτείται σε ολόκληρο το κτίριο. Η αποδοτικότητα του εξαρτάται από το σχήμα του κτιρίου, όπως και από τη διαμόρφωση του εσωτερικού του.

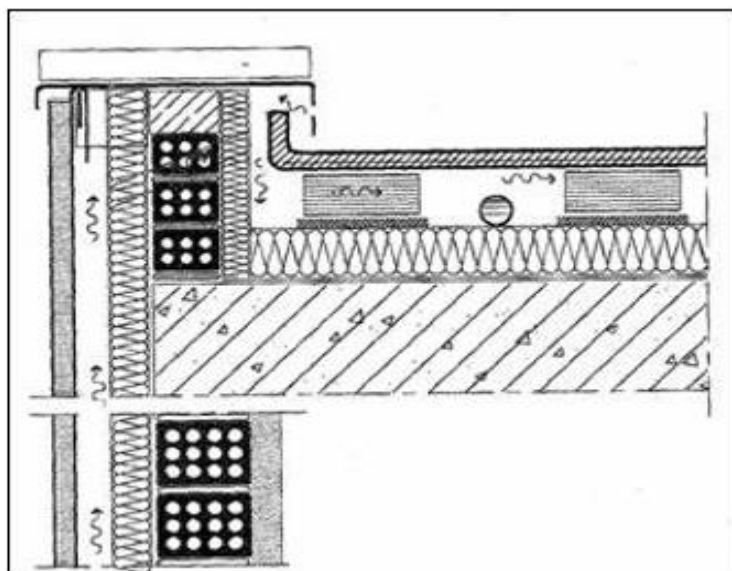
Ο φυσικός αερισμός μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνει την ανανέωση του αέρα. Έτσι, μπορεί να είναι:

- Διαμπερήs: Εδώ χρησιμοποιούνται παράθυρα και άλλα ανοίγματα στους τοίχους και στο κέλυφος. Αν το κτίριο είναι κατάλληλα διαρθρωμένο εσωτερικά, προσανατολισμένο εξωτερικά και σε σχέση με τα υπόλοιπα κτίσματα που το περιβάλλουν, ο αέρας μπορεί να κυκλοφορεί προς όλες τις κατευθύνσεις, να δημιουργεί «ρεύμα» και να απομακρύνει τη συγκεντρωμένη θερμότητα. Στο πλαίσιο αυτής της τεχνικής, σημαντικός είναι ο αερισμός που γίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, που, τους θερμούς μήνες του καλοκαιριού, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και ο εξωτερικός αέρας πιο δροσερός. Ο νυχτερινός αερισμός, πέρα από τη στιγμιαία δροσιά, μπορεί να προσφέρει και την αποθήκευση δροσιάs στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ και τα ψυχρά ρεύματα που δέχονται οι εξωτερικές επιφάνειες και τα δομικά υλικά του κτιρίου συντελούν στη σχετική ψύξη τους, με αποτέλεσμα τη συνολική βελτίωση της κατάστασης, εν όψει και της ερχόμενης ζεστήs μέρας. Επίσης, τα ίδια ισχύουν και για τον αερισμό που γίνεται πολύ νωρίς το πρωί, μέχρι την ανατολή του ήλιου.
- Κατακόρυφος: Εδώ χρησιμοποιούνται κατακόρυφα ανοίγματα και καμινάδες. Εν προκειμένω, βρίσκει την εφαρμογή του το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού. Καθώς ο θερμός αέρας τείνει να κινείται προς τα πάνω, διοχετεύεται στην καμινάδα

δημιουργώντας μια παράλληλη κίνηση: η θερμότητα φεύγει προς το εξωτερικό του κτιρίου, ενώ στο εσωτερικό προκύπτει ρεύμα. Το ρόλο των «καμινάδων» μπορούν να παίξουν φωταγωγοί, κλιμακοστάσια και εσωτερικά αίθρια.

#### 4.3.2 Αερισμός με αεριζόμενο κέλυφος

Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου κατασκευάζεται διπλό κέλυφος του κτιρίου είτε στην οροφή είτε στους πλάγιους εξωτερικούς τοίχους. Μέσα στο κενό που δημιουργείται στο μεσοδιάστημα, κυκλοφορεί ο αέρας του περιβάλλοντος, επιτρέποντας έτσι τη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό του και συμβάλλοντας στην θερμική ανακούφιση του.



Εικόνα 18. Αερισμός με αεριζόμενο κέλυφος

Πηγή: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kelyfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm)

#### 4.3.3 Δροσισμός

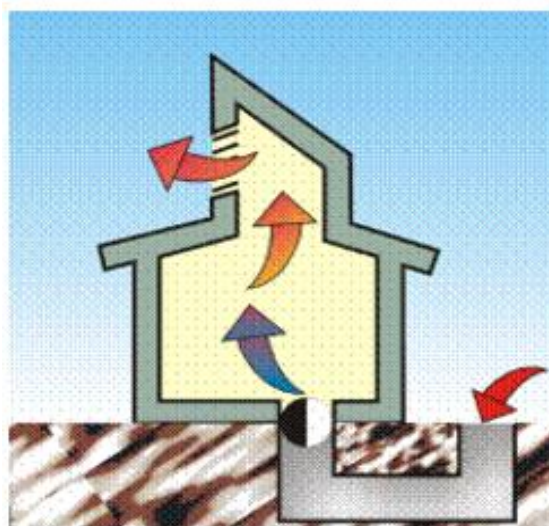
Παράλληλα με τον εντελώς φυσικό ή εν μέρει φυσικό και εν μέρει υποβοηθούμενο με μηχανικά μέσα αερισμό, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι και τεχνικές δροσισμού των κτιρίων που ανταποκρίνονται στο γενικότερο πνεύμα του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Παρακάτω θα παρουσιαστούν συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας και η λογική μερικών από αυτές. Θα πρέπει, όμως, ήδη εξ αρχής να σημειωθεί ότι οι παρακάτω αναφερόμενες μέθοδοι εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, καθώς



η απόδοσή τους τείνει να βελτιστοποιείται στις ήπιες συνθήκες εύκρατων κλιμάτων, ενώ αντίθετα μπορεί να καταστεί ανεπαρκής, αν αφηθεί μόνη της, σε ακραίες συνθήκες θερμότητας.

#### 4.3.3.1 Ψύξη από το έδαφος

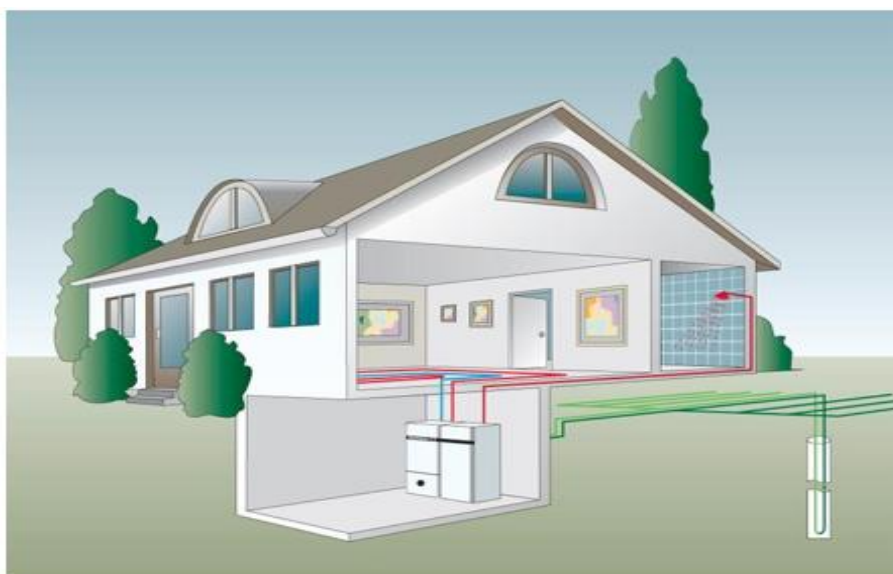
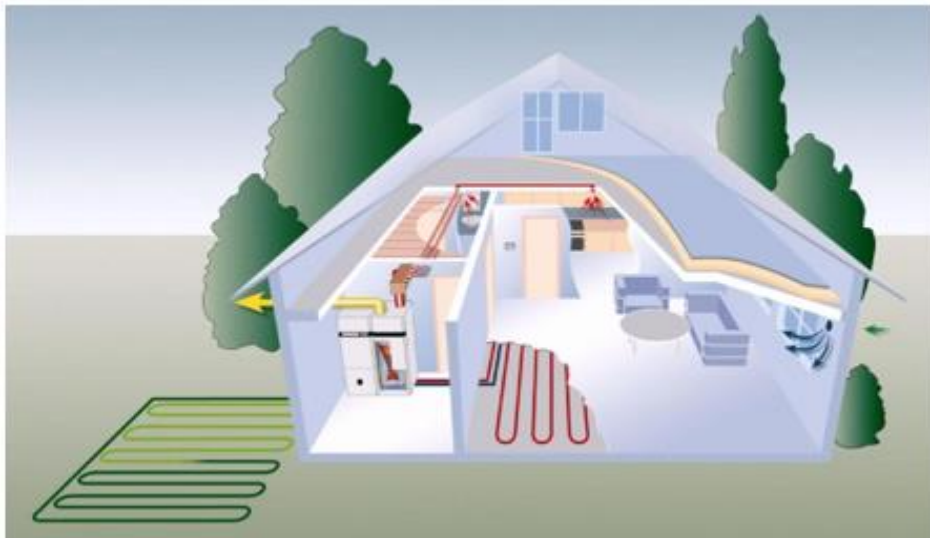
Καθώς το έδαφος το καλοκαίρι έχει θερμοκρασία αρκετά χαμηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος, η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, όπως και υπεδάφινων συστημάτων αγωγών, μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη θερμικής άνεσης. Στην πρώτη περίπτωση, το κέλυφος του κτιρίου έρχεται σε επαφή με το σχετικά ψυχρό έδαφος και ψύχεται. Στη δεύτερη, ο αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου ή από το εξωτερικό περιβάλλον εισάγεται μέσα σε μεταλλικούς ή κατασκευασμένους από PVC αγωγούς που είναι τοποθετημένοι σε βάθος 1-3 μέτρων, κυκλοφορεί μέσα στο δίκτυό τους, ψύχεται (καθώς η θερμοκρασία εκεί είναι μικρότερη) και στη συνέχεια ανακατευθύνεται μέσα στο κτίριο. Αντίστροφα μπορούν να λειτουργήσουν αυτά τα συστήματα τον χειμώνα, καθώς τότε το έδαφος είναι θερμότερο από το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ (στην περίπτωση υπόσκαφης δόμησης) το έδαφος λειτουργεί και ως μονωτής και περιορίζει την απώλεια θερμότητας.

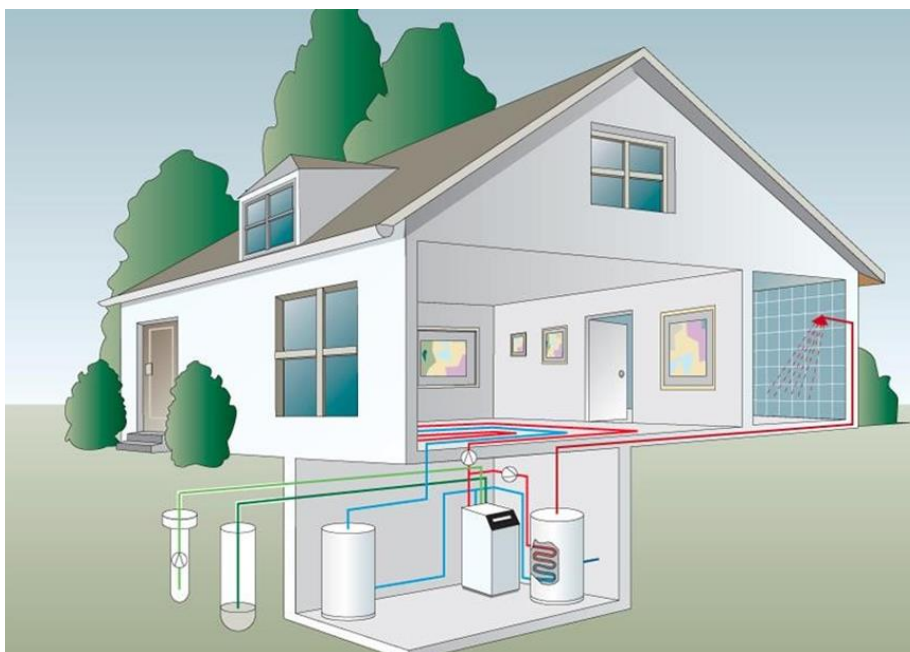


Εικόνα 19. Δροσισμός από το έδαφος μέσω υπεδάφινου συστήματος αγωγών  
Πηγή: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_psixi\\_edafous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm)

#### 4.3.3.2 Γεωθερμικές αντλίες

Καθώς το έδαφος το καλοκαίρι είναι πιο ψυχρό από το περιβάλλον και το χειμώνα πιο θερμό από αυτό, οι γεωθερμικές αντλίες το εκμεταλλεύονται, χρησιμοποιώντας το ως δεξαμενή διοχέτευσης θερμότητας κατά τους θερμούς μήνες και άντλησης θερμότητας κατά τους ψυχρούς. Για να λειτουργήσει ένα τέτοιο σύστημα χρειάζεται μια γεωθερμική αντλία, ένας εναλλάκτης (σύστημα σωληνώσεων από πολυαιθυλένιο που τοποθετείται μέσα στο έδαφος και διαρρέεται από νερό), μία εσωτερική εγκατάσταση ψύξης/θέρμανσης και, φυσικά, ο αυτοματισμός της εγκατάστασης. Υπάρχουν τρεις τρόποι εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος, με οριζόντιος εναλλάκτες, κάθετους εναλλάκτες και με γεώτρηση.





Εικόνα 20. Γεωθερμικό σύστημα με α) Οριζόντιους εναλλάκτες, β) Κατακόρυφους εναλλάκτες, γ) Γεώτρηση  
Πηγή: [http://sieline.gr/pages/gr/products/heat\\_pumps/geothermy/heat\\_pump\\_groundwater.php](http://sieline.gr/pages/gr/products/heat_pumps/geothermy/heat_pump_groundwater.php)

#### 4.3.3.3 Ψύξη με εξάτμιση

Το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη ενός κτιρίου, καθώς η αισθητή θερμότητα απορροφάται από τον αέρα για να χρησιμοποιηθεί ως λανθάνουσα θερμότητα για την εξάτμιση νερού. Όσο περισσότερο νερό εξατμίζεται, τόσο περισσότερη θερμότητα καταναλώνεται, καθώς ο αέρας, καθώς διέρχεται από κάποια ποσότητα νερού ψύχεται και εμπλουτίζεται με υδρατμούς. Ο δροσερότερος αέρας που παράγεται μπορεί να εισαχθεί κατ' ευθείαν στο κτίριο, οπότε κάνουμε λόγο για άμεσο δροσισμό, ή σε κάποιον εναλλάκτη, οπότε μιλάμε για έμμεσο δροσισμό. Παράλληλα, η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών στους εξωτερικούς χώρους ενός κτιρίου (πχ σιντριβάνια, τεχνητές λίμνες) μπορεί να προκαλέσει με την ίδια λογική μείωση της θερμοκρασίας.

#### 4.3.3.4 Αντλίες απορρόφησης

Σε σύγκριση με τα συμβατικά κλιματιστικά συστήματα, ο ηλεκτροκίνητος συμπιεστής αντικαθίσταται από έναν θερμικό συμπιεστή. Το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται είναι το νερό. Με τον ψεκασμό του νερού σε ένα δοχείο, στο οποίο υπάρχουν συνθήκες κενού και την εξάτμισή του, προκαλείται πτώση της θερμοκρασίας. Οι υδρατμοί που παράγονται απορροφούνται-προσροφούνται από ένα διαλυτικό μέσο απορρόφησης-προσρόφησης. Τα

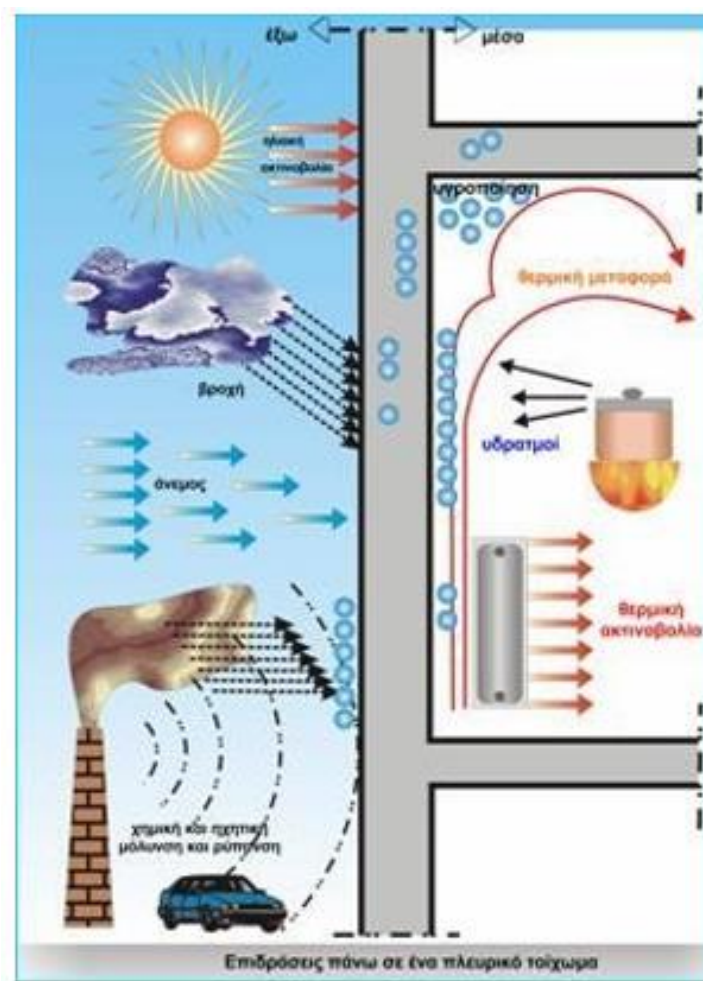
απορροφητικά μέσα που χρησιμοποιούνται είναι το Βρωμιούχο Λίθιο (LiBr) και η αμμωνία. Το διάλυμα αμμωνίας χρησιμοποιείται για να επιτευχθούν χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ αποφεύγεται η τοποθέτηση τέτοιων αντλιών σε κλειστούς χώρους. Το προσροφητικό μέσο που χρησιμοποιείται είναι το Silica Gel. Το κορεσμένο διάλυμα αναγεννάται από μια πηγή θερμότητας (νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης από 70°C ή ατμό χαμηλής πίεσης) και ελευθερώνονται οι υδρατμοί. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται από ένα κατάλληλο ρευστό ψύξης (νερό θερμοκρασίας μικρότερης από 35 °C). (Ψύξη απορρόφησης – προσρόφησης, ΚΑΠΕ).

Επομένως, τα συστήματα που βασίζονται σε αντλίες απορρόφησης χρησιμοποιούν τη θερμότητα (που μπορεί να παράγεται από την ηλιακή ακτινοβολία, από πετρέλαιο, από αέριο κλπ.) για να παραγάγουν ψύξη. Έτσι, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κλασικά κλιματιστικά συστήματα, καθώς δεν βλάπτουν το όζον (τα ψυκτικά τους που χρησιμοποιούν, σε αντίθεση με αυτών των κλιματιστικών δεν είναι επιβλαβή, από αυτήν τουλάχιστον την άποψη), απαιτούν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, είναι αθόρυβα και δεν έχουν μηχανικά μέρη, ενώ μπορεί να εκμεταλλευτούν ακόμη και την ηλιακή ενέργεια ή την απορριπτόμενη θερμότητα.

#### 4.4 Συστήματα θερμικής προστασίας κτιριακού κελύφους

Η αποτελεσματική θερμική προστασία του κελύφους που περιβάλλει το κτίριο είναι αποφασιστικής σημασίας για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, καθώς, σε περίπτωση που ένα κτίριο δεν είναι σωστά θερμομονωμένο, παρουσιάζει σημαντικές θερμικές απώλειες: το καλοκαίρι η παραγόμενη με διάφορους τρόπους δροσιά στο εσωτερικό του δραπετεύει προς τα έξω, ενώ αντίστροφα τον χειμώνα, η επιθυμητή ζέστη του εσωτερικού, διαφεύγει προς το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό συνεπάγεται τη μείωση της θερμικής άνεσης, κατά πρώτον, και, κατά δεύτερον, την ενεργειακή σπατάλη στην προσπάθεια επανάκτησής της.

Η λογική των συστημάτων θερμικής προστασίας του κελύφους είναι γνωστή από τη Φυσική: ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, υπάρχει μια συνεχής ροή θερμότητας από το πιο θερμό στο πιο ψυχρό. Αυτή η ροή είναι αδύνατον να σταματήσει πλήρως, αλλά μπορεί με διάφορους τρόπους να περιοριστεί ή να επιβραδυνθεί η ταχύτητά της, ώστε να περιοριστούν και οι θερμικές μεταβολές του εσωτερικού των κτιρίων.



Εικόνα 21. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους

Πηγή: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelufous\\_thermomonosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelufous_thermomonosi.htm)

#### 4.5 Υλικά κατασκευής

Είναι σαφές ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και τη μόνωση ενός κτιρίου παίζουν σημαντικό λόγο για τη θερμική κατάστασή του. Προβληματικά ή κακά χρησιμοποιημένα υλικά μπορούν να μειώσουν αισθητά τη θερμική άνεση του κτιρίου, ενώ η σωστή εκμετάλλευση των ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής μπορεί να έχει θαυμαστά αποτελέσματα στον τομέα της ενεργειακής εξοικονόμησης.

Ενδεικτικά, ορισμένα από τα θερμομονωτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής: εξηλασμένη πολυστερίνη, διογκωμένη πολυστερίνη, υαλοβάμβακας, πολουρεθάνη, αφρώδες γυαλί, περλιτοειδή, πετροβάμβακας, φελλός, PVC, κυψελωτό σκυρόδεμα, θερμομονωτικά τούβλα, πλάκες περλιτουόαλου. Για την επιλογή τους θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν όχι μόνο το υλικό καθ' εαυτό, αλλά και η συμπεριφορά του στους

διάφορους χειρισμούς που διεξάγονται στο πλαίσιο της κατασκευής ενός κτιρίου και η αντοχή του ή η αλλοίωση των χαρακτηριστικών του σε διάφορες καταπονήσεις που ενδέχεται να υποστεί. Δύο από τα πιο συνηθισμένα και διαδεδομένα ανά τον κόσμο υλικά που χρησιμοποιούνται για τη θερμική προστασία του κτιρίου είναι η εξηλασμένη και διογκωμένη πολυστερίνη καθώς και ο υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας. Καθένα από αυτά παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων. Η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι πολύ ανθεκτική στη συμπίεση και έχει μεγάλη θερμομονωτική απόδοση. Παράλληλα, είναι απρόσβλητη από μύκητες και βακτήρια. Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ελαστική, πράγμα που μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης ρωγμών στο κέλυφος του κτιρίου. Επίσης, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας παραμένει σταθερός στη διάρκεια του χρόνου, ενώ, ενώ ο μικρός συντελεστής αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών επιτρέπει στο κτίριο να «αναπνέει». Από τη μεριά τους, ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας είναι ινώδη υλικά, με μεγάλη αντοχή στη θερμότητα. Παρέχουν καλή ηχομόνωση, ενώ ταυτόχρονα είναι φθηνότερα και πιο φιλικά προς το περιβάλλον υλικά σε σχέση με την πολυστερίνη, καθώς καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους και απελευθερώνουν μικρότερες ποσότητες CO<sub>2</sub>. Πρέπει, όμως, να προστατεύονται από την υγρασία.

#### 4.6 Φυτεμένο δώμα

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, συχνά περιλαμβάνει και τη χρήση βλάστησης με σκοπό τη δημιουργία πολεοδομικών συνόλων με ευνοϊκό μικροκλίμα, άνετους εξωτερικούς χώρους και τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη. Ο ρόλος της βλάστησης είναι καθοριστικός στο δομημένο περιβάλλον καθώς συνεισφέρει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος χώρου τη θερινή περίοδο, αποτέλεσμα του σκιασμού της περιοχής και της απώλειας θερμότητας μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών που είναι η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η εξάτμιση.

Ένα στρώμα βλάστησης αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα). Τα βασικά πλεονεκτήματα από τη δημιουργία φυτεμένου δώματος είναι:

- Η συγκράτηση των νερών της βροχής και η καθυστερημένη απόδοσή τους συμβάλλουν σημαντικά στην προστασία από πλημμύρες.

- Η δημιουργία του μικροκλίματος και η ρύθμιση της θερμοκρασίας συμβάλλει στην καταπολέμηση του φαινομένου της αστικής νησίδας (της διαφοράς, δηλ. της θερμοκρασίας που παρατηρείται συγκρίνοντας τα προάστια με το κέντρο μιας πόλης).
- Η μόνωση στη φυτεμένη οροφή βοηθά στην υγραμόνωση του κτιρίου.
- Μειώνεται η στάθμη εξωτερικού θορύβου έως και 8 dB, καθώς ο ήχος απορροφάται από τη μαλακή επιφάνεια της οροφής και δεν αντανακλάται.
- Μια φυτεμένη οροφή προστατεύει το κτίριο από φθορές που προκαλούνται από καιρικά φαινόμενα όπως το χαλάζι, οι απότομες εναλλαγές τις θερμοκρασίας, η βροχή κ.α.



Εικόνα 22. Φυτεμένη οροφή κτιρίου στο Σικάγο των ΗΠΑ  
Πηγή: [http://www.lifo.gr/articles/architecture\\_articles/106135](http://www.lifo.gr/articles/architecture_articles/106135)

#### 4.7 Εκμετάλλευση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Είναι σαφές ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), που ονομάζονται έτσι επειδή αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων διαφόρων στοιχείων, επομένως είναι

ανεξάντλητες και δεν βλάπτουν το περιβάλλον, κατέχουν μια σημαντική θέση στην οργάνωση και την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Έτσι, πηγές ενέργειας όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο ή ακόμη και τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, βρίσκονται τα τελευταία χρόνια στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των ερευνητών για το πώς θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, επιφέροντας ευεργετικά αποτελέσματα αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας που προέρχεται από τις παραδοσιακές πηγές και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένοι τρόποι αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο πλαίσιο του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.

#### 4.7.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β)

Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο κατάλληλη μορφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Η χρήση Φ/Β συστοιχιών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι πλέον ώριμη και συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία, ευρέως διαδεδομένη σε όλη την Ευρώπη.

Τα Φ/Β διακρίνονται σε «διασυνδεδεμένα» συστήματα, που συνδέονται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και σε «αυτόνομα» συστήματα, όπου χρησιμοποιούνται συσσωρευτές (μπαταρίες). Τα αυτόνομα συστήματα, μπορεί να περιλαμβάνουν και άλλες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής, όπως Α/Γ ή/και μικρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (υβριδικά συστήματα).

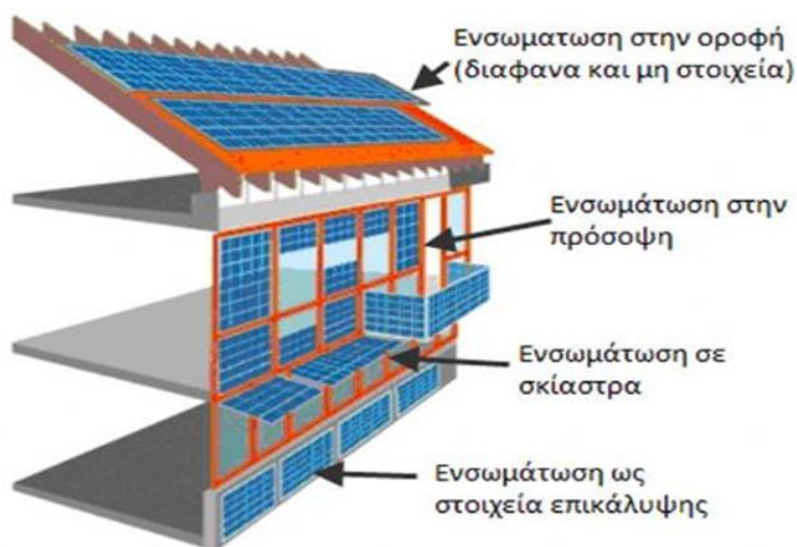
Βασικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης Φ/Β στα κτίρια είναι : η δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας, η αποφυγή ρύπανσης του περιβάλλοντος, η ελάχιστη συντήρηση, η αθόρυβη λειτουργία, η αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (έως και 25 χρόνια), η δυνατότητα εγκατάστασής τους σε απομονωμένες περιοχές και το γεγονός πως κατά τη λειτουργία τους δεν καταναλώνεται άλλη μορφή πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Τα Φ/Β στοιχεία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, σύμφωνα με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι Φ/Β στοιχείων είναι τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου και τα άμορφα πολυκρυσταλλικά στοιχεία. Τα στοιχεία



αυτά διαφέρουν τόσο ως προς τον τρόπο κατασκευής τους, όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά τους.

Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Μια Φ/Β εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί λοιπόν ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης.



Εικόνα 23. Εναλλακτικές δυνατότητες ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια

Πηγή: <https://www.4green.gr>

#### 4.7.2 Γεωθερμία

Ως γεωθερμία ορίζεται η εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης, από όπου, με τη χρήση αντλιών μεταφέρεται η θερμότητα από και προς το υπέδαφος, για εφαρμογές κλιματισμού αλλά και για παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης καθώς και για θέρμανση κτιρίων.

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας αξιοποιεί τη μέτρια και σταθερή, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους θερμοκρασία του υπεδάφους, καθώς και την υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα του νερού, σε σχέση με αυτήν του αέρα για την παραγωγή ενέργειας. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας, επειδή χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για την παραγωγή ζεστού και ψυχρού νερού, δεν είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αλλά είναι ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Οι γεωθερμικές διατάξεις θερμότητας διακρίνονται σε οριζόντιες και κατακόρυφης διάταξης.

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας στα κτίρια, ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαθέσιμου ρευστού. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 90°C οι εφαρμογές στον κτιριακό τομέα διακρίνονται σε: ηλεκτροπαραγωγή, κλιματισμό με αντλίες θερμότητας, θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού και αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της γεωθερμίας είναι τα εξής : αποτελεί καθαρή μορφή ενέργειας, συμβάλλει στην ενεργειακή εξοικονόμηση και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μηδαμινές επιπτώσεις στην αισθητική του τοπίου, καθώς και το ότι έχει αναπτυχθεί και είναι διαθέσιμη η σχετική τεχνολογία για την προστασία του περιβάλλοντος.



Εικόνα 24. Χρήση γεωθερμίας σε κτίρια

Πηγή: <http://www.infoalexandroupoli.gr/article/geothermia-mia-ananeosimi-pigi-energeias-poy-yparhei-pantoy>

#### 4.7.3 Ανεμογεννήτριες (Α/Γ) σε κτίρια

Η αιολική ενέργεια αποτελεί πλέον μια ώριμη τεχνολογικά και εμπορικά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η χρήση της στο ενεργειακό ισοζύγιο των κατοικιών αποτελεί μια ελκυστική λύση στο θέμα της ενεργειακής ζήτησης καθώς είναι άφθονη. Αν και οι διαστάσεις των Α/Γ

σε κτίρια είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τις συνήθειες Α/Γ, η λειτουργία τους ακολουθεί τους ίδιους φυσικούς νόμους.

Βασικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης Α/Γ στα κτίρια είναι : το χαμηλό κόστος κατασκευής, οι περιορισμένες ανάγκες συντήρησης και η παραγωγή ενέργειας από μία ανανεώσιμη πηγή, όπως είναι ο άνεμος.

Υπάρχουν ωστόσο και κάποια μειονεκτήματα, όπως είναι : ο θόρυβος κατά τη λειτουργία τους και η οπτική όχληση στην ευρύτερη περιοχή εγκατάστασής τους.

Στις μικρού μεγέθους Α/Γ (ισχύος μικρότερης των 100KW), μαγνήτες περιστρέφονται εντός σταθερής κατασκευής, δημιουργώντας μόνιμα μαγνητικά πεδία, ενώ τα πτερύγια κινούν την Α/Γ απευθείας, χωρίς τη χρήση κιβωτίου μετάδοσης της κίνησης, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν χαμηλότερα επίπεδα θορύβου. Οι μικρές Α/Γ έχουν συνήθως ουρά που τις περιστρέφει προς την κατεύθυνση ροής του ανέμου.

Μικρές Α/Γ (ισχύος μικρότερης των 2KW) μπορούν να εγκατασταθούν σε υποστήριγμα στον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου, ιδιαίτερα σε κατοικίες. Αυτό το σύστημα είναι εξαιρετικά φθινό, αλλά είναι κατάλληλο μόνο για μικρές ανεμογεννήτριες. Α/Γ με ισχύ μεγαλύτερη από 2KW χρειάζονται επιπρόσθετη στήριξη και για αυτό πρέπει να εγκαθίστανται στις οροφές των κτιρίων.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι Α/Γ εγκαθίστανται μαζί με φωτοβολταϊκά ως ανεξάρτητα συστήματα, έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες σε περιόδους χωρίς ηλιοφάνεια. Η τοποθέτηση αυτόνομης Α/Γ συμφέρει και σε περιπτώσεις που ένα σπίτι βρίσκεται σε περιοχή που δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ και το κόστος μεταφοράς ρεύματος είναι πολύ μεγάλο.



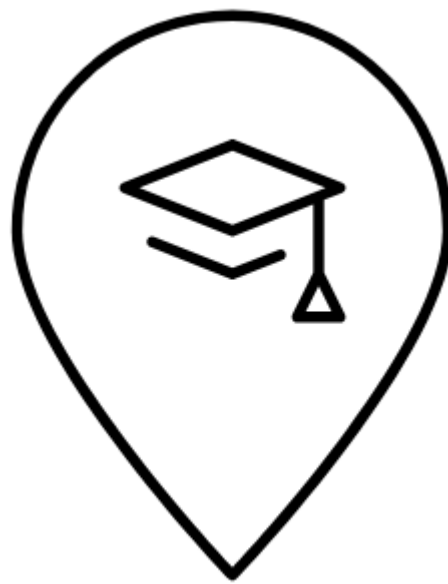
Εικόνα 25. Ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους σε κτίρια  
Πηγή: [http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post\\_16.html](http://www.zeroenergybuildings.org/2012/03/blog-post_16.html)

#### 4.7.4 Τηλεθέρμανση με βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας, και συγκεκριμένα υγρών, στερεών και αέριων καυσίμων, παρέχοντάς έτσι ενεργειακή εξοικονόμηση, αφού χρησιμοποιείται μια εναλλακτική και μάλιστα εγχώρια πηγή ενέργειας, αλλά και προστασία του περιβάλλοντος, αφού η βιομάζα είναι λιγότερο ρυπογόνος σε σχέση με το πετρέλαιο.

Τα παραγόμενα από βιομάζα καύσιμα μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα στο πλαίσιο της μεθόδου της τηλεθέρμανσης. Σε αυτήν την περίπτωση, η ενέργεια που παράγεται σε έναν σταθμό παραγωγής μέσω της καύσης των από προϊόντα της βιομάζας προερχόμενων καυσίμων, μεταφέρεται στη συνέχεια προς ένα θερμαινόμενο χώρο, όπως κτίριο, σύμπλεγμα κτιρίων ή οικισμό. Ανάμεσα στον σταθμό παραγωγής, ο οποίος περιλαμβάνει λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κλπ., και τον τελικό στόχο, παρεμβάλλεται ένα σύστημα από ενδιάμεσες στάσεις, στο οποίο περιλαμβάνονται:

- α) το δίκτυο διανομής του θερμαινόμενου μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό,
- β) οι υποσταθμοί σύνδεσης, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης και
- γ) δίκτυα σωληνώσεων που συνδέουν το σύστημα με το εσωτερικό σύστημα θέρμανσης του θερμαινόμενου κτιρίου.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

## 5. Σχολικά κτίρια και βιοκλιματικός σχεδιασμός

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν διεξοδικά οι επιμέρους άξονες ενός βιοκλιματικού σχεδιασμού, μέσα από το παράδειγμα των δημόσιων σχολικών κτιρίων στον ελλαδικό χώρο, θέμα που απασχολεί την παρούσα μελέτη. Η αποδόμηση των στοιχείων βοηθά στην καλύτερη κατανόηση αυτού του είδους σχεδιασμού, πληροφορίες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην μετέπειτα προσπάθεια βελτιστοποίησης των επεμβάσεων στη μελέτη περίπτωσης. Τα βασικά στοιχεία – εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού χρησιμοποιούν τις φυσικές πηγές, όπως τον ήλιο και τον αέρα, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε θερμική, για την αποθήκευση της θερμικής αυτής ενέργειας, τη διατήρηση και τη διανομή της στο εσωτερικό του κελύφους, διαδικασία που πραγματοποιείται μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων που παρουσιάζονται παρακάτω (Τσιτσιφλής, 2016).

### 5.1 Συνθήκες άνεσης

Για την πραγματοποίηση ενός ορθού βιοκλιματικού σχεδιασμού μίας σχολικής δομής απαραίτητο στοιχείο αποτελεί η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, δηλαδή θερμικής, οπτικής και ηχητικής άνεσης, των χρηστών του κτιρίου, όπως μαθητών και διδασκόντων, αυξάνοντας την ικανότητα μάθησης και διδασκαλίας αντίστοιχα. Οι συνθήκες άνεσης εξαρτώνται από τα επιμέρους στοιχεία του κτιριακού κελύφους και τα παθητικά ηλιακά συστήματά του, βοηθώντας ουσιαστικά τους χρήστες να αισθάνονται ευχάριστα και άνετα κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο κτίριο ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.

Γενικότερα, όταν διαπιστώνεται ισορροπία μεταξύ των θερμικών κερδών ενός σχολικού κτιρίου και των αντίστοιχων απωλειών του στο περιβάλλον, τότε διακρίνεται το αίσθημα της θερμικής άνεσης των χρηστών του. Το γεγονός αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κατάλληλης διαχείρισης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος, της θερμότητας που εκπέμπουν οι χρήστες μέσω του σώματός τους καθώς και της θερμότητας που αποδίδει ο τεχνικός εξοπλισμός των σχολικών κτιρίων, όπως μηχανές προβολής, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.ά. Με βάση τα στοιχεία αυτά πραγματοποιείται μία συνοπτική περιγραφή των παραμέτρων που διαμορφώνουν τις

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες άνεσης των χώρων ενός σχολικού κτιρίου, όπως είναι η θερμοκρασία του χώρου, η σχετική υγρασία, ο νωπός αέρας (για χώρους μη καπνιζόντων), η στάθμη φωτισμού και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες και τον εξοπλισμό, καθώς και τις ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες που πρέπει να έχουν οι χώροι αυτοί (Αξαρχή, 1995, Κοντορούπης, 2003).

Πίνακας 3. Παράμετροι επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών χώρων  
*Πηγή: TOTEE 20701-1/2010, 2014*

Χρήση κτιρίου	ΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΧΩΡΩΝ								
	Θερμοκρασία (°C)		Σχετική υγρασία (%)		Νωπός αέρας		Στάθμη φωτισμού lx (lm/m <sup>2</sup> )	Θερμότητα χρηστών (W/m <sup>2</sup> )	Θερμική ισχύς εξοπλισμού (W/m <sup>2</sup> )
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	m <sup>3</sup> /h/άτομο	m <sup>3</sup> /h/ m <sup>2</sup>			
Πρωτοβάθμια & δευτεροβάθμια εκπαίδευση	20	26	35	45	22	11,00	300	40	5

Πίνακας 4. Ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες σχολικών χώρων  
*Πηγή: TOTEE 2423/1986, 1988*

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΤΟΥΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ						
		Αίθουσες διδασκαλίας & πολλαπλών χρήσεων	Γραφεία & βιβλιοθήκη	Λουτρά & αποδυτήρια	W.C., διάδρομοι, κλιμακοστάσια & κλειστοί αύλειοι χώροι	Χώροι εργαστηρίων	Κλειστά γυμναστήρια	Ιατρεία
Χειμερινή περίοδος	Θερμοκρασία (°C)	18	20	22	5 - 10	15 - 18	15	24
Θερινή περίοδος	Θερμοκρασία (°C)	25 - 26	25 - 26	-	-	-	-	-
	Σχετική υγρασία (%)	50	45 - 50	-	-	-	-	-

Σύμφωνα με τους πιο πάνω πίνακες συμπεραίνεται ότι για να επιτευχθεί θερμική άνεση των μαθητών και διδασκόντων θα πρέπει η θερμοκρασία των χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο να έχουν ένα μέσο όρο 20°C περίπου, ενώ κατά τη θερινή περίοδο η θερμοκρασία δε πρέπει να ξεπερνά τους 26°C. Επίσης, η σχετική υγρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 35% έως 45%, έτσι ώστε να υπάρχει ένα ευχάριστο αίσθημα άνεσης.

Ένας ακόμη παράγοντας, που συμβάλλει στις συνθήκες άνεσης των χώρων ενός σχολικού κτιρίου, είναι η ηχητική άνεση, ειδικότερα των αιθουσών διδασκαλίας. Ουσιαστικά, πρόκειται για την εξασφάλιση καλής ποιότητας ήχων και τον περιορισμό των ενοχλητικών ήχων, που προέρχονται είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, είτε από το εξωτερικό περιβάλλον. Γενικά, υπάρχουν αντικρουόμενα στοιχεία μεταξύ της διαμόρφωσης ηχητικής

άνεσης σε ένα χώρο και του παθητικού σχεδιασμού αυτού. Για παράδειγμα, η χρήση βαρέων υλικών σε επιφάνειες για την δημιουργία θερμικής μάζας προκαλεί μείωση της ηχητικής απορρόφησης, οδηγώντας σε φαινόμενα αντήχησης στο χώρο, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων του θορύβου και την καταληπτότητα των ήχων. Επίσης, οποιοσδήποτε σχεδιασμός για το φυσικό αερισμό των χώρων, μέσω ανοιγόμενων παραθύρων και ειδικών κατασκευών, μπορεί τελικά να μην εφαρμοστεί στην πράξη λόγω δυσμενών εξωτερικών συνθηκών. Οι εξωτερικοί θόρυβοι, όπως έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, άσκηση υπαίθριων εργασιών και παραγωγικών δραστηριοτήτων, προέρχονται από διάφορες πηγές και έχουν την ικανότητα να διαπερνούν τα δομικά στοιχεία του κελύφους των κτιρίων, μέσω του αέρα, οδηγώντας σε πολλαπλασιασμό του θορύβου στο εσωτερικό (Baker and Steemers, 2000).

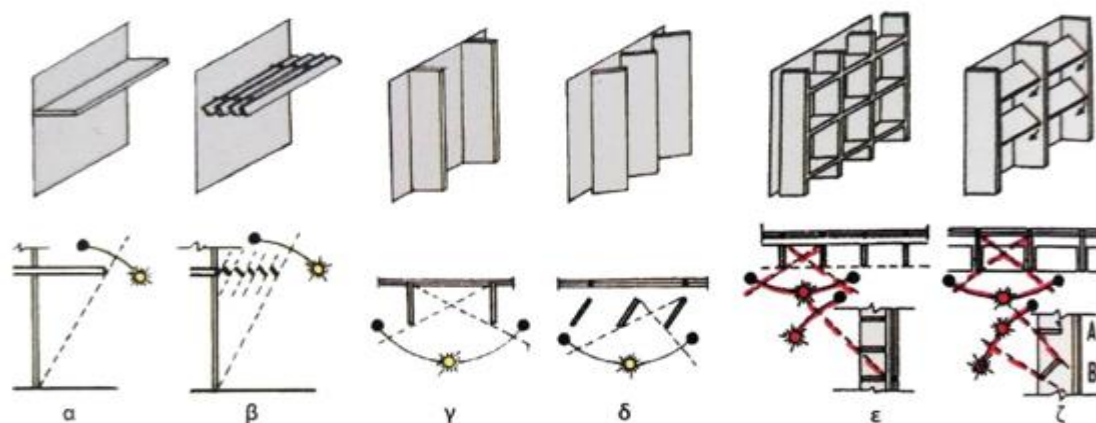
Επομένως, για την εξασφάλιση ηχητικής άνεσης των εσωτερικών χώρων των σχολείων, για την ομαλή λειτουργία και διεκπεραίωση των απαιτούμενων μαθημάτων, απαιτείται η ακουστική διόρθωση των χώρων, μέσω της γεωμετρίας και της υφής των εσωτερικών επιφανειών τους. Εάν τα ίδια τα στοιχεία της κατασκευής δεν είναι σε θέση να καλύψουν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις αυτές, τότε πραγματοποιούνται ειδικές κατασκευές και επενδύσεις, κυρίως ελαφριές, στις εσωτερικές επιφάνειες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ηχοαπορροφητικά, όπως υφάσματα, ξυλόμαλλες πλάκες και ελαστικά δάπεδα, περιορίζοντας σημαντικά το φαινόμενο της ανάκλασης των ήχων (Παπαμανώλης, 2015).

## 5.2 Ηλιασμός - Ηλιοπροστασία

Ο ηλιασμός και η ηλιοπροστασία, δηλαδή η σκίαση, ενός σχολικού κελύφους αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους στοιχεία, ιδιαίτερα στις θερμές χώρες όπως είναι η Ελλάδα, έτσι ώστε από τη μία πλευρά να εξασφαλίζεται ο περιορισμός της υπερθέρμανσης των χώρων, και από την άλλη να εξασφαλίζονται οι επιθυμητές συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Ουσιαστικά, με τον ορθό σχεδιασμό του ηλιασμού και της ηλιοπροστασίας επιτυγχάνεται ο φυσικός φωτισμός των χώρων καθώς και η αύξηση των θερμικών κερδών, μειώνοντας την περαιτέρω ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας. Για παράδειγμα, κατά τη χειμερινή περίοδο ο ηλιασμός των εσωτερικών χώρων είναι απαραίτητος για την άμεση θέρμανσή τους, ενώ κατά τη θερινή περίοδο κρίνεται απαραίτητη η αντίστοιχη ηλιοπροστασία τους, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανσή τους (Wachbergen, 1983).



Για να υπάρξει ο κατάλληλος ηλιασμός και η ηλιοπροστασία των χώρων ενός σχολικού κτιρίου χρησιμοποιούνται, σε πληθώρα συνδυασμών, πρόβολοι και διαφόρων ειδών σκίαστρα, όπως οριζόντια ή κατακόρυφα, σταθερά ή κινητά, εσωτερικά ή εξωτερικά. Στα σταθερά στοιχεία υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ηλιοπροστασίας μόνο εποχιακά, ενώ στα κινητά η δυνατότητα αυτή είναι καθημερινή, με τη διαφορά όμως ότι απαιτείται η προσωπική απασχόληση των χρηστών. Συγκεκριμένα, όταν απαιτείται ηλιοπροστασία των χώρων, κυρίως τη θερινή περίοδο, προτιμάται η ηλιακή ακτινοβολία να μην εισέρχεται από τους υαλοπίνακες των όψεων έτσι ώστε να αποφεύγεται ο περαιτέρω εγκλωβισμός της στους εσωτερικούς χώρους (Ο.Σ.Κ. – α, 2008). Για το λόγο αυτό, ανάλογα με τον προσανατολισμό των όψεων απαιτούνται διαφορετικές μορφές ηλιοπροστασίας, με βάση και την παρακάτω απεικόνιση.



Εικόνα 26. Μορφές ηλιοπροστασίας ανάλογα με τον προσανατολισμό της όψης (όπου α και β η νότια όψη, γ και δ η δυτική όψη, ε και ζ η νοτιοανατολική ή νοτιοδυτική όψη  
Πηγή: Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985

Σύμφωνα με την απεικόνιση αυτή παρατηρείται ότι για νότιο προσανατολισμό των όψεων, τα σκίαστρα που χρησιμοποιούνται είναι οριζόντια έτσι ώστε οι χώροι να ωφελούνται το χειμώνα από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το καλοκαίρι να εμποδίζεται η κατακόρυφη διέλευσή της στο εσωτερικό. Τα σκίαστρα που τοποθετούνται έχουν τη μορφή προβόλων, ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων. Για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό των όψεων προτιμάται η κατακόρυφη σκίαση, διότι οι δέσμες φωτός βρίσκονται χαμηλά στον ορίζοντα, στον αντίστοιχο άξονα ανατολή – δύση. Γι' αυτούς τους προσανατολισμούς συνίσταται η τοποθέτηση κινητών εξωτερικών πετασμάτων, αλλά λόγω υψηλού κόστους κατασκευής και συντήρησης, προτιμάται η τοποθέτηση σταθερών εξωτερικών στοιχείων σε συνδυασμό με

εσωτερικές κινητές περσίδες. Σε όψεις με νοτιοανατολικό ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων για την καλύτερη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Μάντζιου και Πετρουλάκη, 2009).

### 5.3 Φυσικός φωτισμός

Η εξασφάλιση κατάλληλου και επαρκούς φυσικού φωτισμού σε ένα σχολικό κτίριο επιτυγχάνεται μέσω της ορθής εκμετάλλευσής του, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση άνετων συνθηκών λειτουργίας και παραμονής μαθητών και διδασκόντων στο εσωτερικό του κτιρίου. Είναι αξιοσημείωτο ότι έρευνες έχουν δείξει ότι ο κατάλληλος φυσικός φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας αποτελεί ένα από τα βασικά στοιχεία που επηρεάζουν τις επιδόσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια διεξαγωγής μαθημάτων και διαγωνισμάτων. Ένας σωστός σχεδιασμός συστήματος φυσικού φωτισμού δίνει τη δυνατότητα περιορισμού της αντίστοιχης χρήσης συστήματος τεχνητού φωτισμού, έχοντας ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας έως και 80% της ενέργειας που απαιτείται για τη κάλυψη του φωτισμού του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια χρήσης του, η οποία κατεξοχήν γίνεται έως το μεσημέρι (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο βέλτιστος σχεδιασμός των ανοιγμάτων δεν εξαρτάται μόνο από τον προσανατολισμό και το μέγεθός τους, αλλά και από τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και του γειτνιάζοντα δομημένου περιβάλλοντος του σχολικού κτιρίου. Επίσης, βάσει των παραπάνω στοιχείων κρίνεται απαραίτητη η παράθεση της απαιτούμενης ποιότητας του παρεχόμενου φωτισμού των σχολικών χώρων, έτσι ώστε να διαμορφώνονται οι επιθυμητές συνθήκες άνεσης, κατατάσσοντάς την σε πολύ σημαντική, σημαντική και μερικώς σημαντική (Barton, 2007).

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

*Πίνακας 5. Ποιότητα φωτισμού σχολικών χώρων*  
*Πηγή: Barton, 2007*

	Αίθουσα Διδασκαλίας	Αίθουσα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών	Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων	Διάδρομοι
Έλεγχος θάμβωσης (αντηλιά)	○	●	○	□
Φωτισμός τοίχων και οροφής	●	●	●	○
Ομοιομορφία φωτισμού και σκιασμού	○	●	○	□
Φυσικός φωτισμός	○	□	○	○
Θερμοκρασία χρωμάτων	○	○	○	○
Αυτοματισμός τεχνητού φωτισμού και προσαρμοστικότητα	●	○	●	□

○που ● Πολύ σημαντική ○ Σημαντική □Μερικώς Σημαντική

### 5.4 Φυσικός αερισμός

Η εξασφάλιση του φυσικού αερισμού των σχολικών χώρων, κυρίως των αιθουσών διδασκαλίας, πραγματοποιείται με δύο τρόπους, το διαμπερή αερισμό και το φυσικό ελκυσμό, λαμβάνοντας όμως υπόψη την τοπογραφία και τους τοπικούς ανέμους της περιοχής. Ο διαμπερής αερισμός δημιουργείται μέσω της εισόδου του αέρα από τα ανοίγματα της προσήνεμης πλευράς και της εξόδου του από τα ανοίγματα της απάνεμης πλευράς ενός χώρου, που σε ιδανικές συνθήκες οι δύο αυτές πλευρές πρέπει να βρίσκονται αντικριστά. Επίσης, η προτεινόμενη διάταξη των ανοιγμάτων είναι η τοποθέτησή τους σε διαφορετικές στάθμες, έτσι ώστε να αποφεύγεται ο εισερχόμενος αέρας να προσπεράσει το χώρο διδασκαλίας.

Στο χώρο διδασκαλίας ο αέρας θερμαίνεται από εσωτερικά θερμικά φορτία, όπως είναι οι μαθητές, τα φώτα και η θέρμανση, έχοντας ως αποτέλεσμα την άνοδό του προς τα επάνω, αφού ο θερμός αέρας λόγω θερμοκρασίας και πυκνότητας είναι ελαφρύτερος από το ψυχρό, και την έξοδό του από τα ανοίγματα της οροφής. Το γεγονός αυτό δημιουργεί φυσικό ελκυσμό, προσφέροντας ανανέωση και αερισμό στο χώρο. Η επίτευξη του φαινομένου του ελκυσμού γίνεται όταν η εσωτερική θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο κτίριο είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, γεγονός που πραγματοποιείται, ως επί τον πλείστον, κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμού εσωτερικού αέρα και του ψυχρού εξωτερικού είναι μέγιστη. Όσο αναφορά τους θερινούς μήνες, ο φυσικός ελκυσμός μπορεί να γίνει μόνο κατά

τη διάρκεια της νύχτας, όπου ο συσσωρευμένος θερμός αέρας της ημέρας διαφεύγει ευκολότερα (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

### 5.5 Οικοδομικά υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των βιοκλιματικών σχολικών κτιρίων είναι κοινά οικοδομικά υλικά φιλικά στο περιβάλλον, τα οποία επιλέγονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση και τις κλιματολογικές συνθήκες της αντίστοιχης περιοχής. Τα υλικά αυτά, με τον κατάλληλο σχεδιασμό και συνδυασμό τους, έχουν την ικανότητα να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να μεταφέρουν το απαιτούμενο ποσό προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κελύφους, επηρεάζοντας αισθητικά και βιοκλιματικά στο σύνολό τους την ποιότητα των ανεγερθέντων σχολικών δομών (Wachbergen, 1983).

Βασικό στοιχείο της κατασκευής αποτελεί η κατάλληλη μόνωση του κελύφους, η οποία τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά, προσφέροντας τόσο προστασία του κελύφους όσο και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής, λόγω διάφορων καιρικών συνθηκών, ενώ καλύπτεται κυρίως με επίχρισμα, έτσι ώστε να αποφεύγεται αντίστοιχη φθορά. Ένας άλλος τρόπος μόνωσης είναι η έμμεση μόνωση, μέσω της κατασκευής διπλών τοίχων με κενό, στο οποίο επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα. Η μόνωση έχει την ιδιότητα να περιορίζει την εισχώρηση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου αποτρέποντας την υπερθέρμανσή του, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας έως και 40%. Επίσης, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, για την καλύτερη μόνωση του κελύφους σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή των υαλοστασίων των ανοιγμάτων, αφού τα ανοίγματα καταλαμβάνουν αρκετή επιφάνεια των όψεων. Προτιμάται η τοποθέτηση διπλών υαλοστασίων χαμηλής εκπεμπιμότητας (low – e) με θερμοδιακοπή και ξύλινα ή ξύλου-αλουμινίου πλαίσια, ώστε να επιτυγχάνονται τα βέλτιστα θερμικά αποτελέσματα (Αναλυτή, 2010, Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, 2011).

Επίσης, αξιόλογο δομικό υλικό είναι το ξύλο, το οποίο είναι ελαφρύ υλικό που χαρακτηρίζεται από καλή αντισεισμική συμπεριφορά και χρησιμοποιείται για την κατασκευή στεγών, δαπέδων, περγκολών και περσίδων. Οι ξύλινες αυτές κατασκευές διακρίνονται για το αισθητικό τους αποτέλεσμα και τη «ζεστασιά» που εκπέμπουν, στοιχείο

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

απαραίτητο για τους σχολικούς χώρους όπου ζουν και κινούνται παιδιά για αρκετό διάστημα της ημέρας.

Στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των σχολείων γίνεται προσπάθεια χρήσης υλικών, τα οποία δημιουργούν συνθήκες άνετης παραμονής, όπως ψυχρά υλικά με ανοιχτά χρώματα και ανακλαστικές επιφάνειες, αποτρέποντας την υπερθέρμανση. Για το λόγο αυτό, κυρίως στον περιβάλλοντα χώρο, αποφεύγεται η χρήση πολύ σκληρών οικοδομικών επιφανειών, και τοποθέτηση αρκετού πρασίνου ώστε να εμποδίζονται φαινόμενα θάμβωσης και ταυτόχρονα να μειώνεται η άμεση απορροή του νερού της βροχής και γενικότερα του θορύβου (Αναλυτή, 2010).

Γενικότερα, είναι σημαντική η επιλογή δομικών υλικών φιλικών στο περιβάλλον, τα οποία προέρχονται από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, έχουν την ικανότητα να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν και διακρίνονται για την έλλειψη τοξικότητας. Η χρήση τους εξασφαλίζει υγιεινότερο περιβάλλον στους χρήστες, βελτιώνοντας ταυτόχρονα το μικροκλίμα της περιοχής. Για το λόγο αυτό στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται η προτίμηση στη χρήση ορισμένων υλικών κατασκευής καθώς και η αντίστοιχη αποφυγή κάποιων άλλων (Ο.Σ.Κ. – α, 2008).

*Πίνακας 6. Ενδεικτική προτίμηση δομικών υλικών  
Πηγή: Ο.Σ.Κ. – α, 2008*

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
Μόνωση τοίχων	Φελλός Κυτταρίνη Ξυλόμαλλο Biofiber (βιοπολυμερές από καλαμπόκι)	Πετροβάμβακας	Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) Υαλοβάμβακας	Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) Πολυουρεθάνη
Εσωτερικοί αγωγοί αποχέτευσης	Κεραμικοί σωλήνες	Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυπροπυλένιο (PP)	-	PVC
Σωληνώσεις νερού	Πολυπροπυλένιο (PP) Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυβουτυλένιο	Ανοξειδωτο ατσάλι	Χαλκός	PVC
Εξωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Ξυλεία κωνοφόρων χωρίς συντηρητικά	Ξυλεία κωνοφόρων με εμφυτεύματα βορικών αλάτων Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης	Αλουμίνιο Ξυλεία κωνοφόρων με συντηρητικά	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία PVC
Εσωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Κυψελοειδής μορισσανίδα	Ευρωπαϊκή ξυλεία κωνοφόρων	Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Νοβοπάν	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>ο</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>ο</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>ο</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
Πλακάκια και κάλυψη πατωμάτων	Λινόλαιο Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Φελλός	Κεραμικά πλακάκια (κατά προτίμηση με οικολογική σήμανση) Ξυλεία επεξεργασμένη με συντηρητικά	Καουτσούκ	PVC Φελλός με επίστρωση PVC ή πολυουρεθάνης
Επιστέγαστρα και διαφανή συστήματα επικαλύψεων	Γυάλινα	Πολυανθρακικά	Ακρυλικά (Plexiglas)	PVC

Σε συνδυασμό με όλα τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σχολικών μονάδων, καθώς και οποιουδήποτε άλλου κτιρίου, επιτυγχάνει την προστασία του περιβάλλοντος, τη σωστή διαχείριση των υλικών και του νερού και γενικότερα τη χρήση λιγότερο ενεργοβόρων μεθόδων, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση των δαπανών και την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών της εκπαίδευσης με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Με λίγα λόγια, οι βιοκλιματικές σχολικές δομές αποτελούν μέρος της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενημέρωσης των παιδιών, διαμορφώνοντάς τους περιβαλλοντική συνείδηση, η οποία θα αποτελεί εφαλτήριο για όλη την μετέπειτα πορεία τους.

### 5.6 Παραδείγματα βιοκλιματικών σχολείων

Υπάρχουν αρκετά σχολικά συγκροτήματα στο εξωτερικό, αλλά και μερικά στην Ελλάδα, τα οποία ακολουθούν τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στην συνέχεια παρατίθεται δύο παραδείγματα σχολικών κτιρίων, ένα από το Παρίσι και ένα από την Κοζάνη.

Στην πόλη του Παρισιού, και συγκεκριμένα στην περιοχή των δυτικών προαστίων στην Boulogne Billancourt, κατασκευάστηκε το 2014 από το αρχιτεκτονικό γραφείο Chartier Dalix ένας καινοτόμος τύπος σχολείου.

Ουσιαστικά πρόκειται για προσομοίωση ενός αυτόνομου οικοσυστήματος, με θέα τα γύρω κτίρια, δημιουργώντας ένα πλούσιο πεδίο ανακάλυψης και εξερεύνησης των παιδιών. Το κέλυφός του χαρακτηρίζεται από «ζωή», φιλοξενώντας μεγάλη ποικιλία από την τοπική χλωρίδα και πανίδα καθώς και διάφορα είδη δέντρων και φυτών, προωθώντας τη σημασία της βιοποικιλότητας. Για τη πολύπλοκη αυτή κατασκευή επιλέχθηκε μία απλή, κατά τα άλλα, αρχιτεκτονική, που συνδέει τους όγκους και τις λειτουργίες του κτιρίου σε ένα ρευστό σχήμα. Η τεχνητή αυτή τοπογραφία δημιουργεί χώρους μονοπατιών και προστατευόμενων περιοχών, ενώ η όλη κατασκευή αποτελεί μέρος και συνέχεια του εδάφους. Οι λειτουργίες

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

του σχολείου αναπτύσσονται σε επίπεδα, με το καθένα να απαρτίζεται από παιδική χαρά και δέντρα, ενώ τα ανοίγματα των όψεων έχουν τη δυνατότητα να φιλοξενήσουν διάφορα είδη βλάστησης αλλά και πτηνά. Περιλαμβάνει δεκαοχτώ (18) αίθουσες διδασκαλίας και ένα αθλητικό κέντρο, τα οποία αγκαλιάζουν τους αύλειους χώρους και τις περιοχές με βλάστηση, αυξάνοντας την ικανότητα της επαφής των παιδιών με το περιβάλλον (Αναστασάκη, 2015, Chartier Dalix, 2016).



*Εικόνα 27. α) και β) Βιοκλιματικό σχολικό κτίριο στο Παρίσι  
Πηγή: Chartier Dalix, 2016*

Ένα παράδειγμα σχολικού κτιρίου στην Ελλάδα, το οποίο συμβαδίζει με τα πρότυπα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, είναι το Σχολείο Δημοτικού και Νηπιαγωγείου στη Ζώνη Ενεργού Πολεοδομίας (ΖΕΠ) της Κοζάνης που κατασκευάστηκε το 2016 από τον Ο.Σ.Κ., καλύπτοντας επιφάνεια 4.200 τετραγωνικών μέτρων. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 9.123.000€ ευρώ και εντάσσεται στο πρόγραμμα «Επιδεικτικά Βιοκλιματικά

Σχολεία» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ). Το κτίριο διατάσσεται σε 3 επίπεδα, εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ενώ η δυναμικότητά του φτάνει τους 350 μαθητές. Περιλαμβάνει αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκη, τραπεζαρία, κυλικείο και αίθουσα εκδηλώσεων (Ισπόγλου, 2011).

Στο σχολείο τοποθετούνται μονάδες φυσικού και τεχνητού αερισμού και φωτισμού, ενεργειακά υαλοστάσια και ενισχυμένες μονώσεις μειώνοντας τις λειτουργικές δαπάνες σε ποσοστό 75%. Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση, κλιματισμό και ηλεκτρική ενέργεια εξασφαλίζονται από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέσω ενός αλληλοσυμπληρούμενου συστήματος ηλιακής ενέργειας, γεωθερμίας και τηλεθέρμανσης, το οποίο ελέγχεται από ένα κεντρικό σύστημα που είναι αυτόνομο, αφού αρχικά δοθούν ορισμένες ρυθμίσεις από το χρήστη. Υπολογίζεται ότι με την εφαρμογή όλων των παραπάνω στοιχείων εξοικονομείται πρωτογενής ενέργεια σε ποσοστό 45% σε σύγκριση με τα συμβατικά σχολικά κτίρια αντίστοιχου μεγέθους (econews.gr, 2011, kozani.tv, 2016).



Εικόνα 28. Βιοκλιματικό σχολικό κτίριο στην Κοζάνη  
Πηγή: ΔΕΠΕΠΟΚ, 2016



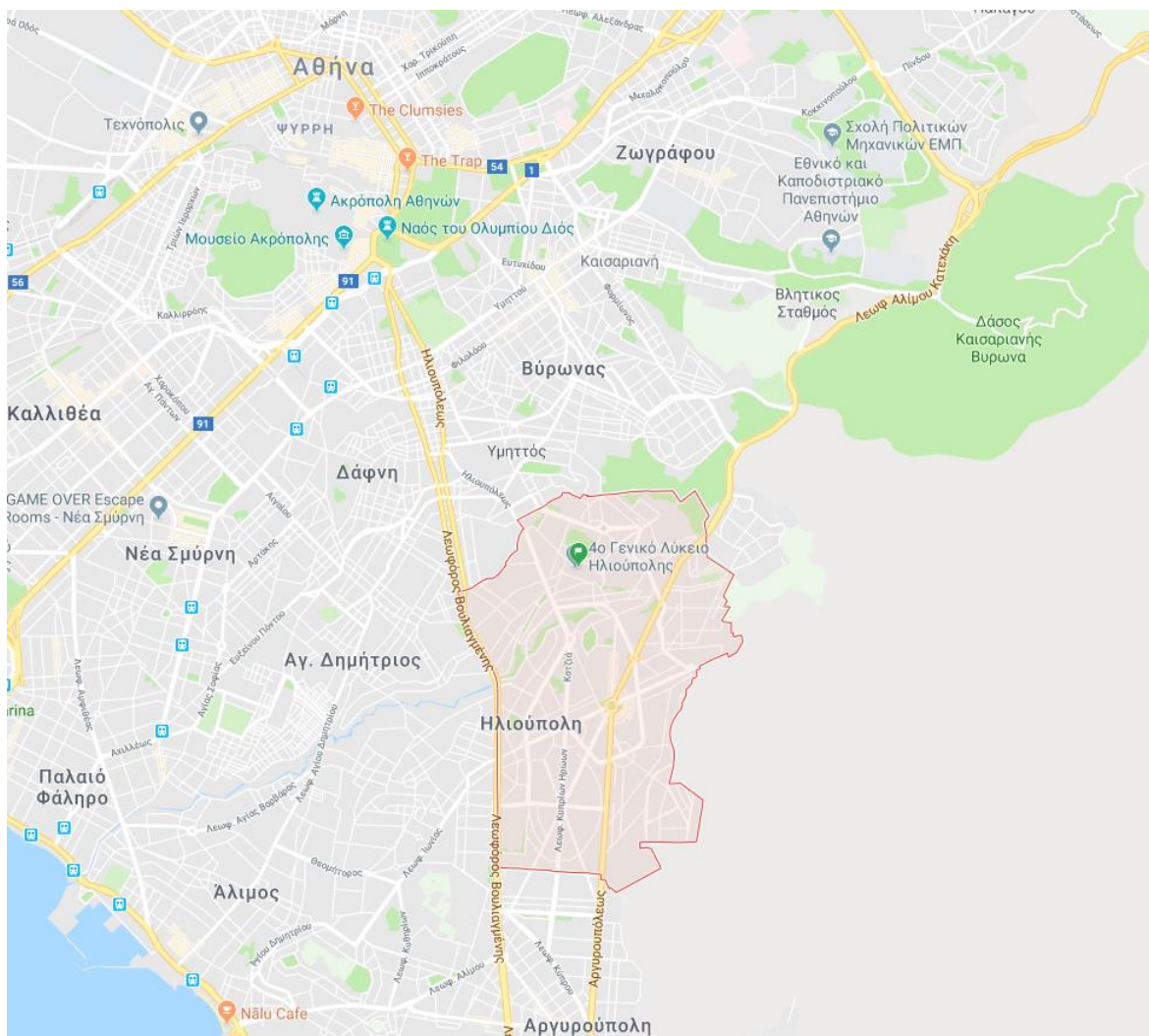


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## 6. Μελέτη περίπτωσης: 4ο Γυμνάσιο – Λύκειο Ηλιούπολης

### 6.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η Ηλιούπολη είναι περιοχή του Κεντρικού Τομέα της Αθήνας στις νοτιοδυτικές παρυφές του Υμηττού, με υψόμετρο 210 μέτρων. Αποτελεί Δήμο της Περιφέρειας Αττικής και μέρος του Πολεοδομικού Συγκροτήματος της Αθήνας. Η περιοχή του Δήμου Ηλιούπολης χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή με ιδιαίτερα επικλινές έδαφος. Το μέσο υψόμετρο της περιοχής είναι 150μ. Ο οικισμός έχει αναπτυχθεί στις ηπιότερες κλίσεις εδάφους φτάνοντας ουσιαστικά μέχρι τις βουνοπλαγιές του όρους Υμηττού. (Wikipedia, 2018)



Εικόνα 29. Ηλιούπολη Αττικής και τοποθεσία 4<sup>ου</sup> Γυμνασίου – Λυκείου Ηλιούπολης  
*Πηγή: Google Maps*

Κλιματολογικά στοιχεία: Το κλίμα της περιοχής σε γενική εκτίμηση είναι θερμό-μεσογειακό (Αττικό), το οποίο χαρακτηρίζεται από το ξηρό και θερμό καλοκαίρι και από τις ανοιξιότικες και φθινοπωρινές βροχοπτώσεις.[33]

Άνεμοι: Οι επικρατέστεροι άνεμοι στις περιοχές είναι οι βόρειοι, οι βορειοανατολικοί και οι νότιοι, και ακολουθούν οι νοτιοδυτικοί, οι βορειοδυτικοί, οι δυτικοί, και οι νοτιοανατολικοί. Η συχνότερη ένταση των επικρατούντων ανέμων είναι 2-5 Beaufort. Άνεμοι μεγάλης εντάσεως δεν αποτελούν γνώρισμα της περιοχής μελέτης και σπάνια εμφανίζονται άνεμοι εντάσεως μεγαλύτερης των 6 Beaufort (συχνότητα εμφάνισης 1%).

Θερμοκρασία: Ο θερμότερος μήνας στις περιοχές είναι ο Ιούλιος (28,6 °C) ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Ιανουάριος (9,2 °C). Το μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι 19,4 °C. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία που έχει σημειωθεί στην περίοδο 1958-1993 είναι 32,9 °C, ενώ η μέση ελάχιστη είναι 5,4 °C. Σε απόλυτες τιμές η μέγιστη θερμοκρασία στην ίδια περίοδο σημειώθηκε τον μήνα Ιούλιο (48,0 °C), ενώ η ελάχιστη τον μήνα Ιανουάριο (-5,0 °C).

Βροχοπτώσεις και υγρασία: Το μέσο ετήσιο ύψος υετού ανέρχεται στα 365,2 mm. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος (5,0mm) και υγρότερος (βροχερότερος) ο Δεκέμβριος (61,5 mm). Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 43.6% το μήνα Ιούλιο ως 73,4% το Δεκέμβριο.

Άλλα καιρικά φαινόμενα:

Χαλάζι: Χαλαζοπτώσεις σπάνια σημειώνονται στην περιοχή και συνήθως έχουν μικρή διάρκεια και περιορισμένες έως μηδαμινές επιπτώσεις. Τα τελευταία αξιόλογα φαινόμενα χαλαζόπτωσης κατεγράφησαν τις πρώτες μεσημβρινές ώρες της 16ης Οκτωβρίου 2009 και τις απογευματινές ώρες της 24ης Ιανουαρίου 2013, που η ένταση του φαινομένου ήταν τέτοια που προκλήθηκε και χαλαζόστρωση.

Χιόνι: Πτώση χιονιού παρατηρείται κυρίως τους χειμερινούς μήνες, ενώ σπάνια εμφανίζονται χιονοπτώσεις τον Μάρτιο και τον Νοέμβριο. Ο μέσος αριθμός των ημερών με χιονόπτωση στη διάρκεια του έτους είναι 2,6. Η πιο έντονη χιονόπτωση των τελευταίων ετών σημειώθηκε τη 17η Φεβρουαρίου 2008, που συνοδεύτηκε από εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες και σημαντικά -για τα δεδομένα της περιοχής- ύψη χιονιού.

Παγετοί: Παγετοί στην περιοχή εμφανίζονται σπάνια, κυρίως τον Ιανουάριο. Ο μέσος αριθμός των ημερών με παγετό στη διάρκεια του έτους είναι 2,5.

## 6.2 Στοιχεία του σχολικού κτιρίου

Το εν λόγω κτίριο μελέτης αποτελεί ένα σχολικό συγκρότημα το οποίο βρίσκεται στην περιοχή της Ηλιούπολης και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Αγίας Μαρίνας στην οδό Βάκχου 13 και στεγάζει το 4ο γυμνάσιο και το 4ο λύκειο Ηλιούπολης ενώ κατασκευάστηκε το 1980. Στα σχολεία αυτά φοιτούν σήμερα 700 μαθητές συνολικά ενώ κάθε τάξη αποτελείται από 5 τμήματα. Τα ωράρια λειτουργίας των δύο σχολείων πραγματοποιούνται από τις 08:00 έως τις 14:00.



Εικόνα 30. Κάτοψη σχολικού συγκροτήματος  
Πηγή: Google Earth

Το σχολικό συγκρότημα αποτελείται από τρεις διάφορους όγκους μορφής Γ, οι οποίοι όμως λόγω κλίσης του εδάφους χωρίζονται σε τρία επίπεδα (ισόγειο, πρώτος όροφος, δεύτερος όροφος) ενώ μέσα στο Γ βρίσκεται ο ένας από τους δύο αύλειους χώρους ενώ επίσης περιλαμβάνει και 6 λυόμενα κτίσματα που χρησιμοποιούνται ως τάξεις και αποτελούνται από ελαφρές μεταλλικές κατασκευές. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παρούσα μελέτη εξετάζεται μόνο το κτίριο μορφής Γ. Έπειτα από αυτοψία του κτιρίου παρατηρήθηκε ότι ορισμένες χρήσεις αιθουσών έχουν διαφοροποιηθεί έχοντας ως συνέπεια να αλλάξουν σε

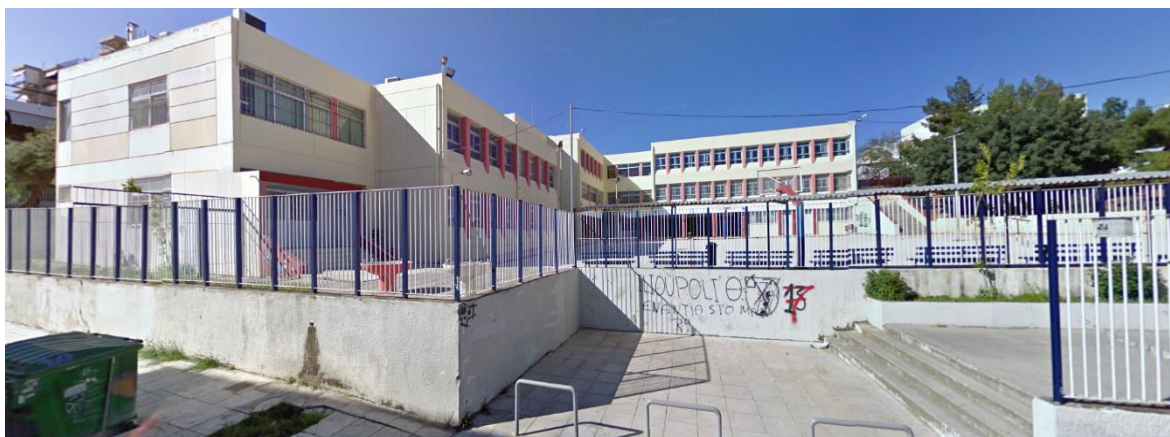
## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

μικρό βαθμό και τα σχέδια του κτιρίου. Έτσι, συνολικά ο χώρος διαθέτει εικοσιτέσσερις (24) αίθουσες διδασκαλίας, δύο (2) γραφεία καθηγητών και δύο (2) γραφεία διευθυντών, ένα (1) κυλικείο καθώς και τουαλέτες μαθητών και καθηγητών.



Εικόνα 31. Νότια όψη σχολικού κτιρίου  
Πηγή: <http://4gym-ilioup.att.sch.gr/autosch/joomla15>

Όσον αφορά στην κατασκευή του κελύφους, αποτελείται από προκατασκευασμένα στοιχεία με αποτέλεσμα το κέλυφος να λειτουργεί ταυτόχρονα ως φέροντας οργανισμός και ως στοιχεία πλήρωσης και διαχωρισμού των χώρων ενώ διαγνώσθηκε η παντελής έλλειψη μόνωσης στους τοίχους. Ακόμα, τα αρχικά κουφώματα των ανοιγμάτων ήταν μεταλλικά, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες αντικαταστάθηκαν σταδιακά από κουφώματα αλουμινίου με μονά τζάμια. Στις οροφές όλων των χώρων είναι τοποθετημένες κοινοί λαμπτήρες φθορισμού, ενώ τα δάπεδα είναι κατασκευασμένα από μωσαϊκό. Τα δώματα είναι επίσης από οπλισμένο σκυρόδεμα και δε φέρουν μόνωση.



Εικόνα 32. Νότια όψη σχολικού συγκροτήματος  
*Πηγή: Google Maps*

### 6.3 Σχεδιασμός του σχολικού κτιρίου με χρήση του λογισμικού Sketch Up

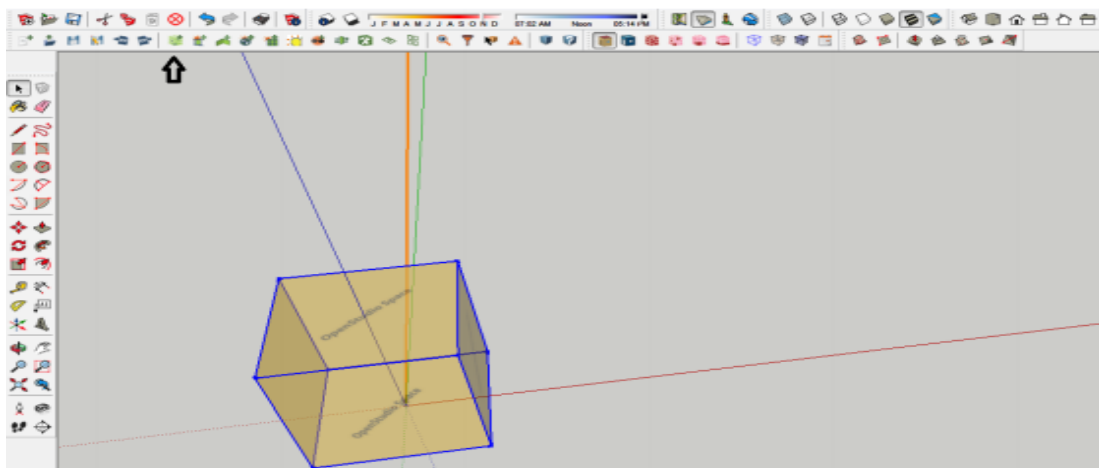
Το πρώτο βήμα της ενεργειακής προσομοίωσης ενός κτιρίου με το λογισμικό Energy Plus είναι η εισαγωγή στο αρχείο δεδομένων εισόδου όλων των δεδομένων εκείνων, τα οποία αφορούν στη γεωμετρία του κελύφους του κτιρίου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της σχεδίασης του κελύφους στο λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης Sketch Up.

Το Sketch Up είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης κτιρίων, καθώς επίσης εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Το πρόγραμμα απευθύνεται σε σχεδιαστές εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, αρχιτέκτονες, μηχανολόγους και πολιτικούς μηχανικούς, με εφαρμογή ακόμα και στον κινηματογράφο και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Διαθέτει μία ευρεία ποικιλία εργαλείων, με τα οποία είναι δυνατόν να σχεδιαστεί το υπό μελέτη μοντέλο με μία σχετική ακρίβεια έως και πολύ λεπτομερώς, ανάλογα με τις γνώσεις του χρήστη. Το Open Studio plug-in αποτελεί μία επέκταση για το πρόγραμμα Sketch Up, η οποία καθιστά δυνατή την ενεργειακή μοντελοποίηση μέσω των εργαλείων του λογισμικού Open Studio. Ολοκληρώνοντας τη σχεδίαση, ο χρήστης μπορεί να εξάγει το μοντέλο του σε αρχείο μορφής .idf, ώστε να εισάγει κωδικοποιημένα τα σχεδιαστικά και ενεργειακά δεδομένα από το Sketch Up και Open Studio στο EnergyPlus.

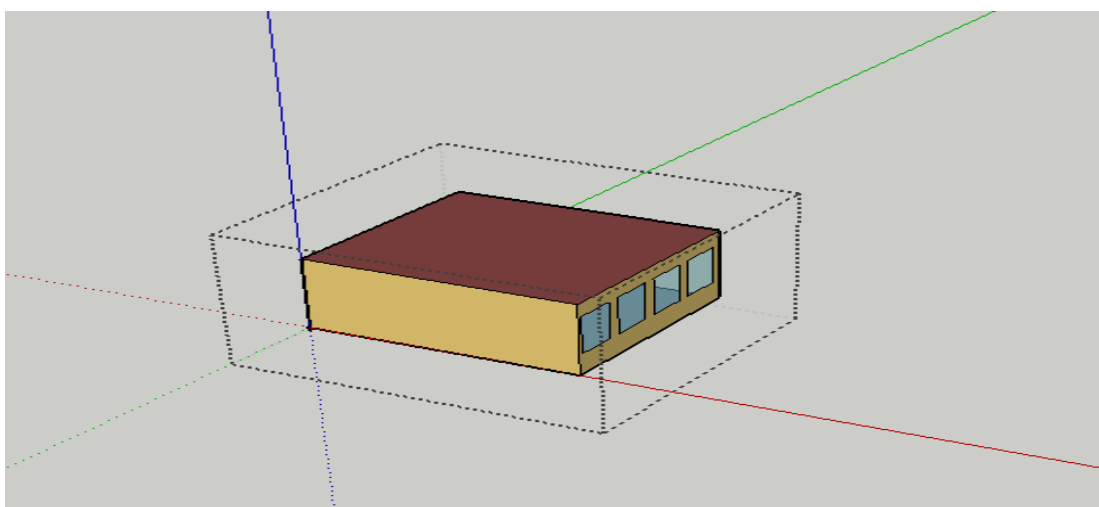
Το Sketch Up είναι ελεύθερα διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://www.sketchup.com/download/all>. Το Open Studio, επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα, αρκεί να δημιουργήσει κάποιος λογαριασμό στο energyplus.net και εν συνεχεία να το κατεβάσει από την ηλεκτρονική διεύθυνση:

<https://www.openstudio.net/downloads>. Στην συνέχεια, ανοίγοντας το Sketch Up, στην καρτέλα Extensions, μπορεί να εισαχθεί το Open Studio Plug-in στο λογισμικό.

Το πρώτο και κύριο βήμα κατά την εκτέλεση του προγράμματος Sketch Up είναι η σχεδίαση του μοντέλου. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται τμηματικά, δημιουργώντας ξεχωριστούς όγκους με χρήση των εργαλείων **New Space, Rectangle, Push and Pull** και θέτοντας τις διαστάσεις των όγκων, όπου χρειάζεται. Στην ουσία, με το εργαλείο New Space ο χρήστης δίνει την εντολή της δημιουργίας ενός νέου χώρου, στον οποίο μπορεί να εισέλθει με διπλό κλικ και να σχεδιάσει στο εσωτερικό του, ενώ με το Rectangle ορίζει τις διαστάσεις της οριζόντιας επιφάνειας του δωματίου που θέλει να δημιουργήσει. Στην συνέχεια με το εργαλείο Push and Pull ορίζεται το ύψος του όγκου.

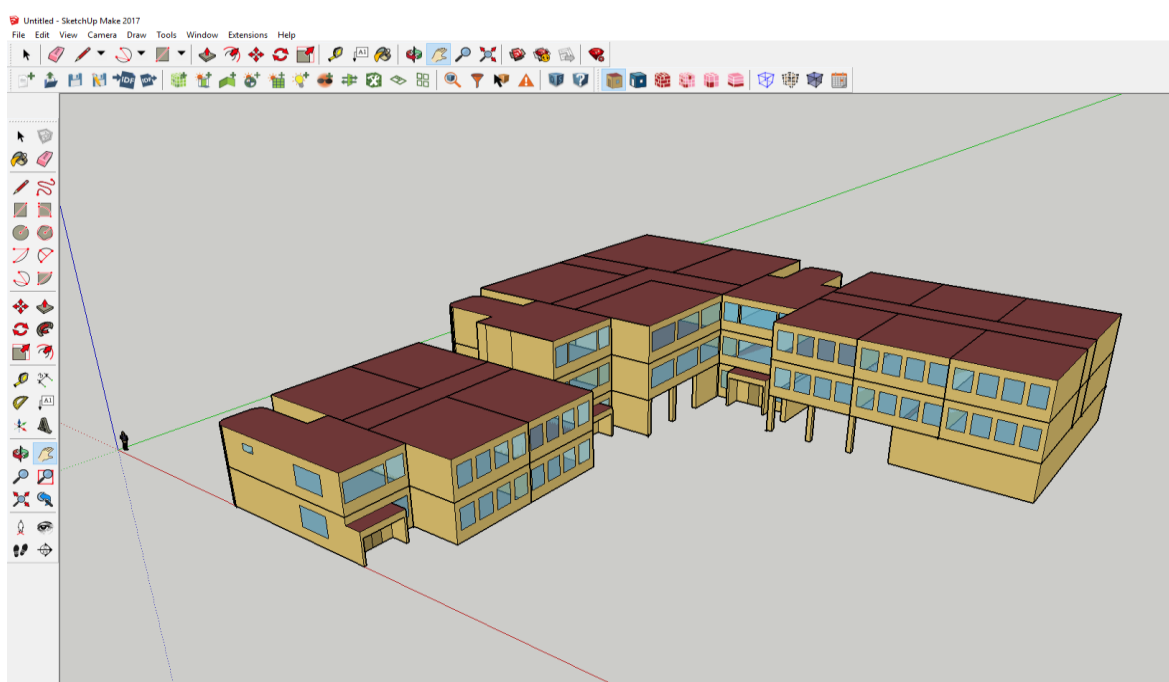


Εικόνα 33. Εισαγωγή περιβάλλοντος Open Studio  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*



Εικόνα 34. Σχεδίαση διαφανών και αδιαφανών επιφανειών  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Η διαδικασία αυτή εκτελείται διαδοχικά μέχρι να ολοκληρωθεί η απεικόνιση του κτιρίου. Κάθε όγκος/δωμάτιο παίρνει από το πρόγραμμα τη δική του αρίθμηση, όπως και κάθε επιφάνεια αυτού. Το δεύτερο βήμα της προσομοίωσης με SketchUp είναι η δημιουργία των κουφωμάτων του μοντέλου, εξωτερικές πόρτες και παράθυρα. Αυτά αποτελούν τις υποεπιφάνειες του μοντέλου. Αφού ο χρήστης επιλέξει με το εργαλείο επιλογής (κέρσορας) την επιφάνεια πάνω στην οποία θέλει να δημιουργήσει το κούφωμα, τότε με το εργαλείο **Rectangle** ορίζει τις διαστάσεις του εκάστοτε κουφώματος. Στην συνέχεια το κούφωμα αναγνωρίζεται και αριθμείται αυτόματα από το πρόγραμμα.



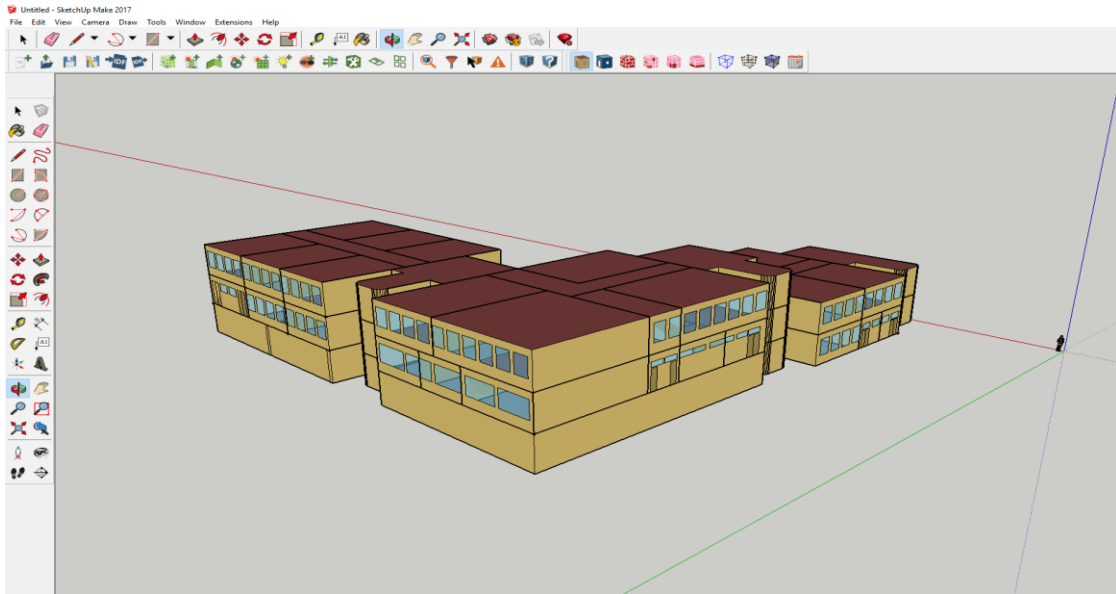
Εικόνα 35. Νότια όψη σχολικού κτιρίου  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Το τρίτο και τελευταίο βήμα που αφορά στη σχεδίαση του μοντέλου πραγματοποιείται με χρήση δύο εργαλείων, τα **Intersect** και **Match**. Τα δύο αυτά εργαλεία μπορούν να εκτελεστούν είτε κάθε φορά που προστίθεται ένας νέος όγκος, **Intersect in Selection/Match in Selection**, είτε με την ολοκλήρωση της σχεδίασης σε ολόκληρο το μοντέλο, **Intersect in Entire Model/Match in Entire Model**. Το εργαλείο **Intersect** ουσιαστικά διατέμνει δύο γειτονικές επιφάνειες διαφορετικών όγκων, οι οποίες δεν έχουν τις ίδιες διαστάσεις, αλλά εφάπτονται στο κοινό τμήμα τους. Το εργαλείο αυτό είναι χρήσιμο και κατά τον καθορισμό των συνοριακών συνθηκών (**Boundary Condition**). Το εργαλείο **Match** πραγματοποιεί την ενοποίηση των διαφορετικών όγκων που έχουν σχεδιαστεί, ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο κτιριακό σύνολο. Μετά την εκτέλεση των παραπάνω εντολών, οι επιφάνειες

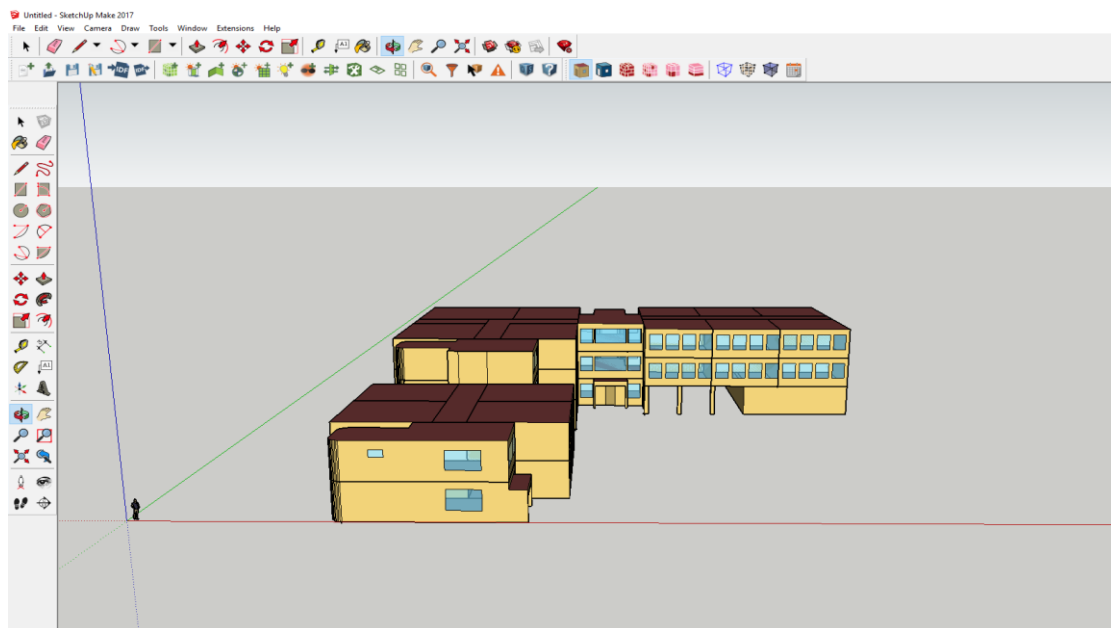


## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

χαρακτηρίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα ως εσωτερικές (Surface, NoSun, NoWind), εξωτερικές (Surface, SunExposed, WindExposed) ή σε επαφή με το έδαφος (Ground, NoSun, NoWind). Ο χαρακτηρισμός Surface/ Ground αφορά στην εξωτερική συνοριακή συνθήκη της επιφάνειας και στη συνέχεια καθορίζεται αν έρχεται σε επαφή με τον ήλιο και τον αέρα.



Εικόνα 36. Βόρεια όψη σχολικού κτιρίου  
Πηγή: ίδια επεξεργασία



Εικόνα 37. Νοτιοδυτική όψη σχολικού κτιρίου  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

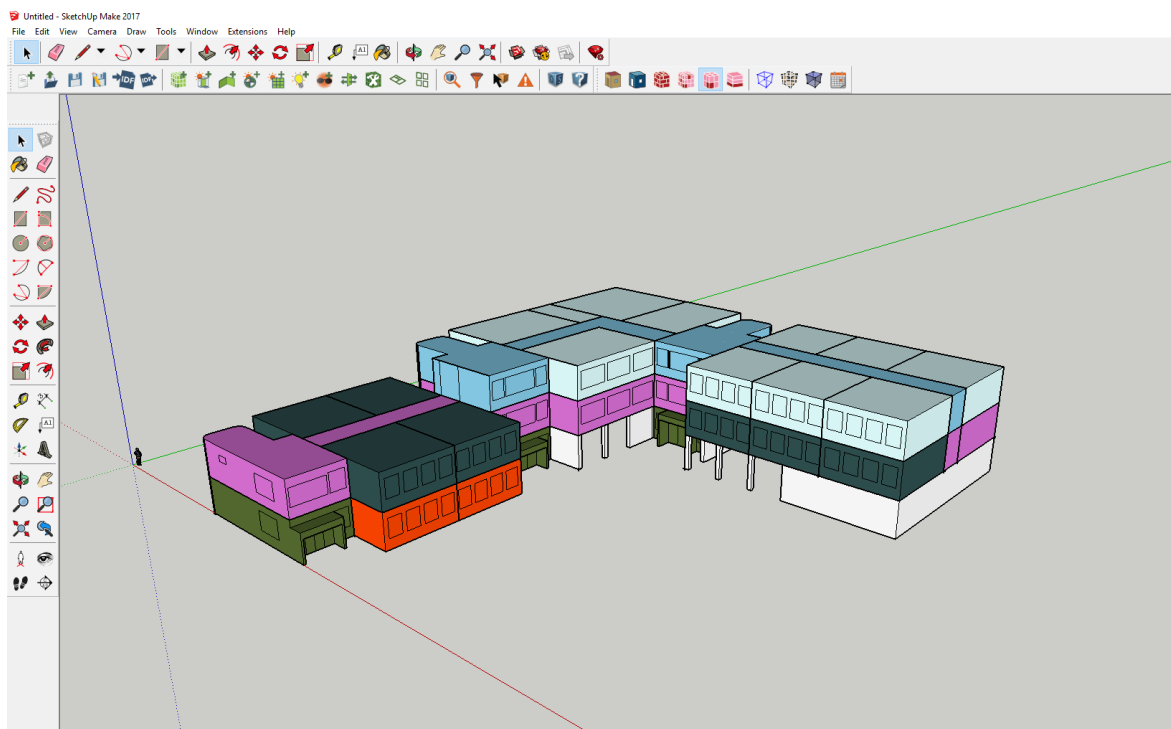
Το επόμενο βήμα, αφού έχει ολοκληρωθεί η διαμόρφωση του κτιρίου, είναι ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.). Ως θερμική ζώνη ενός κτιρίου νοούνται οι χώροι στους οποίους διαιρείται ένα κτίριο ανάλογα με τις απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και την χρήση τους ([www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)). Συνεπώς για τον αντίστοιχο διαχωρισμό τους συνίσταται η δημιουργία όσο το δυνατό μικρότερου αριθμού ζωνών για οικονομία του πλήθους των εισαγόμενων στοιχείων και του χρόνου υπολογισμού τους καθώς και η ένταξη τμημάτων του κτιρίου με ποσοστό όγκου έως 10% του συνολικού όγκου του κελύφους σε παρόμοιες θερμικές ζώνες ακόμα και σε περίπτωση που η λειτουργία τους δικαιολογεί την θεώρησή τους ως ανεξάρτητη ζώνη. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 -1/2010, 2014). Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, για το συγκεκριμένο σχολικό συγκρότημα δημιουργήθηκαν επτά (7) θερμικές ζώνες οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7. Θερμικές ζώνες σχολικού κτιρίου  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

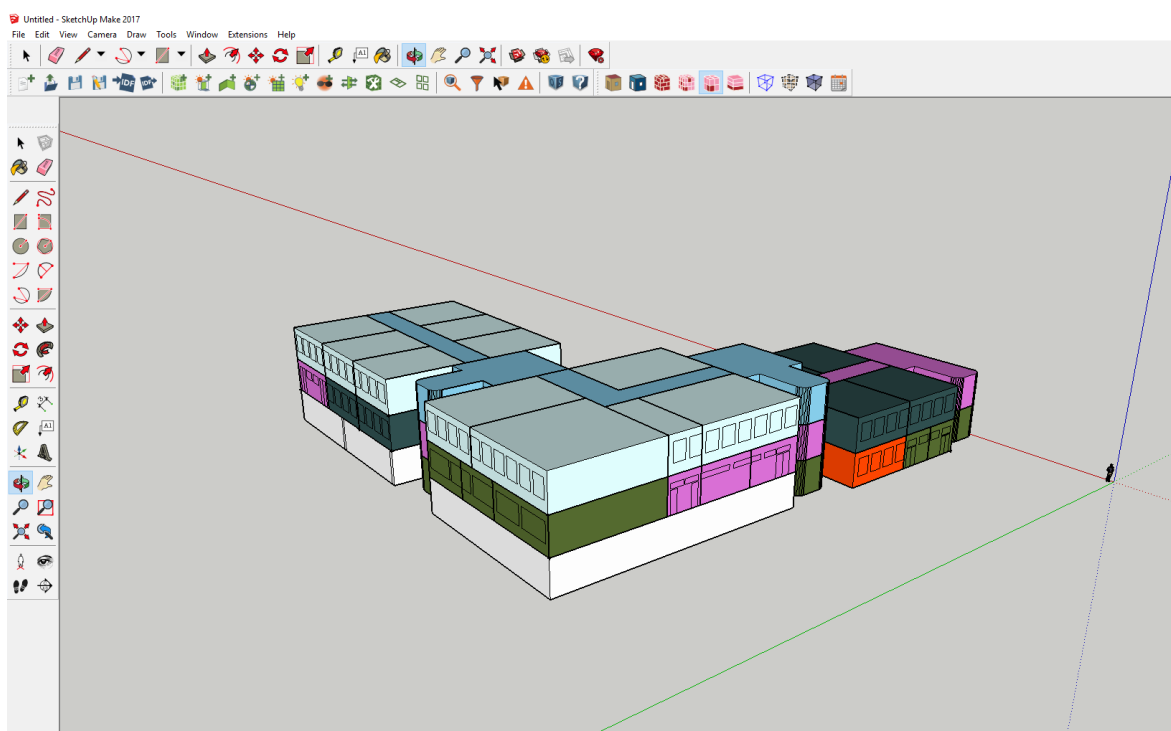
Όροφος	Χώροι σχολικού κτιρίου	Ονομασία θερμικής ζώνης
Ισόγειο	Αίθουσες διδασκαλίας	Θερμική ζώνη 1
	Κοινόχρηστοι χώροι	Θερμική ζώνη 2
Πρώτος όροφος	Αίθουσες διδασκαλίας	Θερμική ζώνη 3
	Κοινόχρηστοι χώροι	Θερμική ζώνη 4
	Γραφεία	Θερμική ζώνη 5
Δεύτερος όροφος	Αίθουσες διδασκαλίας	Θερμική ζώνη 6
	Κοινόχρηστοι χώροι	Θερμική ζώνη 7

Ο ορισμός θερμικών ζωνών στο SketchUp γίνεται με χρήση του εργαλείου **Set Attributes for Selected Spaces** → **Thermal Zone** → **New Thermal Zone**, όπου καθορίζεται σε ποια θερμική ζώνη ανήκει ο κάθε επί μέρους όγκος/δωμάτιο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται τόσες φορές, όσοι και οι όγκοι/δωμάτια του μοντέλου.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

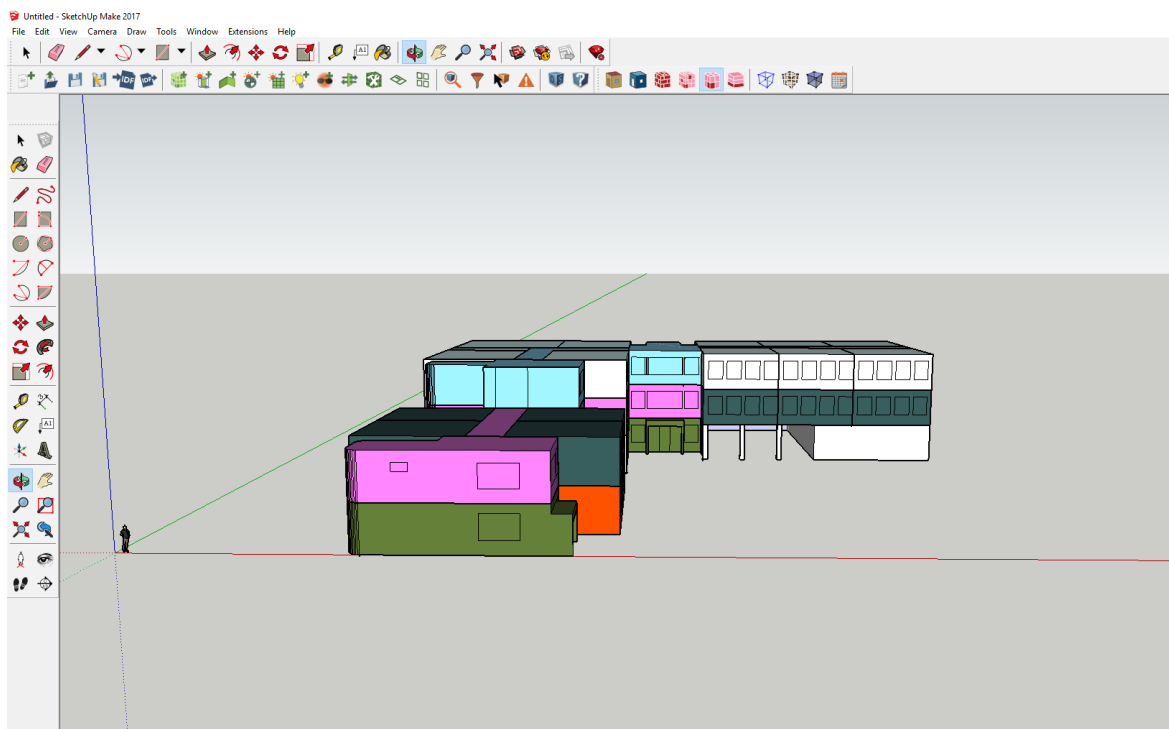


Εικόνα 38. Νότια όψη σχολικού κτιρίου με διαχωρισμό των θερμικών του ζωνών  
Πηγή: ίδια επεξεργασία



Εικόνα 39. Βόρεια όψη σχολικού κτιρίου με διαχωρισμό των θερμικών του ζωνών  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

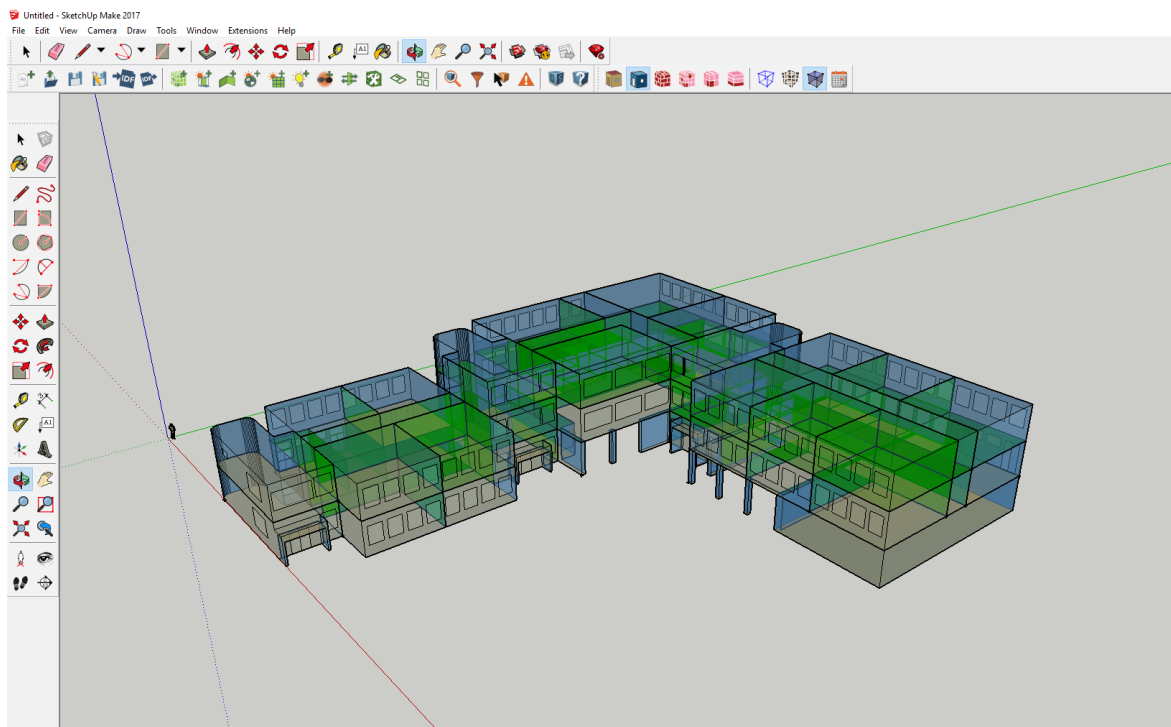


Εικόνα 40. Νοτιοδυτική όψη σχολικού κτιρίου με διαχωρισμό των θερμικών του ζωνών  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην συνέχεια αναφέρονται κάποια εργαλεία με τα οποία εμπλουτίζει το Legacy Open Studio plug-in το σχεδιαστικό πρόγραμμα SketchUp. Με την επέκταση του Open Studio εμφανίζονται δύο νέες γραμμές εργαλείων, η μία εκ των οποίων αφορά στην προβολή του κτιρίου, ανάλογα με τα κριτήρια που επιλέγει ο χρήστης, εκ των οποίων σημαντικότερες είναι η **Render by Boundary Condition**, **Render by Thermal Zone**, **View Model in X-Ray Model**. Στην πρώτη το κτίριο χρωματίζεται ανάλογα με τις συνοριακές του συνθήκες. Στην δεύτερη εμφανίζονται οι χώροι του κτιρίου χρωματισμένοι ανάλογα με τη θερμική ζώνη στην οποία ανήκουν, όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες. Υπάρχουν τόσα χρώματα όσα και θερμικές ζώνες. Τρίτη είναι η εμφάνιση του κτιρίου με διαφανείς όλες τις επιφάνειες του, ώστε να επιτυγχάνεται η προβολή διά μέσου του κτιρίου. Από την άλλη γραμμή εργαλείων προσδιορίζονται τα **Inspector**, **Surface Search**, **Info Tool**, **Show Errors and Warnings**. Το Inspector είναι ένας πίνακας στον οποίο βρίσκονται πληροφορίες για κάθε στοιχείο που απαρτίζει το μοντέλο. Με το Surface Search καθίσταται δυνατή η αναζήτηση επιφανειών και υποεπιφανειών σύμφωνα με την ονομασία τους. Το Info Tool αποτελεί μία συντόμευση του Inspector, όπου τοποθετώντας τον κέρσορα επί ενός στοιχείου μάς δίνονται όλες οι πληροφορίες για αυτό. Το Show Errors and Warnings είναι ένας πίνακας αναφοράς

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

προβλημάτων του μοντέλου που αναγνωρίζονται από το πρόγραμμα. Κάποια από αυτά διορθώνονται αυτόματα.



Εικόνα 41. Νότια όψη σχολικού κτιρίου σε X-ray model  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε φορά η αποθήκευση του σχεδίου πρέπει να γίνεται με τις εντολές **Save** και **Save Open Studio Model** έτσι ώστε να δημιουργούνται δύο αρχεία, ένα με κατάληξη **.skp** και ένα με **.osm**. Μόλις το μοντέλο στο Sketch Up Plug-in Open Studio ολοκληρωθεί, εκτελείται η εντολή Export energy plus idf έτσι ώστε το αρχείο να μετατραπεί σε μορφή αναγνωρίσιμη από το Energy Plus.

## 6.4 Ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού κτιρίου με χρήση του λογισμικού Energy Plus

Για την ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Energy Plus. Πρόκειται για ένα λογισμικό προσομοίωσης και ενεργειακής ανάλυσης θερμικών φορτίων. Με βάση τη φυσική περιγραφή της κατασκευής και των άλλων συναφών ενεργειακών και μηχανικών συστημάτων, το Energy Plus υπολογίζει τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου, καθώς και τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται ώστε να γίνει η κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων. Δηλαδή υπολογίζει τα φορτία θέρμανσης και ψύξης που είναι απαραίτητα για να διατηρηθούν συγκεκριμένες επιθυμητές τιμές στη θερμοκρασία, τις συνθήκες ενός δευτερεύοντος συστήματος θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού και την ενεργειακή κατανάλωση του υπάρχοντος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Το λογισμικό αυτό έχει κατασκευαστεί από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. Department of Energy).

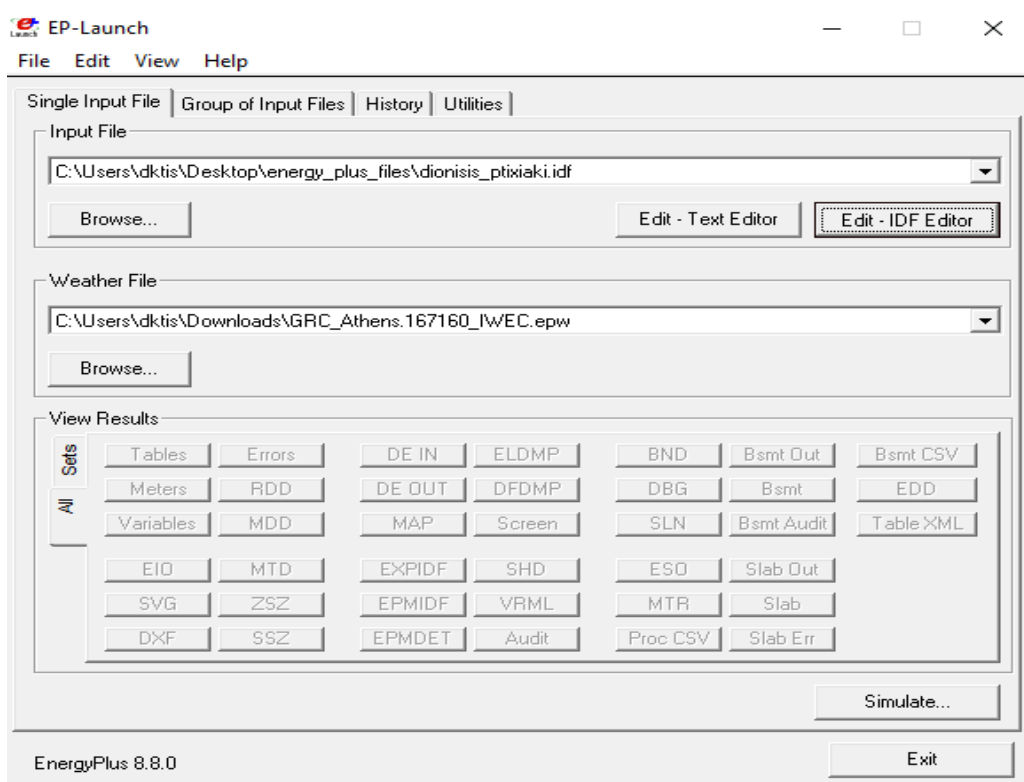
Το Energy Plus προέρχεται από δύο άλλα προγράμματα, τα οποία σχεδιάστηκαν στην Αμερική στα τέλη του 1970 με αρχές του 1980, το BLAST και το DOE-2. Το Energy Plus σχεδιάστηκε με σκοπό τον εκσυγχρονισμό των δύο αυτών προγραμμάτων, ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες της εποχής και να μπορούν να ακολουθήσουν τις εξελίξεις στον επιστημονικό τομέα της ενέργειας που αφορά κτιριακές εγκαταστάσεις.

Το Energy Plus είναι ελεύθερα διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://energyplus.net/downloads>

### 6.4.1 Εισαγωγή στο περιβάλλον του Energy Plus

Αρχικά, αφού εξάγεται το αρχείο .idf με τα σχεδιαστικά και ενεργειακά δεδομένα μετά την ολοκλήρωση του μοντέλου στο SketchUp, ακολουθεί ο πρώτος έλεγχος προσομοίωσης για τα δεδομένα του σχολικού κτιρίου μέσω του υποπρογράμματος **EP-Launch**. Πριν την εκτέλεση του ελέγχου, εισάγονται στο υποπρόγραμμα EP-Launch το αρχείο .idf και το αρχείο καιρικών δεδομένων στον τόπο του μοντέλου που πρόκειται να προσομοιωθεί. Το αρχείο WeatherData μπορεί να βρεθεί διαδικτυακά μέσω της ιστοσελίδας του προγράμματος. Για την Ελλάδα υπάρχουν τρεις σταθμοί συλλογής δεδομένων, στην Αθήνα, στην Θεσσαλονίκη και στην Ανδραβίδα. Στην εν λόγω προσομοίωση χρησιμοποιούνται τα

δεδομένα της Αθήνας. Ακολουθεί εικόνα της καρτέλας εισαγωγής δεδομένων του υποπρογράμματος EP-Launch.



Εικόνα 42. Καρτέλα εισαγωγής δεδομένων του υποπρογράμματος EP-Launch  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

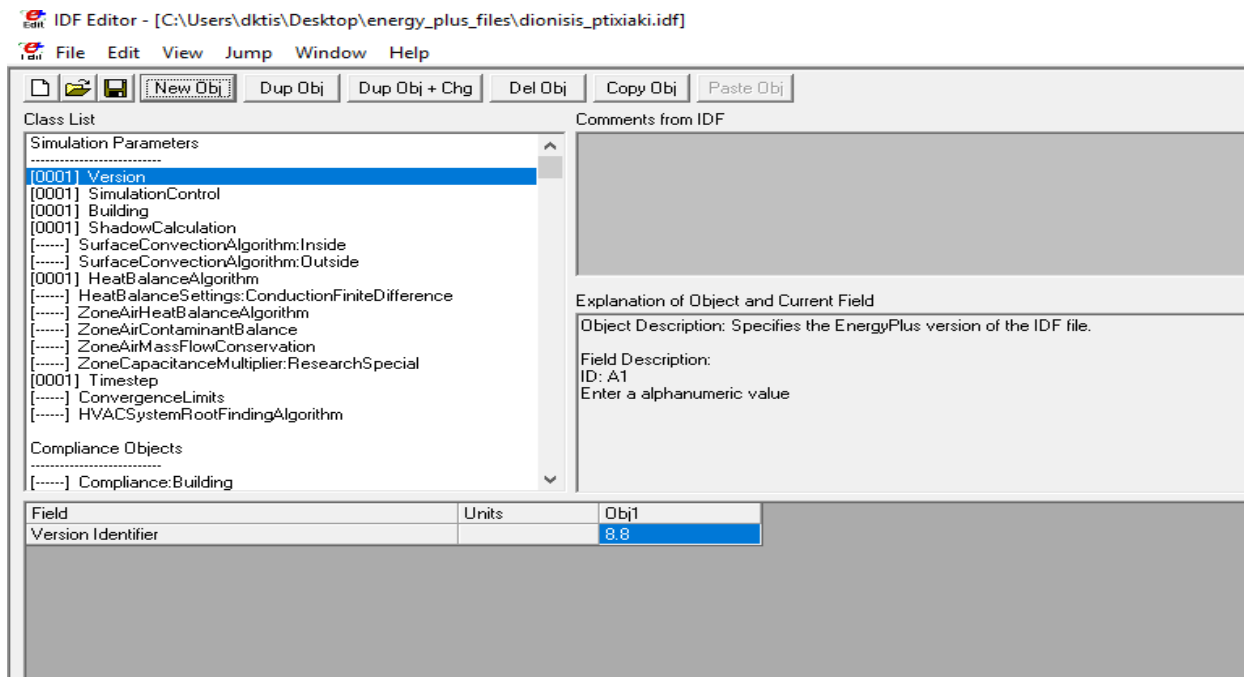
#### 6.4.2 Κατηγορία Simulation Parameters

Το πρώτο πεδίο παραμέτρων που συναντά κανείς στην εργαλειοθήκη του IDFEditor είναι το **Simulation Parameters**. Σε αυτό συμπληρώνονται οι υποκατηγορίες **Version**, **Simulation Control**, **Building** και **Timestep**.

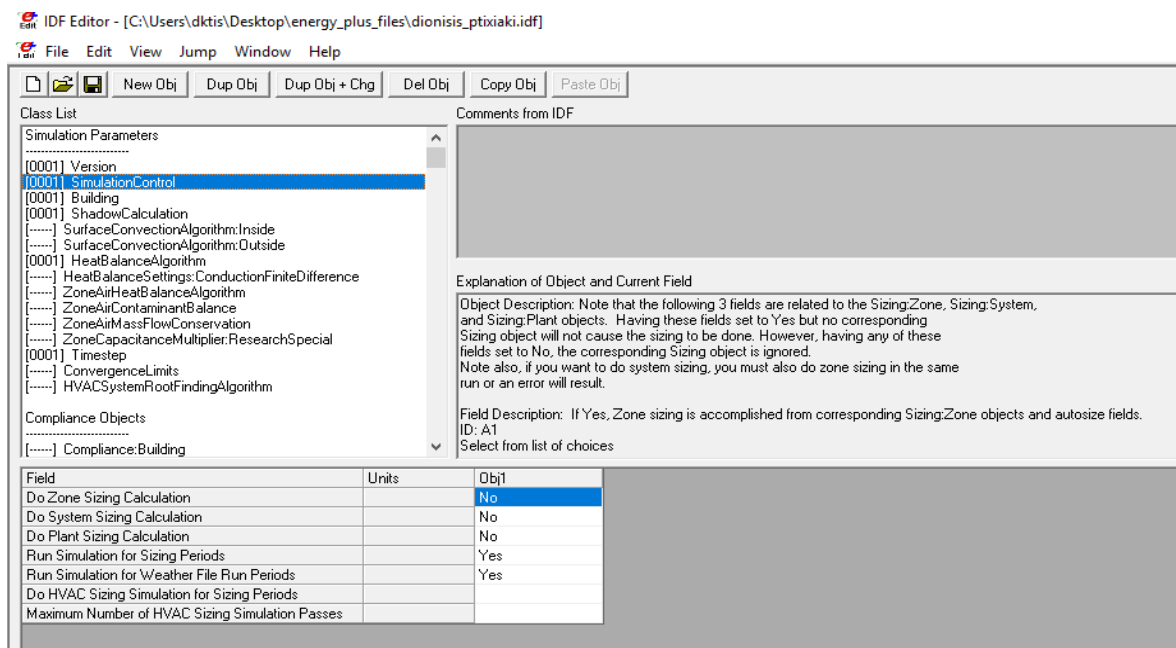
Στην υποκατηγορία Version ορίζεται η έκδοση που χρησιμοποιείται (Version Identifier: 8.8).

Στην υποκατηγορία Simulation Control ορίζονται τα πεδία που θα υπολογίσει το πρόγραμμα (Run Simulation for Sizing Periods και Run Simulation for Weather File Run Periods).

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



Εικόνα 43. Υποκατηγορία Version  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

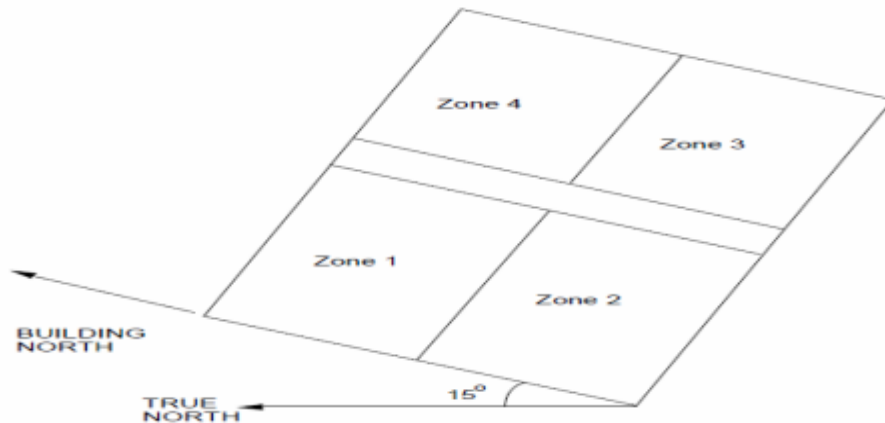


Εικόνα 44. Υποκατηγορία Simulation Control  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Η υποκατηγορία Building αφορά το κτίριο και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Εδώ εισάγεται το όνομα του μοντέλου (Name), ο προσανατολισμός του (North Axis), αν δεν έχει ήδη οριστεί στο SketchUp, το έδαφος στο οποίο θεμελιώνεται (Terrain) και η διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας επί αυτού (Solar Distribution).



## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



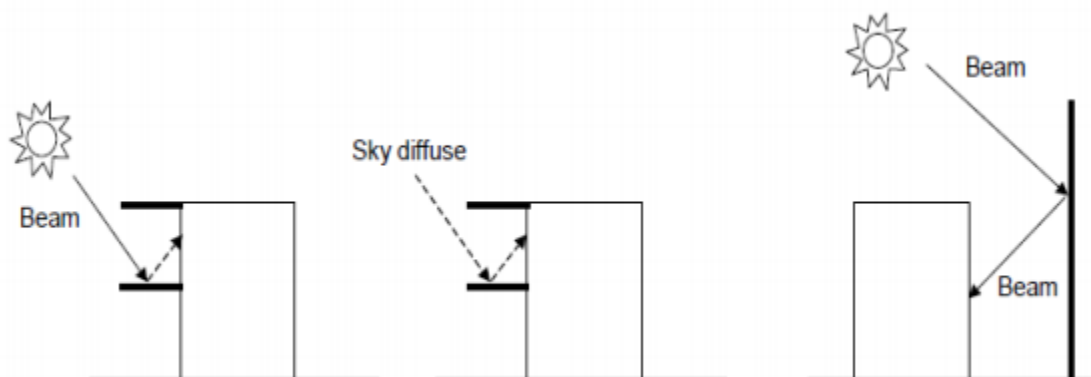
Εικόνα 45. Βορράς κτιρίου σε σχέση με τον πραγματικό βορρά

Πηγή: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-006.html>

Πίνακας 8. Είδος τοποθεσίας εγκατάστασης κτιρίου

Πηγή: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-006.html>

Terrain Type Value	Terrain Description
Country	Flat, Open Country
Suburbs	Rough, Wooded Country, Suburbs
City	Towns, city outskirts, center of large cities
Ocean	Ocean, Bayou flat country
Urban	Urban, Industrial, Forest

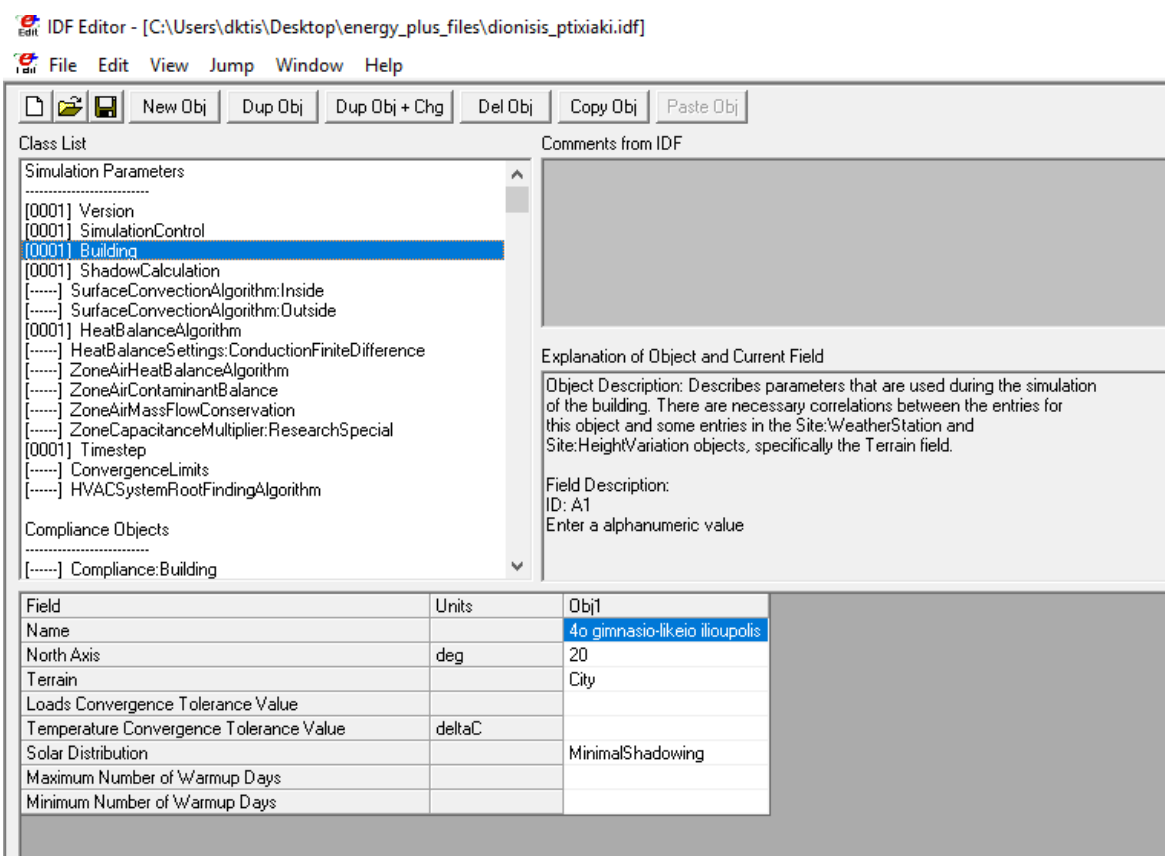


Εικόνα 46. Μοντέλο ανάκλασης ακτινών ηλίου

Πηγή: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-006.html>

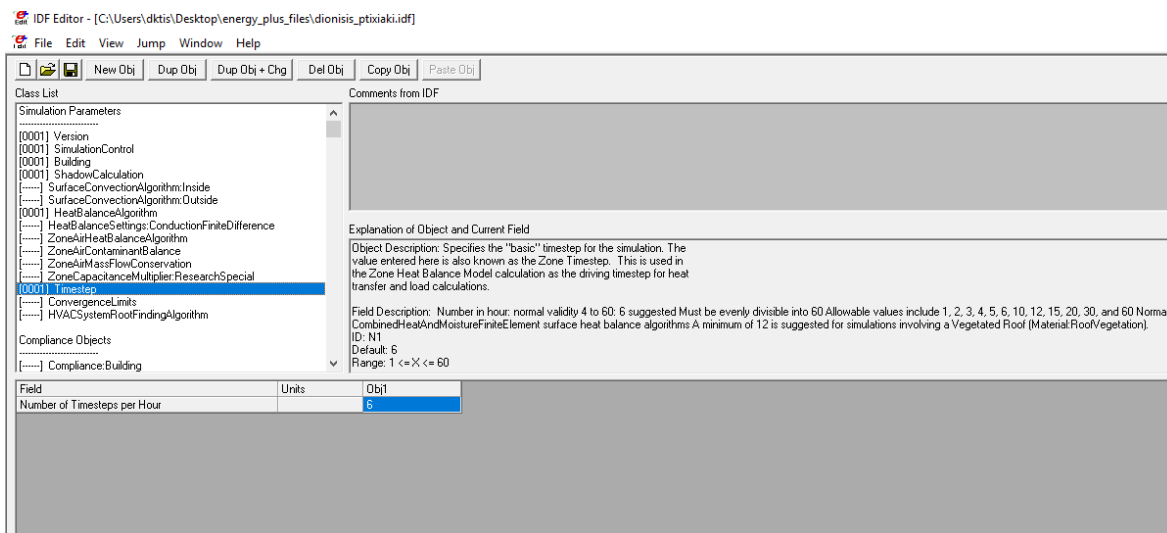
Η απόκλιση του κτιρίου από τον άξονα του Βορρά είναι 20°, ο τύπος του εδάφους σύμφωνα και με τον πίνακα 8, είναι για την περιοχή της Ηλιούπολης “city” και ως μηχανισμός διανομής της ηλιακής ακτινοβολίας επιλέχθηκε το Minimal shadowing.

Σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχει εξωτερική σκίαση εκτός από τα ανοίγματα των παραθύρων και των θυρών. Όλη η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη ζώνη υποτίθεται ότι πέφτει στο πάτωμα, όπου απορροφάται ανάλογα με την ηλιακή απορρόφηση του δαπέδου. Οποιοσδήποτε ανακλάται από το δάπεδο προστίθεται στη μεταδιδόμενη διάχυτη ακτινοβολία, η οποία θεωρείται ότι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες. Εάν δεν υπάρχει δάπεδο στη ζώνη, η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτουσας δέσμης απορροφάται σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες ανάλογα με τις απορροφήσεις τους. Η ζυγοστάθμιση της ζώνης εφαρμόζεται στη συνέχεια σε κάθε επιφάνεια και στον αέρα της ζώνης με την απορροφημένη ακτινοβολία να αντιμετωπίζεται ως ροή στην επιφάνεια.



Εικόνα 47. Υποκατηγορία Building  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Η υποκατηγορία Timestep δίνει την πληροφορία αναφορικά με το πόσες μετρήσεις θα γίνονται σε κάθε ζώνη την ώρα, για τον υπολογισμό των φορτίων και της ροής θερμότητας. Η τιμή που επιλέγει είναι το 6, κάτι το οποίο σημαίνει ότι το πρόγραμμα κάθε 10 λεπτά θα λαμβάνει μετρήσεις με αποτέλεσμα να προκύπτει ένας αρκετά ακριβής υπολογισμός.



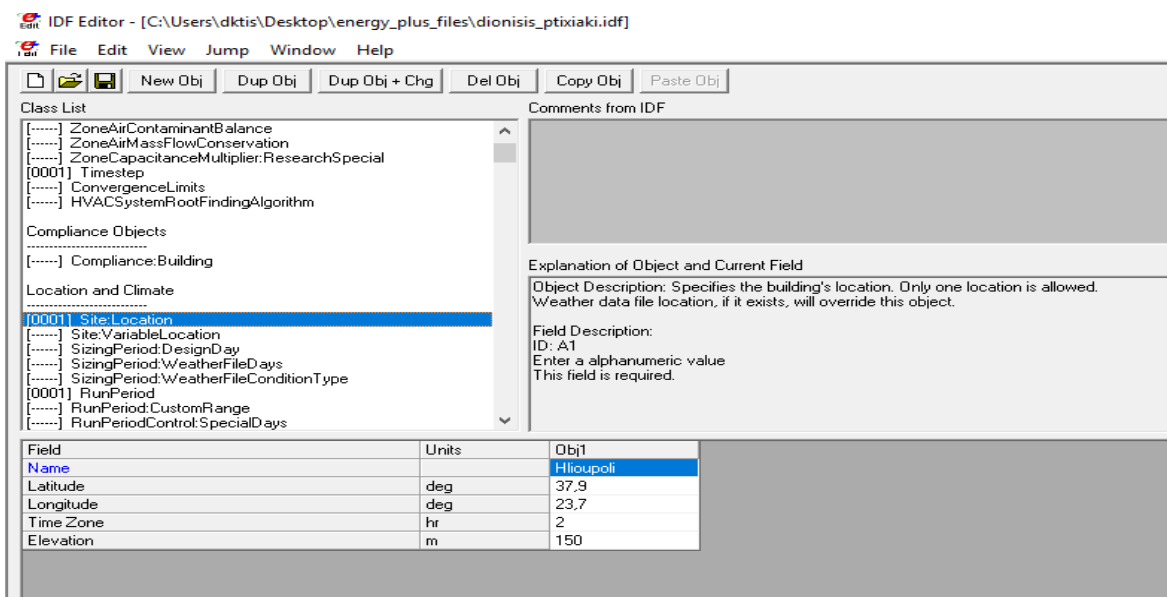
Εικόνα 48. Υποκατηγορία Timestep  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

### 6.4.3 Κατηγορία Location and Climate

Η δεύτερη κατηγορία παραμέτρων που συμπληρώνεται είναι το **Location & Climate**, όπου εισάγονται δεδομένα για την τοποθεσία και το κλίμα της περιοχής. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Site Location**, **Run Period**, **Run Period Control: Daylight Saving Time** και **Site: Ground Temperature – Building Surface**.

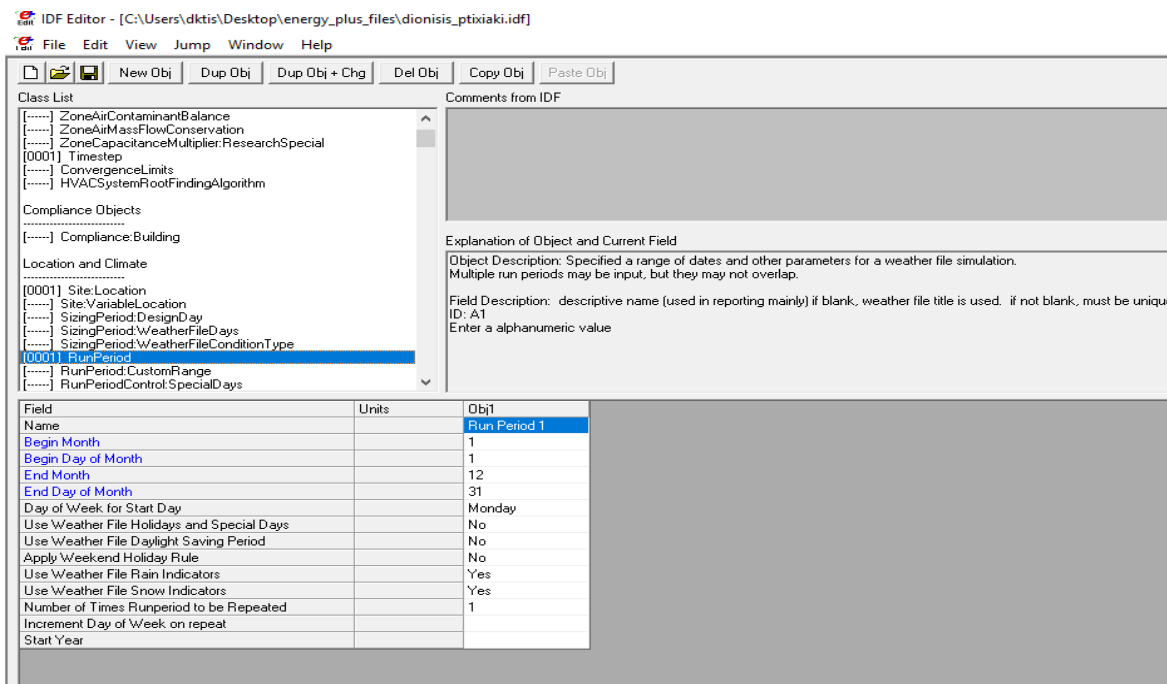
Στην υποκατηγορία Site: Location δίνονται οι συντεταγμένες του σχολικού συγκροτήματος (Latitude: 37,9 deg και Longitude: 23,7 deg ), η ζώνη ώρας (Time Zone: +02:00 hr) και το υψόμετρο της περιοχής (Elevation: 150m).

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



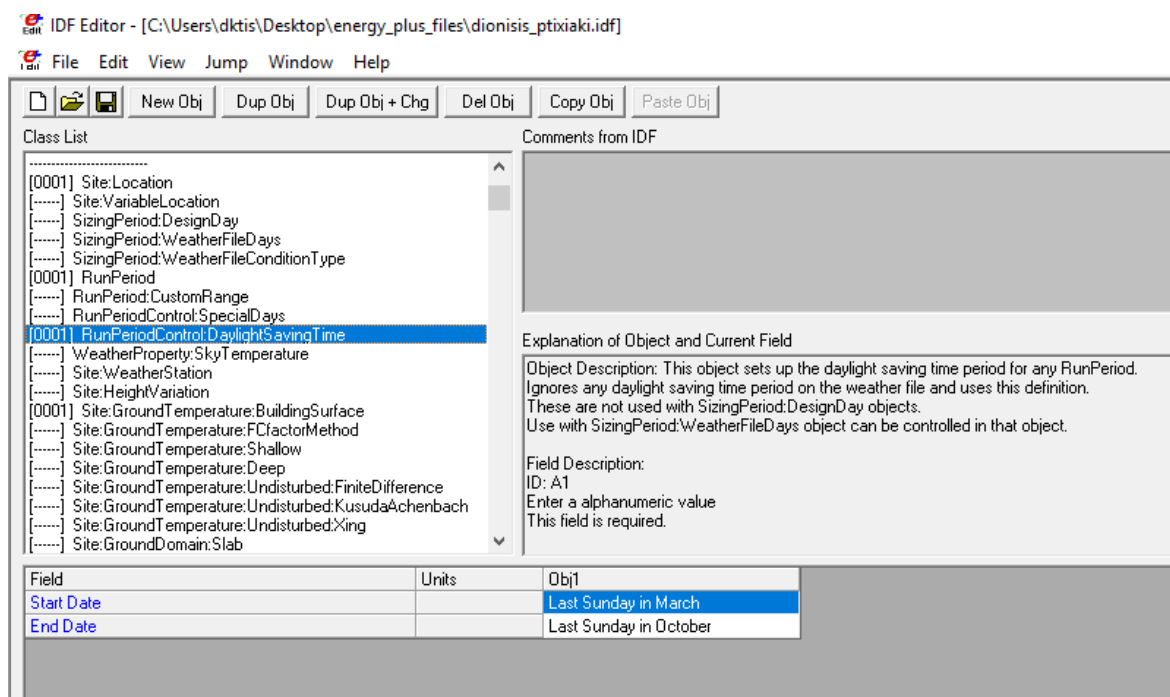
*Εικόνα 49. Υποκατηγορία Site: Location  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην υποκατηγορία Run Period ορίζεται η χρονική περίοδος διάρκειας προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα ορίζονται η ημέρα και ο μήνας εκκίνησης και πέρατος της προσομοίωσης και εν συνεχεία προσδιορίζεται αν θα χρησιμοποιηθεί το αρχείο καιρού, Weather File. Ως χρονική περίοδος διάρκειας προσομοίωσης ορίζεται όλη η περίοδος του έτους (Begin 1/1 και End 12/31).



*Εικόνα 50. Υποκατηγορία Run Period  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Η υποκατηγορία Run Period Control : Daylight Saving Time συμπληρώνεται στην περίπτωση που επιθυμείται να λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς των ενεργειακών καταναλώσεων η αλλαγή της ώρας κατά τη διάρκεια του έτους ( 1 ώρα μπροστά την τελευταία Κυριακή του Μαρτίου και 1 ώρα πάλι πίσω την τελευταία Κυριακή του Οκτώβρη ).



Εικόνα 51. Υποκατηγορία Run Period Control: Daylight Saving Time  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία Site: Ground Temperature – Building Surface συμπληρώνεται η μέση θερμοκρασία του εδάφους, κατά τη διάρκεια κάθε μήνα, που μελετά η προσομοίωση. Επειδή πολύ λίγοι μετεωρολογικοί σταθμοί μετρούν τη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους, ενώ ακόμη λιγότεροι διενεργούν εις βάθος μετρήσεις, οι θερμοκρασίες αυτές υπολογίστηκαν με βάση τη μαθηματική σχέση του Labs, η οποία είναι η εξής:

$$T(z,t) = T_m - A_s * \exp \left[ -z * \left( \frac{\pi}{365 * \alpha} \right)^{1/2} \right] * \cos \left[ \left( \frac{2\pi}{365} \right) * \left( t - t_0 - \frac{z}{2} * \left( \frac{365}{\pi * \alpha} \right)^{1/2} \right) \right]$$

Οι παράμετροι της εξίσωσης επεξηγούνται στον ακόλουθο πίνακα.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Πίνακας 9. Παράμετροι εξισώσεως του Labs  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Σύμβολο	Μονάδες μέτρησης	Ερμηνεία
T (z,t)	°C	Θερμοκρασία εδάφους σε βάθος z
z	m	Βάθος
t	Day (1-365)	Χρόνος στον οποίο υπολογίζεται η θερμοκρασία T(z,t)
T <sub>m</sub>	°C	Μέση ετήσια θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους
A <sub>s</sub>	°C	Πλάτος διακύμανσης της ετήσιας θερμοκρασίας επιφάνειας εδάφους
a	m <sup>2</sup> /day	Συντελεστής θερμικής διάχυσης εδάφους
t <sub>0</sub>	Day (1-365)	Μέρα του χρόνου με τη χαμηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους

Η μέση ετήσια θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους T<sub>m</sub>, δίνεται από μετεωρολογικά δεδομένα, επειδή όμως δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για τον ελληνικό χώρο, η T<sub>m</sub> μπορεί να ληφθεί κατά προσέγγιση ίση με τη μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος στην περιοχή του Ελληνικού που βρίσκεται ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός από τον οποίο διαθέτουμε δεδομένα και η οποία είναι ίση με 18,49 °C. Το εύρος της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους ( A<sub>s</sub> ) προκύπτει από μετεωρολογικά δεδομένα, επειδή όμως για τον ελληνικό χώρο αυτά δεν είναι διαθέσιμα, η θερμοκρασία αυτή υπολογίζεται προσεγγιστικά ίση με 7,1 °C αφαιρώντας από τη μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος τη μέση ετήσια και πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα επί δύο. Ο συντελεστής θερμικής διάχυσης ορίζεται ως ο λόγος του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( λ ) προς το γινόμενο της πυκνότητας του ( ρ ) επί το συντελεστή ειδικής θερμότητας υπό σταθερή πίεση ( c<sub>p</sub> ) :

$$\alpha = \frac{k}{c_p * \rho}$$

Ο συντελεστής θερμικής διάχυσης προσδιορίζεται πειραματικά και ενδεικτικές τιμές του από τη βιβλιογραφία παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Πίνακας 10. Συντελεστής θερμικής διάχυσης διαφόρων τύπων εδαφών  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Τύπος εδάφους	Συντελεστής θερμικής διάχυσης $\alpha$ ( $\times 10^{-6}$ )
Γρανίτης	0,49 - 0,70
Ασβεστόλιθος	0,80 - 1,83
Μάρμαρο	1,39
Ψαμμίτης	1,06 - 1,26
Άργιλος	0,139

Σύμφωνα με τη γεωτεχνική μελέτη για την επέκταση της γραμμής 2 του Μετρό της Αθήνας (Παπαγεωργίου, 2010), το έδαφος στην περιοχή της Ηλιούπολης, όπου εδράζεται το σχολικό κτίριο εντάσσεται στους ψαμμίτες, συνεπώς επιλέγεται ως συντελεστής θερμικής διάχυσης από τον πίνακα 10 ως μέσος όρος των τιμών για ψαμμίτες, το  $1,16 \cdot 10^{-6}$ . Αυτή η τιμή διαιρείται με 86400, ώστε να μετατραπούν οι μονάδες μέτρησής της με  $m^2/ημέρα$ . Η ημέρα του έτους κατά την οποία η θερμοκρασία επιφανείας του εδάφους λαμβάνει τη χαμηλότερη τιμή της προκύπτει από μετρήσεις, επειδή όμως αυτή η παράμετρος μετράται σε ελάχιστους σταθμούς μπορεί να ληφθεί ίση με 30, γιατί κατά μέσο όρο στο Βόρειο ημισφαίριο η χαμηλότερη θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους συμβαίνει την 30<sup>η</sup> Ιανουαρίου. Στον πίνακα 11 που ακολουθεί παρουσιάζονται όλες οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

Πίνακας 11. Τιμές και αποτελέσματα για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας εδάφους ανά μήνα  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

z (m)	t <sub>0</sub>	a (m <sup>2</sup> /day)	T <sub>m</sub> (oC)	Μέση ετήσια μέγιστη θερμοκρασία αέρα	As (oC)	Μήνας	t	Μέση θερμοκρασία
1,21	30	0,100224	18,49	22,04	7,1	Ιανουάριος	15	14,4
						Φεβρουάριος	46	13,5
						Μάρτιος	75	13,9
						Απρίλιος	106	15,6
						Μάιος	136	18,0
						Ιούνιος	167	20,6
						Ιούλιος	197	22,5
						Αύγουστος	228	23,5
						Σεπτέμβριος	259	23,0
						Οκτώβριος	289	21,3
						Νοέμβριος	320	18,9
						Δεκέμβριος	350	16,4

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

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

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: These temperatures are specifically for those surfaces that have the outside environment of "Ground". Documentation about what values these should be is located in the Auxiliary programs document (Ground Heat Transfer) as well as the InputOutput Reference. CAUTION - Do not use the "undisturbed" ground temperatures from the weather data. These values are too extreme for the soil under a conditioned building. For best results, use the Slab or Basement program to calculate custom monthly average ground temperatures (see Auxiliary Programs). For typical commercial buildings in the USA, a reasonable default value is 2C less than the average indoor space temperature.

Field Description:

Field	Units	Obj1
January Ground Temperature	C	14,4
February Ground Temperature	C	13,5
March Ground Temperature	C	13,9
April Ground Temperature	C	15,6
May Ground Temperature	C	18
June Ground Temperature	C	20,6
July Ground Temperature	C	22,5
August Ground Temperature	C	23,5
September Ground Temperature	C	23
October Ground Temperature	C	21,3
November Ground Temperature	C	18,9
December Ground Temperature	C	16,4

Εικόνα 52. Υποκατηγορία Site: Ground Temperature – Building Surface  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

#### 6.4.4 Κατηγορία Schedules

Η συμπλήρωση της κατηγορίας Schedules αποτελεί ίσως το σπουδαιότερο βήμα για την εκτέλεση της προσομοίωσης, καθώς με βάση αυτήν επιτυγχάνεται ο χρονικός προγραμματισμός όλων των ενεργειακών παραμέτρων με χρήση χρονοδιαγραμμάτων εικοσιτετραώρου. Η κατηγορία αυτή συνδέεται άμεσα με τις κατηγορίες Internal Gains, Zone Airflow και HVAC Thermostats, οι οποίες θα αναπτυχθούν σε επόμενη ενότητα. Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθούν οι υποκατηγορίες **Schedule Type Limits**, **Schedule: Day Interval**, **Schedule: Week Compact** και **Schedule: Year**.

Στην υποκατηγορία Schedule Type Limits αναγράφονται οι διάφοροι τύποι προγραμμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση, το εύρος των τιμών που μπορούν να δοθούν στις μεταβλητές, οι μονάδες των τιμών αυτών καθώς και εάν αυτές θα είναι δεκαδικοί ή μόνο ακέραιοι αριθμοί. Δημιουργήθηκαν οχτώ τύποι προγραμμάτων οι οποίοι αφορούν τους εξής συντελεστές μοντελοποίησης της κάθε ζώνης:



- Πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης,
- Επίπεδο δραστηριότητας ανθρώπων,
- Λειτουργία φωτιστικών σωμάτων,
- Λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών,
- Εκούσιος φυσικός αερισμός,
- Ακούσια διείσδυση αέρα,
- Λειτουργία μέσων θέρμανσης και
- Λειτουργία μέσων ψύξης.

Οι τιμές οι οποίες έχουν εισαχθεί στα προγράμματα λειτουργίας των μέσων θέρμανσης και ψύξης αφορούν °C, καθώς τα συστήματα αυτά θα ενεργοποιούνται έπειτα από την ειδοποίηση θερμοστάτη ενώ αυτές που αναφέρονται στο επίπεδο δραστηριότητας των ανθρώπων συμβολίζουν W/άτομο. Οι τιμές στα υπόλοιπα προγράμματα είναι αδιάστατοι αριθμοί.

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptxiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: ScheduleTypeLimits specifies the data types and limits for the values contained in schedules

Field Description: used to validate schedule types in various schedule objects  
ID: A1  
Enter a alphanumeric value  
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		PeopleDensity	ActivityLevel	Lights	ElectricEquipment	Ventilation	Infiltration	HeatSystem	CoolingSystem
Lower Limit Value	varies	0	0	0	0	0	0	0	26
Upper Limit Value	varies	1	220	1	1	1	1	20	50
Numeric Type		Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Unit Type		Dimensionless	ActivityLevel	Dimensionless	Dimensionless	Dimensionless	Dimensionless	Temperature	Temperature

Εικόνα 53. Υποκατηγορία Schedule Type Limits  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Schedule: Day Interval** καθορίζονται πληροφορίες που αφορούν τους συντελεστές που ορίστηκαν στο Schedule Type Limits και τη συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια διαφόρων ημερών του έτους ανάλογα με τη ζώνη την οποία επηρεάζουν.

Αρχικά δημιουργούνται χρονοδιαγράμματα που αποτυπώνουν την πυκνότητα της ανθρώπινης ύπαρξης για χώρους που παρουσιάζουν παρόμοια πυκνότητα κατά την διάρκεια μιας τυπικής μέρας στο σχολείο τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Επίσης, έπειτα από επικοινωνία με τις διευθύνσεις των σχολείων λαμβάνεται υπόψιν ότι το ωράριο της ανθρώπινης παρουσίας είναι από τις 08:00 έως τις 14:00 με την λήξη των μαθημάτων. Οι τιμές συντελεστή μπορούν να λάβουν τιμές από την ελάχιστη που είναι το 0 έως το 1 που είναι η μέγιστη. Έτσι, δημιουργούνται:

- Το **Class People Density Weekdays**, το οποίο παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης στις αίθουσες διδασκαλίας από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 1 στο ωράριο των μαθημάτων, δηλαδή από τις 08:00 μέχρι τις 14:00 και 0 την υπόλοιπη περίοδο.
- Το **Common People Density Weekdays**, το οποίο παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης στους κοινόχρηστους χώρους του σχολικού κτιρίου από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 0,25 την περίοδο 08:00 με 14:00 και 0 όλη την υπόλοιπη περίοδο.
- Το **Office People Density Weekdays**, το οποίο παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης στα γραφεία των καθηγητών από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 0,3 την περίοδο 08:00 με 14:00 και 0 όλη την υπόλοιπη περίοδο.
- Το **People Density Vacation**, το οποίο παρουσιάζει την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

idf Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Site:GroundReflectance
- [.....] Site:GroundReflectance:SnowModifier
- [.....] Site:WaterMains Temperature
- [.....] Site:Precipitation
- [.....] RoofIrrigation
- [.....] Site:SolarAndVisibleSpectrum
- [.....] Site:SpectrumData

Schedules

- [0008] Schedule:TypeLimits
- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0017] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Comments from IDF

---

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Day:Interval contains a full day of values with specified end times for each value. Currently, is set up to allow for 10 minute intervals for an entire day.

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		ClassPeopleDensity Weekdays	CommonPeopleDensity Weekdays	OfficePeopleDensity Weekdays	PeopleDensity Vacation
Schedule Type Limits Name		PeopleDensity	PeopleDensity	PeopleDensity	PeopleDensity
Interpolate to Timestep		No	No	No	No
Time 1		08:00	08:00	08:00	24:00
Value Until Time 1	varies	0	0	0	0
Time 2		14:00	14:00	14:00	
Value Until Time 2	varies	1	0,25	0,3	
Time 3		24:00	24:00	24:00	
Value Until Time 3	varies	0	0	0	
Time 4					
Value Until Time 4	varies				

Εικόνα 54. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – People Density  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Για τα χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας λαμβάνονται τιμές σε μονάδες Watt/person ενώ λαμβάνεται ο μέσος όρος των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται στους χώρους, όπως κάθισμα σε κατάσταση ηρεμίας, αργό και έντονο περπάτημα, δουλειά γραφείου κλπ. (engineering toolbox, 2018). Έτσι έχουμε:

- Το **Class Activity Level Weekdays**, το οποίο παρουσιάζει την ανθρώπινη δραστηριότητα μαθητών και καθηγητών κατά την διάρκεια των μαθημάτων από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 100 (καθιστός σε κατάσταση ηρεμίας).
- Το **Common Activity Level Weekdays**, το οποίο παρουσιάζει την ανθρώπινη δραστηριότητα των μαθητών στους κοινόχρηστους χώρους κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 220 (μεσαία δραστηριότητα).
- Το **Office Activity Level Weekdays**, το οποίο παρουσιάζει την ανθρώπινη δραστηριότητα των καθηγητών στους χώρους των γραφείων κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων από Δευτέρα έως Παρασκευή, λαμβάνοντας την τιμή 130 (δουλειά γραφείου).

- Το **Activity Level Vacation**, το οποίο παρουσιάζει την ανθρώπινη δραστηριότητα σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.

The screenshot shows the IDF Editor interface. The 'Class List' on the left includes various site and schedule classes. The 'Schedule: Day Interval' class is selected, and its details are shown in the main pane. The details include an object description, field description, and a table of values for different object types (Obj5 to Obj8).

Field	Units	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		ClassActivityLevel Weekdays	CommonActivityLevel Weekdays	OfficeActivityLevel Weekdays	ActivityLevel Vacation
Schedule Type Limits Name		ActivityLevel	ActivityLevel	ActivityLevel	ActivityLevel
Interpolate to Timestep		No	No	No	No
Time 1		08:00	08:00	08:00	24:00
Value Until Time 1	varies	0	0	0	0
Time 2		14:00	14:00	14:00	
Value Until Time 2	varies	100	220	130	
Time 3		24:00	24:00	24:00	
Value Until Time 3	varies	0	0	0	
Time 4					
Value Until Time 4	varies				

Εικόνα 55. Υποκατηγορία *Schedule: Day Interval* – *Activity Level*  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Για την διαμόρφωση των χρονοδιαγραμμάτων ηλεκτρικού εξοπλισμού έχει γίνει η παραδοχή ότι οι ηλεκτρικές συσκευές χρησιμοποιούνται καθ' όλη την διάρκεια χρήσης των χώρων που είναι τοποθετημένες. Συνεπώς, έχουμε:

- Το **Class Electric Equipment Weekdays**, το οποίο αφορά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στις αίθουσες διδασκαλίας από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει την μέγιστη τιμή 0,1 στο ωράριο των μαθημάτων (08:00 με 14:00).
- Το **Office Electric Equipment Weekdays**, το οποίο αφορά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους των γραφείων των καθηγητών (πχ εκτυπώσεις, fax) από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει και αυτό την μέγιστη τιμή 0,6 κατά τις ώρες των μαθημάτων.
- Το **H/Y Electric Equipment Weekdays**, το οποίο αφορά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στην αίθουσα των ηλεκτρονικών υπολογιστών από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 0,8 κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

- Το **Canteen Electric Equipment Weekdays**, το οποίο αφορά τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών στην καντίνα του σχολείου από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει τη μέγιστη 0,9 επίσης στο ωράριο των μαθημάτων.
- Το **Electric Equipment Vacation**, το οποίο παρουσιάζει τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.

The screenshot shows the IDF Editor interface. The 'Class List' on the left has 'Schedule: Day Interval' selected. The main window displays the 'Explanation of Object and Current Field' for this schedule type. Below this, a table shows the configuration for various objects (Obj9 to Obj13).

Field	Units	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13
Name		Class:ElectricEquipment Week:days	Office:ElectricEquipment Week:days	H/Y:ElectricEquipment Week:days	Canteen:ElectricEquipment Week:days	ElectricEquipment Vacation
Schedule Type Limits Name		ElectricEquipment	ElectricEquipment	ElectricEquipment	ElectricEquipment	ElectricEquipment
Interpolate to Timestep		No	No	No	No	No
Time 1		08:00	08:00	08:00	08:00	24:00
Value Until Time 1	varies	0	0	0	0	0
Time 2		14:00	14:00	14:00	14:00	
Value Until Time 2	varies	0,1	0,6	0,8	0,9	
Time 3		24:00	24:00	24:00	24:00	
Value Until Time 3	varies	0	0	0	0	
Time 4						
Value Until Time 4	varies					

Εικόνα 56. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Electric Equipment  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Τα χρονοδιαγράμματα τεχνητού φωτισμού δημιουργούνται βάσει ενός τυπικού μέσου όρου λειτουργίας καθ' όλη την περίοδο διεξαγωγής των μαθημάτων, αφού είναι διαφορετική η χρήση του την χειμερινή και την θερινή περίοδο. Συνεπώς, έχουμε:

- Το **Class Lights Weekdays**, το οποίο αφορά την χρήση του τεχνητού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει την μέγιστη τιμή 0,7 του στο ωράριο των μαθημάτων (08:00 με 14:00)
- Το **Common Lights Weekdays**, το οποίο αφορά την χρήση του τεχνητού φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει και αυτό την μέγιστη τιμή 0,7 κατά τις ώρες των μαθημάτων.
- Το **Office Lights Weekdays**, το οποίο αφορά την χρήση του τεχνητού φωτισμού στους χώρους των γραφείων των καθηγητών από Δευτέρα έως Παρασκευή, όπου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή 0,7 κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

- Το **Lights Vacation**, το οποίο αφορά τη χρήση του τεχνητού φωτισμού σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0,1 για όλη την ημέρα.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		ClassLights Weekdays	CommonLights Weekdays	OfficeLights Weekdays	Lights Vacation
Schedule Type Limits Name		Lights	Lights	Lights	Lights
Interpolate to Timestep		No	No	No	No
Time 1		08:00	08:00	08:00	24:00
Value Until Time 1	varies	0,1	0,1	0,1	0,1
Time 2		14:00	14:00	14:00	
Value Until Time 2	varies	0,7	0,7	0,7	
Time 3		24:00	24:00	24:00	
Value Until Time 3	varies	0,1	0,1	0,1	
Time 4					
Value Until Time 4	varies				

Εικόνα 57. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Lights  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Σε όλους τους χώρους του σχολικού συγκροτήματος υπάρχει η δυνατότητα φυσικού αερισμού, ενώ επιπλέον κάνοντας την παραδοχή ότι ο αερισμός των χώρων γίνεται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας δημιουργείται ένα κοινό χρονοδιάγραμμα για όλες τις ζώνες του κτιρίου. Όσον αφορά τις τοποθετούμενες τιμές, λαμβάνεται μία τιμή φυσικού αερισμού για τη χειμερινή και μία για την καλοκαιρινή περίοδο, καθώς οι ανάγκες είναι διαφορετικές. Συνεπώς, έχουμε:

- Το **Ventilation Winter Season**, το οποίο αφορά τον φυσικό αερισμό σε όλους τους χώρους του σχολείου κατά τη χειμερινή περίοδο, όπου λαμβάνει την μέγιστη τιμή 0,4 κατά τις ώρες των μαθημάτων.
- Το **Ventilation Summer Season**, το οποίο αφορά τον φυσικό αερισμό σε όλους τους χώρους του σχολείου κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όπου λαμβάνει την μέγιστη τιμή 0,8 κατά τις ώρες των μαθημάτων.

- Το **Ventilation Vacation**, το οποίο αφορά τον φυσικό αερισμό σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών, λαμβάνοντας την τιμή 0 για όλη την ημέρα.

Εκτός του φυσικού αερισμού, υπάρχει και η διείσδυση αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων κλπ., η οποία λαμβάνει χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, σύμφωνα με το εξής χρονοδιάγραμμα:

- Το **Infiltration**, το οποίο αφορά τη διείσδυση αέρα σε όλους τους χώρους του σχολικού κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, λαμβάνοντας την τιμή 1 για όλη την ημέρα.

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Site:GroundReflectance
- [.....] Site:GroundReflectance:SnowModifier
- [.....] Site:WaterMainsTemperature
- [.....] Site:Precipitation
- [.....] RoofIrrigation
- [.....] Site:SolarAndVisibleSpectrum
- [.....] Site:SpectrumData

Schedules

- [0008] ScheduleTypeLimits
- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0007] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0017] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Day:Interval contains a full day of values with specified end times for each interval. Currently, is set up to allow for 10 minute intervals for an entire day.

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Ventilation WinterSeason	Ventilation SummerSeason	Ventilation Vacation	Infiltration
Schedule Type Limits Name		Ventilation	Ventilation	Ventilation	Infiltration
Interpolate to Timestep		No	No	No	No
Time 1		08:00	08:00	24:00	24:00
Value Until Time 1	varies	0	0	0	1
Time 2		14:00	14:00		
Value Until Time 2	varies	0,4	0,8		
Time 3		24:00	24:00		
Value Until Time 3	varies	0	0		
Time 4					
Value Until Time 4	varies				

Εικόνα 58. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Ventilation and Infiltration  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Το σχολικό συγκρότημα διαθέτει μόνο σύστημα θέρμανσης τους χειμερινούς μήνες, συνεπώς ορίζονται οι παράμετροι λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης ενώ για το σύστημα ψύξης ορίζονται παράδοξες τιμές υποδηλώνοντας ανενεργή λειτουργία. Συνεπώς, έχουμε:

- Το **Heat System Weekdays**, το οποίο αφορά το σύστημα θέρμανσης των χώρων του σχολείου όπου για τις ώρες που πραγματοποιούνται μαθήματα (08:00 με 14:00) από Δευτέρα έως Παρασκευή. Το κατώτατο όριο της θερμοκρασίας φτάνει τους 20°C

ενώ τις υπόλοιπες ώρες ορίζεται θερμοκρασία 0°C που υποδηλώνει ότι το σύστημα παραμένει ανενεργό.

- Το **Heat System Vacation**, το οποίο αφορά το σύστημα θέρμανσης κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και των διακοπών. Η θερμοκρασία ορίζεται στους 0°C για όλη την ημέρα, γεγονός που υποδηλώνει ότι το σύστημα παραμένει ανενεργό.
- Το **Cooling System All Days**, το οποίο αφορά το σύστημα ψύξης των χώρων του σχολείου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και στο οποίο ορίζεται θερμοκρασία 50°C για όλες τις ώρες της ημέρας υποδηλώνοντας ανενεργό σύστημα.

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Site:GroundReflectance
- [.....] Site:GroundReflectance:SnowModifier
- [.....] Site:WaterMainsTemperature
- [.....] Site:Precipitation
- [.....] RoofIrrigation
- [.....] Site:SolarAndVisibleSpectrum
- [.....] Site:SpectrumData

Schedules

- [0008] Schedule:TypeLimits
- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0003] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0017] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Day:Interval contains a full day of values with specified end times for each value. Currently, is set up to allow for 10 minute intervals for an entire day.

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		HeatSystem:Weekdays	HeatSystem:Vacation	CoolingSystem:AllDays
Schedule Type Limits Name		HeatSystem	HeatSystem	CoolingSystem
Interpolate to Timestep		No	No	No
Time 1		08:00	24:00	08:00
Value Until Time 1	varies	0	0	50
Time 2		14:00		14:00
Value Until Time 2	varies	20		50
Time 3		24:00		24:00
Value Until Time 3	varies	0		50
Time 4				
Value Until Time 4	varies			

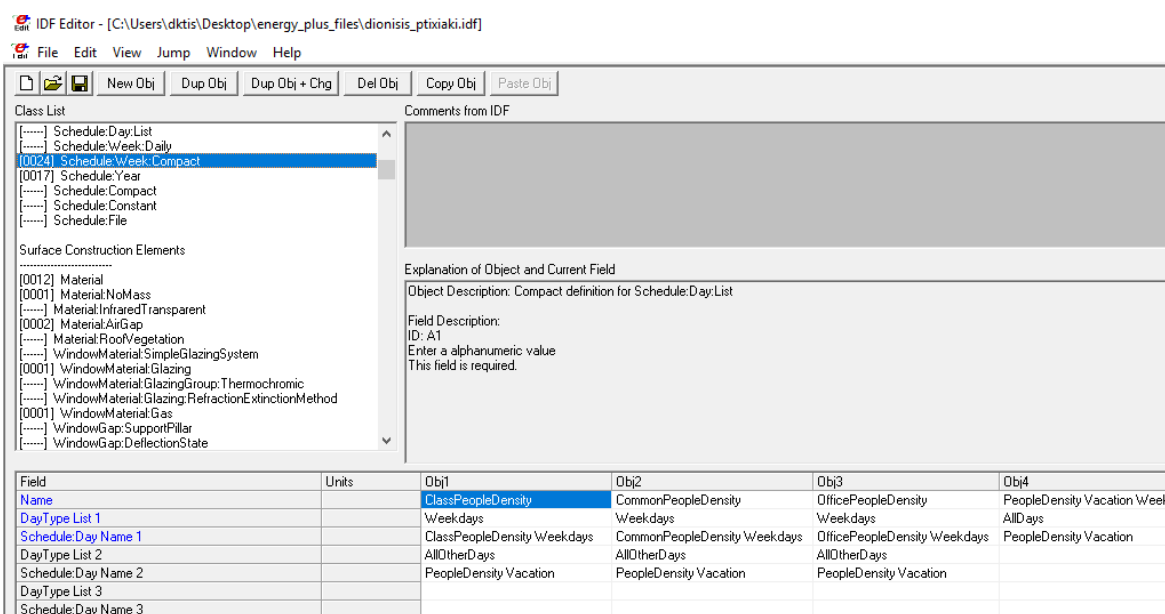
Εικόνα 59. Υποκατηγορία Schedule: Day Interval – Heat and Cooling Systems  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Schedule: Week Compact** αφού έχει δημιουργηθεί στο προηγούμενο βήμα κάθε πιθανό ημερήσιο πρόγραμμα για όλους τους συντελεστές και για όλες τις θερμικές ζώνες, σχεδιάζονται εβδομαδιαία προγράμματα για να προσδιοριστεί η συμπεριφορά αυτών μεταβλητών στις διάφορες περιόδους του έτους προσομοίωσης.

Δημιουργούνται λοιπόν τα εξής εβδομαδιαία προγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης:



- **Class People Density**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Class People Density Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα People Density Vacation.
- **Common People Density**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Common People Density Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα People Density Vacation.
- **Office People Density**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Office People Density Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα People Density Vacation.
- **People Density Vacation Week**, στο οποίο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα People Density Vacation.

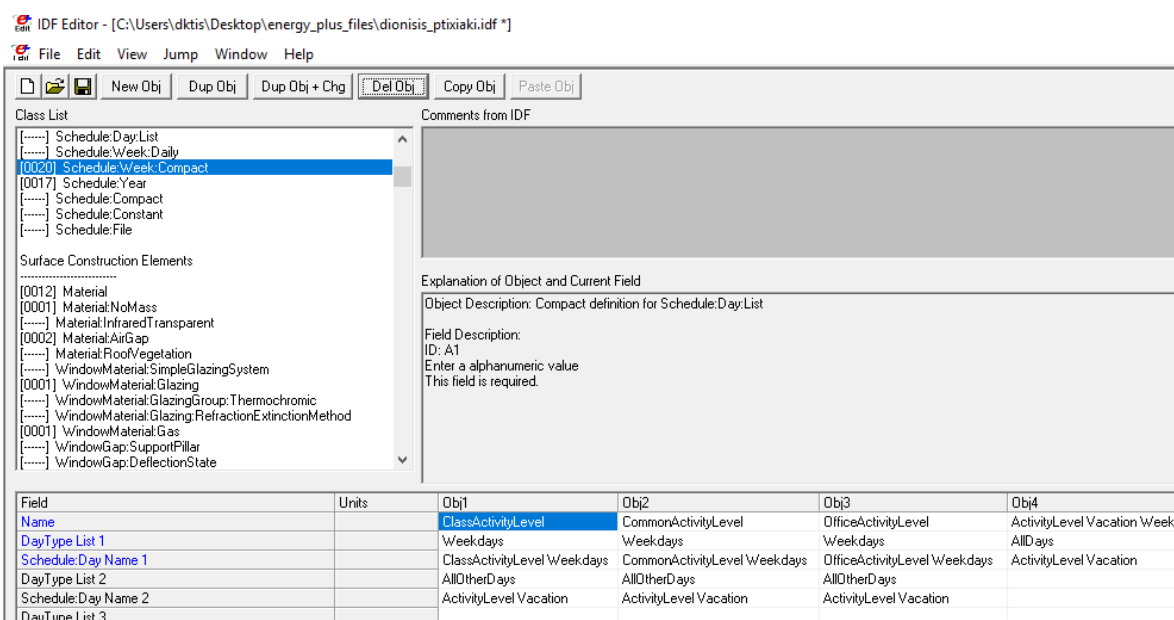


Εικόνα 60. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – People Density  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Αντίστοιχα, δημιουργούνται τα εξής εβδομαδιαία προγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας:

- **Class Activity Level**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Class Activity Level Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Activity Level Vacation.

- **Common Activity Level**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Common Activity Level Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Activity Level Vacation.
- **Office Activity Level**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Office Activity Level Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Activity Level Vacation.
- **Activity Level Vacation Week**, στο οποίο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Activity Level Vacation.



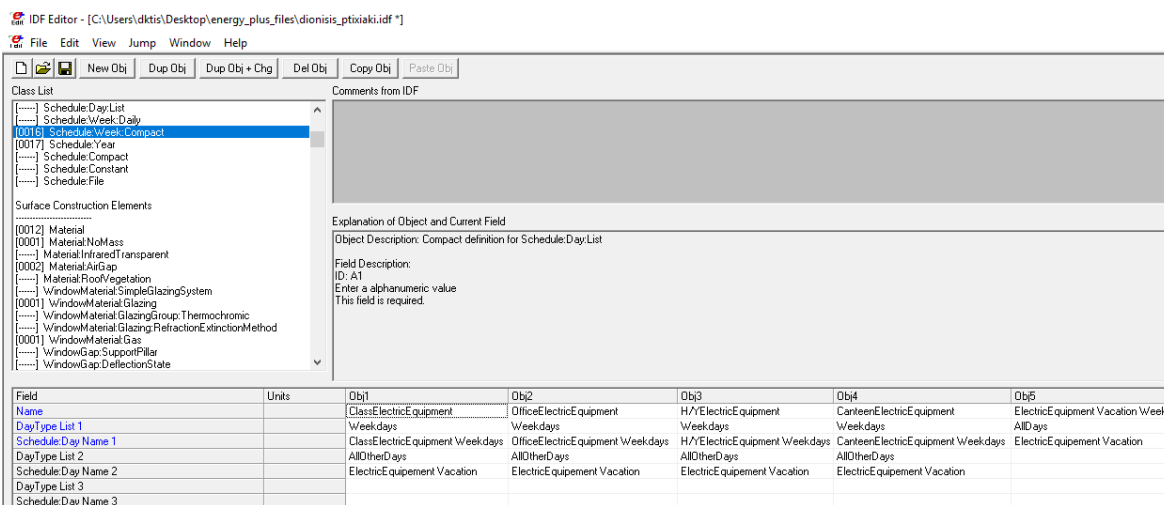
Εικόνα 61. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Activity Level  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Με το ίδιο ακριβώς σκεπτικό, δημιουργούνται τα εξής εβδομαδιαία προγράμματα ηλεκτρικού εξοπλισμού:

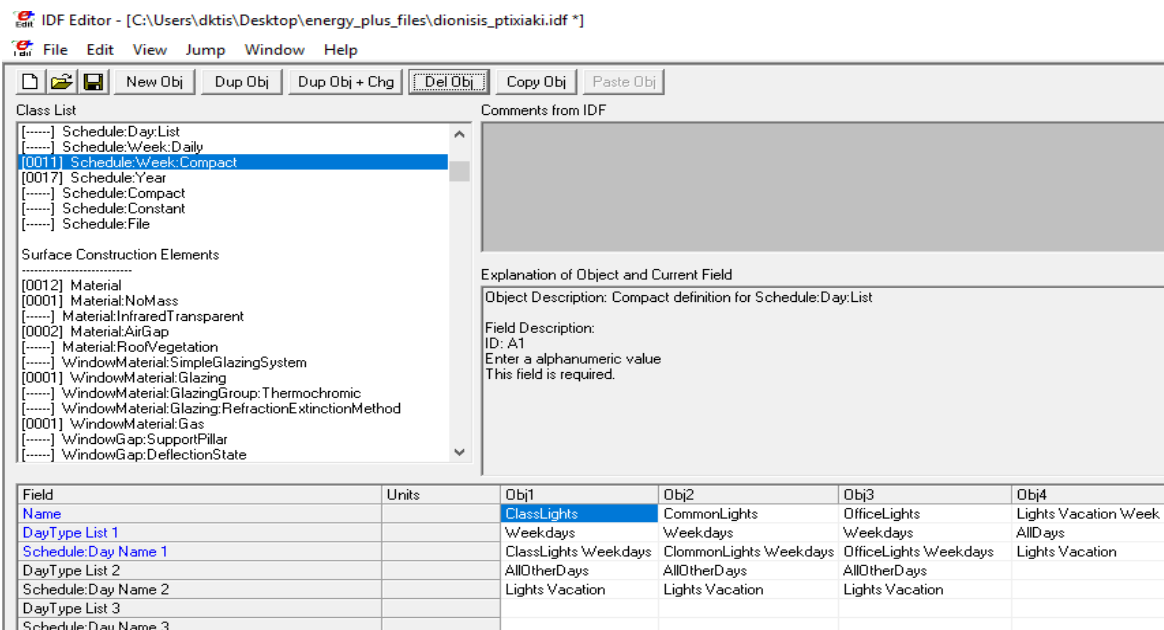
- **Class Electric Equipment**
- **Office Electric Equipment**
- **H/Y Electric Equipment**
- **Canteen Electric Equipment**
- **Electric Equipment Vacation Week**

καθώς και τα εξής εβδομαδιαία προγράμματα τεχνητού φωτισμού:

- ***Class Lights***
- ***Common Lights***
- ***Office Lights***
- ***Lights Vacation Week***



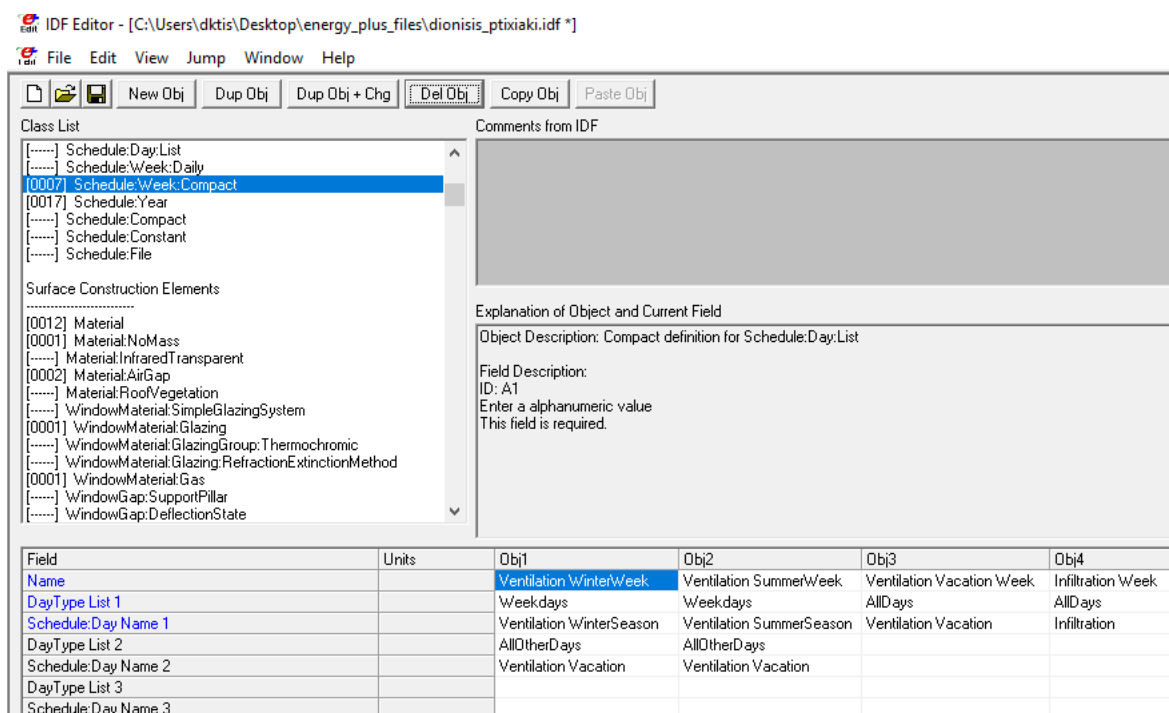
Εικόνα 62. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Electric Equipment  
Πηγή: ίδια επεξεργασία



Εικόνα 63. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Lights  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Για τον φυσικό αερισμό και την διείσδυση αέρα δημιουργούνται τα εξής εβδομαδιαία προγράμματα:

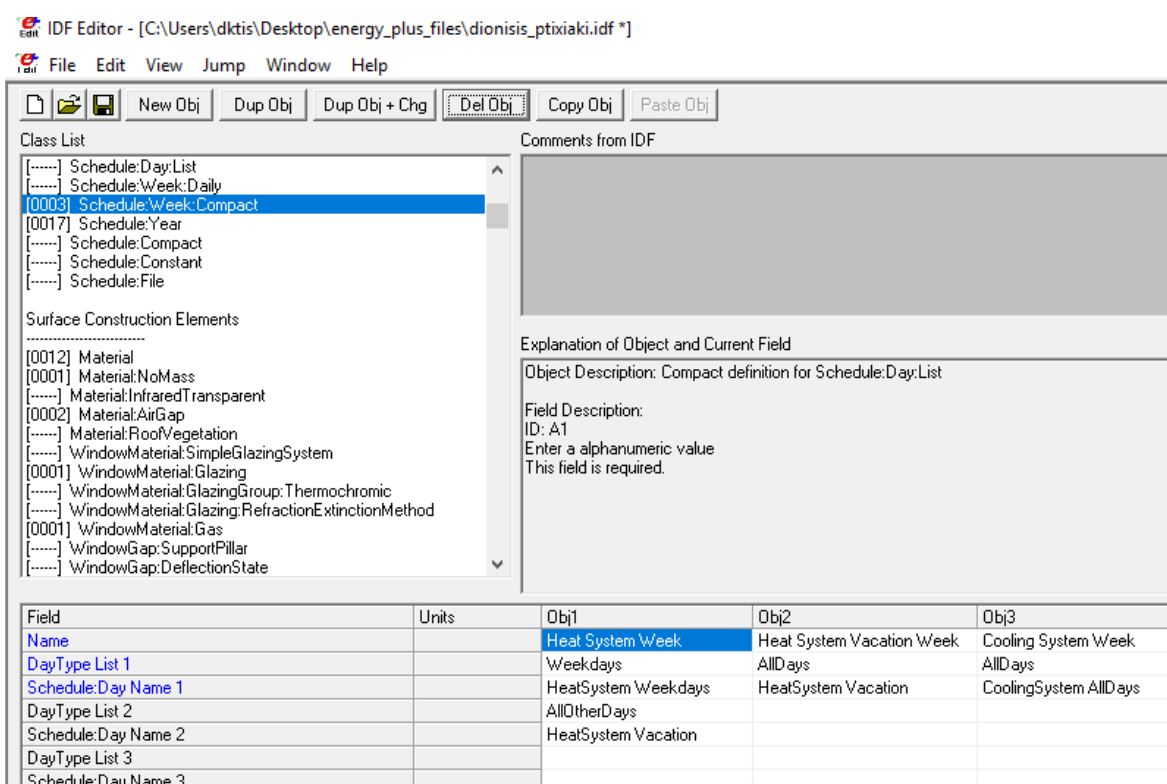
- **Ventilation Winter Week** στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Ventilation Winter Season και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Ventilation Vacation.
- **Ventilation Summer Week** στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Ventilation Summer Season και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Ventilation Vacation.
- **Ventilation Vacation Week**, στο οποίο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Ventilation Vacation.
- **Infiltration Week**, στο οποίο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Infiltration.



Εικόνα 64. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Ventilation and Infiltration  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Τέλος, για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης δημιουργούνται τα εξής εβδομαδιαία προγράμματα:

- **Heat System Week**, στο οποίο για τις καθημερινές ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Heat System Weekdays και για τα Σαββατοκύριακα το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Heat System Vacation.
- **Heat System Vacation Week**, στο οποίο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Heat System Vacation.
- **Cooling System Week**, στο οποίο για όλες τις ημέρες της εβδομάδας ισχύει το ημερήσιο χρονοδιάγραμμα Cooling System All Days.



Εικόνα 65. Υποκατηγορία Schedule: Week Compact – Heat and Cooling Systems  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Η υποκατηγορία **Schedule: Year** συμπληρώνεται με τα εβδομαδιαία προγράμματα που έχουν δημιουργηθεί στο προηγούμενο βήμα ώστε να καλύψουν όλες τις πιθανές περιόδους του έτους που ο μελετητής επιθυμεί να περιλαμβάνει το μοντέλο της προσομοίωσης. Η λειτουργία των χώρων του σχολείου έχει χωριστεί σε τρεις περιόδους λειτουργίας και τρεις περιόδους διακοπών, οι οποίες είναι οι εξής :

- Από 11/09 ξεκινάει η σχολική χρονιά και το πρώτο μέρος της διαρκεί έως τις 22/12, οπότε αρχίζουν οι διακοπές των Χριστουγέννων οι οποίες διαρκούν από τις 23/12 έως τις 08/01.
- Το δεύτερο μέρος διαρκεί από τις 09/01 έως τις 30/03, οπότε ξεκινούν οι διακοπές του Πάσχα (για το έτος 2018), οι οποίες διαρκούν από τις 31/03 έως τις 15/04.
- Το τρίτο και τελευταίο μέρος διαρκεί από τις 16/04 έως τις 15/06. Το υπόλοιπο χρονικό διάστημα μέχρι την επανέναρξη της λειτουργίας του σχολείου στις 11/09 θεωρείται περίοδος διακοπών.

Με βάση τις παραπάνω ημερομηνίες δημιουργούνται τα εξής ετήσια χρονοδιαγράμματα:

- Για την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης τα:
  1. *Class People Density Year,*
  2. *Common People Density Year,*
  3. *Office People Density Year.*
- Για την ανθρώπινη δραστηριότητα τα:
  1. *Class Activity Level Year,*
  2. *Common Activity Level Year,*
  3. *Office Activity Level Year.*
- Για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό τα:
  1. *Class Electric Equipment Year,*
  2. *Office Electric Equipment Year,*
  3. *H/Y Electric Equipment Year,*
  4. *Canteen Electric Equipment Year.*
- Για τον τεχνητό φωτισμό τα:
  1. *Class Lights Year,*
  2. *Common Lights Year,*
  3. *Office Lights Year.*
- Για τον φυσικό αερισμό το:

1. **Ventilation Year**, στο οποίο χρησιμοποιούνται τα εβδομαδιαία χρονοδιαγράμματα Ventilation Winter Week και Ventilation Summer Week, για τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο αντίστοιχα.

- Για τη διείσδυση αέρα το:

1. **Infiltration Year**, με σταθερή διείσδυση αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

- Για το σύστημα θέρμανσης το:

1. **Heat System Year**, το οποίο είναι ενεργό από την 01/11 έως τις 31/03 (εκτός των περιόδων διακοπών) και στην συνέχεια παραμένει ανενεργό.

- Για το σύστημα ψύξης το:

1. **Cooling System Year**, το οποίο παραμένει ανενεργό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς δεν υπάρχει σύστημα ψύξης στο σχολείο.

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0017] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Surface Construction Elements

- [0012] Material
- [0001] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Year contains from 1 to 52 week schedules

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Class: People Density Year	Common People Density Year	Office People Density Year
Schedule Type Limits Name		PeopleDensity	PeopleDensity	PeopleDensity
Schedule:Week Name 1		Class:PeopleDensity	Common:PeopleDensity	Office:PeopleDensity
Start Month 1		9	9	9
Start Day 1		11	11	11
End Month 1		12	12	12
End Day 1		22	22	22
Schedule:Week Name 2		PeopleDensity Vacation Week	PeopleDensity Vacation Week	PeopleDensity Vacation Week
Start Month 2		12	12	12
Start Day 2		23	23	23
End Month 2		1	1	1
End Day 2		8	8	8
Schedule:Week Name 3		Class:PeopleDensity	Common:PeopleDensity	Office:PeopleDensity
Start Month 3		1	1	1
Start Day 3		9	9	9
End Month 3		3	3	3
End Day 3		30	30	30
Schedule:Week Name 4		PeopleDensity Vacation Week	PeopleDensity Vacation Week	PeopleDensity Vacation Week
Start Month 4		3	3	3
Start Day 4		31	31	31
End Month 4		4	4	4
End Day 4		15	15	15
Schedule:Week Name 5		Class:PeopleDensity	Common:PeopleDensity	Office:PeopleDensity
Start Month 5		4	4	4
Start Day 5		16	16	16
End Month 5		6	6	6
End Day 5		15	15	15
Schedule:Week Name 6		PeopleDensity Vacation Week	PeopleDensity Vacation Week	PeopleDensity Vacation Week
Start Month 6		6	6	6
Start Day 6		16	16	16
End Month 6		9	9	9
End Day 6		10	10	10

Εικόνα 66. Schedule: Year – People Density  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

**Class List**

- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0014] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

**Surface Construction Elements**

- [0012] Material
- [0001] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

**Comments from IDF**

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Year contains from 1 to 52 week schedules

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
<b>Name</b>		Class Activity Level Year	Common Activity Level Year	Office Activity Level Year
Schedule Type Limits Name		ActivityLevel	ActivityLevel	ActivityLevel
Schedule:Week Name 1		ClassActivityLevel	CommonActivityLevel	OfficeActivityLevel
Start Month 1		9	9	9
Start Day 1		11	11	11
End Month 1		12	12	12
End Day 1		22	22	22
Schedule:Week Name 2		ActivityLevel Vacation Week	ActivityLevel Vacation Week	ActivityLevel Vacation Week
Start Month 2		12	12	12
Start Day 2		23	23	23
End Month 2		1	1	1
End Day 2		8	8	8
Schedule:Week Name 3		ClassActivityLevel	CommonActivityLevel	OfficeActivityLevel
Start Month 3		1	1	1
Start Day 3		9	9	9
End Month 3		3	3	3
End Day 3		30	30	30
Schedule:Week Name 4		ActivityLevel Vacation Week	ActivityLevel Vacation Week	ActivityLevel Vacation Week
Start Month 4		3	3	3
Start Day 4		31	31	31
End Month 4		4	4	4
End Day 4		15	15	15
Schedule:Week Name 5		ClassActivityLevel	CommonActivityLevel	OfficeActivityLevel
Start Month 5		4	4	4
Start Day 5		16	16	16
End Month 5		6	6	6
End Day 5		15	15	15
Schedule:Week Name 6		ActivityLevel Vacation Week	ActivityLevel Vacation Week	ActivityLevel Vacation Week
Start Month 6		6	6	6
Start Day 6		16	16	16
End Month 6		9	9	9
End Day 6		10	10	10

Εικόνα 67. Schedule: Year – Activity Level  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*



# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0011] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Surface Construction Elements

---

- [0012] Material
- [0001] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:PoolVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Year contains from 1 to 52 week schedules

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Class Electric Equipment Year	Office Electric Equipment Year	H/Y Electric Equipment Year	Canteen Electric Equipment Year
Schedule Type Limits Name		ElectricEquipment	ElectricEquipment	ElectricEquipment	ElectricEquipment
Schedule:Week Name 1		ClassElectricEquipment	OfficeElectricEquipment	H/YElectricEquipment	CanteenElectricEquipment
Start Month 1		9	9	9	9
Start Day 1		11	11	11	11
End Month 1		12	12	12	12
End Day 1		22	22	22	22
Schedule:Week Name 2		ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week
Start Month 2		12	12	12	12
Start Day 2		23	23	23	23
End Month 2		1	1	1	1
End Day 2		8	8	8	8
Schedule:Week Name 3		ClassElectricEquipment	OfficeElectricEquipment	H/YElectricEquipment	CanteenElectricEquipment
Start Month 3		1	1	1	1
Start Day 3		9	9	9	9
End Month 3		3	3	3	3
End Day 3		30	30	30	30
Schedule:Week Name 4		ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week
Start Month 4		3	3	3	3
Start Day 4		31	31	31	31
End Month 4		4	4	4	4
End Day 4		15	15	15	15
Schedule:Week Name 5		ClassElectricEquipment	OfficeElectricEquipment	H/YElectricEquipment	CanteenElectricEquipment
Start Month 5		4	4	4	4
Start Day 5		16	16	16	16
End Month 5		6	6	6	6
End Day 5		15	15	15	15
Schedule:Week Name 6		ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week	ElectricEquipment Vacation Week
Start Month 6		6	6	6	6
Start Day 6		16	16	16	16
End Month 6		9	9	9	9
End Day 6		10	10	10	10

*Εικόνα 68. Schedule: Year – Electric Equipment  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

edit IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0007] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Surface Construction Elements

- [0012] Material
- [0001] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Year contains from 1 to 52 week schedules

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
<b>Name</b>		Class Lights Year	Common Lights Year	Office Lights Year
Schedule Type Limits Name		Lights	Lights	Lights
Schedule:Week Name 1		ClassLights	CommonLights	OfficeLights
Start Month 1		9	9	9
Start Day 1		11	11	11
End Month 1		12	12	12
End Day 1		22	22	22
Schedule:Week Name 2		Lights Vacation Week	Lights Vacation Week	Lights Vacation Week
Start Month 2		12	12	12
Start Day 2		23	23	23
End Month 2		1	1	1
End Day 2		8	8	8
Schedule:Week Name 3		ClassLights	CommonLights	OfficeLights
Start Month 3		1	1	1
Start Day 3		9	9	9
End Month 3		3	3	3
End Day 3		30	30	30
Schedule:Week Name 4		Lights Vacation Week	Lights Vacation Week	Lights Vacation Week
Start Month 4		3	3	3
Start Day 4		31	31	31
End Month 4		4	4	4
End Day 4		15	15	15
Schedule:Week Name 5		ClassLights	CommonLights	OfficeLights
Start Month 5		4	4	4
Start Day 5		16	16	16
End Month 5		6	6	6
End Day 5		15	15	15
Schedule:Week Name 6		Lights Vacation Week	Lights Vacation Week	Lights Vacation Week
Start Month 6		6	6	6
Start Day 6		16	16	16
End Month 6		9	9	9
End Day 6		10	10	10

Εικόνα 69. Schedule: Year – Lights  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

idf Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [.....] Schedule:Day:List
- [.....] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0004] Schedule:Year
- [.....] Schedule:Compact
- [.....] Schedule:Constant
- [.....] Schedule:File

Surface Construction Elements

- [0012] Material
- [0001] Material:NoMass
- [.....] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [.....] Material:RoofVegetation
- [.....] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Year contains from 1 to 12 months.

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

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Ventilation Year	Infiltration Year
Schedule Type Limits Name		Ventilation	Infiltration
Schedule:Week Name 1		Ventilation WinterWeek	Infiltration Week
Start Month 1		11	1
Start Day 1		1	1
End Month 1		12	12
End Day 1		22	31
Schedule:Week Name 2		Ventilation Vacation Week	
Start Month 2		12	
Start Day 2		23	
End Month 2		1	
End Day 2		8	
Schedule:Week Name 3		Ventilation WinterWeek	
Start Month 3		1	
Start Day 3		9	
End Month 3		3	
End Day 3		30	
Schedule:Week Name 4		Ventilation Vacation Week	
Start Month 4		3	
Start Day 4		31	
End Month 4		4	
End Day 4		15	
Schedule:Week Name 5		Ventilation SummerWeek	
Start Month 5		4	
Start Day 5		16	
End Month 5		6	
End Day 5		15	
Schedule:Week Name 6		Ventilation Vacation Week	
Start Month 6		6	
Start Day 6		16	
End Month 6		9	
End Day 6		10	
Schedule:Week Name 7		Ventilation SummerWeek	
Start Month 7		9	
Start Day 7		11	
End Month 7		10	
End Day 7		31	

Εικόνα 70. Schedule: Year – Ventilation and Infiltration  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf \*]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [-----] Schedule:Day:Hourly
- [0024] Schedule:Day:Interval
- [-----] Schedule:Day:List
- [-----] Schedule:Week:Daily
- [0024] Schedule:Week:Compact
- [0002] Schedule:Year**
- [-----] Schedule:Compact
- [-----] Schedule:Constant
- [-----] Schedule:File

Surface Construction Elements

- [0012] Material
- [0001] Material:NoMass
- [-----] Material:InfraredTransparent
- [0002] Material:AirGap
- [-----] Material:RoofVegetation
- [-----] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem

Comments from IDF

---

Explanation of Object and Current Field

Object Description: A Schedule:Year contains from 1 to 52 weeks

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

Field	Units	Obj1	Obj2
<b>Name</b>		HeatSystem Year	Cooling System Year
Schedule Type Limits Name		HeatSystem	CoolingSystem
Schedule:Week Name 1		Heat System Week	Cooling System Week
Start Month 1		11	1
Start Day 1		1	1
End Month 1		12	12
End Day 1		22	31
Schedule:Week Name 2		Heat System Vacation Week	
Start Month 2		12	
Start Day 2		23	
End Month 2		1	
End Day 2		8	
Schedule:Week Name 3		Heat System Week	
Start Month 3		1	
Start Day 3		9	
End Month 3		3	
End Day 3		30	
Schedule:Week Name 4		Heat System Vacation Week	
Start Month 4		3	
Start Day 4		31	
End Month 4		10	
End Day 4		31	

*Εικόνα 71. Schedule: Year – Heat and Cooling Systems  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

### 6.4.5 Κατηγορία Surface Construction Elements

Η επόμενη κατηγορία παραμέτρων που συμπληρώνεται είναι το **Surface Construction Elements**, όπου εισάγονται δεδομένα για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κτιρίου, καθώς και λεπτομέρειες για όλα τα δομικά στοιχεία. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Materials**, **Window Material: Glazing**, **Window Material: Gas** και **Construction**.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Στην υποκατηγορία **Materials** περιγράφονται όλα τα υλικά τα οποία συνθέτουν τα διάφορα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου μελέτης. Για να εισαχθεί ένα υλικό σε αυτό το πεδίο πρέπει να είναι γνωστές γι' αυτό οι εξής χαρακτηριστικές του ιδιότητες :

- Το πάχος του ( d , m )
- Η πυκνότητα του ( ρ , kg/m<sup>3</sup> )
- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του [ λ , W/( m\*K ) ]
- Η ειδική θερμοχωρητικότητα του [ cp , J/( kg\*K ) ]
- Η τραχύτητα του

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και τα χαρακτηριστικά τους δίνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας 12. Δομικά υλικά επιφανειών σχολικού κτιρίου  
Πηγή: TOTEE 20701-2/2010, ίδια επεξεργασία*

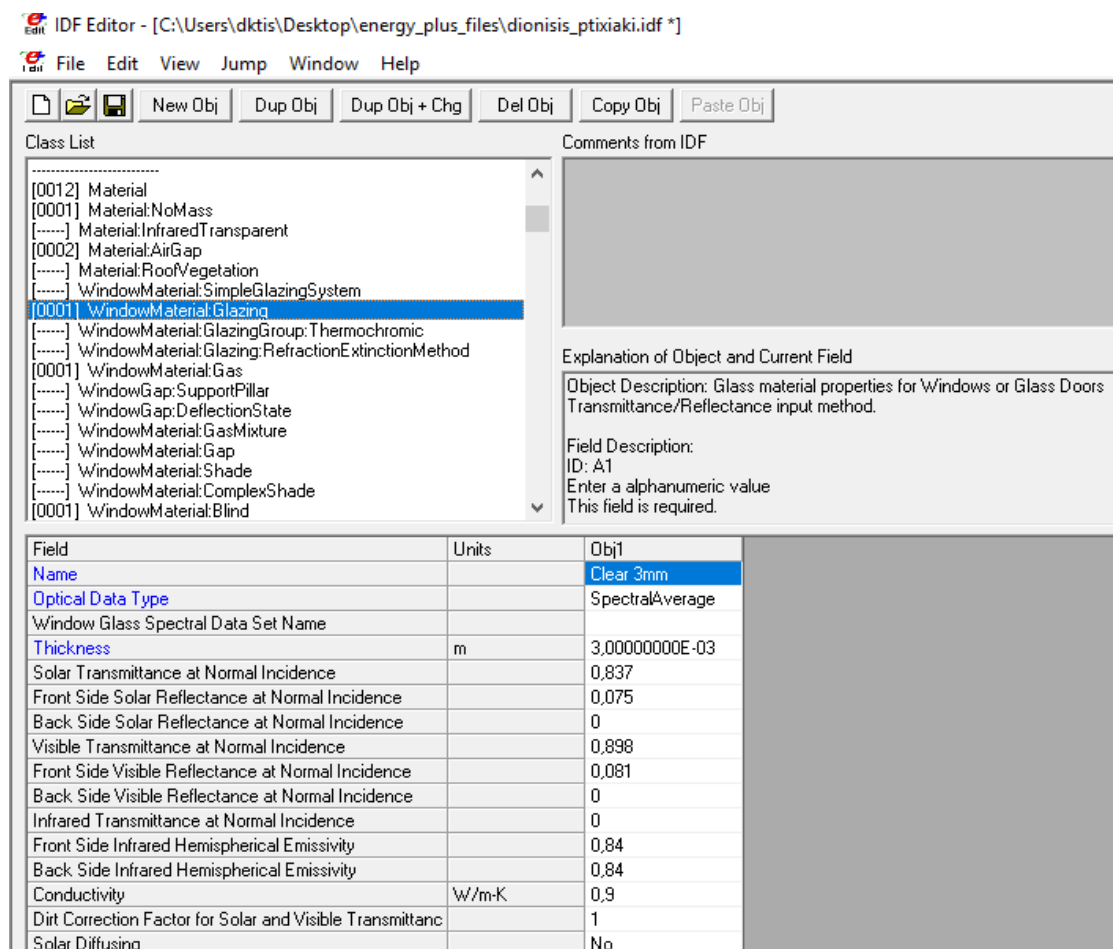
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ					
Υλικά	Τραχύτητα	Πάχος (m)	Αγωγιμότητα (W/(m*k))	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα (J/(Kg*k))
Αλουμίνιο	Medium Rough	0,015	160	2800	880
Ασβεστοκονίαμα	Medium Smooth	0,02	0,87	1800	1000
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	Medium Rough	0,04	0,3	1250	1000
Ασφαλτόπανο	Medium Rough	0,01	0,23	1100	1000
Κιςσηρομπετόν	Medium Rough	0,1	0,2	500	1000
Μωσαϊκό	Medium Smooth	0,035	1,2	1900	800
Ξύλο	Medium Smooth	0,05	0,13	500	1600
Οπλισμένο σκυρόδεμα 18 cm	Medium Rough	0,18	2,5	2400	1000
Οπλισμένο σκυρόδεμα 10 cm	Medium Rough	0,1	2,5	2400	1000
Τσιμεντοκονίαμα	Medium Smooth	0,02	1,4	2000	1100
Τσιμεντόπλακες	Medium Rough	0,025	0,3	1250	1000
Οπτοπλινθοδομή	Medium Rough	0,2	0,49	1200	1000

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12
Name		Alouminio	Asvestokoniama	Asvestosiمنتokoniama	Asfaltopano	Kisssonpeton	Mwsaikio	Ξύλο	18 cm Opλισμένο Skuro	10 cm Opλισμένο Skir	Tσιμεντοkoniama	Tσιμεντόπλακες	Opτοπλινθοδομή
Roughness		MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0.015	0.02	0.04	0.01	0.1	0.035	0.05	0.18	0.1	0.02	0.025	0.2
Conductivity	W/mK	160	0.87	0.3	0.23	0.2	1.2	0.13	2.5	2.5	1.4	0.3	0.49
Density	kg/m3	2800	1800	1250	1100	500	1900	500	2400	2400	2000	1250	1200
Specific Heat	J/kgK	880	1000	1000	1000	1000	800	1600	1000	1000	1100	1000	1000
Thermal Absorptance													
Solar Absorptance													
Visible Absorptance													

*Εικόνα 72. Υποκατηγορία Materials  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην υποκατηγορία **Window Material: Glazing** συμπληρώνονται όλα τα χαρακτηριστικά των υαλοστασίων που ως στρώσεις θα αποτελέσουν τα διαφανή δομικά στοιχεία. Στην

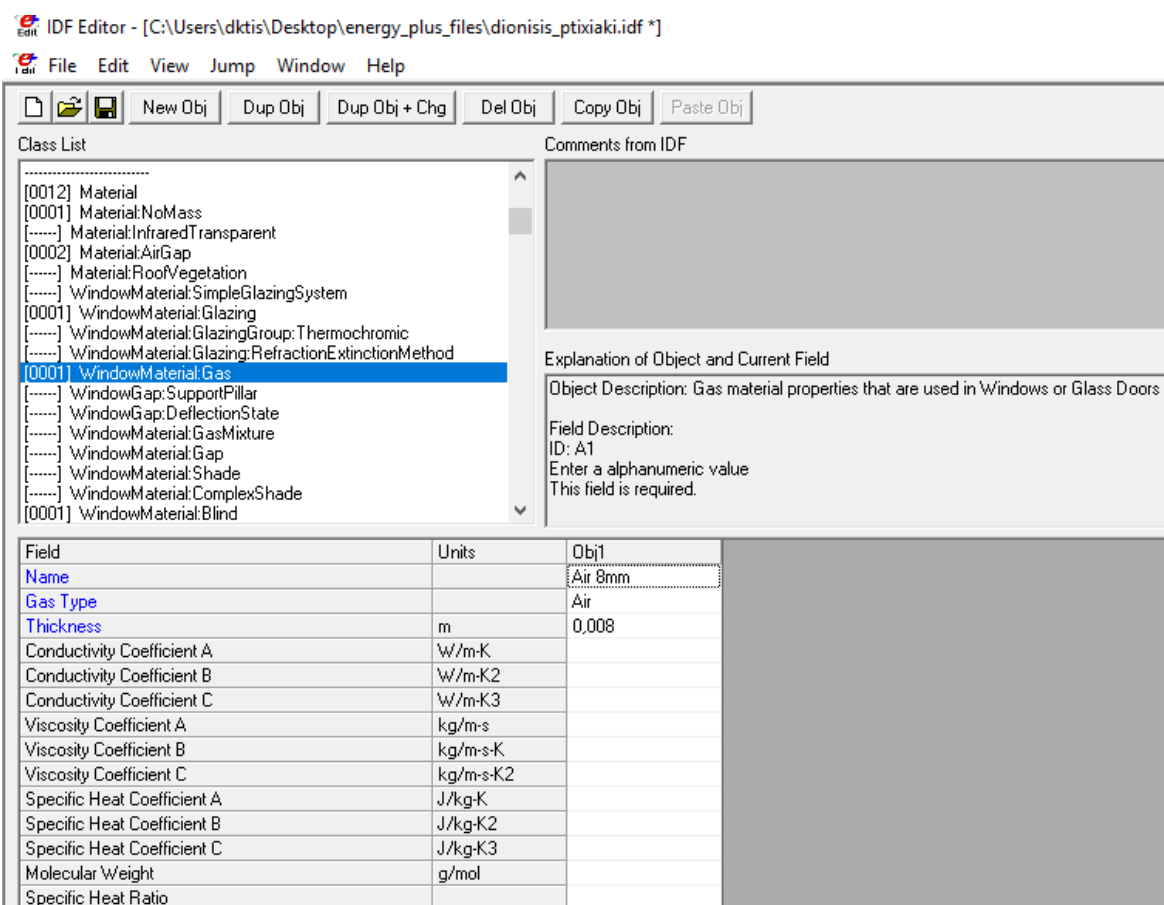
προκειμένη περίπτωση πρόκειται για γυαλί 3 mm ορισμένα χαρακτηριστικά του οποίου υπάρχουν ήδη στο πρόγραμμα.



Εικόνα 73. Υποκατηγορία *Windows Material: Glazing*  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Window Material: Gas** συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά του αερίου που βρίσκεται εγκλωβισμένο μεταξύ των υαλοστασίων του κουφώματος , στην προκειμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι σε όλα τα κουφώματα το αέριο αυτό είναι ακίνητος αέρας πάχους 8 mm.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



Εικόνα 74. Υποκατηγορία *Windows Material: Gas*  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην υποκατηγορία **Construction**, χρησιμοποιώντας τα υλικά που περιγράφονται στα πεδία «Material», «Window Material Glazing» και «Window Material Gas», σχεδιάζεται η δομή που θα έχει η κάθε ξεχωριστή επιφάνεια του κτιρίου. Οι στρώσεις συμπληρώνονται κάθε φορά ξεκινώντας από την εξωτερική προς την εσωτερική έχοντας πάντα ως σημείο αναφοράς τη θερμική ζώνη την οποία περιβάλλουν. Οι διεπιφάνειες μεταξύ δύο διαφορετικών ζωνών περιγράφονται δύο φορές με γνώμονα κάθε φορά τη ζώνη που περικλείουν, με αποτέλεσμα οι δύο αυτές κατασκευαστικές δομές να έχουν αντίστροφες στρώσεις. Τα στοιχεία που εισάγονται στην υποκατηγορία Materials, το πρόγραμμα τα αντιλαμβάνεται ως στρώσεις με αυτές τις ιδιότητες και με αυτή την έννοια θεωρεί σε αυτό το στάδιο ότι η εκάστοτε αδιαφανής επιφάνεια αποτελείται μόνο από αυτή τη στρώση. Οι κύριες κατασκευαστικές λεπτομέρειες παρουσιάζονται στον πίνακα 13 που ακολουθεί.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

*Πίνακας 13. Κατασκευαστικά στοιχεία σχολείου  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Δομικά στοιχεία	Υλικά
Πόρτα	Αλουμίνιο 1,5 mm
Εξωτερικός τοίχος	Οπλισμένο σκυρόδεμα 18 cm
Εσωτερικός τοίχος Α	Οπλισμένο σκυρόδεμα 10 cm
Εσωτερικός τοίχος Β	Ασβεστοκονίαμα 2 cm Οπποπλινθοδομή 20 cm Ασβεστοκονίαμα 2 cm
Εξωτερική οροφή	Τσιμεντόπλακες 2,5 cm Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 4 cm Ασφαλτόπανο 1 cm Κισσηρομπετόν 10 cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Ασβεστοκονίαμα 2 cm
Εσωτερική οροφή	Μωσαϊκό 3,5 cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18 cm Ασβεστοκονίαμα 2 cm
Εσωτερικό δάπεδο	Ασβεστοκονίαμα 2 cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18 cm Μωσαϊκό 3 cm
Εξωτερικό δάπεδο	Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm Μωσαϊκό 3,5 cm
Παράθυρο	Καθαρό τζάμι 3 mm

The screenshot shows the IDF Editor interface. On the left, the 'Class List' includes various material and construction classes. The 'Construction' class is selected, showing a list of sub-classes like 'Construction:FactorUndergroundWall', 'Construction:FactorGroundFloor', etc. The main area displays the 'Explanation of Object and Current Field' for a window, including an object description and a table of construction layers.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		External wall	Internal wall A	Internal wall B	Internal floor	External floor	Internal roof	External roof	Window	Door
Outside Layer		18 cm Οπλισμένο ΣΙ	10 cm Οπλισμένο ΣΙ	Ασβεστοκονίαμα	Ασβεστοκονίαμα	18 cm Οπλισμένο ΣΙ	Μωσαϊκό	Τσιμεντόπλακες	Clear 3mm	Αλουμίνιο
Layer 2				Οπτοπλινθοδομή	18 cm Οπλισμένο ΣΙ	Μωσαϊκό	18 cm Οπλισμένο ΣΙ	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα		
Layer 3				Ασβεστοκονίαμα	Μωσαϊκό		Ασβεστοκονίαμα	Ασφαλτόπανο		
Layer 4								Κισσηρομπετόν		
Layer 5								18 cm Οπλισμένο ΣΙ		
Layer 6								Ασβεστοκονίαμα		
Layer 7										
Layer 8										
Layer 9										
Layer 10										

*Εικόνα 75. Υποκατηγορία Construction  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*



### 6.4.6 Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces

Η πέμπτη κατηγορία παραμέτρων που συμπληρώνεται είναι το **Thermal Zones and Surfaces**, όπου εισάγονται δεδομένα για τις θερμικές ζώνες, τις αδιαφανείς και τις διαφανείς επιφάνειες του κτιρίου. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Zone**, **Zone List**, **Building surface: Detailed**, **Fenestration surface: Detailed** και **Internal Mass**.

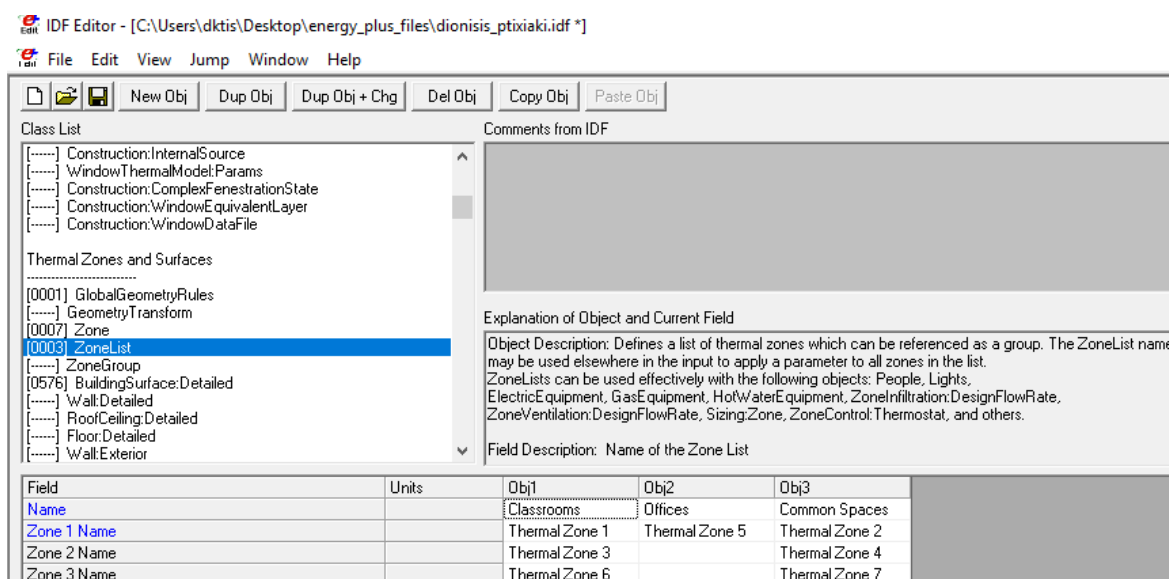
Η υποκατηγορία **Zone** συμπληρώνεται αυτόματα από το αρχείο που εκδόθηκε από το Sketch Up και αφορούν το όνομα της κάθε θερμικής ζώνης, καθώς και τις συντεταγμένες του σημείου μηδέν της. Αν η υποκατηγορία αυτή δεν είναι συμπληρωμένη, δεν μπορεί να γίνει προσομοίωση του κτιρίου.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 5	Thermal Zone 6	Thermal Zone 7
Direction of Relative North	deg	0	0	0	0	0	0	0
X Origin	m	22,1	14	14	16,1	14,46	14,46	16,6
Y Origin	m	5,6	2,88764568E-15	5,6	0	47,42	27,9	22,3
Z Origin	m	0	0	3,46	3,46	3,46	6,92	6,92
Type								
Multiplier								
Ceiling Height	m							
Volume	m3							
Floor Area	m2							
Zone Inside Convection Algorithm								
Zone Outside Convection Algorithm								
Part of Total Floor Area		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Εικόνα 76. Υποκατηγορία Zone  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Zone List** δίνεται η δυνατότητα στον μελετητή να συνενώσει θερμικές ζώνες με παρόμοια θερμικά χαρακτηριστικά και ανάγκες σε μία ενιαία, έτσι ώστε μετά το πέρας των υπολογισμών της προσομοίωσης να εμφανιστούν για τα θερμικά και ψυκτικά φορτία αποτελέσματα αθροιστικά και να εξαχθούν συμπεράσματα, για το σύνολο ενός χώρου και όχι μόνο για τα επιμέρους τμήματα που τον αποτελούν. Στην παρούσα μελέτη αποφασίστηκε να δημιουργηθούν 3 ομάδες θερμικών ζωνών όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



Εικόνα 77. Υποκατηγορία *Zone List*  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Building surface: Detailed** γίνεται λεπτομερής περιγραφή της κάθε αδιαφανούς επιφάνειας του κτιρίου. Οι πληροφορίες οι οποίες καταγράφονται είναι οι εξής :

- Το χαρακτηριστικό όνομα της επιφάνειας,
- Το αν αποτελεί τοίχο, οροφή, δάπεδο ή κεκλιμένη στέγη,
- Η κατασκευαστική λεπτομέρεια η οποία έχει καθοριστεί στο πεδίο «Construction» και η οποία ανταποκρίνεται στη δομή της συγκεκριμένης επιφάνειας,
- Η ζώνη την οποία περιβάλλει,
- Οι εξωτερικές συνθήκες με τις οποίες αλληλεπιδρά, δηλαδή αν εξωτερικά της επιφάνειας υπάρχει έδαφος, εξωτερικός αέρας, άλλη εσωτερική επιφάνεια ή αν θεωρείται αδιαβατική,
- Στην περίπτωση στην οποία πρόκειται για επιφάνεια που συνορεύει με άλλη εσωτερική καταγράφεται και το όνομα αυτής,
- Το αν είναι εκτεθειμένη στον ήλιο ή στον αέρα ή και στους δύο, καθώς και
- Οι συντεταγμένες των κορυφών που οριοθετούν την επιφάνεια.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Το όνομα, η ζώνη την οποία περιβάλλει, καθώς και οι συντεταγμένες των κορυφών της κάθε επιφάνειας, εισάγονται αυτόματα στο πρόγραμμα από το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί στο λογισμικό Sketch up. Ακολουθεί μία ενδεικτική εικόνα της λίστας επιφανειών.

Name	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16		
Surface 100		Surface 100	Surface 102	Surface 104	Surface 106	Surface 107	Surface 1123	Surface 1124	Surface 1125	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	Surface 1126	
Surface Type		Wall	Floor	Wall	Wall	Wall	Floor	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall	
Construction Name		External wall	External floor	External wall	External wall	External wall	External floor	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	External wall	
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	
Outside Boundary Condition		Outdoors	Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	
Outside Boundary Condition Object		Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	Surface 967	
Sun Exposure		SurExposed	NoSun	SurExposed	SurExposed	SurExposed	NoSun	NoSun	NoSun	NoSun	SurExposed	NoSun	SurExposed	NoSun	SurExposed	NoSun	NoSun	SurExposed	
View Factor to Ground		WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind	NoWind	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind	WindExposed	NoWind	WindExposed	NoWind	NoWind	WindExposed	
Number of Vertices																			
Vertex 1 Y coordinate	m	6,5	0	-6,1	-1	0	10,8	2,7	7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	2,7	
Vertex 1 X coordinate	m	0	14,9	7,55	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	7,55
Vertex 2 Y coordinate	m	3,46	0	3,46	3,46	3,46	0	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46
Vertex 2 X coordinate	m	6,5	0	-6,1	-1	0	10,8	2,7	7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	2,7	26,3
Vertex 3 Y coordinate	m	0	7,55	7,55	14,9	14,9	7,55	14,9	14,9	14,9	14,9	7,55	0	14,9	0	14,9	0	7,55	47,0
Vertex 3 X coordinate	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vertex 4 Y coordinate	m	10,8	-8,1	0	-6,1	-1	2,7	2,7	2,7	2,7	7	2,7	10,8	10,8	-6,1	2,7	2,7	2,7	24,5
Vertex 4 X coordinate	m	0	7,55	7,55	14,9	14,9	7,55	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	7,55	7,55	0	0	0	0	47,0
Vertex 5 Y coordinate	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vertex 5 X coordinate	m	10,8	-8,1	0	-6,1	-1	2,7	2,7	2,7	2,7	7	2,7	10,8	10,8	-6,1	2,7	2,7	2,7	24,5
Vertex 6 Y coordinate	m	0	14,9	7,55	14,9	14,9	7,55	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	7,55	7,55	0	0	0	0	47,0
Vertex 6 X coordinate	m	3,46	0	3,46	3,46	3,46	0	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46

Εικόνα 78. Υποκατηγορία *Building Surface: Detailed*  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία ***Fenestration Surface: Detailed*** καταγράφεται κάθε υποεπιφάνεια του μοντέλου όπως αυτή αριθμήθηκε από το πρόγραμμα Sketch Up, χαρακτηρίζεται ως προς την κατηγορία της υποεπιφάνειας (πόρτα ή παράθυρο), την κατασκευαστική της δομή, την επιφάνεια στην οποία ανήκει και οι συντεταγμένες αυτής που προκύπτουν από το πρόγραμμα Sketch Up. Διευκρινίζεται πως όσες κατηγορίες έχουν ορισθεί προηγουμένως στο Sketch Up, συμπληρώνονται αυτόματα. Η μόνη κατηγορία που ορίστηκε αργότερα στο IDF Editor είναι οι κατασκευαστικές δομές των επιφανειών, η συγκεντρωτική λίστα των οποίων συμπληρώθηκε στην υποκατηγορία Construction. Ο χρήστης ορίζει χειροκίνητα ποια είναι η κατασκευαστική δομή της κάθε επιφάνειας από τη λίστα που βγαίνει στο κελί Construction Name και η οποία περιλαμβάνει ουσιαστικά τα δεδομένα της υποκατηγορίας Construction. Ακολουθεί μία ενδεικτική εικόνα της λίστας υποεπιφανειών.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

The screenshot shows the ICF Editor interface with a detailed table for Fenestration Surfaces. The table has columns for Name, Units, and various object IDs (Obj1 to Obj16). The 'Field Descriptions' section for 'ID: A1' indicates it is an alphanumeric value where this field is required.

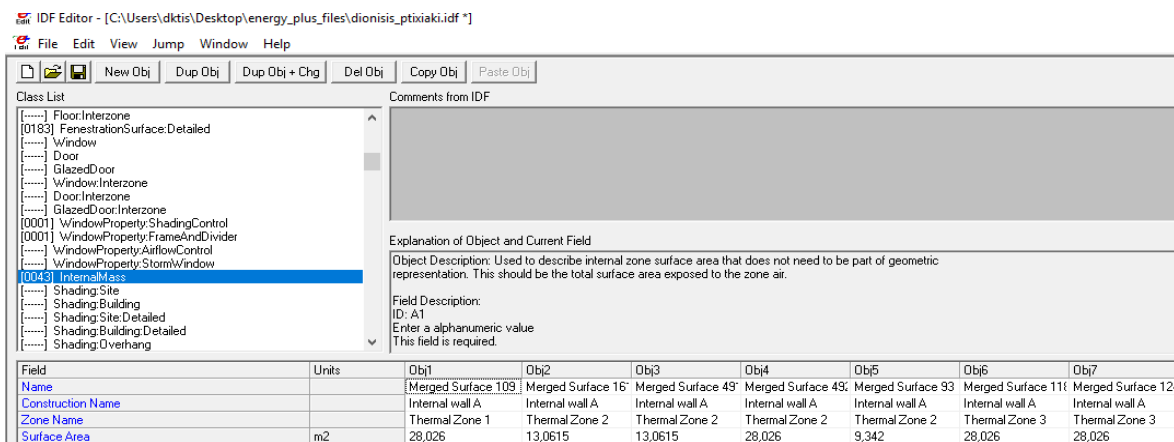
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	
Name		Sub Surface 204	Sub Surface 204	Sub Surface 205	Sub Surface 206	Sub Surface 206	Sub Surface 206	Sub Surface 21	Sub Surface 22	Sub Surface 23	Sub Surface 78	Sub Surface 80	Sub Surface 81	Sub Surface 39	Sub Surface 40	Sub Surface 101	Sub Surface	
Surface Type		Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Door	Door	Door
Construction Name		Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Window	Door	Door	Door
Building Surface Name		Surface 1121	Surface 1121	Surface 1121	Surface 1121	Surface 695	Surface 695	Surface 695	Surface 695	Surface 695	Surface 837	Surface 837	Surface 837	Surface 1023	Surface 1023	Surface 1000	Surface	
Outside Boundary Condition Object																		
View Factor to Ground																		
Shading Control Name																		
Frame and Divider Name																		
Multiplier																		
Number of Vertices																		
Vertex 1 X coordinate	m	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	-8.1	-8.1	-8.1	26	20.7	15.1	15.1	
Vertex 1 Y coordinate	m	13.1	7.70000000E+00	11.3	9.5	0.45	2.20000000E+00	4.05	5.85	12.5	10.7	8.9	14.3	47.02	47.02	2.36333333E+01	2.36333	
Vertex 1 Z coordinate	m	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.59719197E+00	2.1	2.1	2.1	
Vertex 2 X coordinate	m	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	-8.1	-8.1	-8.1	26	20.7	15.1	15.1	
Vertex 2 Y coordinate	m	13.1	7.70000000E+00	11.3	9.5	0.45	2.20000000E+00	4.05	5.85	12.5	10.7	8.9	14.3	47.02	47.02	2.36333333E+01	2.36333	
Vertex 2 Z coordinate	m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.13719197E+00	0	0	0	
Vertex 3 X coordinate	m	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	-8.1	-8.1	-8.1	24.5	19.2	15.1	15.1	
Vertex 3 Y coordinate	m	14.45	9.05000000E+00	12.65	10.85	1.8	3.6	5.4	7.2	11.35	9.35	7.55	12.95	47.02	47.02	2.47666667E+01	2.47666	
Vertex 3 Z coordinate	m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.13719197E+00	0	0	0	
Vertex 4 X coordinate	m	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	-8.1	-8.1	-8.1	24.5	19.2	15.1	15.1	
Vertex 4 Y coordinate	m	14.45	9.05000000E+00	12.65	10.85	1.8	3.6	5.4	7.2	11.35	9.35	7.55	12.95	47.02	47.02	2.47666667E+01	2.47666	
Vertex 4 Z coordinate	m	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.59719197E+00	2.1	

Εικόνα 79. Υποκατηγορία Fenestration Surface: Detailed  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Internal Mass** είναι δυνατό να περιγραφούν όλες οι επιφάνειες που υφίστανται στο εσωτερικό μίας θερμικής ζώνης, όπως έπιπλα, εσωτερικές πόρτες, δρομικοί τοίχοι και δάπεδα ή οροφές στην περίπτωση που η θερμική ζώνη εκτείνεται σε περισσότερους του ενός ορόφους. Οι επιφάνειες αυτές αλληλεπιδρούν θερμικά μόνο με τη θερμική ζώνη της οποίας αποτελούν μέρος. Τα στοιχεία τα οποία καταγράφονται για την κάθε επιφάνεια είναι το όνομα της, η ζώνη στην οποία ανήκει, η κατασκευαστική λεπτομέρεια που έχει δομηθεί στο πεδίο «Construction» και την αντιπροσωπεύει, καθώς και το εμβαδόν της. Οι επιφάνειες με όμοια κατασκευαστική δομή μπορούν να εισαχθούν ως μία ενιαία, με εμβαδόν ίσο με το άθροισμα των επιμέρους. Επίσης οι επιφάνειες των οποίων και οι δύο όψεις τους έρχονται σε επαφή με τον αέρα της θερμικής ζώνης που τις περικλείει, πρέπει είτε να καταγράφονται εις διπλούν είτε μία φορά αλλά με το διπλάσιο εμβαδόν.

Το πεδίο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογιστεί κανείς τη σημασία που έχει η θερμοχωρητικότητα για μία ζώνη και η οποία καθορίζεται από τη μάζα την οποία αυτή περικλείει. Στα βιοκλιματικά κτίρια, η μάζα του χώρου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορεί τον χειμώνα να απορροφά όσο το δυνατόν περισσότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να έχει απόθεμα θερμότητας για να το αποδώσει πίσω στο χώρο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αντίστοιχα το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια της ημέρας να απορροφά τη θερμότητα ώστε ο εσωτερικός αέρας να έχει όσο το δυνατόν χαμηλότερη θερμοκρασία

και κατά τη διάρκεια της νύχτας με τον αερισμό του κτιρίου να αποβάλλει όλη τη θερμότητα που έχει συσσωρεύσει στο χαμηλότερης θερμοκρασίας περιβάλλον.



Εικόνα 80. Υποκατηγορία *Internal Mass*  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

#### 6.4.7 Κατηγορία *Internal Gains*

Στην κατηγορία **Internal Gains** εισάγονται οι παράμετροι που καθορίζουν τον υπολογισμό των εσωτερικών θερμικών κερδών της εκάστοτε ομαδοποιημένης θερμικής ζώνης του σχολικού συγκροτήματος, οι οποίες είναι ο αριθμός, το ωράριο παραμονής και το είδος της δραστηριότητας των χρηστών των χώρων, η λειτουργία του φωτισμού καθώς και το είδος, ο αριθμός και ο χρόνος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **People**, **Lights** και **Electric Equipment**.

Στην υποκατηγορία **People** περιγράφονται τα θερμικά κέρδη που προκύπτουν στο εσωτερικό των θερμικών ζωνών από την παραγόμενη και εκλυόμενη θερμότητα από τους ανθρώπους κατά την παρουσία τους σε αυτές. Κάθε άτομο, ανάλογα τη δραστηριότητα του, εκλύει θερμότητα υπό τη μορφή αισθητού και λανθάνοντος φορτίου, το αισθητό φορτίο οφείλεται στην ακτινοβολία του σώματος του και τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα του στον αέρα. Η αναλογία ακτινοβολίας – μεταφοράς είναι περίπου 50-50% και εξαρτάται από την ένδυση και τη δραστηριότητα του ατόμου. Το λανθάνον φορτίο οφείλεται στην αναπνοή και στην εφίδρωση του κάθε ανθρώπου και μεγαλώνει όσο αυξάνεται η δραστηριότητα του ατόμου. Οι παράμετροι οι οποίοι καθορίζονται είναι οι εξής :

- Η ζώνη η οποία επωφελείται κατά περίπτωση από τα θερμικά κέρδη αυτής της μορφής.

- Το ετήσιο πρόγραμμα το οποίο καθορίζει την πυκνότητα παρουσίας των ανθρώπων στη ζώνη.
- Η μέθοδος υπολογισμού των θερμικών αυτών κερδών. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγει η μέθοδος « People/Area » που σημαίνει ότι θα προσδιοριστεί η μέγιστη πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης σε μία ζώνη και με βάση αυτή θα γίνουν οι υπολογισμοί.
- Το ποσοστό ακτινοβολίας του σώματος.
- Το ποσοστό του αισθητού φορτίου.
- Το πρόγραμμα το οποίο καθορίζει τη δραστηριότητα των ανθρώπων στις θερμικές ζώνες κατά τη διάρκεια του έτους προσομοίωσης.
- Το αν θα γίνεται έλεγχος των συνθηκών που επικρατούν σε μία θερμική ζώνη με βάση αυτές που αναγράφονται στην οδηγία 55 της ASHRAE περί των συνθηκών άνεσης των ανθρώπων σε εσωτερικούς χώρους.
- Η μέθοδος υπολογισμού της μέσης θερμοκρασίας της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το άτομο.

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:AdjacentSurfaceList
- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:InternalGains
- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:HVACEquipment
- [.....] RoomAirSettings:AirflowNetwork

Internal Gains

- [0003] People
- [.....] ComfortViewFactorAngles
- [0003] Lights
- [0002] ElectricEquipment
- [.....] GasEquipment
- [.....] HotWaterEquipment
- [.....] SteamEquipment
- [.....] OtherEquipment
- [.....] ElectricEquipment:ITE:AirCooled
- [.....] ZoneBaseboard:OutdoorTemperatureControlled
- [.....] SwimmingPool:Indoor
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:CarbonDioxide
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:Constant
- [.....] SurfaceContaminantSourceAndSink:Generic:PressureDriver
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:CutoffModel

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

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

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		People Class	People Common	People Offices
Zone or ZoneList Name		Classrooms	Common Spaces	Offices
Number of People Schedule Name		Class People Density Year	Common People Density Year	Office People Density Year
Number of People Calculation Method		People/Area	People/Area	People/Area
Number of People				
People per Zone Floor Area	person/m2	0,5	0,2	0,25
Zone Floor Area per Person	m2/person			
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Class Activity Level Year	Common Activity Level Year	Office Activity Level Year
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged

Εικόνα 81. Υποκατηγορία Internal Gains - People  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

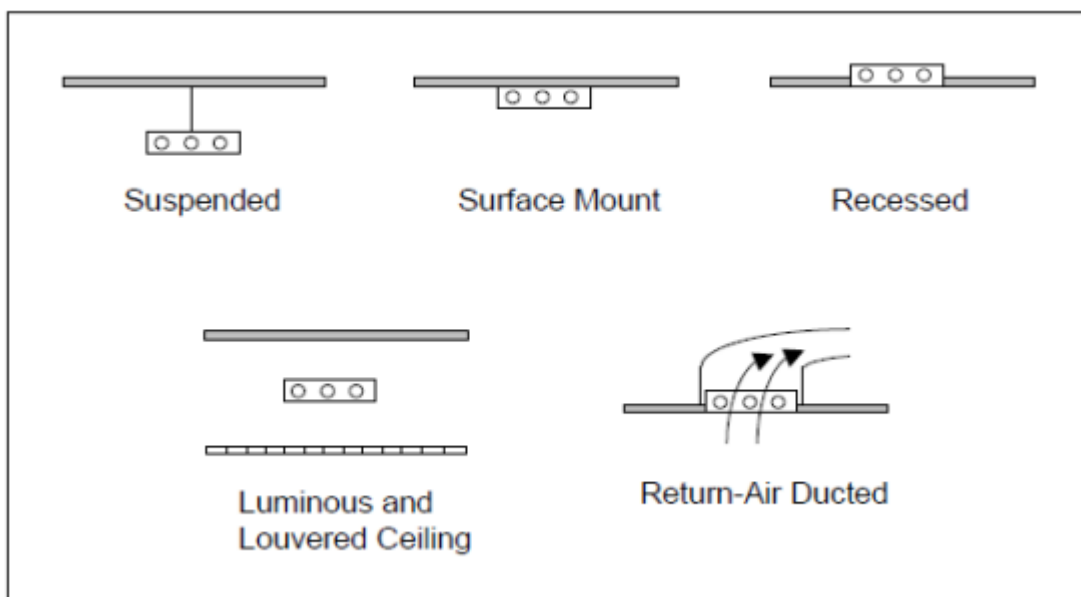
Στην υποκατηγορία *Lights* καθορίζονται οι απαραίτητοι παράμετροι για τον υπολογισμό των θερμικών κερδών που προκύπτουν από την θερμότητα που παράγεται κατά τη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων. Τα στοιχεία τα οποία ζητούνται από το πρόγραμμα είναι τα εξής :

- Το όνομα της θερμικής ζώνης, την οποία φωτίζουν τα σώματα.
- Το πρόγραμμα με βάση το οποίο λειτουργούν τα σώματα κατά τη διάρκεια του έτους προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού της παραγόμενης θερμικής ισχύος, στην προκειμένη περίπτωση Watt / Area.
- Η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ανηγμένη στην επιφάνεια δαπέδου της ζώνης
- Το ποσοστό της θερμότητας από τα φώτα το οποίο μεταδίδεται με τη μορφή μεγάλους μήκους κύματος ακτινοβολίας προς τις εσωτερικές επιφάνειες της ζώνης και απορροφάται από αυτές ανάλογα με τον συντελεστή απορροφητικότητας τους.
- Το ποσοστό της θερμότητας που μεταδίδεται προς το εσωτερικό της ζώνης με τη μορφή ορατής ακτινοβολίας ( μικρού μήκους κύματος ) και απορροφάται από τις επιφάνειες με βάση τον συντελεστή απορροφητικότητας αυτού του μήκους κύματος ακτινοβολίας που τις χαρακτηρίζει.
- Το ποσοστό της θερμότητας που παράγεται από τα σώματα και εισέρχεται στη ζώνη μέσω της επανακυκλοφορίας του αέρα.

Η εγκατεστημένη ισχύς για τις αίθουσες διδασκαλίας θεωρήθηκε ίση με  $12 \text{ W/m}^2$ , για τους κοινόχρηστους χώρους ίση με  $6,4 \text{ W/m}^2$  και για τα γραφεία των καθηγητών ίση με  $16 \text{ W/m}^2$ . Ο υπολογισμός του θερμικού κέρδους της κάθε ζώνης από το φωτισμό υπολογίζεται με βάση την εξίσωση :

$$F_{convected} = 1,00 - (\text{Return Air Fraction} + \text{Fraction Radiant} + \text{Fraction Visible})$$

Το ποσοστό της κάθε μορφής θερμότητας επελέγη με βάση το είδος των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στην κάθε θερμική ζώνη, όπως αυτά ορίζονται στην εικόνα 82 και με βάση τις τιμές του πίνακα 14.



Εικόνα 82. Είδη φωτιστικών σωμάτων

Πηγή: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-015.html>

Πίνακας 14. Μετάδοση θερμότητας ανά είδος φωτιστικού σώματος

Πηγή: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-015.html>

Field Name	Luminaire Configuration, Fluorescent Lighting				
	Suspended	Surface mount	Recessed	Luminous and louvered ceiling	Return-air ducted
Return Air Fraction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.54
Fraction Radiant	0.42	0.72	0.37	0.37	0.18
Fraction Visible	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
$f_{convected}$	0.40	0.10	0.45	0.45	0.10



## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptixiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:AdjacentSurfaceList
- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:InternalGains
- [.....] RoomAir:Node:AirflowNetwork:HVACEquipment
- [.....] RoomAirSettings:AirflowNetwork

Internal Gains

- [0003] People
- [.....] ComfortViewFactorAngles
- [0003] Lights**
- [0002] ElectricEquipment
- [.....] GasEquipment
- [.....] HotWaterEquipment
- [.....] SteamEquipment
- [.....] OtherEquipment
- [.....] ElectricEquipment:ITE:AirCooled
- [.....] ZoneBaseboard:OutdoorTemperatureControlled
- [.....] SwimmingPool:Indoor
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:CarbonDioxide
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:Constant
- [.....] SurfaceContaminantSourceAndSink:Generic:PressureDriver
- [.....] ZoneContaminantSourceAndSink:Generic:CutoffModel

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Sets internal gains for lights in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this def to all the zones in the ZoneList.

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Class Lights Gains	Common Lights Gains	Office Lights Gains
Zone or ZoneList Name		Classrooms	Common Spaces	Offices
Schedule Name		Class Lights Year	Common Lights Year	Office Lights Year
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	12	6,4	16
Watts per Person	W/person			
Return Air Fraction		0	0	0
Fraction Radiant		0,42	0,42	0,42
Fraction Visible		0,18	0,18	0,18
Fraction Replaceable		1	1	1
End-Use Subcategory				
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No

Εικόνα 83. Υποκατηγορία Internal Gains - Lights  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην υποκατηγορία **Electric Equipment** περιγράφονται οι απαραίτητοι παράμετροι για τον υπολογισμό των θερμικών κερδών από τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών. Η θερμότητα εκλύεται και μεταφέρεται με ακτινοβολία και είναι ανάλογη με το είδος της ηλεκτρικής συσκευής και του χρόνου χρήσης της. Οι παράμετροι οι οποίες καθορίζονται είναι οι εξής :

- Η θερμική ζώνη εντός της οποίας λειτουργούν οι ηλεκτρικές συσκευές.
- Το πρόγραμμα που καθορίζει τη λειτουργία των συσκευών στη διάρκεια του χρόνου προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού των θερμικών κερδών.
- Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς ανά μονάδα επιφανείας της ζώνης.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

- Το ποσοστό της λαθάνουσας θερμότητας που αποδίδεται από τις συσκευές στη ζώνη.
- Το ποσοστό της θερμότητας που εκλύεται με μεγάλου μήκους ακτινοβολία.
- Το ποσοστό της θερμότητας που χάνεται και δεν επηρεάζει τη θερμική κατάσταση της ζώνης.

Στην παρούσα μελέτη έχουν ληφθεί υπόψη τα θερμικά κέρδη αυτής της μορφής μόνο στις αίθουσες διδασκαλίας και στα γραφεία των καθηγητών. Η εγκατεστημένη ισχύς για τις αίθουσες διδασκαλίας έχει θεωρηθεί ίση με  $5 \text{ W/m}^2$  ενώ για τα γραφεία των καθηγητών  $15 \text{ W/m}^2$ .

The screenshot shows the IDF Editor interface. The 'Class List' on the left includes 'Internal Gains' and 'Electric Equipment'. The right pane shows the 'Explanation of Object and Current Field' for 'Electric Equipment', including an 'Object Description' and a 'Field Description' for the 'ID: A1' field. Below this is a table of fields and their values for two objects.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Electric Equipment Class	Electric Equipment Offices
Zone or ZoneList Name		Classrooms	Offices
Schedule Name		Class Electric Equipment Year	Office Electric Equipment Year
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area
Design Level	W		
Watts per Zone Floor Area	W/m <sup>2</sup>	5	15
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent		0	0
Fraction Radiant		0,35	0,35
Fraction Lost		0	0
End-Use Subcategory			

Εικόνα 84. Υποκατηγορία Internal Gains – Electric Equipment  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

### 6.4.8 Κατηγορία Zone Airflow

Στην κατηγορία **Zone Airflow** εισάγονται οι παράμετροι που αφορούν τον θεμιτό αερισμό και τη διείσδυση αέρα στο κτίριο. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Zone Infiltration: Design Flow Rate** και **Zone Ventilation: Design Flow Rate**.

Στην υποκατηγορία **Zone Infiltration: Design Flow Rate** καθορίζονται οι απαραίτητοι παράμετροι για τον υπολογισμό της ανεπιθύμητης ροής αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς τις θερμικές ζώνες και αντιστρόφως. Η ροή αυτή μπορεί να οφείλεται στο άνοιγμα και κλείσιμο των εξωτερικών θυρών, στην κακή στεγάνωση στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία και στις θέσεις επαφής των σταθερών πλαισίων με τα κινητά φύλλα των υαλοστασίων, στις μικρές σχισμές των αδιαφανών δομικών υλικών, στις θυρίδες αερισμού όπως αυτές των συσκευών φυσικού αερίου ή και στις καμινάδες των εστιών καύσης στην περίπτωση ύπαρξης τζακιού.

Οι παράμετροι οι οποίοι ζητείται να καθοριστούν είναι οι εξής :

- Το όνομα της ζώνης.
- Το πρόγραμμα που καθορίζει τον βαθμό στον οποίο παρατηρείται διείσδυση αέρα στους χώρους κάθε ζώνης κατά τη διάρκεια του έτους προσομοίωσης.
- Η μέθοδος υπολογισμού της ροής αέρα, δηλαδή αν θα προσδιορίζεται η ροή σε μία ζώνη ή ροή ανά μονάδα επιφανείας κλπ.
- Η ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον προς κάθε ζώνη ( $m^3/sec$ ).

Explanation of Object and Current Field

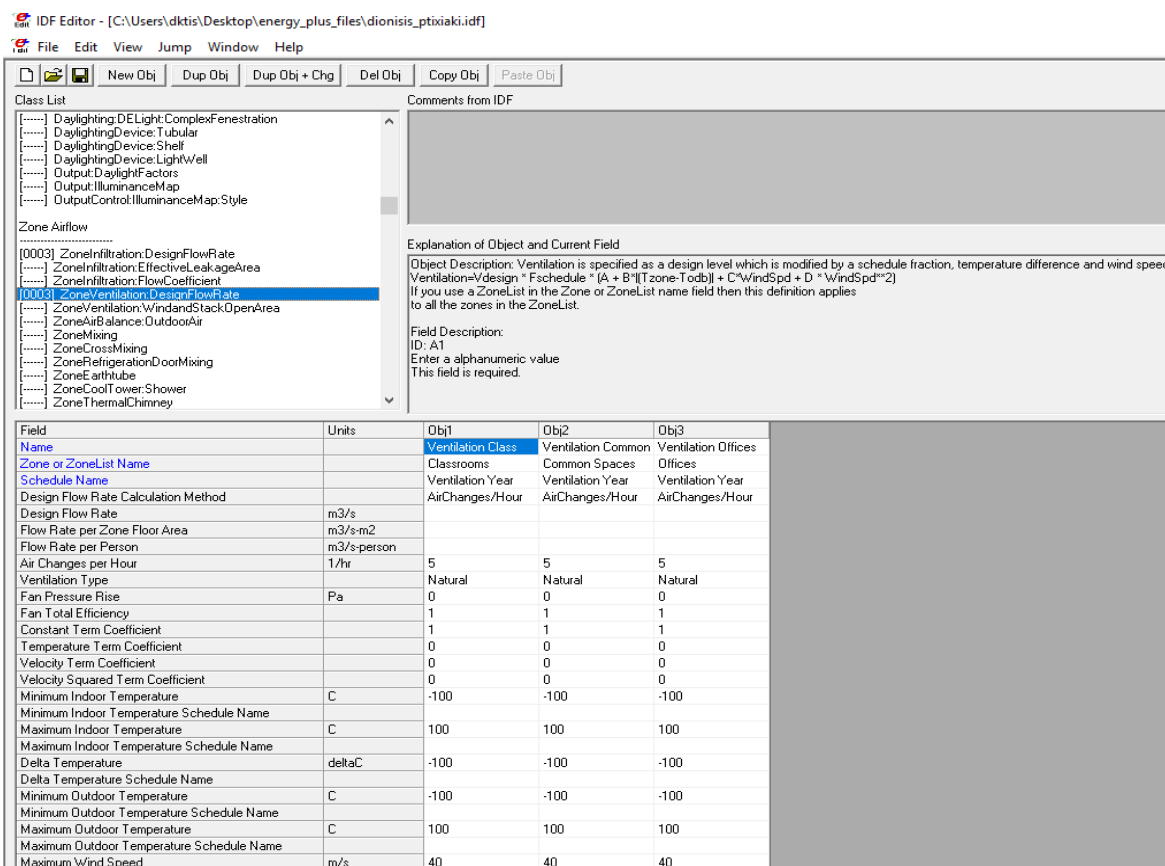
Object Description: Infiltration is specified as a design level which is modified by a Schedule fraction, temperature difference and wind speed.  
 $Infiltration = design * F * schedule * (A + B * (T_{zone} - T_{obj}) + C * WindSpd + D * WindSpd^2)$   
 If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Infiltration Class	Infiltration Common	Infiltration Offices
Zone or ZoneList Name		Classrooms	Common Spaces	Offices
Schedule Name		Infiltration Year	Infiltration Year	Infiltration Year
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m <sup>3</sup> /s			
Flow per Zone Floor Area	m <sup>3</sup> /s-m <sup>2</sup>			
Flow per Exterior Surface Area	m <sup>3</sup> /s-m <sup>2</sup>			
Air Changes per Hour	1/hr	0.5	0.5	0.5
Constant Term Coefficient		1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0

Εικόνα 85. Υποκατηγορία Zone Infiltration: Design Flow Rate  
 Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία *Zone Ventilation: Design Flow Rate* καθορίζονται οι απαραίτητοι παράμετροι για τον υπολογισμό του θεμιτού αερισμού στους χώρους των θερμικών ζωνών. Ο άμεσος αερισμός των χώρων πραγματοποιείται μέσω ανοιχτών παραθύρων και οποιουδήποτε άλλου στοιχείου εισόδου και εξόδου για την εισαγωγή αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον. Οι παράμετροι οι οποίοι ζητούνται από το πρόγραμμα είναι όμοιοι με αυτούς του *Zone Infiltration: Design Flow Rate*.



Explanation of Object and Current Field

Object Description: Ventilation is specified as a design level which is modified by a schedule fraction, temperature difference and wind speed.  
 $Ventilation = V_{design} * F_{schedule} * (A + B * |T_{zone} - T_{odb}|) + C * WindSpd + D * WindSpd^2$   
 If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

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

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Ventilation Class	Ventilation Common	Ventilation Offices
Zone or ZoneList Name		Classrooms	Common Spaces	Offices
Schedule Name		Ventilation Year	Ventilation Year	Ventilation Year
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s			
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2			
Flow Rate per Person	m3/s-person			
Air Changes per Hour	1/hr	5	5	5
Ventilation Type		Natural	Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa	0	0	0
Fan Total Efficiency		1	1	1
Constant Term Coefficient		1	1	1
Temperature Term Coefficient		0	0	0
Velocity Term Coefficient		0	0	0
Velocity Squared Term Coefficient		0	0	0
Minimum Indoor Temperature	C	-100	-100	-100
Minimum Indoor Temperature Schedule Name				
Maximum Indoor Temperature	C	100	100	100
Maximum Indoor Temperature Schedule Name				
Delta Temperature	deltaC	-100	-100	-100
Delta Temperature Schedule Name				
Minimum Outdoor Temperature	C	-100	-100	-100
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name				
Maximum Outdoor Temperature	C	100	100	100
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name				
Maximum Wind Speed	m/s	40	40	40

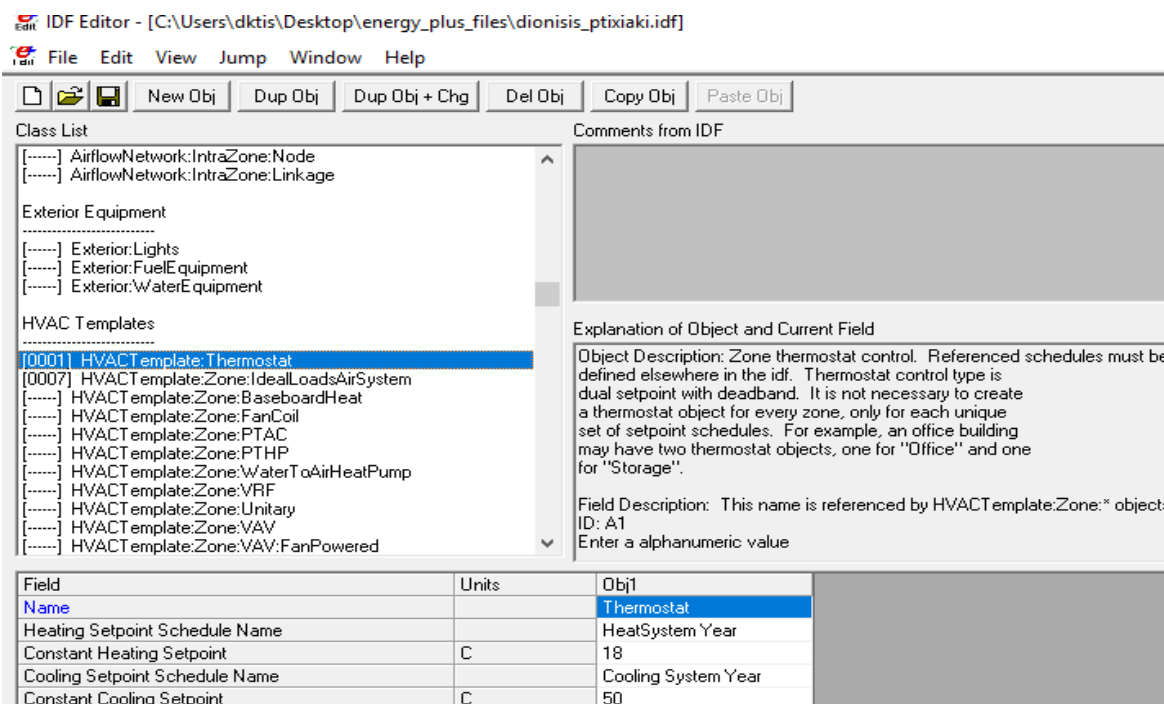
Εικόνα 86. Υποκατηγορία *Zone Ventilation: Design Flow Rate*  
 Πηγή: ίδια επεξεργασία

### 6.4.9 Κατηγορία HVAC Templates

Στην κατηγορία **HVAC Templates** εισάγονται οι παράμετροι που αφορούν τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **HVAC Template: Thermostat** και **HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System**.

Στην υποκατηγορία *HVAC Template: Thermostat* εισάγονται τα χρονοδιαγράμματα θέρμανσης – ψύξης καθώς και το σημείο ενεργοποίησης του συστήματος, δηλαδή κάτω από

τους 18 °C ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης και πάνω από τους 50 °C ενεργοποιείται το σύστημα ψύξης, που υποδηλώνει ουσιαστικά ότι παραμένει ανενεργό.



Εικόνα 87. HVAC Template: Thermostat  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην υποκατηγορία **HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System** περιγράφεται ένα ιδανικό σύστημα, που προμηθεύει τις θερμικές ζώνες με αέρα καταλλήλων συνθηκών ώστε να καλύψει τα θερμικά και ψυκτικά φορτία τους. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα καλό πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση της προσομοίωσης ενός ρεαλιστικού μοντέλου κτιρίου. Στην συγκεκριμένη μελέτη το σύστημα αυτό είναι ίδιο για όλους τους χώρους του σχολικού συγκροτήματος.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\dionisis\_ptwiaki.idf]

File Edit View Jump Window Help

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

Class List

- [---] AirflowNetwork:IntraZone:Node
- [---] AirflowNetwork:IntraZone:Link:age
- Exterior Equipment
- [---] Exterior:Light
- [---] Exterior:FuelEquipment
- [---] Exterior:WaterEquipment
- HVAC Templates
- [0001] HVAC:Template:Thermostat
- [0002] HVAC:Template:Zone:BaseboardHeat
- [---] HVAC:Template:Zone:BaseboardHeat
- [---] HVAC:Template:Zone:FanCoil
- [---] HVAC:Template:Zone:FanCoil
- [---] HVAC:Template:Zone:PTAC
- [---] HVAC:Template:Zone:PTHP
- [---] HVAC:Template:Zone:WaterToAirHeatPump
- [---] HVAC:Template:Zone:VRF
- [---] HVAC:Template:Zone:Unitary
- [---] HVAC:Template:Zone:VAV
- [---] HVAC:Template:Zone:VAV:FanPowered

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Zone with ideal air system that meets heating or cooling loads

Field Description: Zone name must match a building zone name

ID: A1

Select from list of objects

This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 2	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 5	Thermal Zone 6	Thermal Zone 7
Template Thermostat Name		Thermostat	Thermostat	Thermostat	Thermostat	Thermostat	Thermostat	Thermostat
System Availability Schedule Name								
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077
Heating Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s							
Maximum Sensible Heating Capacity	W							
Cooling Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s							
Maximum Total Cooling Capacity	W							
Heating Availability Schedule Name								
Cooling Availability Schedule Name								
Dehumidification Control Type		ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Dehumidification Setpoint	percent	60	60	60	60	60	60	60
Humidification Control Type		None	None	None	None	None	None	None
Humidification Setpoint	percent	30	30	30	30	30	30	30
Outdoor Air Method		None	None	None	None	None	None	None
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	0.00944	0.00944	0.00944	0.00944	0.00944	0.00944	0.00944
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2							
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s							
Design Specification Outdoor Air Object Name								
Demand Controlled Ventilation Type		None	None	None	None	None	None	None
Outdoor Air Economizer Type		NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer	NoEconomizer
Heat Recovery Type		None	None	None	None	None	None	None
Sensible Heat Recovery Effectiveness	dimensionless	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Latent Heat Recovery Effectiveness	dimensionless	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

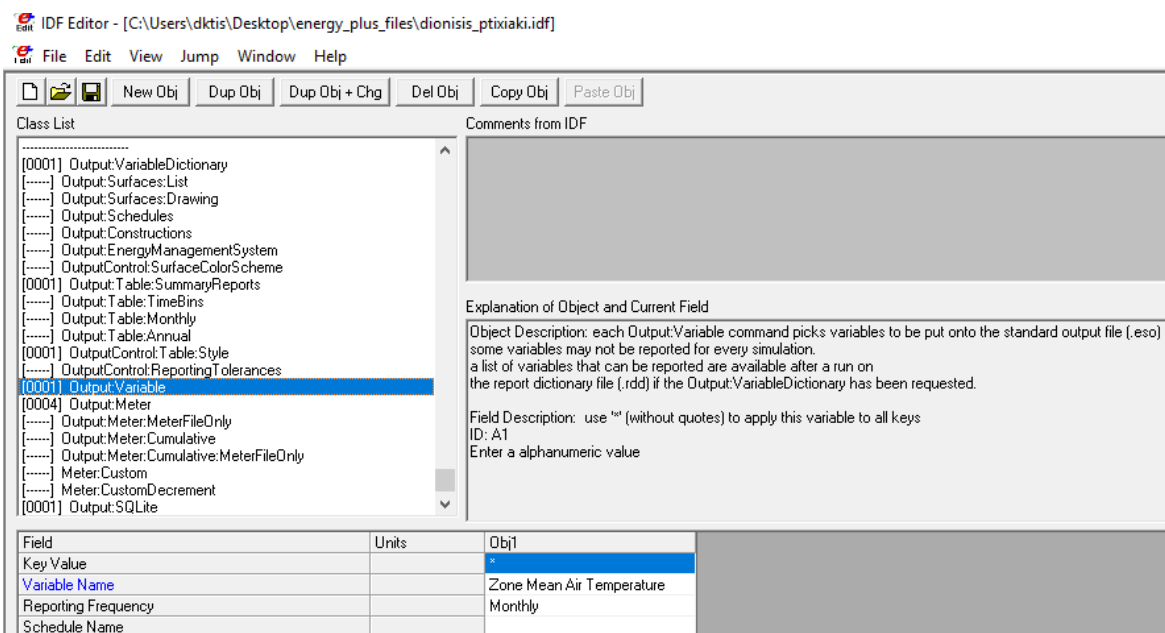
Εικόνα 88. HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

## 6.4.10 Κατηγορία Output Reporting

Στην κατηγορία αυτή ορίζονται τα επιθυμητά αποτελέσματα τα οποία θα εξαχθούν από το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Οι υποκατηγορίες που συμπληρώνονται είναι οι **Output: Variable** και **Output: Meter**.

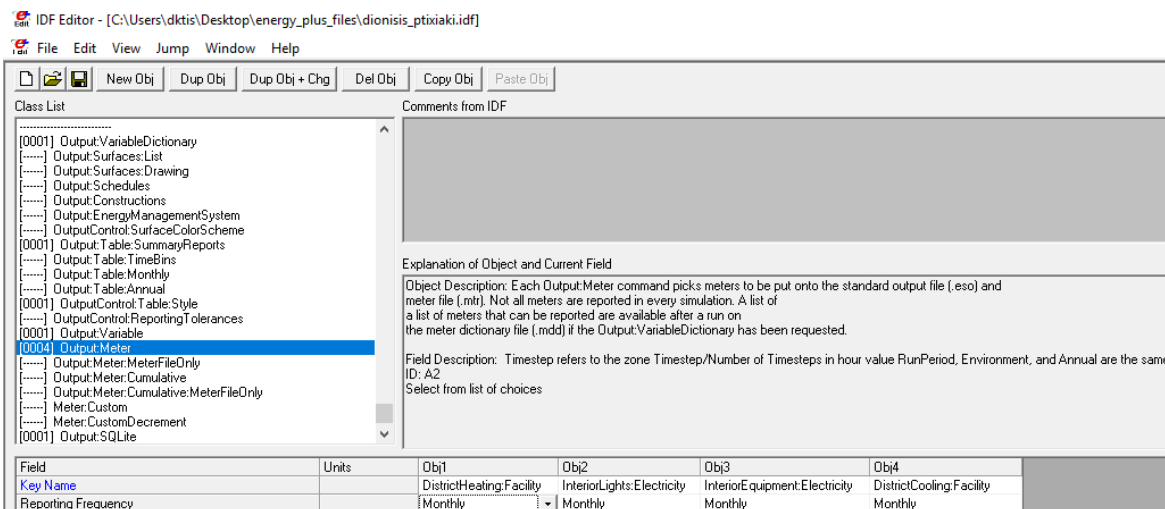
Στην υποκατηγορία **Output: Variable** εισάγεται το είδος των αποτελεσμάτων και η συχνότητα αναφοράς (Variable Name: Zone Mean Air Temperature και Reporting Frequency: Monthly)

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6



Εικόνα 89. Υποκατηγορία Output: Variable  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στην υποκατηγορία **Output: Meter** ζητούνται η μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό (Name: District Heating: Facility, InteriorLights: Electricity, Interior Equipment: Electricity και Reporting Frequency: Monthly).



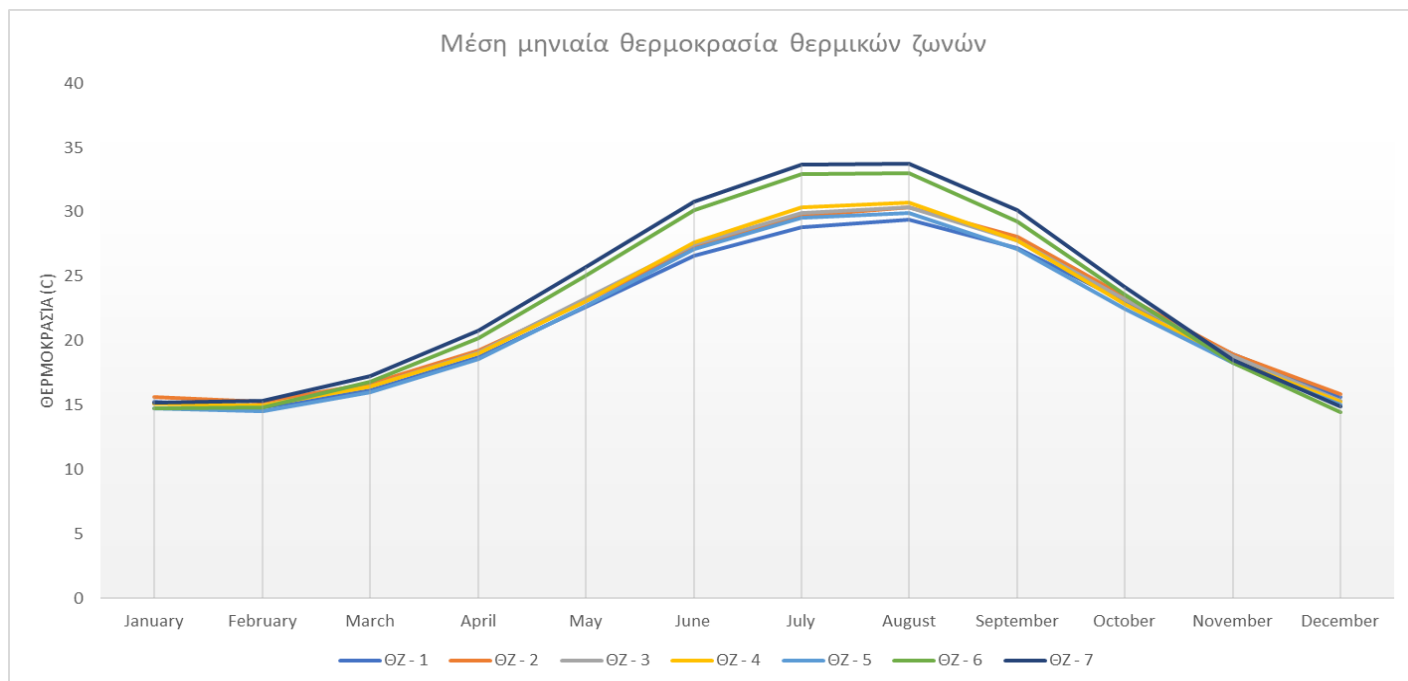
Εικόνα 90. Υποκατηγορία Output: Meter  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

## 6.5 Ανάλυση των αποτελεσμάτων του Energy Plus

Αφού συμπληρώθηκαν όλα τα απαραίτητα πεδία του λογισμικού και έγινε η ενεργειακή του προσομοίωση του σχολικού κτιρίου, εξάγονται τα παρακάτω αποτελέσματα για την ενεργειακή συμπεριφορά του σχολικού συγκροτήματος με την μορφή διαγραμμάτων:

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία για κάθε θερμική ζώνη του σχολικού κτιρίου. Οι θερμικές ζώνες 6 και 7 παρουσιάζουν τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, γεγονός που ήταν αναμενόμενο, καθώς σε αυτές τις ζώνες ανήκουν οι αίθουσες διδασκαλίας και οι κοινόχρηστοι χώροι του 2<sup>ου</sup> ορόφου του σχολείου και δέχονται τη μεγαλύτερη επιρροή από τις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Οι υπόλοιπες ζώνες ακολουθούν περίπου την ίδια εξέλιξη θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους.

Επιπλέον, φαίνεται πως υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ανάμεσα στη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο, γεγονός που υποδηλώνει πως το σύστημα θέρμανσης δεν επιτυγχάνει πάντα τη θερμική άνεση που απαιτείται κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ το σχολικό συγκρότημα δεν έχει σύστημα ψύξης για να ψύχονται οι χώροι κατά την καλοκαιρινή περίοδο.



Διάγραμμα 1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικών ζωνών  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*



## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Στην συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα μέσης μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό, καθώς και το διάγραμμα με την αθροιστική μέση μηνιαία κατανάλωση και των τριών. Επειδή το Energy Plus εξάγει τα αποτελέσματα για τις καταναλώσεις χρησιμοποιώντας ως μονάδα μέτρησης το Joule (J), γίνεται η μετατροπή τους σε κιλοβατώρες (Kwh) πολλαπλασιάζοντας με  $2,7777778 \cdot 10^{-7}$ .

Όσον αφορά στη θέρμανση, παρατηρείται πως οι μεγαλύτερες καταναλώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, κάτι το οποίο είναι λογικό, καθώς πρόκειται για τους πιο ψυχρούς μήνες του έτους. Η κατανάλωση Δεκεμβρίου για θέρμανση είναι πιο χαμηλή, καθώς την τελευταία εβδομάδα του μήνα αρχίζουν οι διακοπές των Χριστουγέννων και το σχολείο δε λειτουργεί. Τέλος, αναμενόμενα χαμηλότερη είναι η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση τον Μάρτιο και το Νοέμβριο, καθώς πρόκειται για πιο θερμούς μήνες σε σχέση με τους προαναφερθέντες.



Διάγραμμα 2. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

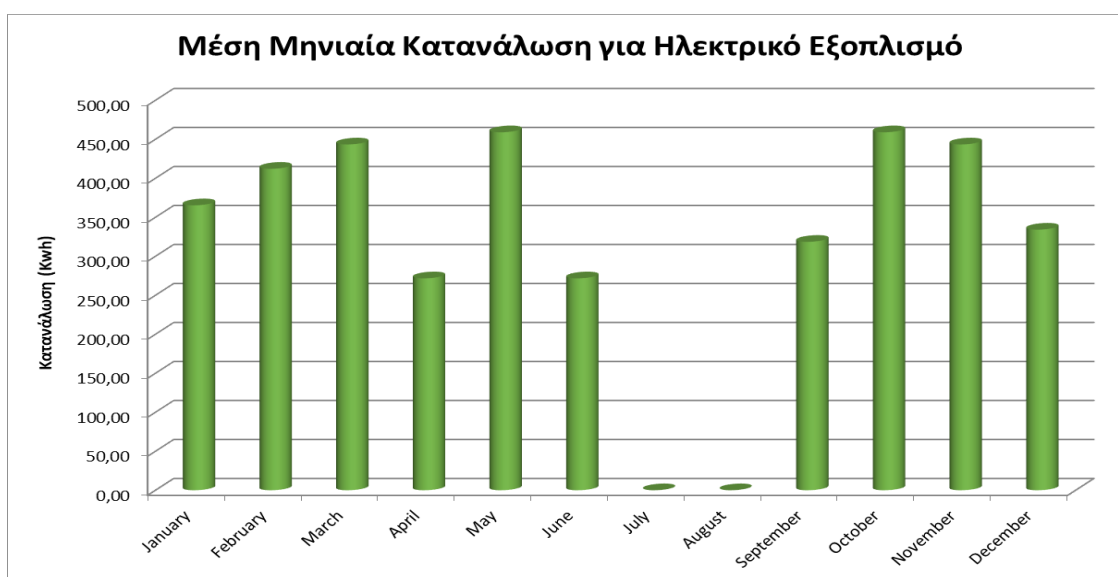
Η μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό είναι πιο ομοιόμορφα κατανεμημένη κατά τη διάρκεια του έτους, με τους μήνες κατά τους οποίους υπάρχουν περίοδοι διακοπών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Απρίλιος) να παρουσιάζουν όπως ήταν

αναμενόμενο μικρότερες καταναλώσεις. Παρατηρείται πως υπάρχει μια ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και κατά την καλοκαιρινή διακοπή λειτουργίας του σχολείου και αυτό οφείλεται στο γεγονός πως ακόμα και τότε υπάρχουν κάποιο προβολείς που παραμένουν ανοιχτοί τα βράδια.



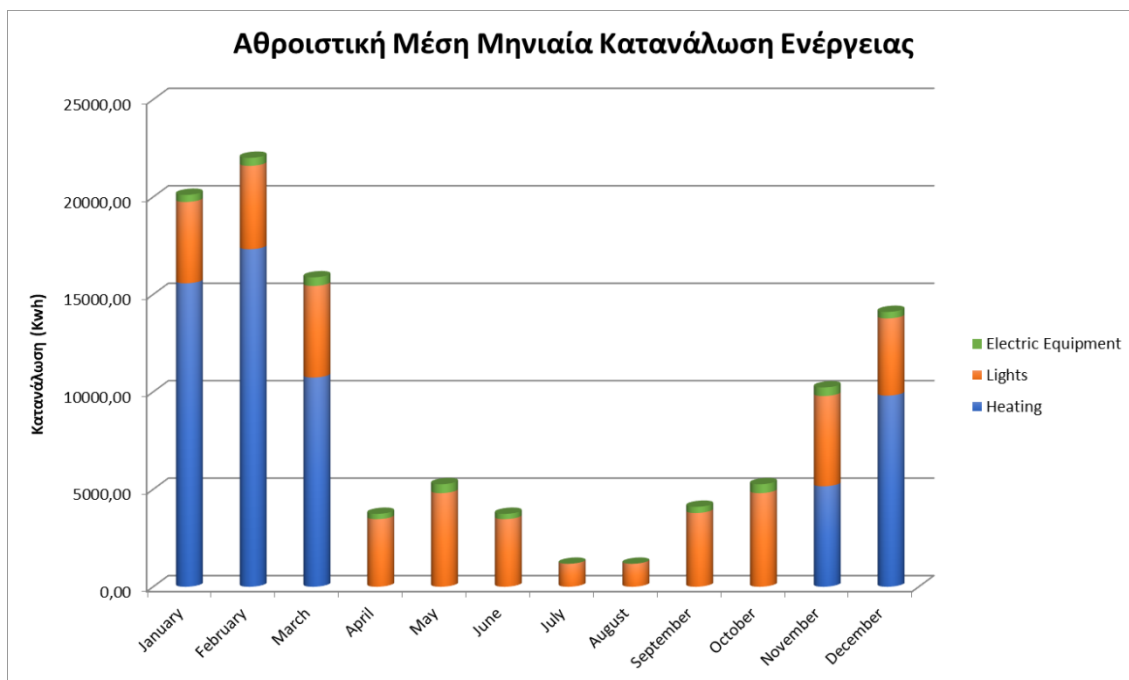
Διάγραμμα 3. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Η μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικό εξοπλισμό είναι επίσης ομοιόμορφα κατανομημένη κατά τη διάρκεια του έτους και αυτό γιατί δεν παρουσιάζεται σημαντική διαφοροποίηση στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών στο χώρο του σχολείου ανά τους μήνες.



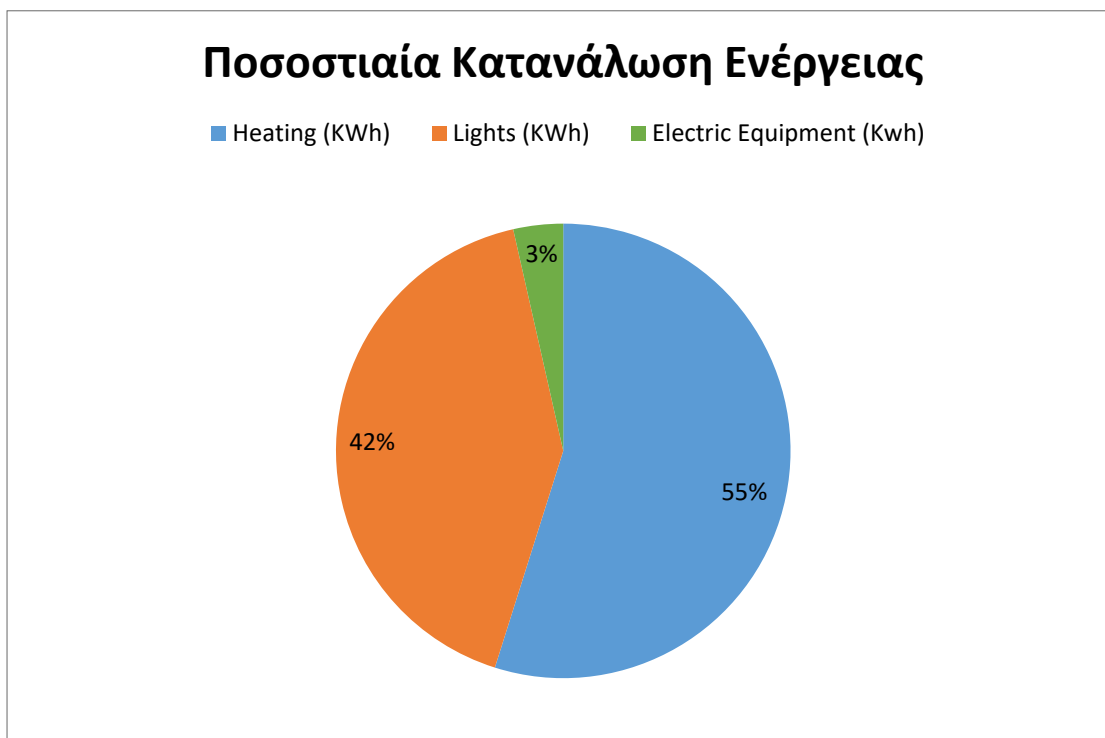
Διάγραμμα 4. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικό εξοπλισμό  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με την αθροιστική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους. Παρατηρείται πως κατά τη χειμερινή περίοδο η κατανάλωση ενέργειας είναι πολύ υψηλότερη, για τον απλό λόγο πως κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών τίθεται σε λειτουργία και το σύστημα θέρμανσης, ενώ κατά την καλοκαιρινή περίοδο δεν υπάρχει σύστημα ψύξης, το οποίο θα αύξανε τις καταναλώσεις.



Διάγραμμα 5. Αθροιστική μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό. Παρατηρείται πως η θέρμανση (55%) και ο τεχνητός φωτισμός (42%) συμβάλουν σχεδόν αποκλειστικά στην συνολική κατανάλωση ενέργειας, εν αντιθέσει με τον ηλεκτρικό εξοπλισμό που συμβάλει μόλις κατά 3%. Αυτό εξηγείται, καθώς το σχολικό συγκρότημα δεν διαθέτει ηλεκτρικές συσκευές που καταναλώνουν πολύ ρεύμα ή που χρησιμοποιούνται συνεχώς, συνεπώς δεν επιφέρουν και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.



Διάγραμμα 6. Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην συνέχεια, παρουσιάζεται ο πίνακας με τις ενεργειακές καταναλώσεις ανά κατηγορία, καθώς και την αθροιστική κατανάλωση ενέργειας και υπολογίζεται το συνολικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας, χρησιμοποιώντας από τον πίνακα τιμολογίων της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), την τιμή για μία κιλοβατώρα για κατανάλωση μεγαλύτερη των 2.000 Kwh ανά μήνα, η οποία είναι 0,10252 ευρώ για το έτος 2018.

Πίνακας 15. Ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Date/Time	Heating (KWh)	Lights (KWh)	Electric Equipment (Kwh)	Sum (KWh)	Cost (€)
January	15570,88	4171,11	365,31	20107,31	2061,40
February	17319,16	4276,54	412,14	22007,84	2256,24
March	10735,36	4698,25	443,35	15876,96	1627,71
April	0,00	3468,26	271,67	3739,94	383,42
May	0,00	4803,68	458,96	5262,64	539,53
June	0,00	3468,26	271,67	3739,94	383,42
July	0,00	1178,84	0,00	1178,84	120,85
August	0,00	1178,84	0,00	1178,84	120,85
September	0,00	3784,55	318,49	4103,04	420,64
October	0,00	4803,68	458,96	5262,64	539,53
November	5156,27	4627,97	443,35	10227,59	1048,53
December	9807,82	3960,26	334,10	14102,18	1445,76
	<b>58589,50</b>	<b>44420,25</b>	<b>3778,00</b>	<b>106787,75</b>	<b>10947,88</b>

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

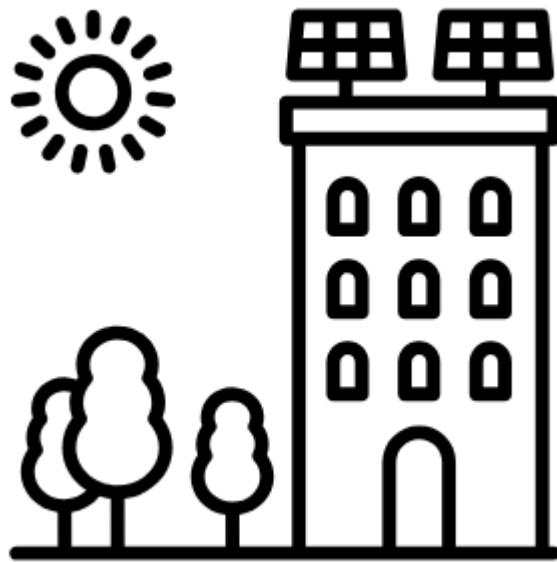
Τέλος, μετά από επικοινωνία με τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων του Δήμου Ηλιούπολης, καθώς και με το λογιστήριο του Δήμου, οι πραγματικές τιμές για τις ενεργειακές καταναλώσεις του σχολικού συγκροτήματος για το έτος 2017 είναι οι εξής:

- Θέρμανση (φυσικό αέριο): 60.330 Kwh
- Ρεύμα: 49.720 Kwh

Οι τιμές που προέκυψαν μέσω της προσομοίωσης, όπως φαίνονται και στον πίνακα 15, είναι οι εξής:

- Θέρμανση : 58.589,5 Kwh
- Ρεύμα:  $44.420,25 + 3.778,00 = 48.198,25$  Kwh

Οι πραγματικές τιμές με τις τιμές προσομοίωσης είναι λοιπόν πολύ κοντινές και αυτό υποδηλώνει πως η ενεργειακή προσομοίωση που έγινε βασίστηκε σε, ως επί το πλείστον, σωστά δεδομένα και υπολογισμούς.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

## 7. Προτάσεις για ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου

Στο κεφάλαιο αυτό και αφού έχουν ήδη αξιολογηθεί τα αποτελέσματα της ενεργειακής προσομοίωσης του σχολικού κτιρίου με τα υπάρχοντα δεδομένα, γίνεται μια απόπειρα να επιτευχθεί η ενεργειακή του αναβάθμιση μέσω κάποιων επεμβάσεων. Συνολικά θα παρουσιαστούν τέσσερις πιθανές επεμβάσεις, για κάθε μια από τις οποίες, θα εισαχθούν νέα δεδομένα στο λογισμικό Energy Plus, θα γίνει νέα προσομοίωση, θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα και το κατά πόσο συντελούν στην ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου, ενώ θα εκτιμηθεί και το κόστος υλοποίησης, καθώς και η χρονική διάρκεια απόσβεσης για κάθε μία από αυτές.

### 7.1 Προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

Η πρώτη επέμβαση που προτείνεται είναι η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου. Βασικό πλεονέκτημα αυτής της επέμβασης αποτελεί η μείωση των θερμικών απωλειών και της κατανάλωσης ενέργειας του σχολικού κτιρίου, καθώς και η προστασία του κελύφους από έντονα καιρικά φαινόμενα.

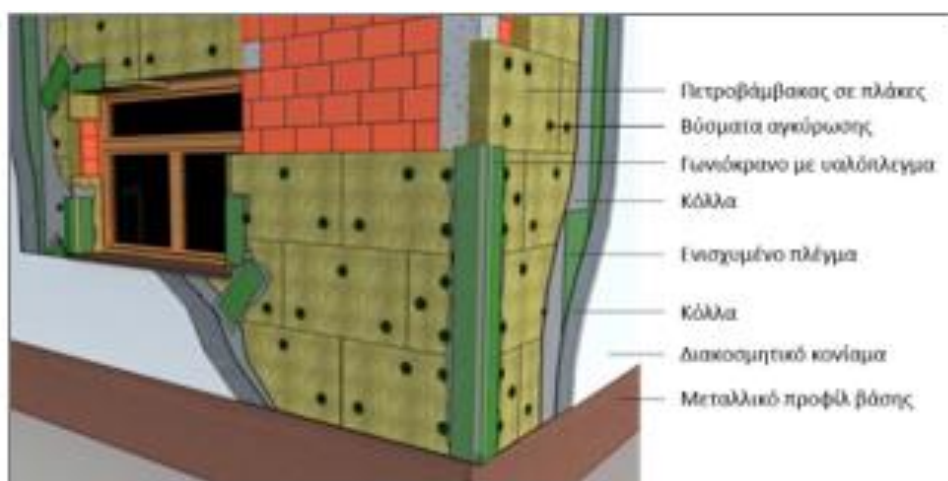
Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης αποτελεί μία μέθοδο που εξασφαλίζει την θερμική προστασία του κτιρίου από παντού κι επιτυγχάνει τη διατήρηση μίας σταθερής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Κατά συνέπεια, μειώνονται οι δαπάνες για θέρμανση και ψύξη. Η εφαρμογή θερμομόνωσης σε συνδυασμό με τον απαιτούμενο αερισμό στην οικία ελαχιστοποιεί τα προβλήματα υγρασίας ή επιφανειακών βλαβών λόγω υδρατμών. Εξωτερική θερμομόνωση είναι εφικτό να εφαρμοστεί σε παλαιό ή σε νεοαναγειρόμενο κτίριο.

Στο παρόν σχολικό κτίριο προτείνεται η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων με τη χρήση μονωτικών πλακών από πετροβάμβακα και για τα δώματα η προσθήκη διογκωμένης πολυστερίνης στις πλάκες.

Ο πετροβάμβακας επιλέχθηκε καθώς πρόκειται για ανόργανο υλικό, γεγονός που του προσδίδει μεγάλη αντοχή σε πυρκαγιά, ενώ χαρακτηρίζεται και από σημαντική ηχοαπορροφητικότητα, η οποία είναι πολύ σημαντική για ένα σχολικό κτίριο στο οποίο διεξάγονται μαθήματα και απαιτείται όσο το δυνατόν περισσότερη ηχομόνωση γίνεται κατά τη διάρκεια αυτών. Η διογκωμένη πολυστερίνη από την άλλη, μπορεί να μην είναι

πυρίμαχο υλικό και να μην χαρακτηρίζεται από ηχοαπορροφητικότητα, ωστόσο λειτουργεί εξαιρετικά έναντι στην υγρασία, ενώ υπάρχουν και ορισμένοι τύποι αυτοσβενόμενης διογκωμένης πολυστερίνης. Παράλληλα, έχει πολύ καλή αντοχή σε κρούση.

Για την εφαρμογή της θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους θερμοπρόσοψης απαιτείται αρχικά η τοποθέτηση ενός μεταλλικού προφίλ στο κάτω μέρος της πρόσοψης, έτσι ώστε να προστατεύεται το κάτω άκρο της πλάκας και να λειτουργεί ως βάση για την τοποθέτηση των πλακών πετροβάμβακα με κόλλα, οι οποίες στερεώνονται περαιτέρω με βύσματα αγκύρωσης. Έπειτα, οι γωνίες και τα ανοίγματα του κτιρίου ενισχύονται με γωνιόκρανα με υαλόπλεγμα, ενώ μετά εφαρμόζεται κόλλα στην οποία εγκιβωτίζεται ένα ενισχυμένο πλέγμα. Τέλος, εφαρμόζεται κατάλληλο αστάρι έχοντας ως τελικό στρώμα της πρόσοψης διακοσμητικό κονίαμα ([www.knaufinsulation.gr](http://www.knaufinsulation.gr)).



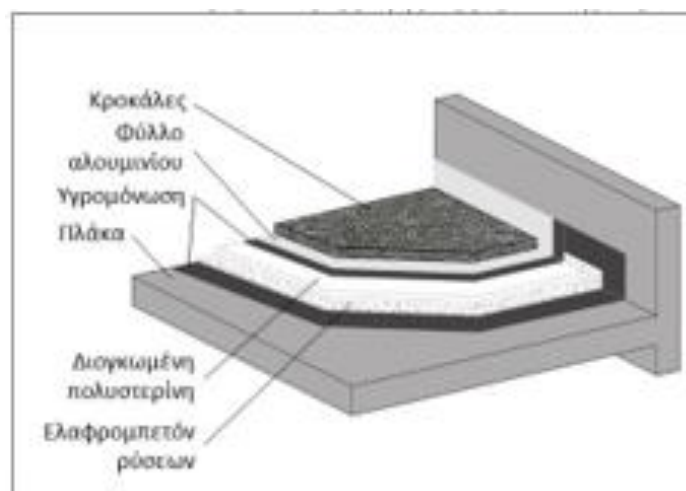
Εικόνα 91. Εφαρμογή θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους  
Πηγή: [www.knaufinsulation.gr](http://www.knaufinsulation.gr)

Όσον αφορά τη θερμομόνωση των υφιστάμενων δωματίων ακολουθείται η μέθοδος της ανεστραμμένης θερμομόνωσης, κατά την οποία αφού καθαριστεί η επιφάνεια εφαρμόζεται ένα στρώμα υγραμόνωσης πάνω στο οποίο τοποθετείται ελαφρομετόν για τη δημιουργία ρύσεων. Έπειτα, εφαρμόζεται το μονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης και δεύτερη στρώση υγραμόνωσης, έτσι ώστε να φιλτράρεται το νερό της βροχής και να προστατεύεται η θερμομονωτική στρώση από τον ήλιο. Τέλος, λόγω του γεγονότος ότι το δώμα δε χρησιμοποιείται συχνά τοποθετούνται φύλλα αλουμινίου



## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

και γίνεται χρήση κροκάλας ως τελικό στρώμα. Λεπτομέρειες των δύο παραπάνω εφαρμογών παρατίθενται στις επόμενες εικόνες ([www.stoupaspainting.pblogs.gr](http://www.stoupaspainting.pblogs.gr)).



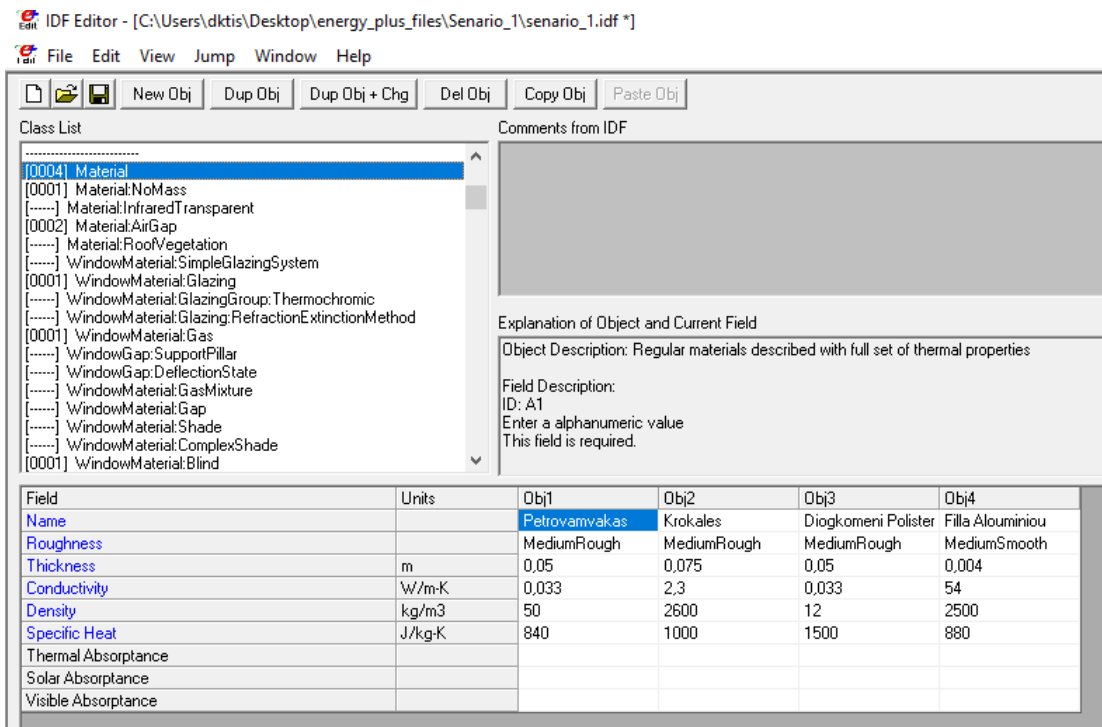
Εικόνα 92. Εφαρμογή θερμομόνωσης στα δώματα  
Πηγή: [www.stoupaspainting.pblogs.gr](http://www.stoupaspainting.pblogs.gr)

Στο λογισμικό Energy Plus και πιο συγκεκριμένα στην υποκατηγορία Materials της κατηγορίας Surface Construction Element εισάγονται τα νέα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για τη θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων και των δωματίων, καθώς και όλες οι ιδιότητές τους, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 16. Ιδιότητες υλικών θερμομόνωσης  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ					
Υλικά	Τραχύτητα	Πάχος (m)	Αγωγιμότητα (W/(m*k))	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική θερμότητα (J/(Kg*k))
Πετροβάμβακας σε πλάκες	Medium Rough	0,05	0,033	50	840
Κροκάλες	Medium Rough	0,075	2,3	2600	1000
Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες	Medium Rough	0,05	0,033	12	1500
Φύλλα αλουμινίου	Medium Smooth	0,004	54	2500	880

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



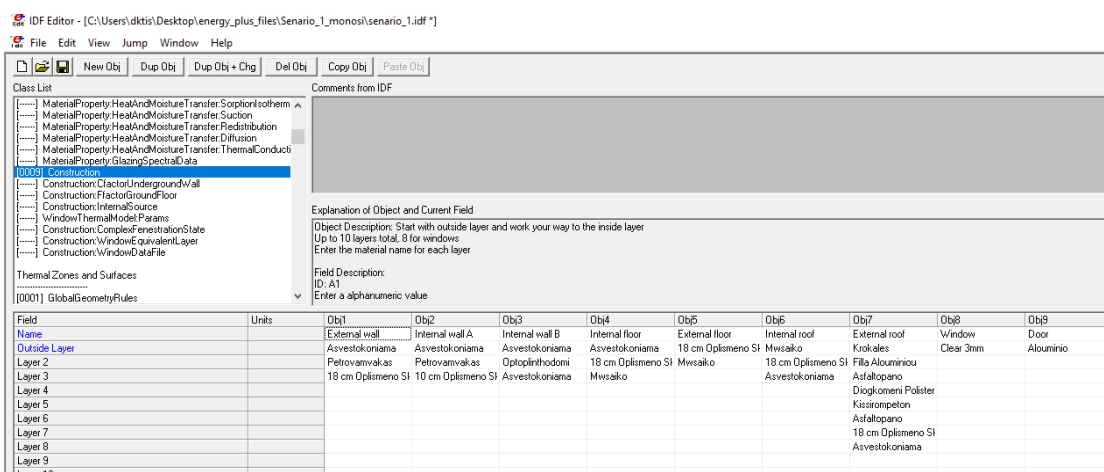
*Εικόνα 93. Εισαγωγή υλικών θερμομόνωσης στην υποκατηγορία Materials  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Στην συνέχεια, στην υποκατηγορία Construction ορίζεται η νέα δομή των εξωτερικών τοίχων και των δωματίων με τη χρήση των νέων υλικών που μόλις εισήχθησαν στο λογισμικό.

*Πίνακας 17. Δομικά στοιχεία σχολικού κτιρίου με χρήση θερμομόνωσης  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

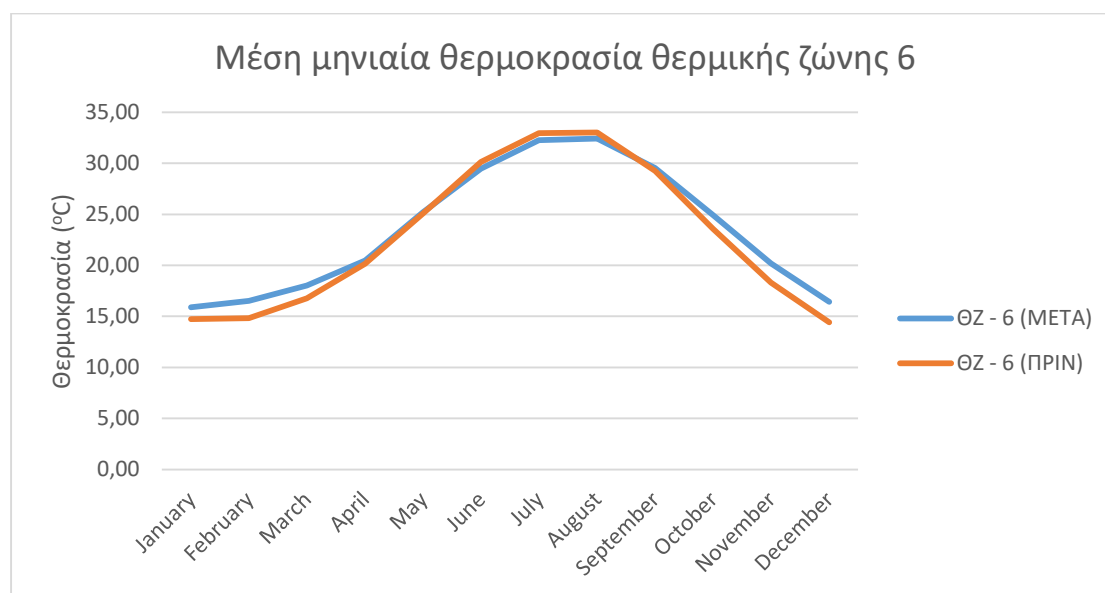
Δομικά στοιχεία	Υλικά
Εξωτερικός τοίχος	Ασβεστοκονίαμα 2 cm Πετροβάμβακας 5 cm Οπλισμένο σκυρόδεμα 18 cm
Εξωτερική οροφή	Κροκάλες 7,5 cm Φύλλο αλουμινίου 0,4 cm Ασφαλτόπανο 1 cm Διογκωμένη πολυστερίνη 5 cm Κισηρομπετόν 10 cm Ασβεστοκονίαμα 2 cm

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



Εικόνα 94. Αλλαγή των στρώσεων των δομικών στοιχείων στην υποκατηγορία Construction  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Αφού γίνει η νέα προσομοίωση, παρουσιάζονται στα ακόλουθα διαγράμματα και πίνακες οι διαφορές στις ενεργειακές καταναλώσεις μεταξύ της αρχικής κατάστασης και της νέας κατάστασης μετά την επέμβαση.

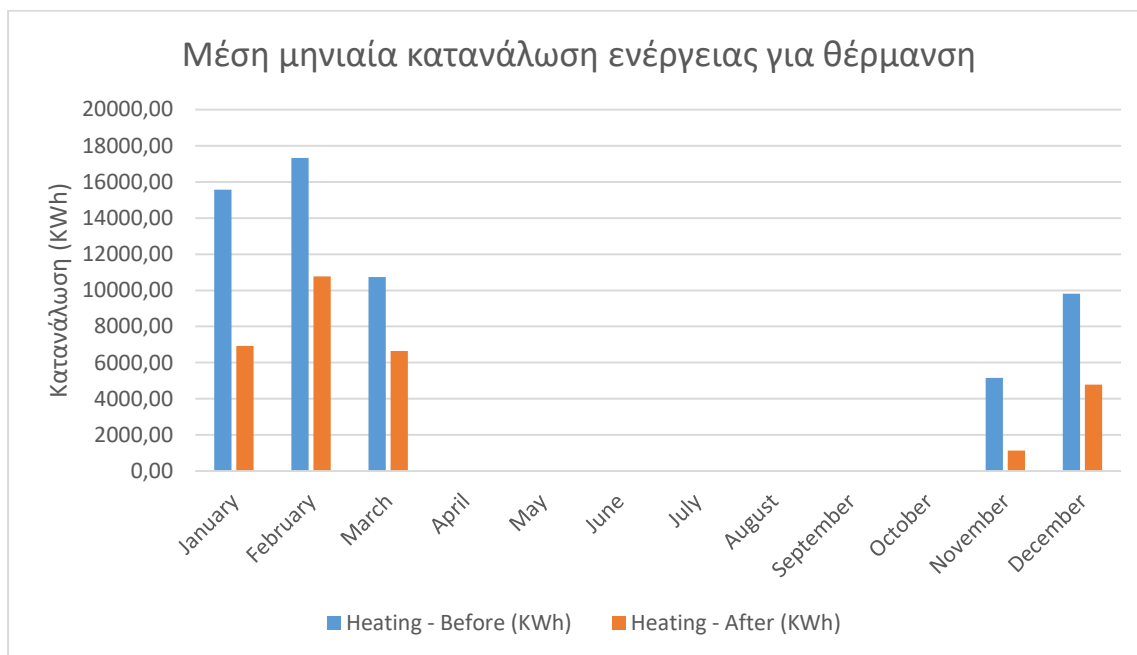


Διάγραμμα 7. Μέση μηνιαία θερμοκρασία θερμικής ζώνης 6 πριν και μετά την επέμβαση με τη θερμομόνωση  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Για το διάγραμμα 7 η επιλογή της θερμικής ζώνης 6 δεν είναι τυχαία, καθώς συμπεριλαμβάνει τις αίθουσες διδασκαλίας του δευτέρου ορόφου, ο οποίος είναι ο ανώτερος όροφος του σχολείου και οι αίθουσες είναι σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς η επέμβαση με τη θερμομόνωση τις επηρεάζει και στους εξωτερικούς τοίχους που τις περιβάλλουν και στην οροφή τους.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Παρατηρείται πως η θερμοκρασία στη θερμική ζώνη 6 αυξάνεται κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ μειώνεται κατά την θερινή περίοδο, αποτελέσματα πολύ θετικά, καθώς εξασφαλίζεται καλύτερη θερμική άνεση τους θερινούς μήνες, ενώ απαιτείται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κατά τη χειμερινή περίοδο.



Διάγραμμα 8. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την επέμβαση με τη θερμομόνωση  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Το τελευταίο συμπέρασμα προκύπτει και από το διάγραμμα 8, καθώς είναι φανερό πως μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης στο σχολικό κτίριο, υπάρχει σημαντική μείωση της απαίτησης ενέργειας για θέρμανση για τους 5 μήνες που αυτή είναι απαραίτητη.

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται και τα αριθμητικά δεδομένα που αποδεικνύουν την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση, με αποτέλεσμα και την μείωση των εξόδων του σχολικού κτιρίου προς αυτήν την κατεύθυνση.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

*Πίνακας 18. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την επέμβαση με τη θερμομόνωση  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Date/Time	Heating - Before (KWh)	Heating - After (KWh)	Savings (KWh)	Savings (€)
January	15570,88	6922,39	8648,49	886,64
February	17319,16	10769,66	6549,50	671,45
March	10735,36	6652,61	4082,75	418,56
April	0,00	0,00	0,00	0,00
May	0,00	0,00	0,00	0,00
June	0,00	0,00	0,00	0,00
July	0,00	0,00	0,00	0,00
August	0,00	0,00	0,00	0,00
September	0,00	0,00	0,00	0,00
October	0,00	0,00	0,00	0,00
November	5156,27	1139,59	4016,68	411,79
December	9807,82	4794,94	5012,88	513,92
	<b>58589,50</b>	<b>30279,20</b>	<b>28310,30</b>	<b>2902,37</b>

Τέλος, στον πίνακα 18 γίνεται μια εκτίμηση του κόστους της επέμβασης αυτής. Αρχικά υπολογίζονται οι επιφάνειες στις οποίες τοποθετήθηκε θερμομόνωση (εξωτερικοί τοίχοι και δώματα) και στην συνέχεια πολλαπλασιάζονται με το κόστος ανά τετραγωνικό για τα υλικά και την εργασία τοποθέτησης θερμομόνωσης ([www.monosi-fragoulakis.gr/](http://www.monosi-fragoulakis.gr/)). Προκύπτει λοιπόν πως η απόσβεση αυτής της επέμβασης θα γίνει σε 35 χρόνια από την εφαρμογή της.

*Πίνακας 19. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την επέμβαση θερμομόνωσης  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

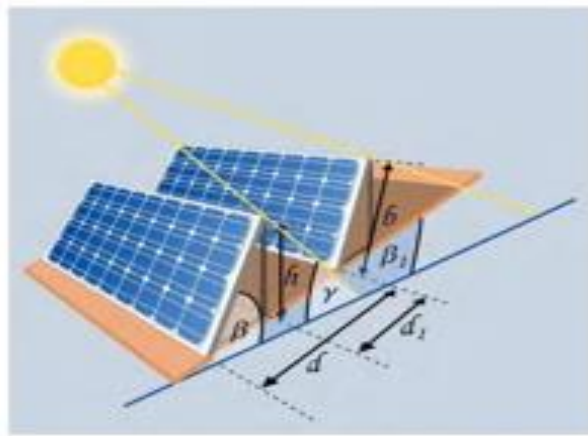
Εμβαδό εξωτερικών τοίχων (m <sup>2</sup> )	Εμβαδό δωματίων (m <sup>2</sup> )	Κόστος υλικών/εργασίας για τους εξ. Τοίχους (€/m <sup>2</sup> )	Κόστος υλικών/εργασίας για τα δώματα (€/m <sup>2</sup> )	Κόστος επένδυσης (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Απόσβεση (έτη)
1086	1365	45	38	100740	2902,37	35

## 7.2 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Σε αυτήν την περίπτωση προτείνεται μία επέμβαση με χρήση μίας εκ των βασικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της ηλιακής. Η χρήση φωτοβολταϊκών πανέλων έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και είναι ευρέως διαδεδομένη στις ανεπτυγμένες χώρες.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελεί ένα σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν φωτίζεται εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση, η οποία με τη βοήθεια ενός μετατροπέα, ή αλλιώς αντιστροφέα, συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverter) μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα έτοιμο προς χρήση για τις ανάγκες της οικίας. Μέρος της αποκτηθείσας ενέργειας υπάρχει δυνατότητα να αποθηκεύεται σε μία μπαταρία, ώστε να υπάρχει ρεύμα και τις ημέρες δίχως ηλιοφάνεια. Εναλλακτικά, το σύστημα διασυνδέεται με το δίκτυο διανομής ρεύματος της ΔΕΗ, αν το κτίριο βρίσκεται στη ζώνη διασυνδεδεμένων περιοχών. Το σύστημα φωτοβολταϊκών έχει μεγάλη εφαρμογή στην Ελλάδα, λόγω της έντονης ηλιοφάνειας, ακόμα και τους χειμερινούς μήνες. Απαιτούν μεγάλη επιφάνεια στον χώρο που θα τοποθετηθούν κι ενώ το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι μικρό, το κόστος απόκτησης κι εγκατάστασης είναι σχετικά υψηλό. Τα πανέλα έχουν χρόνο ζωής 20-30 χρόνια και μηδενικό ρυπαντικό φορτίο κατά τη λειτουργία τους. (Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών, 2011)

Στην παρούσα επέμβαση λοιπόν, προτείνεται η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην οροφή του σχολικού κτιρίου. Η τοποθέτηση των πανέλων στον ελλαδικό χώρο συνίσταται να έχει κλίση 30-40° ως προς τον ορίζοντα και νότιο προσανατολισμό, ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοση. Ακόμα, για την μεγιστοποίηση της απόδοσης απαιτείται να έχουν μεταξύ τους, κατά την τοποθέτηση, οριζόντια απόσταση από εκεί που τελειώνει η άνω κορυφή του πανέλου ίση ή μεγαλύτερη του διπλασίου του κατακόρυφου ύψους τους, όπως αυτό μετράται αφού έχουν πάρει την επιθυμητή κλίσης τους. Ακόμα επιβάλλεται να απέχουν από το περίγραμμα του δώματος τουλάχιστον ένα μέτρο και να τοποθετείται στηθαίο έως 1,2 μέτρα περιμετρικά της εγκατάστασης, σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του Τ.Ε.Ε.. Επιλέχθηκε σύμφωνα με τα παραπάνω νότιος προσανατολισμός, ενώ η απόσταση που τηρήθηκε ανά συστοιχία είναι 1,95 m, καθώς τα πανέλα προτείνεται να εδραστούν με την μεγάλη τους πλευρά.



Εικόνα 95. Τοποθέτηση συστοιχίας φωτοβολταϊκών για μεγιστοποίηση της απόδοσής τους  
Πηγή: <http://helapco.gr/>

Στην παρούσα εργασία μελετάται εγκατάσταση Φ/Β συστήματος επαρκούς ισχύος ώστε να καλύπτεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του σχολικού κτιρίου, με δυνατότητα διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ. Ο χρήστης τοποθετεί δύο μετρητές, έναν που μετρά το ρεύμα που διαθέτει στο δίκτυο κι έναν που μετρά το ρεύμα που χρησιμοποιεί από τη ΔΕΗ. Στο τέλος του έτους οι μετρήσεις συμψηφίζονται. Αν αυτό που έχει καταναλώσει ο χρήστης είναι λιγότερο ή ίσο με αυτό που έχει διοχετεύσει στο δίκτυο, τότε δεν έχει οφειλές στη ΔΕΗ, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι πληρώνεται στην περίπτωση που υπάρχει πλεόνασμα στο ρεύμα που διέθεσε στο δίκτυο. Το πρόγραμμα αυτό ονομάζεται Αυτοπαραγωγή (net metering).

Για να υπολογιστεί η ισχύς ενός Φ/Β συστήματος ακολουθείται η εξής διαδικασία (<https://thegrid.rexel.com/en-us/knowledge/energy-efficiency/w/wiki/72>) :

- 1) Προσδιορίζεται ο χώρος στον οποίο θα τοποθετηθούν Φ/Β. Δεν υπολογίζονται οι αποστάσεις που υπάρχουν μεταξύ τους, παρά μόνο το εμβαδό τοποθέτησης των πανέλων.
- 2) Επιλέγεται η κλίση με την οποία θα τοποθετηθούν τα Φ/Β. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η τοποθέτηση των πανέλων στον ελλαδικό χώρο συνίσταται να έχει κλίση 30-40° ως προς τον ορίζοντα και νότιο προσανατολισμό, ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοση.
- 3) Προσδιορίζονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες της τοποθεσίας εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος και υπολογίζεται η αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία στην

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

περιοχή αυτή με τη βοήθεια πινάκων της NASA. Ακολούθως παρατίθεται ο πίνακας για τις συντεταγμένες του παρόντος σχολικού κτιρίου.

Πίνακας 20. Μηνιαία μέση ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια  
Πηγή: <https://eosweb.larc.nasa.gov>

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
Lat:37.9													
Lon:23.7													
SSE HRZ	2.14	2.88	4.00	5.37	6.43	7.46	7.36	6.62	5.21	3.44	2.18	1.73	4.57
K	0.45	0.46	0.49	0.54	0.57	0.64	0.65	0.64	0.60	0.51	0.42	0.40	0.53
Diffuse	0.89	1.19	1.58	1.92	2.13	2.00	1.89	1.68	1.48	1.27	0.98	0.81	1.49
Direct	3.32	3.72	4.46	5.60	6.60	8.26	8.31	7.79	6.49	4.48	3.02	2.59	5.40
Tilt:0	2.12	2.80	3.96	5.34	6.39	7.40	7.31	6.59	5.13	3.41	2.15	1.72	4.33
Tilt:22	2.91	3.49	4.53	5.63	6.34	7.13	7.13	6.80	5.80	4.21	2.82	2.37	4.94
Tilt:37	3.27	3.75	4.65	5.48	5.91	6.49	6.55	6.50	5.88	4.49	3.11	2.66	4.90
Tilt:52	3.45	3.81	4.53	5.05	5.19	5.32	5.64	5.86	5.65	4.53	3.25	2.82	4.61
Tilt:90	3.06	3.08	3.26	3.07	2.72	2.38	2.69	3.23	3.80	3.38	2.78	2.53	3.03
OPT	3.47	3.81	4.65	5.63	6.45	7.41	7.34	6.82	5.89	4.54	3.24	2.84	5.18
OPT-ANG	59.0	49.0	37.0	21.0	9.00	4.00	6.00	17.0	33.0	47.0	55.0	60.0	33.0



## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

- 4) Προσδιορίζεται ο βαθμός απόδοσης, ο οποίος διαφέρει ανά τεχνολογία.
- 5) Αν υπάρχει μεγάλη απόκλιση (άνω των συν/πλην 5 βαθμών) της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της περιοχής μελέτης από τους 25 °C, υπολογίζεται και ένας συντελεστής μείωσης (σε περίπτωση θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 25 °C) ή αύξησης (σε περίπτωση θερμοκρασίας μικρότερης των 25 °C) της απόδοσης του Φ/Β.
- 6) Τέλος για να προσδιοριστεί η ισχύς του Φ/Β συστήματος χρησιμοποιείται η ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{Παραγωγή ενέργειας (KWh/day)} = \text{Εμβαδό } \varphi/\beta \text{ συστημάτων (m}^2\text{)} \times \text{Βαθμός απόδοσης} \times \text{ηλιακή ακτινοβολία ανά τετραγωνικό ανά ημέρα (KWh/m}^2\text{/day)}$$

Η παραγωγή ενέργειας που πρέπει να επιτευχθεί ισούται με την μέγιστη απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε μία ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους, η οποία στην προκειμένη περίπτωση ισούται με 180 Kwh/day. Επιλέγονται επίσης πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου με βαθμό απόδοσης 13%. Τέλος, από τον πίνακα 20 για κλίση 37°, η μέση ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή ισούται με 4,90 Kwh/m<sup>2</sup>/day.

Χρησιμοποιώντας την ανωτέρω εξίσωση, προκύπτει πως πρέπει να τοποθετηθούν Φ/Β σε εμβαδό ίσο με  $180 / (0,13 \times 4,9) = 282,5 \text{ m}^2$ . Πιο συγκεκριμένα, το Φ/Β σύστημα θα αποτελείται από 173 πάνελ διαστάσεων 1,650×0,990 μέτρα έκαστο.

*Πίνακας 21. Όφελος στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την τοποθέτηση Φ/Β συστήματος  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Date/Time	Lights (kWh)	Electric Equipment (kWh)	Sum (kWh)	Savings (kWh)	Savings (€)
January	4171,11	365,31	4536,43	4536,43	465,07
February	4276,54	412,14	4688,68	4688,68	480,68
March	4698,25	443,35	5141,60	5141,60	527,12
April	3468,26	271,67	3739,94	3739,94	383,42
May	4803,68	458,96	5262,64	5262,64	539,53
June	3468,26	271,67	3739,94	3739,94	383,42
July	1178,84	0,00	1178,84	1178,84	120,85
August	1178,84	0,00	1178,84	1178,84	120,85
September	3784,55	318,49	4103,04	4103,04	420,64
October	4803,68	458,96	5262,64	5262,64	539,53
November	4627,97	443,35	5071,32	5071,32	519,91
December	3960,26	334,10	4294,36	4294,36	440,26
	<b>44420,25</b>	<b>3778,00</b>	<b>48198,25</b>	<b>48198,25</b>	<b>4941,28</b>

Στον ανωτέρω πίνακα φαίνεται ξεκάθαρα το όφελος από την τοποθέτηση Φ/Β συστήματος στο δώμα του σχολικού κτιρίου. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από τα Φ/Β και υπάρχει μια ετήσια εξοικονόμηση της τάξεως των 4941,28 ευρώ.

Μετά από έρευνα, το κόστος εγκατάστασης για κάθε Φ/Β πάνελο με 25ετή εγγύηση και με τη βάση αλουμινίου για το καθένα με 15ετή εγγύηση εκτιμάται στα 497,27 ευρώ. Συνεπώς το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι ανέρχεται στα 86027,71 ευρώ και ο χρόνος απόσβεσης είναι τα 17 έτη.

Πίνακας 22. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την τοποθέτηση Φ/Β συστήματος  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Εγκατεστημένα πάνελα	Κόστος εγκατάστασης ανά πάνελο (€)	Κόστος επένδυσης (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Απόσβεση (έτη)
173	497,27	86027,71	4941,28	17

Όλα τα παραπάνω ισχύουν φυσικά στην περίπτωση που το σχολικό κτίριο αναλάβει εξ' ολοκλήρου τα έξοδα για την τοποθέτηση των Φ/Β. Σε περίπτωση που υπάρξει κάποια επιχορήγηση από το κράτος, το κόστος επένδυσης, συνεπώς και τα έτη απόσβεσης, θα μειωθούν. Γενικά, η τοποθέτηση Φ/Β στην Ελλάδα αποτελεί μια εγγυημένη επένδυση, λόγω του υψηλού ποσοστού ηλιοφάνειας.

### 7.3 Αντικατάσταση υπάρχοντος φωτισμού με ενεργειακούς λαμπτήρες τεχνολογίας LED

Η τρίτη επέμβαση που προτείνεται είναι η αντικατάσταση του υπάρχοντος τεχνητού φωτισμού με ενεργειακούς λαμπτήρες τεχνολογίας LED. Μπορεί να μην πρόκειται για μια λύση που δεν υπόκειται στις μεθόδους βιοκλιματικού σχεδιασμού, ωστόσο συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, στη βελτίωση του φωτισμού, ενώ έχει και μεγάλη διάρκεια ζωής.

Κάποιες γνωστές εφαρμογές της τεχνολογίας LED είναι οι πίνακες αποτύπωσης και οι σηματοδότες, που εξυπηρετούν τη μετάδοση μηνυμάτων σε δημόσιους χώρους ή μεγάλους χώρους συνάθροισης. Μία ακόμα εφαρμογή, μη ορατή, είναι οι αισθητήρες, που βρίσκουν χρήση σε πολλά πεδία, ορισμένα από αυτά είναι η ιατρική, οι

καλλιέργειες και τα ηλεκτρονικά συστήματα και συσκευές, όπως τηλεχειριστήρια και οθόνες αφής. Τέλος, τα LED βρίσκουν άμεση εφαρμογή στην καθημερινότητα στο πεδίο της φωταγώγησης και του φωτισμού γενικότερα. (<https://www.mrled.gr/>)

Τα πιο χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι τα ακόλουθα:

- Μεγάλη διάρκεια ζωής, 50.000-100.000 ώρες.
- Έκλυση πολύ μικρού θερμικού φορτίου.
- Εξοικονόμηση ενέργειας έως ποσοστό 95% σε σχέση με συμβατικό φωτισμό.
- Μικρό κόστος σε σχέση με τον χρόνο ζωής και την εξοικονόμηση ενέργειας που εξασφαλίζουν.
- Μικρή διάχυση φωτός, ποιοτικότερος φωτισμός ακόμα και χρόνια αργότερα μετά την τοποθέτηση.
- Σύνθεση χωρίς βαρέα μέταλλα, όπως ο υδράργυρος που περιέχεται στις φθορισμού και οικονομίας.
- Μικρότερο αποτύπωμα διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με συμβατικό φωτισμό (στη λειτουργία).
- Οι λαμπτήρες δεν φθείρονται, ούτε μειώνεται η διάρκεια ζωής τους από τα αναβοσβήσιμα.



Εικόνα 96. Φωτιστικό οροφής με λαμπτήρες LED  
Πηγή: [www.ergo-tel.gr](http://www.ergo-tel.gr)

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι λάμπες τεχνολογίας LED πρακτικά δεν καίγονται ποτέ, λόγω του ότι το φωτιστικό σώμα έχει πολλές φωτεινές πηγές, επομένως αν χαλάσει μία από

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

τις συστοιχίες, οι υπόλοιπες εξακολουθούν να λειτουργούν, απλά η απόδοση της φωτεινότητας πέφτει. (<http://lightingexpert.gr/gr/index.aspx>)

Στο λογισμικό Energy Plus και πιο συγκεκριμένα στην υποκατηγορία Lights της κατηγορίας Internal Gains, αλλάζει στο πεδίο Watts per Zone Floor Area η προηγούμενη τιμή και αντικαθίσταται με το 1/6 της, καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η ενέργεια που καταναλώνεται μέσω της χρήσης ενεργειακών λαμπτήρων αντιστοιχεί στο 1/6 της ενέργειας που καταναλώνεται από τη χρήση των συμβατικών. ([www.energylab.gr](http://www.energylab.gr))

Με αυτό το σκεπτικό οι τιμές στο πεδίο αυτό διαμορφώνονται όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.

IDF Editor - [C:\Users\dktis\Desktop\energy\_plus\_files\senario\_3\senario\_3.idf \*]  
File Edit View Jump Window Help

Class List

- RoomAirSettings:OneNodeDisplacementVentilation
- RoomAirSettings:ThreeNodeDisplacementVentilation
- RoomAirSettings:CrossVentilation
- RoomAirSettings:UnderFloorAirDistributionInterior
- RoomAirSettings:UnderFloorAirDistributionExterior
- RoomAir:Node:AirflowNetwork
- RoomAir:Node:AirflowNetwork:AdjacentSurfaceList
- RoomAir:Node:AirflowNetwork:InternalGains
- RoomAir:Node:AirflowNetwork:HVACEquipment
- RoomAirSettings:AirflowNetwork

Internal Gains

- [0003] People
- [0003] Lights
- [0002] ElectricEquipment
- [0002] GasEquipment

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

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

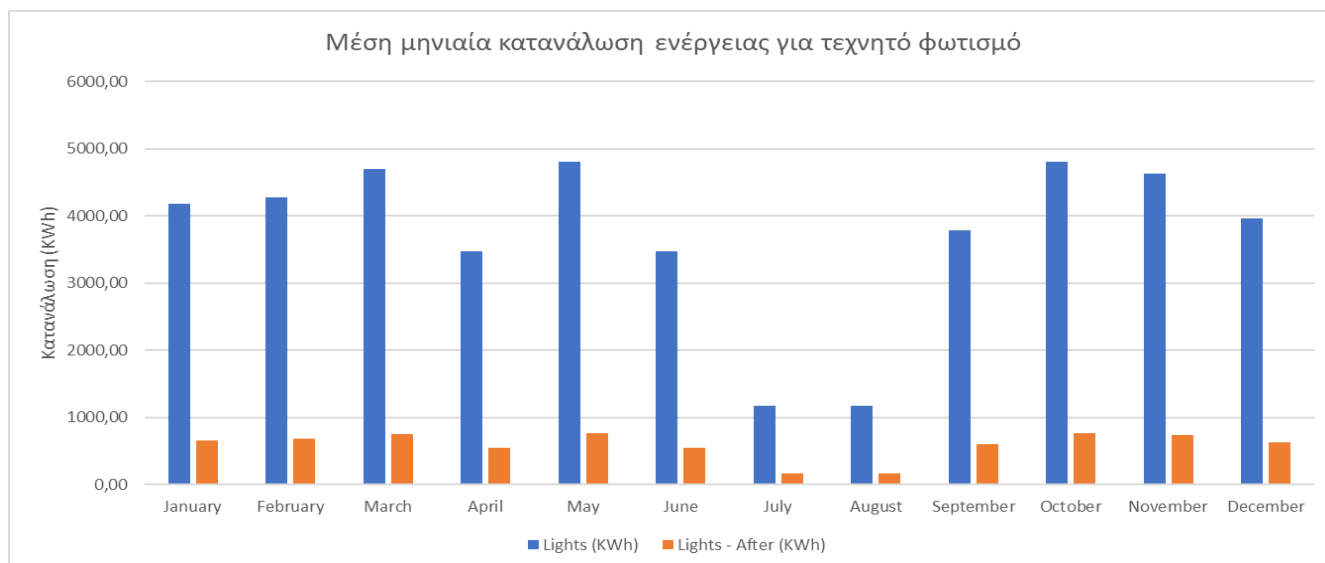
Field Description:  
ID: A1  
Enter a alphanumeric value

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		Class Lights Gains	Common Lights Gair	Office Lights Gains
Zone or ZoneList Name		Classrooms	Common Spaces	Offices
Schedule Name		Class Lights Year	Common Lights Yea	Office Lights Year
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W			
Watts per Zone Floor Area	W/m2	2	1,07	2,67
Watts per Person	W/person			
Return Air Fraction		0	0	0
Fraction Radiant		0,42	0,42	0,42
Fraction Visible		0,18	0,18	0,18
Fraction Replaceable		1	1	1
End-Use Subcategory				
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co				
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K			
Return Air Heat Gain Node Name				

Εικόνα 97. Αλλαγή καταναλώσεων για τεχνητό φωτισμό στην υποκατηγορία Lights  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Αφού γίνει η νέα προσομοίωση, παρουσιάζονται στα ακόλουθα διαγράμματα και πίνακες οι διαφορές στις ενεργειακές καταναλώσεις μεταξύ της αρχικής κατάστασης και της νέας κατάστασης μετά την επέμβαση.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



*Διάγραμμα 9. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό πριν και μετά την επέμβαση με τους λαμπτήρες LED  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Από το διάγραμμα 9 διαπιστώνεται πως με την αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες LED, η κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό μειώνεται εξαιρετικά.

Αυτό φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα, καθώς η κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό μειώθηκε από τις 44420,25 KWh στις 7010,87 Kwh, δηλαδή κατά 84%. Η ετήσια χρηματική εξοικονόμηση ανέρχεται στα 3835,21 ευρώ.

*Πίνακας 23. Ενεργειακές καταναλώσεις σε τεχνητό φωτισμό και όφελος μετά την επέμβαση με τους λαμπτήρες LED  
Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Date/Time	Lights (kWh)	Lights - After (kWh)	Savings (kWh)	Savings (€)
January	4171,11	662,52	3508,59	359,70
February	4276,54	680,11	3596,43	368,71
March	4698,25	750,47	3947,78	404,73
April	3468,26	545,26	2923,00	299,67
May	4803,68	768,06	4035,62	413,73
June	3468,26	545,26	2923,00	299,67
July	1178,84	163,51	1015,33	104,09
August	1178,84	163,51	1015,33	104,09
September	3784,55	598,03	3186,52	326,68
October	4803,68	768,06	4035,62	413,73
November	4627,97	738,74	3889,23	398,72
December	3960,26	627,34	3332,91	341,69
	<b>44420,25</b>	<b>7010,87</b>	<b>37409,38</b>	<b>3835,21</b>

Τέλος, στον πίνακα 23 υπολογίζεται το κόστος επένδυσης για την τοποθέτηση λαμπτήρων LED. Αρχικά υπολογίζεται το εμβαδό των χώρων του σχολείου και πολλαπλασιάζεται με την απαίτηση για Watt/m<sup>2</sup> ανάλογα τη χρήση του χώρου (αίθουσες διδασκαλίας, κοινόχρηστοι χώροι και γραφεία) και στην προσθέτοντας τις τιμές αυτές προκύπτει το σύνολο των απαιτούμενων Watt σε ολόκληρο το σχολικό κτίριο. Επιλέγονται λαμπτήρες LED 18W, συνεπώς διαιρώντας τα απαιτούμενα Watt με τα Watt κάθε λαμπτήρα LED, εξάγεται πως ο απαιτούμενος αριθμός λαμπτήρων για το φωτισμό του σχολικού κτιρίου ανέρχεται σε 210 λαμπτήρες. Έπειτα από έρευνα, το κόστος κάθε λαμπτήρα είναι 6 ευρώ και έχει 10 χρόνια διάρκεια ζωής. Κατ' αυτόν τον τρόπο προκύπτει πως το κόστος επένδυσης είναι 1260 ευρώ και αποσβένεται μόλις σε 1 έτος.

Πίνακας 24. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την επέμβαση με λαμπτήρες LED  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Εμβαδό αιθουσών διδασκαλίας x Watts/m <sup>2</sup> (Watts)	Εμβαδό κοινόχρηστων χώρων x Watts/m <sup>2</sup> (Watts)	Εμβαδό γραφείων x Watts/m <sup>2</sup> (Watts)	Σύνολο απαιτούμενων Watt	Watt ανά λαμπτήρα	Απαιτούμενος αριθμός λαμπτήρων	Κόστος ανά λαμπτήρα (€)	Κόστος επένδυσης (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Απόσβεση (έτη)
1035*2 => 2070	1072*1,07 => 1147,04	207*2,67 => 552,69	3769,73	18	210	6	1260	3835,21	1

#### 7.4 Νυχτερινός αερισμός με χρήση εξαεριστήρων

Για την πραγματοποίηση αυτής της επέμβασης, απαιτείται η τοποθέτηση εξαεριστήρων στους φεγγίτες των υαλοπινάκων των ανοιγμάτων, καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού στους χώρους του σχολικού συγκροτήματος.

Κατά τη διάρκεια της μέρας εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των υαλοστασίων των ανοιγμάτων θερμότητα με τη μορφή ακτινοβολίας, η οποία οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Οι δομικοί εσωτερικοί όγκοι λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας τους από τον εσωτερικό αέρα και εκμεταλλευόμενοι τη θερμοχωρητικότητα τους απορροφούν θερμότητα από τον αέρα ( έτσι μειώνουν τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα ) όσο αυτή η ιδιότητα τους το επιτρέπει και όσο υπάρχει η ανάλογη διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον τους. Το πλεονέκτημα του νυχτερινού αερισμού είναι πως απομακρύνει αυτήν την πλεονάζουσα θερμότητα και ανανεώνει τον αέρα στο εσωτερικό του σχολικού κτιρίου.



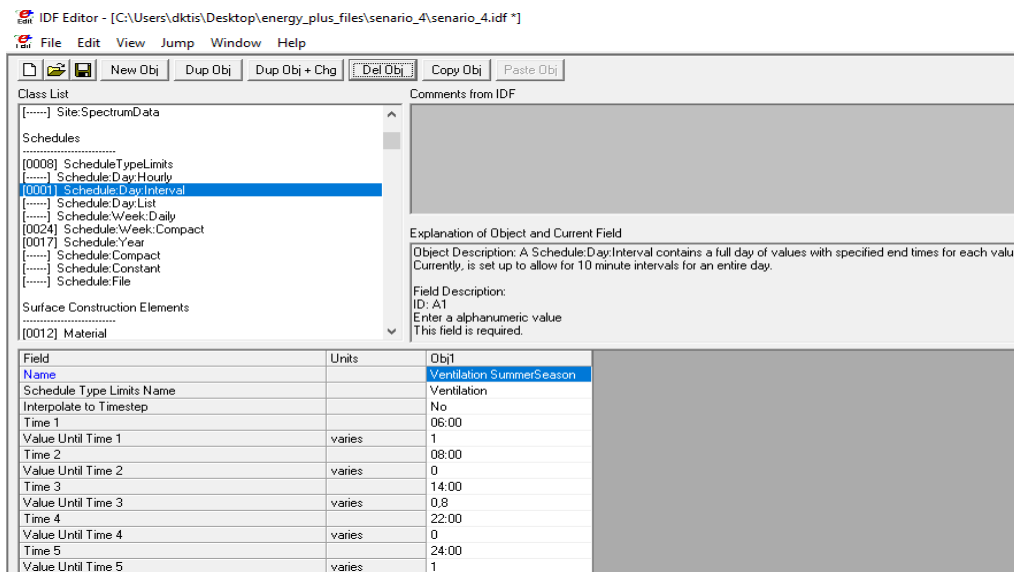
Εικόνα 98. Εξαεριστήρες ανοιγμάτων  
Πηγή: [www.sivar.gr](http://www.sivar.gr)

Η επιλογή νυχτερινού ωραρίου για τον φυσικό αερισμό δεν είναι τυχαία, καθώς πρόκειται για την περίοδο της μέρας που παρατηρούνται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες. Για να είναι δυνατόν αυτή η διαδικασία να είναι επαναλαμβανόμενη κατά τους θερμούς μήνες είναι αναγκαίο κατά τις νυχτερινές ώρες που η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη αυτής του εσωτερικού να γίνεται επαρκής αερισμός των χώρων του κτιρίου ώστε τα δομικά στοιχεία να αποβάλλουν τη θερμότητα που έχουν συσσωρεύσει και να είναι σε θέση την επόμενη μέρα να προσφέρουν « φυσική ψύξη » στο χώρο με την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας τους. Κατά τη χειμερινή περίοδο, η χρήση μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας βοηθάει και στη διατήρηση της θερμότητας στο εσωτερικό του σχολικού κτιρίου.

Θα υπάρχει αυτόματος μηχανισμός λειτουργίας των εξαεριστήρων, ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για τη ρύθμιση της έντασης και της διάρκειας λειτουργίας τους.

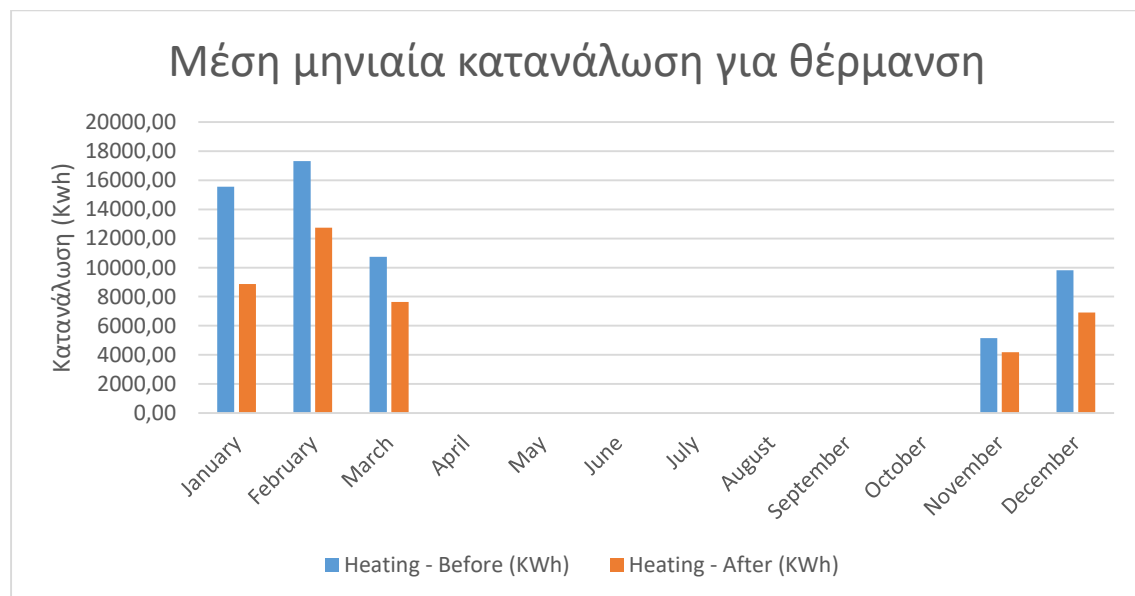
Για να «εισαχθεί» στο λογισμικό Energy Plus αυτή η επέμβαση, γίνεται τροποποίηση των χρονοδιαγραμμάτων του φυσικού αερισμού. Αρχικά στην υποκατηγορία Schedule Day: Interval, τροποποιούνται τα χρονοδιαγράμματα Ventilation Summer Season και Ventilation Winter Season, τα οποία πλέον ορίζουν πως θα υπάρχει, επιπλέον του ημερησίου αερισμού, και νυχτερινός αερισμός κατά τις ώρες 22:00 – 06:00, στις οποίες θα λαμβάνει την μέγιστη τιμή 1. Αυτόματα τροποποιούνται αυτόματα και τα χρονοδιαγράμματα Ventilation Summer Week και Ventilation Winter Week στην υποκατηγορία Schedule Week: Compact., καθώς και το χρονοδιάγραμμα Ventilation Year στην υποκατηγορία Schedule: Year.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



Εικόνα 99. Αλλαγή ημερήσιου χρονοδιαγράμματος φυσικού αερισμού στην υποκατηγορία Schedule: Day: Interval  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Αφού γίνει η νέα προσομοίωση, παρουσιάζονται στα ακόλουθα διαγράμματα και πίνακες οι διαφορές στις ενεργειακές καταναλώσεις μεταξύ της αρχικής κατάστασης και της νέας κατάστασης μετά την επέμβαση.



Διάγραμμα 10. Μέση μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πριν και μετά την επέμβαση του νυχτερινού αερισμού  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Από το ανωτέρω διάγραμμα φαίνεται πως ο νυχτερινός αερισμός συνέβαλλε στην μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση, μέσω της ανάκτησης θερμότητας, κάτι το οποίο επαληθεύεται και από τις αριθμητικές τιμές του πίνακα 25.



## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Πίνακας 25. Ενεργειακές καταναλώσεις σε θέρμανση και όφελος μετά την επέμβαση με το νυχτερινό αερισμό  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

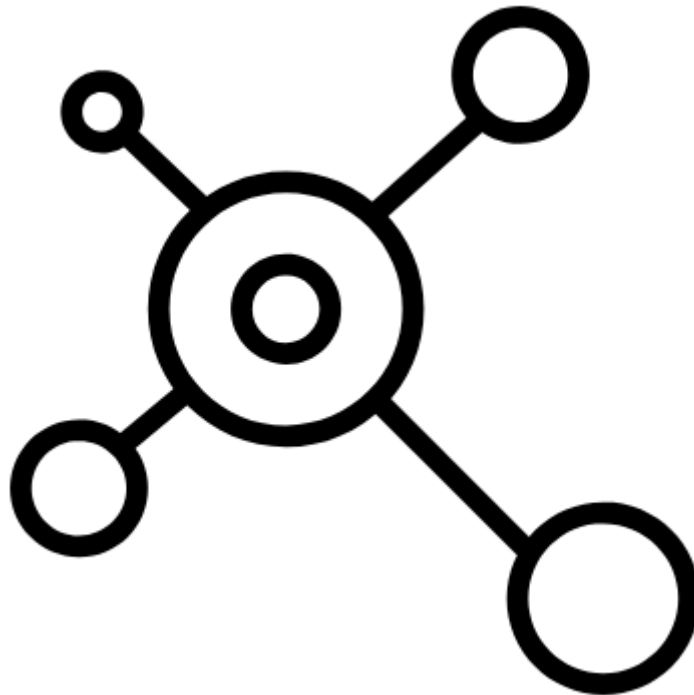
Date/Time	Heating - Before (KWh)	Heating - After (KWh)	Savings (KWh)	Savings (€)
January	15570,88	8874,45	6696,43	686,52
February	17319,16	12742,90	4576,26	469,16
March	10735,36	7631,89	3103,47	318,17
April	0,00	0,00	0,00	0,00
May	0,00	0,00	0,00	0,00
June	0,00	0,00	0,00	0,00
July	0,00	0,00	0,00	0,00
August	0,00	0,00	0,00	0,00
September	0,00	0,00	0,00	0,00
October	0,00	0,00	0,00	0,00
November	5156,27	4180,61	975,67	100,03
December	9807,82	6917,52	2890,30	296,31
	<b>58589,50</b>	<b>40347,37</b>	<b>18242,14</b>	<b>1870,18</b>

Για να υπολογιστεί το κόστος επένδυσης για νυχτερινό αερισμό, πρέπει να οριστεί ο αριθμός των ανανεώσεων του αέρα ανά ώρα και να πολλαπλασιαστεί με τον συνολικό όγκο των χώρων, στους οποίους γίνεται ο εξαερισμός. Ο αριθμός των ανανεώσεων του αέρα ανά ώρα ορίζεται ίσος με 2, συνεπώς γνωρίζοντας και τον όγκο προκύπτει η απαιτούμενη ροή 36736,08 m<sup>3</sup>/h.

Οι εξαεριστήρες που επιλέγονται για τοποθέτηση είναι τύπου TX7WW-190 με τιμή ανά τεμάχιο τα 264,00 ευρώ και μέγιστη παροχή αέρα ανά εξαεριστήρα τα 485 m<sup>3</sup>/h. Ο απαιτούμενος αριθμός εξαεριστήρων είναι 75, συνεπώς προκύπτει το κόστος επένδυσης, το οποίο ανέρχεται στα 19800,59 ευρώ και αποσβένεται μέσα σε 11 έτη.

Πίνακας 26. Κόστος επένδυσης και απόσβεση για την επέμβαση με το νυχτερινό αερισμό  
*Πηγή: ίδια επεξεργασία*

Συνολικός όγκος χώρων (m <sup>3</sup> )	Απαιτούμενη ροή αέρα (m <sup>3</sup> /h)	Παροχή αέρα ανά εξαεριστήρα (m <sup>3</sup> /h)	Απαιτούμενος αριθμός εξαεριστήρων	Κόστος εξαεριστήρα (€)	Κόστος επένδυσης (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Απόσβεση (έτη)
18188,04	36376,08	485,00	75,00	264	19800,59	1870,18	11



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

## 8. Συμπεράσματα

Το σχολικό συγκρότημα που μελετήθηκε έχει κατασκευαστεί κάποιες δεκαετίες παλαιότερα, με ό,τι προβλήματα συνεπάγεται το γεγονός αυτό, όπως για παράδειγμα η έλλειψη θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους. Επομένως, η ενεργειακή του αναβάθμιση κρίνεται απαραίτητη σε μία εποχή που όλες οι κατευθύνσεις και Οδηγίες από την Ευρωπαϊκή Ένωση τονίζουν την σημασία που δίνεται στην μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων όλων των κτιρίων και ειδικά των δημόσιων.

Με τη βοήθεια των λογισμικών Sketch Up και Energy Plus έγινε η ενεργειακή προσομοίωση του σχολικού κτιρίου και εξήχθησαν οι ενεργειακές του καταναλώσεις για θέρμανση, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό. Εδώ πρέπει να τονιστεί πως παρόλο που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό Energy Plus το ιδανικό σύστημα θέρμανσης που ενδείκνυται από το πρόγραμμα, τα αποτελέσματα που προέκυψαν και βάσει των χρονοδιαγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν, προσεγγίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις πραγματικές καταναλώσεις του σχολικού κτιρίου

Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, έγιναν τέσσερις προτάσεις για την ενεργειακή του αναβάθμιση: η εγκατάσταση θερμομόνωσης, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες LED και ο νυχτερινός αερισμός του κτιρίου με εξαεριστήρες.

Η ενεργειακή προσομοίωση που έγινε μετά την εγκατάσταση θερμομόνωσης έδειξε πως τα οφέλη είναι πολλαπλά. Αρχικά, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη θερμική άνεση του χρήστη καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων του σχολείου κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ μειώνεται κατά τη θερινή περίοδο. Παράλληλα, η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση μειώνεται αισθητά με ταυτόχρονο οικονομικό όφελος.

Η εγκατάσταση των Φ/Β με στόχο την εξ' ολοκλήρου κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια του σχολικού κτιρίου, είναι επίσης μία βιώσιμη επέμβαση, αξιοποιώντας μάλιστα μία εκ των βασικότερων ανανεώσιμων πηγών

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ενέργειας στον ελληνικό χώρο, την ηλιακή. Αν υπάρχει και κάποια επιχορήγηση από το κράτος για την εγκατάστασή τους, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης αυτής θα μειωθεί σημαντικά.

Η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με ενεργειακούς λαμπτήρες LED έχει πολύ μεγάλη επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση για τεχνητό φωτισμό, με αποτέλεσμα την κατακόρυφη μείωση της, ενώ ταυτόχρονα πρόκειται για την πιο οικονομική από τις τέσσερις επεμβάσεις με χρόνο απόσβεσης μόλις το 1 έτος.

Τέλος, ο νυχτερινός εξαερισμός με χρήση εξαεριστήρων συμβάλλει στην απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας κατά τη θερινή περίοδο και στην ανανέωση του αέρα στο εσωτερικό του σχολικού κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης, η χρήση μηχανικού αερισμού βοηθάει και στη διατήρηση της θερμότητας στο εσωτερικό του σχολικού κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, με αποτέλεσμα την μείωση των ενεργειακών αναγκών του σχολικού κτιρίου για θέρμανση.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι τέσσερις προτεινόμενες επεμβάσεις, καθώς και η επίδραση που έχουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, το κόστος επένδυσής τους και ο χρόνος απόσβεσής τους.

Πίνακας 27. Προτεινόμενες επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου  
Πηγή: ίδια επεξεργασία

Επέμβαση	Όφελος (KWh)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Κόστος επέμβασης (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Απόσβεση (έτη)
Εγκατάσταση θερμομόνωσης	28310,30	0,27	100740,00	2902,37	35
Εγκατάσταση Φ/Β	48198,25	0,45	86027,71	4941,28	17
Λαμπτήρες LED	37409,38	0,35	1260,00	3835,21	1
Νυχτερινός αερισμός	18242,14	0,17	19800,59	1870,18	11

Οι ενεργειακοί λαμπτήρες LED είναι η επέμβαση, το κόστος της οποίας αποσβένεται σε μόλις ένα έτος, καθώς πρόκειται για την, με διαφορά, φθηνότερη πρόταση. Ο νυχτερινός αερισμός και η εγκατάσταση Φ/Β αποσβένονται σε εύλογο χρονικό διάστημα, 11 και 17 ετών αντίστοιχα, ενώ η εγκατάσταση θερμομόνωσης, αν και

εξοικονομεί μεγάλο ποσοστό ενέργειας, αποσβένεται στα 35 έτη, λόγω του μεγάλου κόστους που έχει.

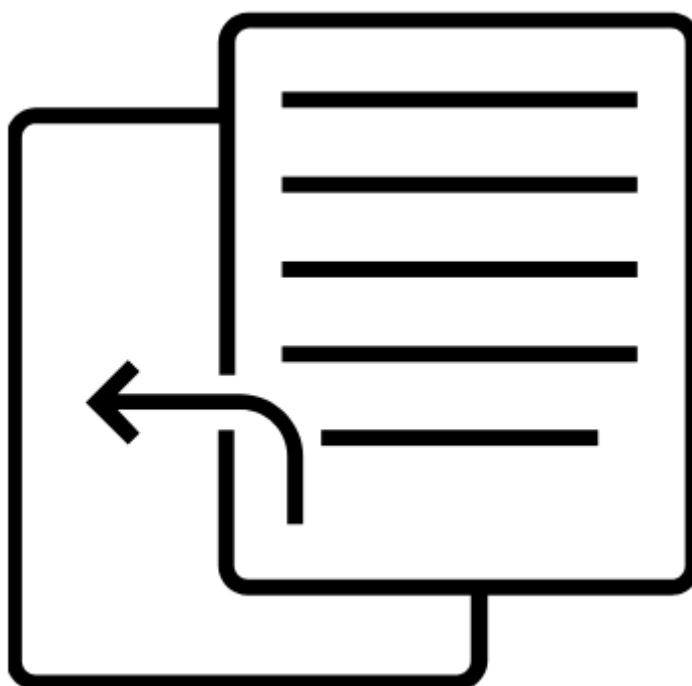
Με την εφαρμογή των ανωτέρω (και επιπροσθέτων, όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση φυτεμένου δώματος) επεμβάσεων, το 4<sup>ο</sup> Γυμνάσιο – Λύκειο Ηλιούπολης μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα πρότυπο σχολικό συγκρότημα, το οποίο ταυτόχρονα συνεισφέρει στη διαμόρφωση οικολογικής συνείδησης των μαθητών, αφού τα παιδιά θα περνούν το μεγαλύτερο μέρος της μέρας τους σε ένα οικολογικό κτίριο. Η διαδικασία αυτή μπορεί εύκολα να τους γίνει βίωμα, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να υιοθετήσουν αντίστοιχες οικολογικές πρακτικές και εκτός σχολικού περιβάλλοντος.

Ο τομέας της ενεργειακής αναβάθμισης και του ενεργειακού σχεδιασμού κατασκευών εμπεριέχει μεγάλη πληθώρα ερευνητικών πεδίων. Ορισμένες λοιπόν προτάσεις για μελλοντική έρευνα σε άλλες εργασίες, είναι οι ακόλουθες:

- Η ενεργειακή προσομοίωση κτιρίων με χρήση άλλων λογισμικών, όπως για παράδειγμα το ελληνικό TEE – KENAK Ενεργειακή Μελέτη και το IES (VE).
- Η εξέταση επιπλέον παραγόντων, στους οποίους δεν έγινε αναλυτική αναφορά στην παρούσα εργασία, και οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, όπως για παράδειγμα οι σκιάσεις.
- Η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας που αξιοποιούν και άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η γεωθερμία, η αιολική ενέργεια, η βιομάζα κλπ.
- Η χρήση οικολογικών υλικών στα κτίρια με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό κόστος, κυρίως στην αρχική φάση της κατασκευής του κτιρίου.

Με την ολοκλήρωση λοιπόν του κυρίου μέρους της παρούσας εργασίας, προκύπτει το συμπέρασμα πως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός μπορεί να συντελέσει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος στον κατασκευαστικό τομέα. Παράλληλα, γίνεται φανερό πως επηρεάζεται από ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων, ανάλογα με τη μέθοδο που επιλέγει κανείς να εφαρμόσει και τα αποτελέσματα που επιδιώκει να επιτύχει.

Σίγουρα πάντως, δεν αποτελεί ένα απλό μέσο που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, **αλλά έναν τρόπο σκέψης** μέσω του οποίου προσπαθεί να επιτευχθεί η θερμική και οπτική άνεση του χρήστη, ενώ ταυτόχρονα προσπαθεί να εξοικειώσει τον άνθρωπο με το χώρο και να αποτυπώσει στον τόπο τις ποικίλες εκφάνσεις της ζωής. Βασική προϋπόθεση, όμως, για όλα αυτά αποτελεί η κοινωνική αποδοχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και η ενεργός συμμετοχή του ανθρώπου στη διαμόρφωση του δομημένου περιβάλλοντος, μέσα από τη διαδικασία της πληροφόρησης και της συνειδητοποίησης του σύνθετου προβλήματος της εξοικονόμησης ενέργειας, έχοντας ως προοπτική τη συνετή διαχείριση των φυσικών πόρων και την ισορροπία με τα οικοσυστήματα (Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985).



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## Βιβλιογραφία

### Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία :

- Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ελ. (1998), «*Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική, Παθητικά – Ηλιακά Συστήματα*», Εκδόσεις University Studio Press
- Αξαρλή Κ. (1995), «*Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κελύφους και η αξιοποίηση του “απευθείας κέρδους” στα σχολικά κτίρια – Καθοριστικές παράμετροι σχεδιασμού για τον ελληνικό χώρο*», Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
- Αξαρλή Κ. (2009), «*Ενεργειακός Σχεδιασμός και Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Γενικές Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού*», Σημειώσεις του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
- Αργυράκη Μ. (2008), «*Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας
- Γεωργαντζάκος Κ. (2017), «*Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός σχολικού κτιρίου μέσω προσομοίωσης*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής
- Γιαννοπούλου Χ. (2017), «*Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Λαμίας*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»
- Λαζαρίδης Γ. - Γκίκα Ε. – Ιωαννίδου Α. – Κάτσαρης Α. (2009), «*Ενεργειακό ζήτημα*», Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης «Σύγχρονες τάσεις στη διδακτική των Βιολογικών μαθημάτων και νέες τεχνολογίες»
- ΔΙΠΕ & ΥΠΕΧΩΔΕ (2000), «*Οικολογική δόμηση*», Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα
- Ελευθερίου Μ. – Κατσαμπή Λ. (2016), «*Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κατοικίας στο νησί της Μήλου με χρήση των λογισμικών EnergyPlus και PVGIS*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής
- Ευθυμίουπουλος Ηλ. (2004), «*Κτίριο και Περιβάλλον*», Εκδόσεις Παπασωτηρίου



- Ζήσης Σ.(2011), «*Ενεργειακή απόδοση κτιρίων*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας
- Ζιώζας Κ. (2016), «*Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση για την επιλογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών
- Ζυγογιάννης Μ., Καρβούνης – Ζούμπος Κ.(2015), «*Ανάπτυξη Λογισμικού για την Καταγραφή Δεδομένων Χρήσης Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας ηλεκτρικών βιομηχανικών διατάξεων και συστημάτων αποφάσεων
- Καλαργάλη Ε. (2014), «*Αναβάθμιση κτιριακού κελύφους παλαιών πολυκατοικιών*», Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
- Κανιαδάκη Μαργιάννα (2011), «*Ενεργειακό σπίτι. Τρόποι και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας στο σύγχρονο ελληνικό σπίτι*», Διπλωματική Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας
- Καραβασίλη – Χονδρού Μ. (1999), «*Κτίρια για έναν Πράσινο Κόσμο*», Εκδόσεις π – SYSTEMS International AE
- Καρβούνης Γ. (2014), «*Ενέργεια και πράσινη ανάπτυξη: Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και οι πολιτικές για τη μετάβαση στην πράσινη οικονομία*», Διδακτορική Διατριβή, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Κοινωνιολογίας
- Καρράς Σ.(2016), «*Μοντελοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων*», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας ηλεκτρικής ισχύος
- Κωνσταντινίδου Χ. (2009), «*Βιοκλιματική αρχιτεκτονική και ενεργειακός σχεδιασμός*», Εκδόσεις Σέλκα – 4M
- Μάντζιου Λ. και Πετρουλάκη Μ. (2009), «*Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα*», Εκδόσεις Έργον IV
- Μερέση Κ. (2015), «*Φυσικός φωτισμός*», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

- Ο.Σ.Κ. – α, (2008), «Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων», Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε., Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων
- Ο.Σ.Κ. – β, (2008), «Οδηγός μελετών για διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης», Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε., Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων
- Παπαδόπουλος Μ. – Αξαρχλή Κ. (1995), «Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων», Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη
- Παπακωνσταντίνου Χ. (2015), «Συμβολή Στον Βιοκλιματικό Ανασχεδιασμό Κτηρίου Μικτής Χρήσης Με Τη Χρήση Του Λογισμικού Energy Plus», Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών “Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας”
- Παπανδρέου Δ.(2015), «Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Εξοικονόμηση Ενέργειας με Ηλιοθερμικά συστήματα», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας θερμότητας
- Παπασταμάτη Φ.(2013), «Ενεργειακή ανάλυση κτιρίων κατοικιών χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας θερμότητας
- Σανταμούρης Μ. (2011), «Πράσινα κτίρια, μια ευκαιρία για ανάπτυξη», Περιοδικό «Τάσεις», Τεύχος Ιανουαρίου 2011
- ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και της έκδοσης του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Έκδοση Β’
- ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», Έκδοση Β’
- ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Έκδοση Α’
- ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού», Έκδοση Β’
- ΤΟΤΕΕ 20702-5/2010, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων», Έκδοση Α’
- Τσίππρας Κ. (2005), «Οικολογική Αρχιτεκτονική», Εκδόσεις Κέδρο

**Ξενογλώσση βιβλιογραφία :**

- Baker N. and Steemers K., (2000), «*Energy and Environment in Architecture: a technical design guide*», Published by E & FN Spon, London
- Barton R., (2007), «*Technical synthesis report – Retrofitting in educational buildings: Energy concept adviser for technical retrofit measures*», International Energy Agency, Published by Faber Maunsell Ltd, United Kingdom
- Wachbergen M., (1983), «*Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην κατασκευή των κτιρίων*», (μετάφραση Μαλασπίνας Δ.), Εκδόσεις Γκιούρδας Μ., Αθήνα

**Λοιπές πηγές****Ιστοσελίδες :**

- Αναστασάκη Ε. (2015), «*Ένα πράσινο σχολείο στα αστικό Παρίσι*», <http://perierga.gr/2015/01/%CE%AD%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%83%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%AF%CF%83%CE%B9/>
- Βιοκλιματικά σχολεία, <http://medsos.gr/medsos/2010-02-04-19-14-14/1007-2010-10-26-15-07-48.html>
- «*Βιοκλιματικό σχολείο στην Κοζάνη*», <http://www.econews.gr/2011/09/02/vioklimatiko-sxoleio-kozani/>
- Γραμματικόπουλος Αθ., «*Κτίρια χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης - Τεχνολογίες εξοικονόμησης Ενέργειας*», [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA\\_SEMINARIA/Topikh\\_ekthesh\\_prasinwn\\_texnologiwn\\_yli\\_kwn/Tab/grammatikopoulos.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/Topikh_ekthesh_prasinwn_texnologiwn_yli_kwn/Tab/grammatikopoulos.pdf)
- Chartier Dalix (2016), «*18 classrooms school and sporthall*», <http://chartier-dalix.com/portfolio/gs-18classes/?lang=en>
- Energy Plus - Simulation Parameters, <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-006.html>

- Εξαεριστήρες τζαμιού – τοίχου σειράς TXWW,  
<http://www.sivar.gr/wp-content/pdf>,
- Εξωτερική θερμομόνωση - τιμές,  
<http://monosi-fragoulakis.gr/eksoterikithermomonsi/thermomonositimes>
- European Conference on IAS 2008,  
<https://ec.europa.eu/info/departments/internal-audit-service>
- Ηλιούπολη Αττικής, [https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλιούπολη\\_Αττικής](https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλιούπολη_Αττικής)
- Ισπόγλου Κ. (2011), «Κοζάνη, ένα σχολείο πολύ ... πράσινο!»,  
<http://www.tovima.gr/society/article/?aid=418044>
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας , Οδηγίες για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις  
[http://www.cres.gr/kape/pdf/odigos\\_pv\\_systimaton.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/odigos_pv_systimaton.pdf)
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, «Φυσικός αερισμός»,[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα»,  
<http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
- Κοσμόπουλος Ι., «Κτίρια Μηδενικής Ενέργειας»,  
<http://www.ktirio.gr/system/files/2012-06-83.pdf>
- Λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας,  
<http://www.energylab.gr/products/energy-saving-lightbulbs/>
- Lighting Expert, <http://lightingexpert.gr/gr/index.aspx>
- Metabolic Heat Gain from Persons,  
[http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-personsd\\_706.html](http://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-personsd_706.html)
- Mr LED, <https://www.mrled.gr/>
- Μονώσεις ταρατσών - τιμές,  
<http://monosi-fragoulakis.gr/monositaratsas/monosis-taratson-times>
- Παπαγεωργίου Ο. – Μπουσούλας Ζ. (2010), «Νότια Επέκταση της Γραμμής 2 του Μετρό της Αθήνας – Γεωτεχνικός Σχεδιασμός»,  
[http://library.tee.gr/digital/m2546/m2546\\_papageorgiou3.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2546/m2546_papageorgiou3.pdf)

- Οδηγίες για εφαρμογή εξωτερικής θερμοπρόσοψης», <http://www.knaufinsulation.gr/el/odigies-efarmogis-giaeksoteriki-thermoprosopsi>
- «Οικο-καινοτομία, βασικός παράγοντας για τη μελλοντική ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης», <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/ecoinnovation/el.pdf>
- Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας – ΙΕΠΒΑ – Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, [www.energycon.org](http://www.energycon.org)
- Παθητικά ηλιακά συστήματα, <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html>
- Παθητικά συστήματα δροσισμού/αερισμού, <http://www.scoremed.eu>
- Περιβάλλον και διαχείριση ενέργειας, <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>
- Σύνδεσμος εταιρειών Φωτοβολταϊκών (2011), «Φωτοβολταϊκά, ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός», [http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv\\_guide\\_jan11.pdf](http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv_guide_jan11.pdf)
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας – ΤΕΕ, [www.tee.gr](http://www.tee.gr)
- Τζάνος, «Περιβάλλον, ενεργειακή τεχνολογία, πράσινα κτίρια», <http://www.tzanos.gr/gr/perivallon.asp>
- Τρόποι στεγάνωσης ταράτσας, [www.stoupaspainting.pblogs.gr](http://www.stoupaspainting.pblogs.gr)
- Τσιτσιφλής Θ. (2016), «Βιο-δομή: Προτάσεις βιοκλιματικών κατοικιών», <http://biodomegr.blogspot.gr/2009/10/build-your-own-smallhome.html#more>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ, [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
- ΥΠΕΚΑ, “Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα”, [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm)
- Φωτοσωλήνες, <https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοσωλήνες>