

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ- ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

Πτυχιακή Εργασία

Θεοφράστειο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική»

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Περιβάλλοντος

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή
Καρέτσος Σωτήριος

Οκτώβριος 2005

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ- ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

Πτυχιακή Εργασία

Θεοφράστειο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική»

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Περιβάλλοντος

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή
Καρέτσος Σωτήριος

Οκτώβριος 2005

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν πόνημα έγινε στα πλαίσια του Θεοφράστειου Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική» και αποτελεί την πτυχιακή μου εργασία.

Είναι μια προσπάθεια για την δημιουργία ενός έξυπνου σχολείου, το οποίο αφ ενός μεν θα βρίσκεται σε συντονισμό με το ευρύτερο περιβάλλον, αυξάνοντας τις ενεργειακές απολαβές από αυτό, αφ ετέρου δε θα είναι ένα μεγάλο εργαστήριο, το οποίο θα δίνει ερεθίσματα και θα εκπαιδεύει βιωματικά τη μαθητική κοινότητα στο πνεύμα μιας ανάπτυξης μη καιροσκοπικής αλλά αειφόρου.

Υπάρχουν στην εποχή μας δύο γενικότεροι παράγοντες, οι οποίοι άπτονται της παρούσης και καθιστούν το θέμα της επίκαιρο και σημαντικό.

Ο πρώτος είναι το θέμα της διαχείρισης του περιβάλλοντος και τα οξυμένα προβλήματα που συνδέονται με αυτό (κλιματική αλλαγή, υποβάθμιση του περιβάλλοντος, έλλειψη πόρων). Τα συμβατικά καύσιμα είναι μεν προϊόν της ηλιακής ενέργειας αλλά το απαιτούμενο χρονικό διάστημα γένεσής τους εκφεύγει από το χρόνο ενδιαφέροντος της ζωής του ανθρώπου. Συνεπώς η τεχνολογία εκμετάλλευσής τους έχει πεπερασμένα αποτελέσματα πέραν των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που απορρέουν από το γεγονός, ότι άνθρακας συσσωρευμένος για εκατομμύρια χρόνια καίεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Οι αρνητικές αυτές παράμετροι έδωσαν το έναυσμα και έκαναν επιτακτική την ανάγκη για την ανάπτυξη πιο έξυπνων τεχνολογιών, οι οποίες θα βοηθήσουν αφ ενός μεν στην αποδοτικότερη χρήση των συμβατικών πόρων, αφ ετέρου δε στην αποδέσμευση της εξάρτησης από αυτούς και στον συντονισμό με τη λειτουργία του ηλιακού συστήματος.

Ο δεύτερος παράγοντας είναι η εκρηκτική εξέλιξη της τεχνολογίας των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα καλύτερης ανάλυσης και πρόβλεψης της αποδοτικότητας των διάφορων στοιχείων ενός κτιρίου με τη βοήθεια αριθμητικών μοντέλων προσομοίωσης, ενώ παράλληλα βοηθά στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου της λειτουργίας του κτιρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	I
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	V
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	VI
ΜΕΡΟΣ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΜΕΡΟΣ 2 ^ο : ΠΛΑΙΣΙΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ –ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΝΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ..	5
1.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ	5
1.2. Ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	6
1.3.1. Λειτουργία του κτιρίου ως εκπαιδευτικού εργαλείου	8
1.3.2. Η εξοικονόμηση ενέργειας – πόρων και η μείωση των λειτουργικών εξόδων.....	8
1.3.3. Βελτίωση ακαδημαϊκής αποδοτικότητας	8
1.3.4. Προστασία του περιβάλλοντος.....	9
1.3.5. Σχεδιασμός για Υγεία, Ασφάλεια, Άνεση	9
1.3.6. Υποστήριξη κοινωνικών αξιών.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ (ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ)	12
2.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	12
2.1.1. Επιλογή Θέσης.....	14
2.1.2. Μεταφορές.....	17
2.1.3. Διαχείριση Απορροών.....	20
2.1.4. Εξωτερικές Επιφάνειες	22
2.1.5. Διαχείριση νερού χρήσης	23
2.2. ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	25
2.2.1. Επιλογή κατάλληλης θέσης	25
2.2.2. Διαχείριση του τοπίου	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ.....	35
3.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ -ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	35
3.1.1. Καταγραφή Κριτηρίων.....	35
3.1.2. Σχεδιασμός Φυσικού Φωτισμού	38
3.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	41
3.2.1. Γενικά Στοιχεία	41
3.2.2. Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά και Οδηγίες για τα διάφορα Συστήματα φυσικού φωτισμού. ..	44
3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	58
3.3.2. Οπτική και θερμική συμπεριφορά μίας συσκευής ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας.....	58
3.3.3. Σταθερά Συστήματα Σκίασης.....	59
3.3.4. Συστήματα Σκίασης με κινούμενα μέρη	62
3.3.5. Εξελεγμένα Συστήματα Φυσικού Φωτισμού	62
3.3.6. Φωτοδιαπερατά Στοιχεία με Ηλιακό Οπτικό Έλεγχο-Πρωτοποριακές Τάσεις	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	68
4.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ	68
4.1.1. Θεωρητικά στοιχεία –Ορισμοί μεγεθών.....	68
4.1.2. Τα μέρη του κελύφους.....	69
4.1.3. Προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το κέλυφος ενός κτιρίου	70
4.1.4. Σημαντικά χαρακτηριστικά, που επηρεάζουν την συμπεριφορά των συστατικών του κελύφους ενός κτιρίου.....	70
4.1.6. Κόστος.....	70
4.2. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	71
4.2.1. Μονώσεις – Υλικά	71

4.2.2. Έλεγχος της Διαπερατότητας του αέρα.....	73
4.2.3. Φράγματα Ακτινοβολίας.....	75
4.2.4. Ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών λόγω «φαινομένου καμινάδας».....	75
4.3. ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	76
4.3.1. Παράθυρα - Θύρες.....	76
4.3.2. Τοιχοποιία.....	81
4.3.3. Στέγες.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	86
5.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ- ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	86
5.1.1. Το οπτικό σύστημα.....	86
5.1.2. Όραση και Φωτισμός.....	87
5.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΛΑΙΣΙΟ – ΚΡΙΤΗΡΙΑ	91
5.2.1. Πλαίσιο σχεδιασμού.....	91
5.2.2. Κριτήρια –Δείκτες κριτηρίων.....	93
5.3. ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΥ	97
5.3.1. Τύποι τεχνητών πηγών φωτισμού.....	97
5.3.2. Ballast.....	101
5.4. ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ	102
5.4.1. Περιγραφή.....	102
5.4.2. Κατηγορίες	102
5.5. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	102
5.6. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ	105
5.6.1. Υδράργυρος.....	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΑΕΡΙΣΜΟΥ – ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ.....	107
6.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	107
6.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ -ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HVAC.....	107
6.2.1. Παράμετροι Επιλογής.....	109
6.2.2. Κριτήρια σχεδιασμού συστημάτων HVAC.....	114
6.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	122
6.3.1. Γενικοί τύποι	122
6.3.2. Συσκευασμένα (packaged) συστήματα στέγης.....	123
6.3.3. Σύστημα διαιρούμενου τύπου(split) φυσικού αερίου / ηλεκτρικού.....	125
6.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΌΓΚΟΥ ΑΕΡΑ – VAV.....	127
6.3.5. Μοναδιαίο σύστημα ανεμιστήρα (Unit ventilator system)	128
3.6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	130
6.3.7. Σύστημα διαιρούμενου τύπου άνευ σωληνώσεων (split ductless)	131
6.3.8. Σύστημα υδρονικής διανομής.....	132
6.3.9. Αντλίες θερμότητας κυκλώματος νερού (water-loop).....	133
6.4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	137
6.4.1. Γενικές Αρχές	138
6.4.2. Βιοκλιματικές Στρατηγικές Μείωσης των Ψυκτικών Φορτίων.....	138
6.4.3. Μηχανισμοί Δροσίσιμου	140
6.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	147
6.5.1. Θερμοκίνητοι Ψύκτες.....	148
6.5.2. Συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου- DEC(desiccant).....	151
6.6. ΑΕΡΙΣΜΟΣ	152
6.6.1. Επιδράσεις στην υγεία – Απαιτήσεις ανανέωσης αέρα	152
6.6.2. Τρόποι διανομής του αέρα.....	154
6.6.3. Συστήματα φυσικού αερισμού	155
6.6.4. Συστήματα μηχανικού αερισμού	156
6.6.5. Υβριδικά συστήματα.....	157
6.6.6. Συστήματα Ελέγχου	157
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	159
7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	159
7.1.1. Δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας	159
7.1.2. Ευρωπαϊκό πλαίσιο	161

7.1.3. Κρατούσα Κατάσταση στην Ελλάδα.....	162
7.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	165
7.2.1. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.....	166
7.2.2. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα.....	179
7.2.3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	181
7.2.4. Αιολική Ενέργεια.....	185
7.2.5. Ενεργειακή αξιοποίηση Βιομάζας.....	187
7.2.6. Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	195
7.2.7. Αξιοποίηση Ενέργειας Ωκεανών.....	200
ΜΕΡΟΣ 3^ο : ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ -ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Β΄/ΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.	202
ΦΥΣΙΚΗ Α΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ	202
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	202
ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ	203
ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	203
ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ	204
ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	204
ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	205
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	205
ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	206
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	206
ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	207
ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	207
ΦΥΣΙΚΗ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	208
ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	208
ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	209
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	209
ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	210
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	210
ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	211
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	211
ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ.....	212
ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ	212
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ	213
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	213
ΜΕΡΟΣ 4^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	215
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	223

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μέθοδοι Έλεγχου Απορροής, Διάβρωσης, Ιζηματογένεσης	21
Πίνακας 2. Κριτήρια φυσικού φωτισμού.....	36
Πίνακας 3. Τιμές ανακλαστικότητας για διάφορες επιφάνειες.....	39
Πίνακας 4. Συντελεστής φυσικού φωτισμού (DLF) και οπτική εντύπωση.....	39
Πίνακας 5. Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού	45
Πίνακας 6. Σταθερές συσκευές σκίασης για άμεση ηλιακή ακτινοβολία	60
Πίνακας 7. Παραδείγματα εξωτερικών συσκευών σκίασης με κινούμενα μέρη.....	61
Πίνακας 8. Κατάλογος εναλλακτικών μονωτικών προϊόντων.....	72
Πίνακας 9α. Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών λαμπτήρων	98
Πίνακας 9β. Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών λαμπτήρων	99
Πίνακας 10. Αναλυτική σύγκριση λαμπτήρων φθορισμού	100
Πίνακας 11α. Έλεγχοι φωτισμού	103
Πίνακας 11β. Έλεγχοι φωτισμού	104
Πίνακας 12. Ενδεικνύμενες τιμές θερμοκρασίας – υγρασίας χώρων σχολικών κτιρίων σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης στην Ελλάδα.....	111
Πίνακας 13. Μονάδες μέτρησης ενεργειακής αποδοτικότητας.....	112
Πίνακας 14. Απαιτήσεις χώρου των συστημάτων HVAC.....	113
Πίνακας 15. Απαιτούμενα θερμοκρασιακά επίπεδα σε διάφορους χώρους σχολικών κτιρίων	115
Πίνακας 16. Όρια συγκέντρωσης χημικών ρύπων	120
Πίνακας 17. Συστηγόμενη ελάχιστη αποδοτικότητα συσκευών ψύξης των ολοκληρωμένων συστημάτων στέγης.....	124
Πίνακας 18. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα θέρμανσης.....	136
Πίνακας 19. Αποτελέσματα προσομοίωσης αποδοτικότητας στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας σε Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 43° (Ρώμη)	139
Πίνακας 20. Οι πιο κοινές τεχνολογίες ηλιακού κλιματισμού	148
Πίνακας 21. Επίδραση της παρουσίας CO ₂ σε εσωτερικούς χώρους.....	152
Πίνακας 22. Απαιτήσεις αερισμού εκπαιδευτικών κτιρίων προτεινόμενες από την Τεχνική Οδηγία του TEE 2425/86.....	153
Πίνακας 23. Ικανότητα απορρόφησης χημικών ρύπων εκ μέρους διαφόρων φυτών εσωτερικών χώρων (υπό συνεχή 24ωρου βάσεως φωτισμό)	154
Πίνακας 24. Πρωτογενής παραγωγή από ΑΠΕ στην Ελλάδα	162
Πίνακας 25. Κυριότερα συστατικά στάχτης από θρύμματα βιομάζας.....	190
Πίνακας 26. Χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων κατάλληλων για θέρμανση μεγάλων κτιρίων	191
Πίνακας 27. Συγκριτικά πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα βιοκαυσίμων κατάλληλων για θέρμανση μεγάλων κτιρίων	191
Πίνακας 28. Εύρος υψών πτώσης για διάφορους τύπους στροβίλων.....	199

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Πορεία ωρίμανσης οικολογικών κριτηρίων	5
Σχήμα 2. Βασικές κατηγορίες κριτηρίων επιλογής και σχεδιασμού θέσης.....	12
Σχήμα 3. Κριτήρια επιλογής και σχεδιασμού θέσης σχολικού κτιρίου	13
Σχήμα 4. Κριτήρια αφορώντα στην επιλογή θέσης σχολικού κτιρίου	14
Σχήμα 5. Επιβαρημένη περιοχή «brownfield»	15
Σχήμα 6. Κριτήρια σχετικά με τα μέσα μεταφοράς στη θέση ενός σχολικού κτιρίου	17
Σχήμα 7. Κριτήρια σχετικά με τη διαχείριση απορροών στη θέση ενός σχολικού κτιρίου.....	20
Σχήμα 8. Χρήση ενός ανοικτού, μορφής πλέγματος, συστήματος εδαφοκάλυψης.....	22
Σχήμα 9. Κριτήρια σχετικά με τη διαχείριση νερού χρήσης στη θέση ενός σχολικού κτιρίου.....	23
Σχήμα 10. Σχεδιαστικός υπολογισμός της θέασης	37
Σχήμα 11. Παράθυρο θέασης.....	46
Σχήμα 12. Υψηλό άνοιγμα στην πλευρική τοιχοποιία	48
Σχήμα 13. Κεκλιμένη περιμετρικά οροφή	49
Σχήμα 14. Κλιμακωτή οροφή	49
Σχήμα 15. Ηλιακά ράφια	51
Σχήμα 16 . Άνοιγμα οροφής « Wall Wash»	52
Σχήμα 17. Κεντρικός φωτισμός οροφής	53
Σχήμα 18. Φωτισμός οροφής με πρότυπο κατανομής	55
Σχήμα 19. Υπολογισμός πλέγματος ανοιγμάτων οροφής.....	55
Σχήμα 20. Κυλινδρικός φεγγίτης	56
Σχήμα 21. Αίθριο	57
Σχήμα 22. Η τροχιά του ήλιου	58
Σχήμα 23. Απεικόνιση της οπτικής και θερμικής συμπεριφοράς μίας συσκευής ελέγχου, σχετικά με την ροή της ηλιακής ακτινοβολίας	59
Σχήμα 24. Περσίδες από Φ/Β κύτταρα	62
Σχήμα 25. Πρισματικά πλαίσια	62
Σχήμα 25. Ανακλαστικές περσίδες	63
Σχήμα 26. Ανειδωλικό κάτοπτρο.....	63
Σχήμα 27. Ακρυλικές πρισματικές περσίδες	63
Σχήμα 28. Τυπική Ηλεκτροχρωμική διάτάξη	65
Σχήμα 29. Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για διάφορες περιπτώσεις.....	78
Σχήμα 30 . Ολικές τιμές U-values σαν συνάρτηση του μεγέθους παραθύρου	80
Σχήμα 31. Μονωτικές τεχνικές.....	83
Σχήμα 32. Σχεδιαστικά Κριτήρια Φωτισμού σχολικού κτιρίου	91
Σχήμα 33. Κατηγορίες σχεδιαστικών κριτηρίων φωτισμού	93
Σχήμα 34. Παραδείγματα εξωτερικού φωτισμού	96
Σχήμα 35. Διάγραμμα επιλογής συστήματος HVAC	108
Σχήμα 36. Όρια θερμικής άνεσης	110
Σχήμα 37. Κριτήρια σχεδιασμού συστημάτων HVAC.....	114
Σχήμα 38. Γενικοί τύποι Συστημάτων Κλιματισμού	123
Σχήμα 39. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού φυσικού αερίου / ηλεκτρικού, διαιρούμενου τύπου	125

Σχήμα 40. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού Μεταβλητού Όγκου Αέρα – VAV	127
Σχήμα 41. Απεικόνιση μοναδιαίου συστήματος κλιματισμού με ανεμιστήρα	128
Σχήμα 42. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού αερισμού αντικατάστασης	130
Σχήμα 43. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού διαιρούμενου τύπου λίγων σωληνώσεων	131
Σχήμα 44. Απεικόνιση τυπικού συστήματος κλιματισμού αντλιών θερμότητας βρόγχου νερού	133
Σχήμα 45. Απεικόνιση συστήματος θέρμανσης βασικού πίνακα	134
Σχήμα 46. Απεικόνιση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης	136
Σχήμα 47. Εξάρτηση του εξαερισμού από τη διάταξη των ανοιγμάτων	138
Σχήμα 48. Σχηματική απεικόνιση Διαμπερούς αερισμού	140
Σχήμα 49. Σχηματική απεικόνιση αερισμού με δημιουργία φαινομένου καμινάδας	142
Σχήμα 50. Το διάγραμμα ροής του κύκλου δροσισμού άμεσης εκτόνωσης	145
Σχήμα 51. Διάταξη δροσισμού με ψύξη νερού	146
Σχήμα 52. Απεικόνιση λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας	147
Σχήμα 53. Σχηματική παράσταση ενός συστήματος δροσισμού με απορρόφηση	149
Σχήμα 54. Σχηματική παράσταση ενός συστήματος δροσισμού με προσρόφηση	150
Σχήμα 55. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος DEC	151
Σχήμα 56. Τρόποι διανομής αέρα εσωτερικών χώρων	155
Σχήμα 57. Σύστημα φυσικού αερισμού	155
Σχήμα 58. Συστήματα μηχανικού αερισμού	156
Σχήμα 59. Η δυνατότητα εφαρμογής των Παθητικών Ηλιακών Στοιχείων στα Σχολικά κτίρια του Ηνωμένου Βασιλείου	167
Σχήμα 60. Σχηματική απεικόνιση χώρου άμεσου κέρδους χωρίς διάχυση	168
Σχήμα 61. Σχηματική απεικόνιση χώρου άμεσου κέρδους με διάχυση	169
Σχήμα 62. Τοίχος συμπαγούς μάζας έμμεσου ηλιακού κέρδους	170
Σχήμα 63. Τοίχος θερμοσιφωνικής ροής (Trompe- Michel)	171
Σχήμα 64. Τοίχος Trompe- Michel με κινητά εξωτερικά πετάσματα	171
Σχήμα 66. Θερμοσιφωνικό πάνελ αέρος	174
Σχήμα 67. Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας ενός τυπικού ηλιακού συλλέκτη στέγης	176
Σχήμα 68. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε ένα ηλιακό κύτταρο	181
Σχήμα 69. Συστατικά στοιχεία Φ/Β συστήματος	181
Σχήμα 70. Παραγόμενη ισχύς από μια συστοιχία με ή χωρίς παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου	182
Σχήμα 71. Αυτόνομο Φ/Β σύστημα	182
Σχήμα 72. Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα	183
Σχήμα 73. Κόστος Φ/Β και μείωση του προϊόντος του χρόνου	184
Σχήμα 74. Σχηματική αναπαράσταση Α/Γ οριζόντιου άξονα	185
Σχήμα 75. Τυπική καθ ύψος κατανομή της ταχύτητας του αέρα	187
Σχήμα 76. Λέβητας καύσης βιομάζας	188
Σχήμα 77. Κόστη επένδυσης συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα	189
Σχήμα 78. Γεωγραφική κατανομή διαθέσιμων ποσοτήτων αγροτικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα	192
Σχήμα 79. Συνδυασμός λέβητα βιοκαυσίμου με ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού	193
Σχήμα 80. Θέρμανση χώρου γραφείων 60 m ² του ΚΑΠΕ με συνδυασμό λέβητα βιοκαυσίμου και ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού	194

Σχήμα 81. Τυπικό υδρογράφημα	196
Σχήμα 82. Τυπική Καμπύλη Διάρκειας Ροής	196
Σχήμα 83. Διάταξη μικρού Υδροηλεκτρικού Συστήματος.....	198
Σχήμα 84. Διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας	200

ΜΕΡΟΣ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται μια προσπάθεια με διττό σκοπό:

Αφ ενός μεν να παραχθεί ένα πλαίσιο για την οργάνωση τη λειτουργία και τη διαχείριση ενός σχολείου με βάση της αρχές της αειφόρου ανάπτυξης , είτε πρόκειται για νέα κατασκευή είτε για τροποποίηση υπαρχόντων κτιριακών εγκαταστάσεων, αφ ετέρου δε να εξελιχθεί το σχολείο σε χώρο εκπαίδευσης της μαθητικής κοινότητας σε θέματα, που αφορούν στις εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην εν γένει ορθολογική διαχείριση των περιβαλλοντικών πόρων.

Αποτελείται από τέσσερα μέρη εκ των οποίων το πρώτο είναι η παρούσα εισαγωγή.

Στο δεύτερο μέρος, το οποίο απαρτίζεται από επτά κεφάλαια, αναπτύσσεται ένα πλαίσιο οργάνωσης -υλοποίησης και διαχείρισης ενός βιοκλιματικού σχολικού κτιρίου, η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του οποίου κινείται με βάση τους παρακάτω άξονες:

- Επιλογή και σχεδιασμός της θέσης
- Φυσικός φωτισμός και ανοίγματα του κτιρίου
- Κέλυφος του κτιρίου
- Τεχνητός φωτισμός
- Θέρμανση, Δροσισμός και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
- Ενεργειακός σχεδιασμός και ΑΠΕ.

Η δομή του δευτέρου μέρους ακολουθεί τους άξονες αυτούς αντιστοιχίζοντας ένα κεφάλαιο ανά άξονα, ενώ υπάρχει και ένα κεφάλαιο για τις βασικές αρχές και τους στόχους ενός βιοκλιματικού σχολείου, το οποίο και προτάσσεται.

Σε κάθε κεφάλαιο καταγράφονται κριτήρια για το βέλτιστο σχεδιασμό του κτιρίου ανά τομέα, καθώς και υπάρχουσες τεχνικές και στρατηγικές για την εκπλήρωση των κριτηρίων αυτών.

Στο τρίτο μέρος γίνεται σύνδεση του πλαισίου αυτού με το περιεχόμενο μαθημάτων του προγράμματος της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Αυτό γίνεται με την ιδέα να επιχειρηθεί, αφ ενός μεν μια πιο βιωματική προσέγγιση των μαθημάτων του σχολικού προγράμματος, αφ ετέρου δε η εις βάθος κατανόηση εκ μέρους των μαθητών των όρων διαμόρφωσης των μικροκλιματικών συνθηκών στο χώρο διαβίωσης και η συνειδητοποίηση της ευθύνης, που αναλογεί στον καθένα για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Τέλος στο τέταρτο μέρος αναφέρονται συμπεράσματα και προτάσεις.

**ΜΕΡΟΣ 2^ο : ΠΛΑΙΣΙΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ –
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ**

ΜΕΡΟΣ 2^ο : ΠΛΑΙΣΙΟ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ – ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΝΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΝΟΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

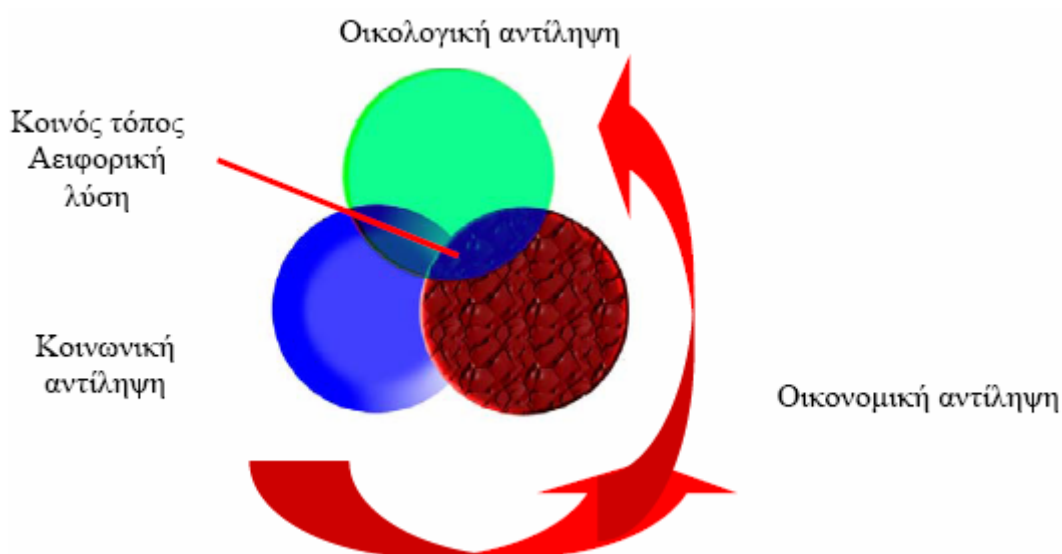
1.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ

Υπάρχει ανά τον κόσμο ένας αυξανόμενος σκεπτικισμός σχετικά με την εξάντληση των φυσικών πόρων, την ρύπανση του περιβάλλοντος, τις κλιματικές αλλαγές και όλα τα συναφή προβλήματα, που απορρέουν από τον τρόπο, με τον οποίο γίνεται η διαχείριση του περιβάλλοντος. Βέβαια δεν είναι δυνατή η εφαρμογή περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων εκ του μηδενός, όμως είναι αναγκαία η έναρξη σταδιακής εφαρμογής τους.

Σύμφωνα με τους Α.Κορωναίο, Γ.-Φ.Σαργέντη (2005) τρία είναι τα κριτήρια για την εφαρμογή περιβαλλοντικής προτεραιότητας:

- Κοινωνική αντίληψη
- Οικονομική αντίληψη
- Οικολογική αντίληψη

Συνήθως αλληλοσυγκρούονται και στο σημείο αυτό είναι σημαντικός ο καταλυτικός ρόλος, που μπορεί να διαδραματίσει το εκπαιδευτικό σύστημα για την ταχύτερη ωρίμανση της διαδικασίας, την εύρεση και την προβολή μιας χρυσής τομής. Η χρυσή αυτή τομή είναι η αειφορική λύση. Η αειφόρος ανάπτυξη έχει ως στόχο την διαχείριση των περιβαλλοντικών πόρων για κάλυψη των αναγκών του παρόντος χωρίς υπονόμηση των αναγκών των μελλοντικών γενεών.



Σχήμα 1. Πορεία ωρίμανσης οικολογικών κριτηρίων [⁴⁵]

1.2. Ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Στην εποχή μας υπάρχει ένα διάχυτο κλίμα κοινωνικής και περιβαλλοντικής ενοχοποίησης της ενέργειας, ενώ αναφύονται διαρκώς ζητήματα διαθεσιμότητας σε ενέργεια και νερό και, όσο ανεβαίνουν οι τιμές των καυσίμων, τόσο θα αυξάνεται η σημασία και η κρισιμότητα της διερεύνησης μεθόδων και τεχνολογιών, που θα συγκλίνουν προς την ιδέα της αειφορίας.

Ο κτιριακός τομέας καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της ενεργειακής κατανάλωσης¹, και αναδεικνύεται πλέον ως αδήριτη ανάγκη, η προώθηση ενός μακροπρόθεσμου τρόπου σκέψης, αναφορικά με το σχεδιασμό, την κατασκευή και την διαχείριση των πάσης φύσεως κτιρίων. Ένας τέτοιος τρόπος προσέγγισης είναι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός :

«**Βιοκλιματικός σχεδιασμός** είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές τους ανάγκες όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας». (Υ.Α.21475/4707/98) [49]

Ένα Βιοκλιματικό Σχολείο πρέπει να σχεδιασθεί στη βάση των ακόλουθων αρχών της αειφόρου χρήσης της ενέργειας [5]

- Ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων ενεργειακών αναγκών,
- Κάλυψη κατά το μέγιστο δυνατόν της απαραίτητης υπολειπόμενης ενεργειακής απαίτησης από Α.Π.Ε.(Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας)
- Η διαθεσιμότητα, ποσότητα, ποιότητα, ένταση, συχνότητα και μεταβλητότητα των ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων θα πρέπει στη συνέχεια να εναρμονισθούν με τις ενεργειακές ανάγκες του σχολείου. Στην εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων για την εκπαιδευτική διαδικασία, θα πρέπει να ληφθούν υπ όψιν οι διαφορές χρήσης του κτιρίου ανάλογα με την εποχή, τις ημέρες εργασίας και την ώρα του 24ωρου.

¹ Στην ΕΕ καλύπτει το 40% σύμφωνα με στοιχεία του ΚΑΠΕ. [1]

Οι σχεδιαστές θα πρέπει να θεωρήσουν τα φυσικά χαρακτηριστικά του κτιρίου σαν τμήμα της ολιστικής σχεδιαστικής τους προσέγγισης και να αποτιμήσουν τις επιπτώσεις της σχεδιαστικής τους ιδέας στο περιβάλλον σε πρώιμο στάδιο της μελέτης.

Συναφείς με τον όρο «βιοκλιματικό σχολείο» είναι οι όροι «αιφόρο σχολείο», «ηλιακό σχολείο», «παθητικό ηλιακό σχολείο» και «σχολείο μηδενικής ενέργειας» (zero energy school). Κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής θα χρησιμοποιείται και ο όρος «αιφόρο σχολείο», καθώς εμπεριέχει όλα τα στοιχεία του όρου «βιοκλιματικό σχολείο», ενώ επιπροσθέτως διαγράφει πιο ευδιάκριτα τα όρια του εφικτού.

Τα σχολικά κτίρια παρουσιάζουν μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με τους άλλους τύπους κτιρίων, καθώς είναι οι χώροι εκπαίδευσης της νέας γενεάς και προσφέρουν τη δυνατότητα της διαμόρφωσης ενημερωμένων και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένων πολιτών.

Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα πλαίσιο για την οργάνωση ενός αιφόρου σχολείου, γίνεται κατανομή του όλου φάσματος των σχεδιαστικών και λειτουργικών παραμέτρων του κτιρίου σε επί μέρους τομείς. Πρέπει όμως να υπάρχει και μια τελική ανασύνθεση και συνεκτίμηση των συνιστωσών αυτών, ώστε το σχεδιαστικό πλαίσιο, που θα προκύψει, να είναι αποδοτικό καθ' όλο τον κύκλο ζωής του κτιρίου. Η εμπειρία του παρελθόντος έχει δείξει, ότι η αποσπασματική χρήση στοιχείων θεωρούμενων ως «βιοκλιματικών» στην κατασκευή κτιρίων, δεν είχε τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Όμως όσο ολοκληρωμένος και αν είναι ο σχεδιασμός και η εν γένει φιλοσοφία στην κατεύθυνση της αειφορίας, για να επιτευχθούν οι στόχοι της ενεργειακής αποδοτικότητας και της βέλτιστης αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, θα πρέπει όλοι οι εμπλεκόμενοι, -από τις αρχές, που έχουν την ευθύνη για τη χρηματοδότηση μέχρι και τους τελικούς χρήστες, που είναι η εκπαιδευτική κοινότητα, να πεισθούν, ότι η συλλογική ευθύνη για το μέλλον συνδέεται με πλεονεκτήματα και κέρδη για όλες τις πλευρές.

1.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΧΩΝ ^[10]

Οι στόχοι πρέπει να απορρέουν από μια σχεδιαστική φιλοσοφία, που λαμβάνει υπ όψιν τις τοπικές ιδιαιτερότητες και προσπαθεί να εξισορροπήσει τις βραχυπρόθεσμες ανάγκες με τις μακροπρόθεσμες στρατηγικές επίτευξης αειφορίας.

Βασικοί στόχοι είναι:

- Η λειτουργία του ίδιου του κτιρίου ως εκπαιδευτικού εργαλείου
- Η εξοικονόμηση ενέργειας – πόρων
- Η μείωση των λειτουργικών εξόδων,
- Η προστασία του περιβάλλοντος,
- Η βελτίωση της ακαδημαϊκής αποδοτικότητας,
- Η αύξηση της υγιεινότητας –ασφάλειας- άνεσης,
- Η προώθηση κοινωνικών αξιών.

1.3.1. Λειτουργία του κτιρίου ως εκπαιδευτικού εργαλείου ^[10]

Ο ιδιαίτερα σημαντικός αυτός ρόλος, που καλείται να παίξει ένα τέτοιου τύπου σχολείο, θα πρέπει να συνεκτιμηθεί κατά τον αρχικό σχεδιασμό, έτσι ώστε να ενσωματωθούν στο κτίριο στοιχεία εκπαιδευτικού χαρακτήρα, τα οποία αν εξέλιπε αυτή η διάσταση του ζητήματος, θα θεωρούνταν πιθανώς αντισυμβατικά ως επένδυση.

1.3.2. Η εξοικονόμηση ενέργειας – πόρων και η μείωση των λειτουργικών εξόδων ^[10]

Για την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης των περιβαλλοντικών πόρων, πρέπει να συνεκτιμηθούν οι σύγχρονες ενεργειακά οικονομικές τεχνολογίες, το όλο κτιριακό σύστημα, οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής καθώς και η καταναλωτική συμπεριφορά των χρηστών, και να τεθούν συγκεκριμένοι καταναλωτικοί στόχοι. Στις ΗΠΑ υπάρχει ένα σύστημα καταγραφής των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων των σχολικών κτιρίων ανά περιοχή, που επιβραβεύει τα σχολεία, που καταλαμβάνουν μια θέση στα καλύτερα 25% των ενεργειακά αποδοτικότερων σχολείων της χώρας με μια τιμητική πλακέτα Energy Star Label. [πιστοποιητικό της US EPA(US Environmental Protection Agency) και της US DOE, συμβολίζει καλή ενεργειακή απόδοση σε περισσότερες από 30 κατηγορίες ηλεκτρονικών καταναλώσεων και εφαρμογών, καθώς και κτιρίων γραφείων, σχολείων, εμπορικών επιχειρήσεων, νοσοκομείων και σπιτιών].

1.3.3. Βελτίωση ακαδημαϊκής αποδοτικότητας

Σύμφωνα με έρευνες των τελευταίων δεκαετιών έχει αποδειχθεί, ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των ποιοτικών χαρακτηριστικών των σχολικών κτιρίων και της αποδοτικότητας των μαθητών.

Η ποιότητα του αέρα είναι σημαντική παράμετρος για τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας και είναι απαραίτητη η διατήρησή της σε επιθυμητά επίπεδα, αποκλείοντας εκτός των άλλων τη χρήση υλικών ή συστημάτων προβληματικών για την ποιότητα του αέρα και τηρώντας μια διαδικασία ελέγχου των συνθηκών αερισμού.

Απαιτείται επίσης έλεγχος των επιπέδων φυσικού φωτισμού στους διάφορους χώρους του σχολείου, ενώ σημαντική θεωρείται και η οπτική σύνδεση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με έρευνα του 1999, από το Heschong Mahone Group, οι μαθητές με καλύτερο φυσικό φωτισμό στις αίθουσές τους, προόδευαν 20% γρηγορότερα στις ασκήσεις των Μαθηματικών και 26% στις ασκήσεις ανάγνωσης σε σχέση με μαθητές με χειρότερες συνθήκες φυσικού φωτισμού [25].

1.3.4. Προστασία του περιβάλλοντος [10]

Περιβαλλοντικά σημαντικά σχεδιαστικά στοιχεία είναι εκείνα που :

- Χρησιμοποιούν συστήματα ΑΠΕ και ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες
- Ενσωματώνουν οικοδομικά υλικά και συστήματα αποδοτικής χρήσης πόρων.
- Προωθούν στρατηγικές ορθής διαχείρισης-συντήρησης του νερού.
- Χρησιμοποιούν τις λιγότερο ρυπαίνουσες εναλλακτικές επιλογές μεταφοράς.
- Εγκαθιστούν συστήματα ανακύκλωσης.
- Ενσωματώνουν χωροταξικό σχεδιασμό με περιβαλλοντικά κριτήρια.

1.3.5. Σχεδιασμός για Υγεία, Ασφάλεια, Άνεση

Πρέπει να επιτευχθεί οπτική, ακουστική και θερμική άνεση, ενώ με τη διατήρηση του φυσικού φωτισμού και του αερισμού εσωτερικών χώρων στα κατάλληλα επίπεδα επιδιώκεται υγιεινότερο σχολικό περιβάλλον.

Απαραίτητη φυσικά κρίνεται η χρήση των προδιαγραφών ασφαλείας για το σχεδιασμό τη λειτουργία και τη συντήρηση των εγκαταστάσεων, μηχανισμών και συσκευών του κτιρίου για την αποφυγή ατυχημάτων.

1.3.6. Υποστήριξη κοινωνικών αξιών

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, που πρέπει να επιτελέσει ούτως ή άλλως ένα σχολείο, είναι η εμφύσηση στους μαθητές μιας σειράς αρχών και αξιών, που είναι απαραίτητες για τη συγκρότηση μιας οργανωμένης κοινωνίας. Το συγκριτικό πλεονέκτημα ενός αειφόρου σχολείου λόγω της δομής και του τρόπου λειτουργίας του είναι, ότι μπορεί, να βοηθήσει σε πρώτο βαθμό στην ανάπτυξη αισθήματος συλλογικής ευθύνης για τη διαχείριση του περιβάλλοντος και την ποιότητα ζωής και κατ'επέκταση στη βελτίωση της εν γένει κοινωνικής συμπεριφοράς των πολιτών.

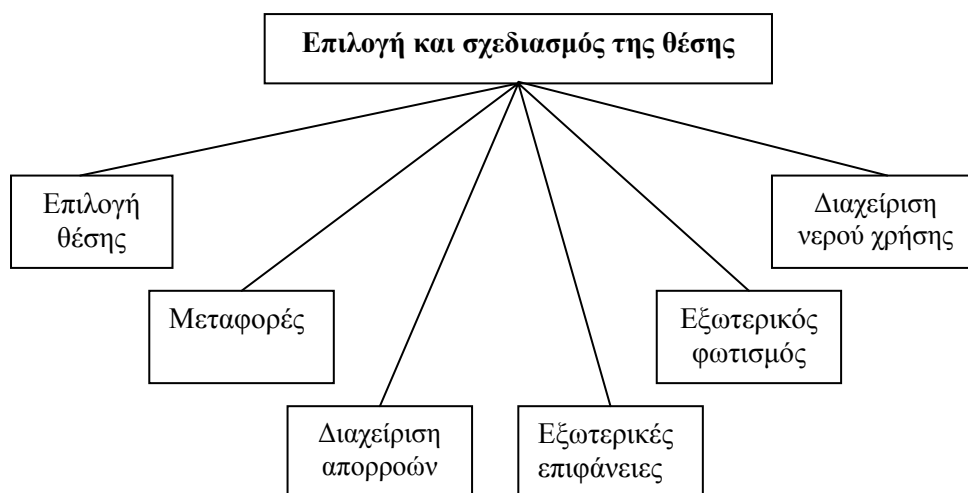
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ (ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ (ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ)

Η θέση είναι σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού ενός κτιρίου, με ποικίλες επιδράσεις στην λειτουργία του κτιρίου, στην ποιότητα του περιβάλλοντος και στην ποιότητα ζωής των κατοίκων του. Αρχικά καταγράφονται τα κριτήρια για την επιλογή το σχεδιασμό και τη διαχείριση της θέσης ενώ στη συνέχεια παρατίθενται οδηγίες και στρατηγικές για την εκπλήρωση των κριτηρίων αυτών και την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού.

2.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ

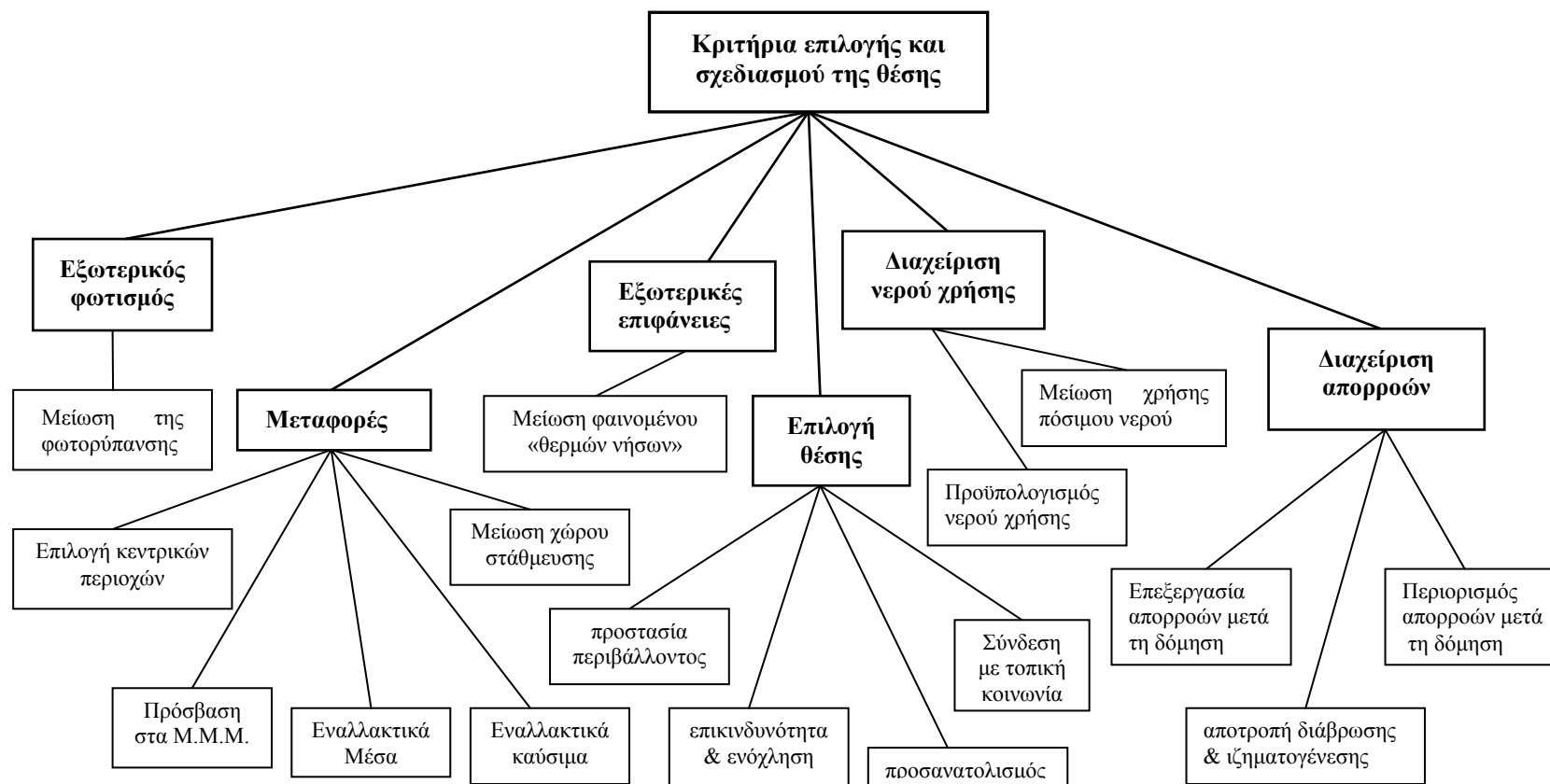
Τα κριτήρια κατανέμονται ανάλογα με το αντικείμενό τους σε έξι βασικές κατηγορίες :



Σχήμα 2. Βασικές κατηγορίες κριτηρίων επιλογής και σχεδιασμού θέσης

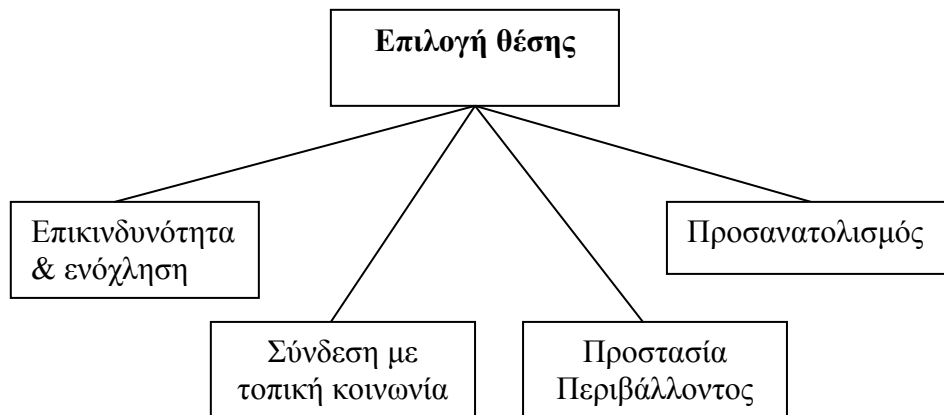
Η όλη διάρθρωση της παρουσίασής τους φαίνεται στο σχήμα 3. Τα κριτήρια και οι δείκτες, που παρουσιάζονται προέρχονται κατά κύριο λόγο από δύο βασικές πηγές από τις ΗΠΑ :

- Το LEED : (Leadership in Energy and Environmental Design:εμπορικό σήμα του U.S.Green Building Council) και
- Το CHPS (Collaborative for High Performance Schools)



Σχήμα 3. Κριτήρια επιλογής και σχεδιασμού θέσης σχολικού κτιρίου.

2.1.1. Επιλογή Θέσης



Σχήμα 4. Κριτήρια αφορώντα στην επιλογή θέσης σχολικού κτιρίου

2.1.1.1. Αποφυγή ενοχλητικών ή επικίνδυνων τοποθεσιών ^[22]

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία απαιτείται :

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

2.1.1.2. Προστασία Περιβάλλοντος

2.1.1.2.1. Αποφυγή τοποθεσιών με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [²²]

Να αποφεύγεται να κτίζονται σχολεία σε περιοχές που εκπληρούν τα παρακάτω κριτήρια

- παραγωγική καλλιεργήσιμη έκταση
- Περιοχή που παρέχει ενδιαίτημα σε σπάνια και απειλούμενα είδη.
- Περιοχή σε απόσταση από υδροβιότοπο μικρότερη από 100ft .
- Περιοχή που ήταν πριν δημοτικό πάρκο, εκτός εάν αποδοθεί έκταση ίση ή και μεγαλύτερη σε όμοια χρήση .
- Περιοχή, που δεν έχει μέχρι τώρα αναπτυχθεί, ή έχει αναπλασθεί για χρήση αγροτική, δασική ή ως χώρος πρασίνου. Αν, αντί αυτής, επιλεγεί η ανάπλαση μιας αστικής περιοχής, μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη χρήση των ήδη υπάρχουσών υποδομών, και διατηρείται ο ελεύθερος χώρος των μη ανεπτυγμένων περιοχών.

2.1.1.2.2. Επιλογή περιοχών με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [¹⁹]

Συστήνεται να προτιμώνται

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



Ας σημειωθεί ότι :

Ο όρος «**brownfield**» περιγράφει ένα χώρο, του οποίου η επέκταση, ανάπλαση, ή επαναχρησιμοποίηση εμπλέκεται με την παρουσία, ή την πιθανή παρουσία, ενός επικινδύνου, ρυπαντικού ή μολυσματικού παράγοντα.

Σχήμα 5. Επιβαρημένη περιοχή «brownfield» [¹⁹]

2.1.1.2.3. Μείωση της διαταραχής της θέσης

Για την προστασία του περιβάλλοντος συνιστώνται :

- Περιορισμός της διαταραχής στις μη ανεπτυγμένες περιοχές. Η αποκατάσταση του 50 % της απομένουσας ελεύθερης περιοχής αν ήδη έχει χρησιμοποιηθεί αναπτυγμένη περιοχή. [19]
- Μείωση του εμβαδού κάλυψης του χώρου για να αυξηθεί η διαθεσιμότητα ανοικτού χώρου κατά 25%. [19]
- Αύξηση του FAR (Floor Area Ratio : ο λόγος του ολικού εμβαδού του κτιρίου προς το εμβαδόν του εδάφους που καλύπτει το κτίριο) τουλάχιστον στο 1,2, για να μειωθεί η χρησιμοποιούμενη από το κτίριο έκταση και να κερδηθεί ελεύθερος χώρος.[22]
- Περιορισμός της διαταραχής χώρου πρασίνου της θέσης, 40 ft από την περίμετρο του κτιρίου (σε αυτήν περιλαμβάνονται και οι παρακείμενες καλυμμένες περιοχές και οι χώροι στάθμευσης).
- - 5 ft από τα όρια των δρόμων των πεζοδρόμων και των κύριας χρήσης τάφρων και 25 ft από δομημένες περιοχές με διαπερατές επιφάνειες. [18]
- Κατά τη διάρκεια της δόμησης τα χώματα συνήθως υποβαθμίζονται και συμπιέζονται. Γενικά , αναλόγως και με τον τύπο τους, τα προς φύτευση εδάφη δεν πρέπει να συμπιεστούν πάνω από 80%, έτσι ώστε να είναι ευδιαπέραστα από το νερό και τον αέρα. [11]

2.1.1.2.4. Διαχείριση των αποβλήτων της θέσης [22]

Συστήνεται

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

2.1.1.3. Σύνδεση με την τοπική κοινωνία [22].

Προτείνεται

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

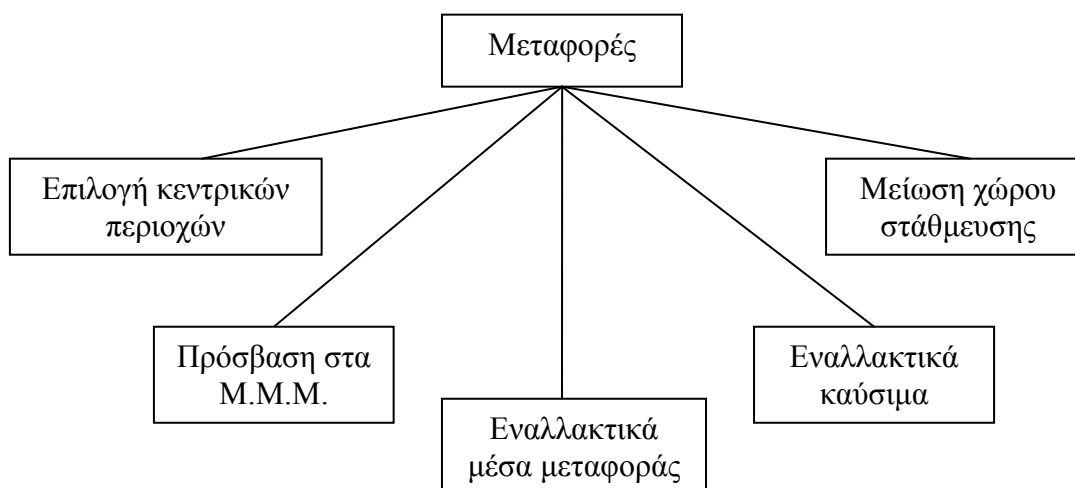
2.1.1.4. Προσανατολισμός

Σύμφωνα με τη Ν.Χρυσομαλλίδου [20] ισχύουν τα εξής:

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

Σύμφωνα με τον C. Grindley, (2000) σε μέρη που δεν είναι εφικτός ο νότιος προσανατολισμός για τις κύριες επιφάνειες των ανοιγμάτων, συνιστάται η χρήση κεντρικού αιθρίου. Η μεταβολή της ετήσιας ενεργειακής απαίτησης σχολείων με κεντρικό αίθριο, σε σχέση με τον προσανατολισμό (οι υπολογισμοί έγιναν με βήμα 15 μοιρών) είναι ασήμαντη. Η έρευνα έγινε με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων προσομοίωσης για σχολεία στη Ν.Α. περιοχή της Μ. Βρετανίας.[6]

2.1.2. Μεταφορές



Σχήμα 6. Κριτήρια σχετικά με τα μέσα μεταφοράς στη θέση ενός σχολικού κτιρίου

2.1.2.1. Επιλογή κεντρικών περιοχών.

Συστήνεται επιλογή κεντρικών περιοχών, με το 50% των μαθητών να διαμένουν μέσα στις παρακάτω αποστάσεις [²²] :

- Δημοτικό : 1 μίλι
- Γυμνάσιο: 2 μίλια
- Λύκειο : 4 μίλια

2.1.2.2. Πρόσβαση στα MMM.

Σύμφωνα με το CHPS συνιστάται χωροθέτηση του σχολείου σε απόσταση 1/4 του μιλίου από στάση του μετρό ή Τραμ ή 1/8 του μιλίου από στάση μιας τουλάχιστον γραμμής λεωφορείου[²²].

Το κριτήριο του LEED διαφοροποιείται κάπως, καθώς προτείνει ¼ του μιλίου από στάση του μετρό ή ¼ του μιλίου από δύο γραμμές λεωφορείου[¹⁹].

2.1.2.3. Εναλλακτικά μέσα μεταφοράς

Συνιστάται

- Παροχή κατάλληλης υποδομής για ασφαλή πρόσβαση με ποδήλατο τουλάχιστον του 15 % των χρηστών των σχολικών εγκαταστάσεων. Ποδηλατόδρομοι και πεζόδρομοι μέχρι τουλάχιστον τη ζώνη του σχολείου[^{19,22}].
- Παροχή εγκαταστάσεων αποδυτηρίων και λουτήρων για τους ποδηλάτες, με πρόβλεψη για το 5% του συνόλου των κατόχων του κτιρίου[¹⁹].
- Εξυπηρέτηση των μαθητών με σχολικό λεωφορείο

2.1.2.4. Οχήματα με εναλλακτικά καύσιμα

Τουλάχιστον το 20% των σχολικών λεωφορείων και των οχημάτων συντήρησης πρέπει να χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Αν τα λεωφορεία, που εξυπηρετούν το σχολείο, παρέχονται στο πλαίσιο μιας σύμβασης με τρίτο μέρος, τότε το 20% του συνολικού τους αριθμού πρέπει να καταναλώνει εναλλακτικά καύσιμα. [²²]

Πρέπει επίσης να υπάρχει σταθμός εφοδιασμού με εναλλακτικά καύσιμα (3% της ολικής χωρητικότητας), Η εξασφάλιση εναλλακτικών καυσίμων (AFVs - Alternative Fuel Vehicles) για το 3 % των χρηστών του κτιρίου [¹⁹].

Αναλυτικότερα θα μπορούσαμε να πούμε τα εξής:

Η μεταφορά μαθητών απαιτεί ενέργεια χρόνο και χρήματα ενώ προκαλεί σημαντική ρύπανση του περιβάλλοντος. Το σκεπτικό της χρήσης λεωφορείου είναι η μείωση του αριθμού των γονέων που μεταφέρουν ατομικά τα παιδιά τους στο σχολείο. Ωστόσο η εξασφάλιση σχολικού λεωφορείου είναι λιγότερο «αειφόρα» από τη χρήση δημόσιων μαζικών μέσων μεταφοράς, τη χρήση ποδηλάτου ή την πεζοπορία, και δεν πρέπει να ενθαρρυνθεί εφόσον οι μεταφορικές ανάγκες καλύπτονται με αποδοτικότερο τρόπο.

Συνιστάται η χρήση εναλλακτικών καυσίμων- προπάνιο, φυσικό αέριο, βιοντίζελ, κύτταρα καυσίμου- καθώς πολλά λεωφορεία, όντας παλαιά, εκπέμπουν 60-70 φορές περισσότερους ρύπους, και εκατοντάδες φορές περισσότερο τοξικούς μολυσματικούς παράγοντες από τα σημερινά επιβατικά αυτοκίνητα. Επιπρόσθετα, νέες έρευνες έχουν δείξει ότι οι συγκεντρώσεις ρύπων εντός των λεωφορείων, συμπεριλαμβανομένων και καρκινογενών τέτοιων, είναι ανησυχητικά υψηλές. [22]

2.1.2.4. Μείωση του χώρου στάθμευσης^[22]

Εξασφαλίστε χώρο στάθμευσης σε ποσοστό 5 % του συνολικού για οχήματα ομαδικής μεταφοράς (carpools, vanpools) ενώ η συνολική έκταση του χώρου στάθμευσης πρέπει να περιορίζεται από τους εξής κανόνες.

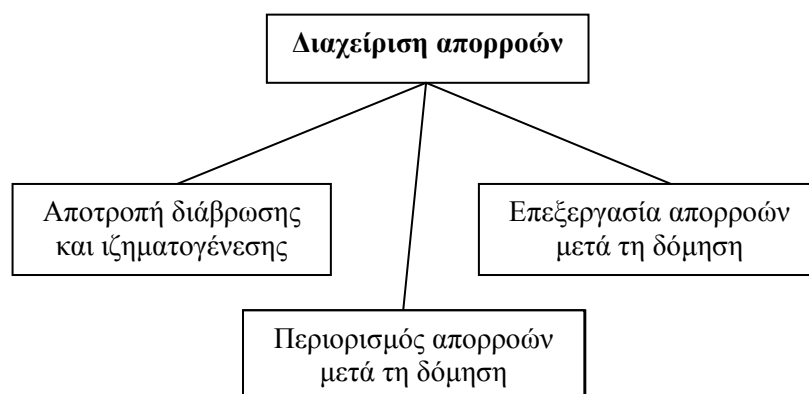
Λύκεια : 2,25 χώρους ανά αίθουσα συν χώρους στάθμευσης για το 20% των μαθητών.

Δημοτικά και Γυμνάσια : τρεις χώρους στάθμευσης ανά αίθουσα.

Η, μην προσθέτετε νέους χώρους στάθμευσης για έργα αποκατάστασης και διαθέστε χώρο στάθμευσης σε ποσοστό 5 % του συνολικού για οχήματα.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η υπέρβαση των θέσεων στάθμευσης ενθαρρύνει τη χρήση ΙΧΕ, συμβάλλει στη δημιουργία, φαινομένων «θερμής νησίδας», αυξημένης διάβρωσης του εδάφους και ρύπανσης λόγω ενίσχυσης της επιφανειακής απορροής. Οι θέσεις για ομαδικής χρήσης μέσων μεταφοράς πρέπει να είναι ευκρινώς οριοθετημένες .

2.1.3. Διαχείριση Απορροών



Σχήμα 7. Κριτήρια σχετικά με τη διαχείριση απορροών στη θέση ενός σχολικού κτιρίου

2.1.3.1. Σχεδιασμός αποτροπής φαινομένων διάβρωσης και ιζηματογένεσης

Είναι γνωστό ότι οι επιφανειακές απορροές καταλήγουν είτε στο σύστημα αποχέτευσης είτε σε φυσικούς υδάτινους αποδέκτες. Μεταφέρουν ιζήματα και ρυπαντές, που διαλύουν κατά την πορεία τους και είναι σημαντική μια πολιτική διαχείρισης τους σε κάθε επί μέρους έργο. Το συνολικό φορτίο των απορροών μίας περιοχής απαιτεί σημαντικές δημόσιες επενδύσεις για κατασκευή υποδομών διαχείρισης του και αποτροπής δυσάρεστων και καταστροφικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Συνιστάται [26] εκπόνηση σχεδίου, που να εκπληρώνει τους παρακάτω στόχους:

- Αποτροπή απωλειών εδάφους κατά τη διάρκεια της δόμησης λόγω επιφανειακών απορροών ή και αιολικής διάβρωσης.
- Αποθήκευση του επιφανειακού εδάφους για επαναχρησιμοποίηση.
- Αποτροπή ιζηματογένεσης από τις απορροές των όμβριων υδάτων και τη διέλευση ρευμάτων, ή /και της ρύπανσης του αέρα με σκόνη και σωματιδιακό υλικό.

Πίνακας 1. Μέθοδοι Έλεγχου Απορροής, Διάβρωσης, Ιζηματογένεσης [²²]	
Έλεγχος Απορροής	Ελαχιστοποίηση καθαρίσματος: διαβάθμιση εδάφους , μόνιμες παρεκτροπές, διατήρηση φυσικής βλάστησης Σταθεροποίηση οδών αποστράγγισης : φράγματα ελέγχου, αναχώματα φιλτραρίσματος.
Έλεγχος Διάβρωσης	σταθεροποίηση εκτεθειμένων εδαφών: χημική σταθεροποίηση, προστατευτικό στρώμα, μόνιμη βλάστηση, εκτράχυνση του εδάφους. προστασία απότομων πλαγιών: γαιο-υφάσματα, δημιουργία αναβαθμίδων, διατήρηση του εδάφους, προσωρινός αγωγός κλίσης προστασία υδάτινων διαδρομών: προσωρινές διασταυρώσεις ρευμάτων, φυτικοί φράκτες φάση κατασκευής: αλληλουχία κατασκευής, έλεγχος σκόνης
Έλεγχος Ιζηματογένεσης	εγκατάσταση περιμετρικών σημείων ελέγχου : προσωρινά αναχώματα εκτροπής, ανεμοφράκτες και φράκτες άμμου, θυσανωτά εμπόδια, φράγματα ιλύος. εγκατάσταση μηχανισμών παγίδευσης ιζημάτων λεκάνες ιζημάτων και φράγματα βράχων, φίλτρα ιζημάτων και θάλαμοι ιζημάτων, παγίδες ιζημάτων. προστασία της εισόδου ρεύματος νερού λόγω καταιγίδας.

2.1.3.2. Επεξεργασία των απορροών μετά τη δόμηση.

Εγκατάσταση συστημάτων επεξεργασίας σχεδιασμένων με στόχο την απομάκρυνση του 80% των μέσων ετήσιων τιμών των ολικών αιρούμενων στερεών (TSS) , και το 40% της μέσης ετήσιας τιμών του Ολικού Φωσφόρου(TP), με εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών διαχείρισης, που έχουν περιγραφεί από την Regional Water Resources Control Board ή υπάρχουν στο EPA's Guidance Specifying Management Measures for Sources of Non point Pollution in Coastal Waters (EPA 840-B-92-002 1/93)

Πρακτικές Επεξεργασίας: Συνήθεις πρακτικές επεξεργασίας περιλαμβάνουν, λεκάνες και τάφρους διήθησης, πορώδη κάλυψη του εδάφους, φυτικές ζώνες διήθησης και τεχνητούς υγρότοπους [²²]

2.1.3.3. Περιορισμός των απορροών των ομβρίων μετά τη δόμηση.



Σχήμα 8. Χρήση ενός ανοικτού, μορφής πλέγματος, συστήματος εδαφοκάλυψης [¹⁹]

Δεν πρέπει να αυξηθεί ο ρυθμός ή η ποσότητα των απορροών των ομβρίων λόγω της ανάπτυξης της σχολικής μονάδας στην περιοχή.

Ή

εάν η υφιστάμενη στεγανότητα είναι μεγαλύτερη του 50%, πρέπει να εφαρμοσθεί διαχειριστικό σχέδιο με επιδίωξη τη μείωση κατά 25% του ρυθμού και της ποσότητας της απορροής [²²]

2.1.4. Εξωτερικές Επιφάνειες

2.1.4.1 Μείωση φαινομένου«θερμών νήσων»

Θα πρέπει να εξασφαλισθεί σκιά (μέσα σε 5 χρόνια) κατ' ελάχιστο στο 30%, των ασκεπών, μη περατών επιφανειών της θέσης, συμπεριλαμβανομένων των χώρων στάθμευσης, των πεζοδρόμων και των πλατειών..

Ή χρήση ανοικτόχρωμων / υψηλής ανάκλασης υλικών (ανακλαστικότητα κατ' ελάχιστο 0,3) για το 30% των ασκεπών μη περατών επιφανειών της θέσης.

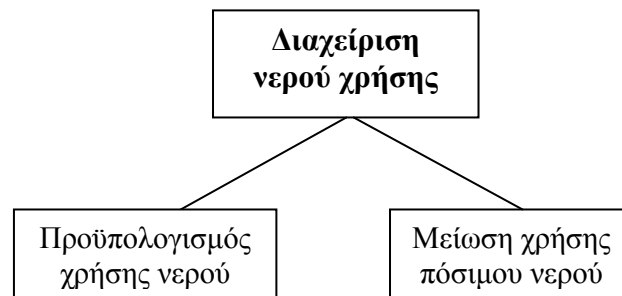
Ή υπόγεια κατασκευή για το 50% τουλάχιστον της περιοχής του χώρου στάθμευσης.

Ή χρήση ενός ανοικτού, μορφής πλέγματος, συστήματος εδαφοκάλυψης (καθαρή μη περατή περιοχή μικρότερη του 50%) για το 50% τουλάχιστον της περιοχής του χώρου στάθμευσης.

Επίσης πρέπει να χρησιμοποιηθούν υλικά με υψηλές προδιαγραφές, με αρχική ανακλαστικότητα το λιγότερο 0,75 για τουλάχιστον του 75% της επιφάνειας της στέγης (cool roof).

Ή κατασκευή «πράσινης» (φυτεμένης) οροφής σε αναλογία 50% της συνολικής επιφάνειας της οροφής. [^{19,22}]

2.1.5. Διαχείριση νερού χρήσης



Σχήμα 9. Κριτήρια σχετικά με τη διαχείριση νερού χρήσης στη θέση ενός σχολικού κτιρίου

2.1.5.1. Προϋπολογισμός χρήσης νερού ^[22]

Για το σχεδιασμό του προϋπολογισμού χρήσης νερού για τις ανάγκες διαχείρισης του τοπίου και διακοσμητικούς λόγους (σε περίπτωση έλλειψης σε εθνικό επίπεδο κάποιας διάταξης περί επάρκειας νερού τοπίου), υπάρχει η δυνατότητα χρήσης μεθοδολογίας που περιγράφεται από το Τμήμα Υδάτινων Πόρων της Καλιφόρνια των ΗΠΑ.(California Department of Water Resources)

Σύμφωνα με το πρότυπο του CDWR η ποσότητα του νερού, που απαιτείται για τις ανάγκες διαχείρισης του τοπίου, εκφράζεται ως ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής [ποσότητας του νερού, που εξατμίζεται από τη βλάστηση (διαπνοή) και το υποκείμενο έδαφος] στην διαχειριζόμενη περιοχή. Το συγκεκριμένο πρότυπο θέτει ένα ανώτατο όριο χρήσης νερού (Maximum Applied Water Allowance) το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

$$MAWA = ET_o * 0,88 * LA * 0,62 \text{ gallons / yr}$$

όπου

ET_o : εξατμισοδιαπνοή αναφοράς της περιοχής (inches/yr)

0,8 : συντελεστής προσαρμογής του ET . Εξαρτάται από τα φυτά και την αποδοτικότητα της άρδευσης.

LA : εμβαδόν διαχειριζόμενης περιοχής (Landscaped Area).

0,62 : συντελεστής μετατροπής από $\text{acre} \cdot \text{inches} / (\text{acre} \cdot \text{yr})$ σε $\text{gallons} / (\text{ft}^2 \cdot \text{yr})$

Βέβαια περιοχές, όπως πάρκα , αθλητικά γήπεδα, ή και σχολικές αυλές με γήπεδα και χώρους αναψυχής, απαιτούν πρόσθετες ποσότητες νερού . Στην προκειμένη περίπτωση στις ΗΠΑ κατατίθεται σχετική δήλωση υπέρβασης του MAWA με διευκρινιστικά σχεδιαστικά στοιχεία.

2.1.5.2. Μείωση χρήσης πόσιμου νερού για διαχείριση τοπίου ^[22]

Μείωση του βασικού προϋπολογισμού κατανάλωσης πόσιμου νερού για άρδευση κατά 50%, με την χρήση:

- ιθαγενών (ή εγκλιματισμένων) φυτών με μικρές απαιτήσεις σε νερό,
- τεχνικών άρδευσης υψηλής αποδοτικότητας ,
- συλλεγμένου βρόχινου νερού,
- ανακυκλωμένου νερού.

Μηδενική κατανάλωση πόσιμου νερού για άρδευση.

Η μη εγκατάσταση συστημάτων μόνιμης άρδευσης του τοπίου

2.1.6. Εξωτερικός Φωτισμός

2.1.6.1 Μείωση της φωτο-ρύπανσης ^[19]

Ο σχεδιασμός του εξωτερικού και του εσωτερικού φωτισμού πρέπει να είναι τέτοιος ώστε μηδενική φωτεινή άμεση ακτινοβολία να εξέρχεται της θέσης. ^[22]

- Συμμόρφωση με τα επίπεδα φωτισμού και τις αναλογίες ομοιομορφίας της IESNA.
- Τα εξωτερικά φωτιστικά πρέπει να εκπληρώνουν την πλήρους αποκοπής ταξινόμηση της IESNA.
- Το μεγαλύτερο τμήμα του εσωτερικού φωτισμού πρέπει να πέφτει μέσα στο κτίριο και του εξωτερικού μέσα στο οικόπεδο.

2.2. ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

2.2.1. Επιλογή κατάλληλης θέσης

Αρχικά είναι αναγκαία η επίσκεψη της θέσης και η προσεκτική διερεύνηση και αξιολόγηση των ιδιαιτέρων χαρακτηριστικών της. Αναλυτικότερα απαιτείται :

- Διερεύνηση υπάρχουσας υποδομής (νερό, ενέργεια, επικοινωνία).
- Διερεύνηση της δυνατότητας εύκολης σύνδεσης του σχολείου με την τοπική κοινωνία μέσω πεζοδρόμων, καθώς και της δυνατότητας ενσωμάτωσης του σχολείου σε ένα ευρύτερο σχεδιασμό σε συνεργασία με τις τοπικές αρχές [¹⁰].
- Μελέτη της τρέχουσας ποιότητας του νερού και του αέρα και καθορισμός των επιπτώσεων, που θα προκαλέσει η ύπαρξη του σχολείου στις παραμέτρους αυτές [¹⁷].
- Μελέτη των γεωλογικών, οικολογικών και μικροκλιματικών συνθηκών [¹⁷].
- Αξιολόγηση των μέσων επιπέδων θορύβου [¹⁷].
- Διερεύνηση των επιπέδων βροχόπτωσης της περιοχής και της συχνότητας συμβάντων πλημμυρών [¹⁷].
- Εντοπισμός ιστορικών τοποθεσιών και αρχαιολογικών χώρων [¹⁰].
- Αξιολόγηση των επιπτώσεων του σχολείου στο τοπικό περιβάλλον. [¹⁰].
- Εκτίμηση των επιπτώσεων κατασκευής του σχολείου σε πιθανούς υδροβιότοπους, ενδιαιτήματα αγρίας ζωής και άλλα ευαίσθητα οικοσυστήματα [¹⁷].
- Μελέτη της ανάπλασης μιας υπάρχουσας θέσης σε μια αστική περιοχή αντί της χρήσης μιας αδιατάρακτης θέσης [¹⁷].
- Μελέτη της διαθεσιμότητας και του κόστους χρήσεων στη θέση [¹⁰].
- Επιλογή θέσης, που ενέχει δυνατότητες για βέλτιστο προσανατολισμό του κτιρίου σχετικά με την ηλιακή πρόσβαση και τον φυσικό φωτισμό [¹⁷].

2.2.2. Διαχείριση του τοπίου

Μετά την επιλογή της θέσης ακολουθεί ο σχεδιασμός και η διαχείριση του τοπίου, με άξονες την προστασία του περιβάλλοντος , την αποδοτική χρήση ενέργειας νερού και υλικών , τη χρήση αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών, την χρήση Α.Π.Ε. και τον αποδοτικό προσανατολισμό του κτιρίου.

2. 2.2.1. Προστασία του υπάρχοντος περιβάλλοντος

Σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος μπορούν να γίνουν τα εξής:

- Διασάφηση της μεθόδου με την οποία θα προστατευθούν και θα αναδειχθούν τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά του τοπίου, τα δένδρα, τα φυσικά οικοσυστήματα, πιθανοί υδροβιότοποι και ενδιαιτήματα άγριας ζωής [¹⁷].
- Συγκράτηση των νερών της βροχής στην περιοχή [¹⁸].
- προστασία και ανάπλαση αν απαιτείται του τοπίου για [¹⁷]:
 - μείωση της διαταραχής της θέσης
 - επαναφορά των φυσικών διαδικασιών σε διαταραγμένες περιβαλλοντικά περιοχές
 - προστασία της ποιότητας του νερού
- περιορισμός της επιφάνειας της αναπτυσσόμενης περιοχής για διατήρηση των μη ανεπτυγμένων περιοχών, εξασφάλιση των ενδιαιτημάτων και προώθηση της βιοποικιλότητας. [¹⁸]
 - σχεδίαση του κτιρίου με μικρότερη περίμετρο.
 - Ορισμός ελεύθερης ανοικτής περιοχής γειτονικής του κτιρίου, ίσης ή και μεγαλύτερης από την έκταση που ορίζει η περίμετρος του κτιρίου.
 - Αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων σε παρακείμενες εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες ανοικτού χώρου. (θάμβωση από ανάκλαση, απώλειες θερμότητας, θόρυβος πύργων ψύξης -συσκευών εξαερισμού-και γεννητριών, σκίαση κτιρίων και χώρων πρασίνου, ισχυρά ρεύματα αέρα από σήραγγες διόδευσης του αέρα που δημιουργήθηκαν από τις νέες κατασκευές).
 - Χρήση υπόγειων γραμμών μεταφοράς (τηλεφώνου, ηλεκτρικού ρεύματος, ύδρευσης, αποχέτευσης)
 - χωροθέτηση των υπόγειων χρήσεων σε αντιτυρικές ζώνες.
- Προστασία των υπογείων υδάτων από ρυπασμένες επιφανειακές απορροές κατά τη διάρκεια ή και μετά τη δόμηση, ιδιαίτερα σε περιοχές λεκανών απορροής [¹⁷].
- Εφαρμογή στρατηγικών ελέγχου της διάβρωσης [¹⁰].
 - υιοθέτηση των ισοϋψών της θέσης
 - μείωση των μη περατών επιφανειών, μετριασμός των επιφανειακών απορροών.
 - χρήση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού ως σχεδιαστικών στοιχείων.
- Επιλογή περιβαλλοντικά φιλικών υλικών.

2.2.2.2. Αποδοτική χρήση ενέργειας, νερού και υλικών

Η βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης πόρων επιτυγχάνεται με :

- Χρήση πρακτικών διαχείρισης του τοπίου που ελαττώνει τη χρήση πόσιμου νερού^[10]:
 - Χρήση ιθαγενών φυτών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις για νερό και φυτοπροστασία.^[18]
 - Επαναχρησιμοποίηση νερού από νεροχύτες και βρύσες για άρδευση
 - Χρήση υπόγειας άρδευσης με σταγόνες, που ελαχιστοποιεί την απόπλυση του εδάφους και την εξάτμιση και μεγιστοποιεί το βαθμό αξιοποίησης του νερού από τα φυτά.
 - Χρήση συστημάτων άρδευσης με χρονοδιακόπτες για νυχτερινή άρδευση.
 - Συλλογή του βρόχινου νερού από τις στέγες των κτιρίων για χρήση σε αρδεύσεις και τουαλέτες ^[17].
- Κατανόηση και μεγιστοποίηση των ωφελειών από τις φυσικές συνθήκες της θέσης^[17,20]:
 - Ανάπτυξη προς νότο υδάτινων επιφανειών, ή χαμηλής και υψηλής βλάστησης (φυλλοβόλα δένδρα), για επωφελή σκιασμό και εξατμιστικό δροσισμό.
 - Φύτευση αειθαλών δένδρων προς βορρά για προστασία από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους.
 - χρήση υφισταμένων δένδρων ή άλλων φυσικών όγκων του τοπίου ως ηχητικών φρακτών.
 - Υποβοηθητικά έργα για μεγιστοποίηση του έργου των φυσικών συστημάτων αποστράγγισης της θέσης.
 - Πιστοποίηση ότι η θέση που προορίζεται πιθανώς για τοποθέτηση ανεμογεννήτριας δεν επηρεάζεται αρνητικά από το κτίριο και το τοπίο.
- Μελέτη, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της θέσης, των προτύπων μεταβολής του ανέμου και της υγρασίας σε συνδυασμό με την κίνηση του ήλιου και την παροχή σκιάς στο κτίριο ^[18].
- Προσοχή, στη φάση του εργοταξίου και της διαμόρφωσης του τοπίου :
 - Στη χρήση λίθων ή ανακυκλωμένων επιφανειακών υλικών της περιοχής.

- στην καταλληλότητα ανακυκλωμένου ελαστικού για εξειδικευμένη χρήση ως τάπητα σε αθλητικούς χώρους.
- σε σχέδια διαμόρφωσης του τοπίου, που στηρίζονται σε φυσικά υλικά.
- στη συμπερίληψη συστήματος συλλογής του βρόχινου νερού και στα θετικά του αποτελέσματα σε θέματα αποστράγγισης της θέσης.
- Διαχωρισμός του είδους των δρόμων σε βαριάς, ελαφράς , ή πεζής κυκλοφορίας ώστε να υπολογίζονται κατά το σχεδιασμό το είδος και το πάχος των στρωμάτων των υλικών κάλυψης [¹⁷].
- Διαμόρφωση του τοπίου ώστε να προστατεύονται τα κτίρια από τον άνεμο και τις θερμικές απώλειες την ψυχρή περίοδο ενώ παρέχεται σκίαση στις συσκευές κλιματισμού και τα κτίρια και αποφεύγονται φαινόμενα «θερμής νησίδας», χωρίς να παρεμποδίζεται η κυκλοφορία του αέρα, το καλοκαίρι [¹⁷].
- Αερισμός των κτιρίων και των υπαιθρίων χώρων με παραμέτρους, όπως η χωροθέτηση χώρων πρασίνου κατάλληλου σχήματος και ύψους (ανακατεύθυνση και όδευση ανέμων), συσχέτιση κτιρίων και ανοικτών χώρων (εξασφάλιση επαρκούς μη τυρβώδους ροής, αποτροπή φαινομένου Bernoulli), κατάλληλη χωροθέτηση κτιρίων (συσχέτιση ύψους και απόστασης). [¹⁵]
- Φυσικός δροσισμός και εξασφάλιση θερμικής άνεσης με τεχνικές όπως, δροσισμός με ακτινοβολία προς τον ουρανό, που εξασφαλίζεται με υψηλό Συντελεστή Ανεμπόδιστης Θέας (Sky View Factor) των εξωτερικών επιφανειών των κτιρίων προς τον ουρανό, καθώς και ψύξη με εξάτμιση, που προϋποθέτει χρήση κατάλληλων, σε θέση , μέγεθος και σχήμα, υδάτινων στοιχείων . [¹⁵]

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο **Συντελεστής Ανεμπόδιστης Θέας - Sky View Factor** [¹⁵] είναι απλώς μια μέτρηση της στερεάς γωνίας θέασης του ουρανού από ένα αστικό χώρο.

Τιμή του SVF = 1: σημαίνει ανεμπόδιστη θέα του ουρανού, οπότε οι θερμοκρασίες ακολουθούν στενά τις μετεωρολογικές τιμές.

Τιμή του SVF = 0 : σημαίνει ότι η θέα του ουρανού εμποδίζεται καθολικά, οπότε οι θερμοκρασίες θα επηρεαστούν σημαντικά από το αστικό περιβάλλον.

Μικρές τιμές του SVF συνδέονται με φαινόμενα θερμικής νησίδας.

- Σε θερμές και ξηρές περιοχές κατάλληλη διαμόρφωση για μετριασμό των ακραίων θερμοκρασιών μέσω αποθήκευσης θερμικής ενέργειας, αύξησης της υγρασίας και σκέδασης των ξηρών ανέμων^[11].
- Επιλογή κτιρίων ενός ορόφου για μεγιστοποίηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού^[10].
- Διαμόρφωση του τοπίου και φύτευση δένδρων για προστασία έναντι του κυκλοφοριακού θορύβου. Η μείωση του θορύβου μπορεί να φθάσει μέχρι και 10 db αν τα φυτά είναι τοποθετημένα κοντά στην πηγή θορύβου, ενώ σημαντικός είναι και ο ψυχολογικός παράγοντας με τον οπτικό διαχωρισμό και απόκρυψη της πηγής του θορύβου^[15].
- Φύτευση φυλλοβόλων δένδρων στην Νότιο-Ανατολική, Νότιο- Δυτική και Δυτική πλευρά των κτιρίων καθώς και κλημάτων στη Νότια ή τη Δυτική πλευρά, ώστε να προσφέρουν σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ το χειμώνα να επιτρέπουν την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Λαμβάνεται μέριμνα ώστε η βλάστηση να μην είναι τόσο πυκνή που να παρεμποδίζει την κίνηση του αέρα από και προς το κτίριο^[11].
- Χρήση φωτοβολταϊκής γεννήτριας ή άλλης Α.Π.Ε. για το φωτισμό των χώρων στάθμευσης και των εξωτερικών διαδρομών^[17].
- Χρήση του ανάγλυφου του εδάφους για προστασία έναντι ψυχρών ανέμων^[18].
- Προσωρινή αφαίρεση και αποθήκευση των φυτικών υπολειμμάτων και του επιφανειακού εδάφους κατά τη διάρκεια της εκσκαφής, και επαναχρησιμοποίηση του μετά το πέρας των χωματουργικών εργασιών^[17].
- Συγκεντροποίηση των σωληνώσεων και των αγωγών που εξυπηρετούν το κτίριο για εξοικονόμηση χώρου και σμίκρυνση της προκαλούμενης όχλησης^[17].

2.2.2.3. Μεταφορές

Κομβικά σημεία για την επίτευξη μεταφορών με χαρακτήρα αειφόρο είναι^[17]:

- Πεζόδρομοι με πρόσβαση σε μέσα μαζικής μεταφοράς και κατοικημένες περιοχές.
- Εύκολη πρόσβαση της θέσης σε ποδήλατα.
- Ασφαλής προστατευμένος χώρος στάθμευσης για ποδήλατα.
- Εύκολη πρόσβαση στις στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς
- Εύκολη πρόσβαση για ΑΜΕΑ.

2.2.2.4. Χρήση αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών [18]

Για την επίτευξη αειφορίας της γης απαιτούνται

- Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους.
 - ανάλυση του εδάφους
 - εφαρμογή μέτρων αποκατάστασής του αν απαιτείται (εισαγωγή γεωσκωλήκων αν σπανίζουν, προσθήκη οργανικού υλικού και μικροοργανισμών για τη διάσπαση ρύπων και την απομάκρυνση τοξικών υλικών).
 - χρήση φυτοχώματος για τη συντήρηση της εδαφικής υγρασίας, αποκατάσταση της γονιμότητας του εδάφους, και μείωση της απαίτησης για λιπάσματα.
 - αφήστε φυτικά υπολείμματα (χλόη, μικρά τμήματα φυτών, φύλλα) να αποδομηθούν στο έδαφος.
 - χρησιμοποιείτε, αν είναι διαθέσιμο, οργανικό λίπασμα –compost- από υλικά της θέσης, σαν εδαφοβελτιωτικό^[11]
 - χρησιμοποιείτε ένα στρώμα φυτοχώματος, 3-4 inches κατ ελάχιστο, για την βελτίωση του εδάφους.^[11]
 - εξασφαλίστε χώρο και δοχεία για λιπασματοποίηση (composting) υλικών της θέσης.

Σύμφωνα με έρευνα του University of Washington, βλάστηση που έχει αναπτυχθεί σε εδάφη εμπλουτισμένα με compost, συγκριτικά με βλάστηση καλλιεργημένη με παραδοσιακούς τρόπους, παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά ^[11]:

- χρησιμοποιεί λιγότερο νερό
- απαιτεί λιγότερα λιπάσματα και εντομοκτόνα
- «πρασινίζει» και καλύπτει το χώρο πολύ γρηγορότερα
- έχει βελτιωμένη εμφάνιση
- μειώνει την επιφανειακή απορροή.

- Έμφαση στη βιοποικιλότητα. Επιλογή φυτών προσαρμοσμένων στην περιοχή-συγκαλλιέργεια συντροφικών φυτών- αποφυγή «εισβολής» φυτών, που μπορούν να απειλήσουν τα τοπικά οικοσυστήματα. .

- Εναλλαγή των ετήσιου κύκλου φυτών (αμειψισπορά).
- Περιορισμός χρήσης φυτών που απαιτούν ιδιαίτερες φροντίδες και χημική προστασία. .
- Αποφυγή αλλεργιογόνων φυτών.
- Επιλογή φυτών που δεσμεύουν άζωτο από την ατμόσφαιρα.
- Διάσωση σπόρων τοπικών ποικιλιών.
- Χρήση οργανικής λίπανσης για την καλλιέργεια των φυτών του περιβάλλοντος χώρου^[17].

2.2.2.5. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ^[10]

Ο σχεδιασμός συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι σημαντικό να αρχίσει νωρίς, κατά τη διαδικασία αξιολόγησης της θέσης, έτσι ώστε να εξασφαλισθούν οι αναγκαίες προϋποθέσεις μεγιστοποίησης της αποδοτικότητάς τους. (ηλιακή πρόσβαση για τα ηλιακά συστήματα, κατάλληλες ανεμολογικές συνθήκες για Α/Γ κλπ). Ενέργειες που συνιστώνται είναι:

- Έλεγχος κλιματολογικών συνθηκών στη θέση.
- Διερεύνηση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μη διασυνδεδεμένων στο δίκτυο για εξοικονόμηση ενέργειας και ασφάλεια :
 - για φωτισμό πεζοδρόμων και των χώρων στάθμευσης
 - για φωτισμό τηλεφωνικών θαλάμων.
 - για φωτεινούς σηματοδότες
- Διερεύνηση εγκατάστασης ηλιακών θερμικών συστημάτων ολοκληρωμένου κτιριακού σχεδιασμού για ζεστό νερό, θέρμανση χώρου και δροσισμό απορρόφησης .
- Εξασφάλιση ηλιακής πρόσβασης στα ηλιακά συστήματα, τα οποία συγχρόνως πρέπει να είναι ορατά από τους μαθητές, καθηγητές, γονείς.
- Διερεύνηση εγκατάστασης Α/Γ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή για άντληση νερού.
- Διερεύνηση εγκατάστασης Γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

2.2.2.6. Προσανατολισμός κτιρίου

Η επιλογή σωστού προσανατολισμού αυξάνει τα πιθανά ενεργειακά κέρδη από τον ήλιο τη βλάστηση και τη μορφολογία του εδάφους. Εξασφαλίζει καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου (προστασία από τον άνεμο- ελαχιστοποίηση θερμικών απωλειών - μεγιστοποίηση του ηλιακού ενεργειακού κέρδους το χειμώνα, εκμετάλλευση της σκίασης και των ρευμάτων του αέρα - μεγιστοποίηση του δροσισμού το καλοκαίρι,) και βελτιστοποίηση του φυσικού φωτισμού των εσωτερικών χώρων.

- Στις περιπτώσεις που δεν διασφαλίζεται ο νότιος προσανατολισμός, ο μελετητής πρέπει να προτείνει λύσεις που να διασφαλίζουν ικανοποιητική ηλιακή πρόσβαση και φυσικό φωτισμό, χωρίς τη δημιουργία δευτερογενών προβλημάτων μείωσης οπτικής και θερμικής άνεσης. [20]
- Ανάπτυξη σχεδιασμού, που ελαχιστοποιεί την επιφάνεια των υαλοστασίων στην Ανατολική και τη Δυτική πλευρά του κτιρίου[17].
- Στην περίπτωση υπαρχόντων κτιρίων, ενδεχόμενος δυσμενής προσανατολισμός μετριάζεται με αλλαγές στην εσωτερική διαρρύθμιση των κτιρίων, κατάλληλες επεμβάσεις διαμόρφωσης του τοπίου και μετατροπών του κτιριακού κελύφους.
- Οι χώροι του κτιρίου με μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλότερες θερμοκρασιακές απαιτήσεις πρέπει να τοποθετούνται στη νότια πλευρά. Στη βόρεια πλευρά σχεδιάζονται βοηθητικοί χώροι με μικρό χρόνο χρήσης, για να λειτουργούν ουσιαστικά σαν προστατευτική θερμική ζώνη μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και των αιθουσών διδασκαλίας, ενώ στον ενδιάμεσο διάστημα υπάρχουν χώροι που απαιτούν μέσες συγκριτικά θερμοκρασίες. [20]
- Ο προσανατολισμός του κτιρίου έχει σημαντικές επιδράσεις στην ακουστική συμπεριφορά του κτιρίου. Λαμβάνεται μέριμνα για χωροθέτηση των αιθουσών διδασκαλίας μακριά από πηγές θορύβου[11].
- Πλάτος κτιρίου μικρότερο από 60 ft για αύξηση των δυνατοτήτων φυσικού φωτισμού και αερισμού.
- Ελαχιστοποίηση του βάθους των αιθουσών στα πολυώροφα κτίρια, για βελτίωση του φυσικού φωτισμού[10].
- Η επιλογή μονώροφων κτιρίων για καλύτερο φυσικό φωτισμό αυξάνει και την περίμετρο του κτιρίου και την επιφάνεια της οροφής. Και τα δύο συμβάλλουν στην αύξηση των θερμικών απωλειών και των ενεργειακών απαιτήσεων σε κλίματα που

- η θέρμανση είναι η κυρίαρχη ανάγκη. Κατά συνέπεια απαιτείται συνολική θεώρηση του ζητήματος για εύρεση της αποδοτικότερης σφαιρικά λύσης.
- Η έκταση της διαταραχής της θέσης κατά τη διάρκεια της δόμησης μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τον προσεκτικό προσανατολισμό των κτιρίων και των στοιχείων της θέσης. Συστήνεται η ευθυγράμμιση των μακρών κτιρίων και των περιοχών στάθμευσης παράλληλα με τις ισοϋψείς του τοπίου^[11].
 - Ο προσανατολισμός των εισόδων και τους εξωτερικών χώρων συνάθροισης πρέπει, να στοχεύει στην αύξηση της ασφάλειας και τη διευκόλυνση της πρόσβασης^[11].
 - Για τον επιτυχέστερο προσανατολισμό των δομικών στοιχείων και των χώρων του κτιρίου απαιτείται γνώση του εδάφους, της βλάστησης και του μικροκλίματος της περιοχής. Θα πρέπει να ενσωματωθούν στο σχεδιασμό, τα υπάρχοντα χαρακτηριστικά της θέσης, το προτεινόμενο σχέδιο του τοπίου, ο προσανατολισμός το ύψος, και το (φινίρισμα) χρώμα των τοίχων, το αρχιτεκτονικό σχέδιο, οι μη περατές επιφάνειες, η θέση των συσκευών θέρμανσης και δροσισμού^[11].
 - Χωροθέτηση του κτιρίου στη βόρεια πλευρά του κτήματος έτσι ώστε να αποφεύγεται ο σκιασμός από γειτονικά κτίρια. ^[20]
 - Στροφή του άξονα του κτιρίου προς Νότο, ή και μόνο της κύριας όψης του, ή των ανοιγμάτων του. ^[20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά καταγράφονται τα κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού, ενώ ακολούθως παρατίθενται στοιχεία για τα συστήματα φυσικού φωτισμού και τα συστήματα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας.

3.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ -ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

3.1.1. Καταγραφή Κριτηρίων

Τα κριτήρια, που αναφέρονται στους διάφορους οδηγούς κατασκευής ή ανακαίνισης σχολικών κτιρίων έχουν σαν σημεία αναφοράς βασικά δύο πηγές από τις ΗΠΑ :

- Το CHPS (Collaborative for High Performance Schools) και
- Το LEED (εμπορικό σήμα του U.S.Green Building Council)

Εκτός αυτών θα αναφερθούν και τα κριτήρια, που περιέχονται στις οδηγίες για τα σχολικά κτίρια του Department for Education and Skills (2003) στη Μ.Βρετανία [4].

Στον πίνακα 2 παρατίθενται τα κριτήρια του CHPS.

Επιπλέον σχετικά με το 1^ο Κριτήριο αναφέρεται ότι η επιφάνεια των υαλοστασίων δεν πρέπει να είναι υπερβολική και ο φυσικός φωτισμός να μην υπερβαίνει τα 200 fc στις περιόδους αιχμής. [22]

Σε αντίστοιχα πρόσφατα στοιχεία του LEED (2005), που περιλαμβάνονται σε ένα σύστημα αξιολόγησης για ήδη υπάρχοντα σχολικά κτίρια [27], υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις των κριτηρίων αυτών καθώς και επιπλέον διευκρινίσεις. Συγκεκριμένα :

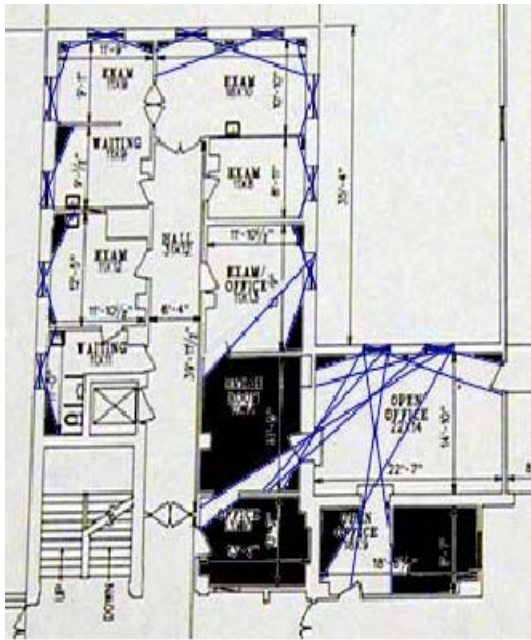
1^ο Κριτήριο

- Κλιμακούμενη στόχευση για το ποσοστό του χώρου : αρχική 50% , τελική 75% .
- Επιπλέον στοιχεία «Οι εξαιρέσεις περιλαμβάνουν εκείνους τους χώρους όπου οι εργασίες θα εμποδίζονταν από τη χρήση φυσικού φωτισμού ή όπου η εκπλήρωση των ειδικών έργων μέσα στο χώρο θα ενισχύετο από την άμεση διέλευση του ηλιακού φωτός. Εξασφάλιση ελέγχου θάμβωσης για όλα τα παράθυρα, όπου η κατευθείαν διέλευση του ηλιακού φωτός θα παρενέβαινε στις κανονικές δραστηριότητες των κατοίκων».

Πίνακας 2. Κριτήρια φυσικού φωτισμού [22]	
Σκοπός	Βελτίωση της παραγωγικότητας των μαθητών μέσω ποιοτικών σχεδιασμών φυσικού φωτισμού, που ελαχιστοποιούν τη θάμβωση και τη διείσδυση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Παροχή σύνδεσης μεταξύ εσωτερικών χώρων και εξωτερικού περιβάλλοντος, μέσω της εισαγωγής ηλιακού φωτός και της εξασφάλισης θέας στους χρησιμοποιούμενους χώρους του κτιρίου.
Απαιτήσεις	1.επίπεδα φυσικού φωτισμού Επίτευξη ενός ελαχίστου 2% συντελεστή φυσικού φωτισμού, (Daylight Factor) ομοιόμορφα κατανεμημένου φυσικού φωτισμού, χωρίς απ ευθείας διείσδυση του ηλιακού φωτός, για το 75% του συνολικού χώρου των αιθουσών διδασκαλίας, μη περιλαμβανομένων αποθηκευτικών χώρων, χώρων αντιγραφικών, μηχανημάτων, πλυντηρίων, καθώς και άλλων μικρής χρήσης βοηθητικών χώρων.
	2.θέα Άμεση γραμμή οπτικής επαφής με τα παράθυρα θέασης, για το 90% των αιθουσών διδασκαλίας, των χώρων διαχείρισης, και όλων των τακτικά χρησιμοποιούμενων χώρων, μη συμπεριλαμβανομένων, αποθηκευτικών χώρων, χώρων αντιγραφικών, μηχανημάτων, πλυντηρίων, καθώς και άλλων μικρής χρήσης βοηθητικών χώρων. (παράθυρα κάτω από 2,5' ή πάνω από 7,5' δεν είναι κατάλληλα)

2° Κριτήριο

- Κλιμακούμενη στόχευση για το ποσοστό του χώρου: αρχική 45% , τελική 90% .
- Επιπλέον στοιχεία «Οι κανονικά χρησιμοποιούμενοι χώροι θεωρείται ότι έχουν πρόσβαση σε θέα εάν εξασφαλίζουν οπτική επαφή με τα παράθυρα θέασης, και οι οριζόντιες γωνίες προς τα παράθυρα θέασης δεν είναι μικρότερες των 10° » [27].



Σχήμα 10. Σχεδιαστικός υπολογισμός της θέασης ^[19].

Για τον υπολογισμό της θέασης ακολουθούμε την εξής διαδικασία: ^[19]

- σχεδιάζουμε στην κάτοψη του κτιρίου τις γραμμές οπτικής σύνδεσης των χώρων με τα παράθυρα. (παράθυρα κάτω από 2,5' ή πάνω από 7,5' δεν λαμβάνονται υπ όψιν)
- Υπολογίζουμε την επιφάνεια των χώρων με οπτική επαφή με κάποιο παράθυρο και τη διαιρούμε με τη συνολική επιφάνεια των τακτικά χρησιμοποιούμενων χώρων.

Τέλος στις οδηγίες για τα σχολικά κτίρια του Department for Education and Skills (2003) στη Μ.Βρετανία αναφέρονται σχετικά με το ζήτημα τα εξής [4]:

- Το φυσικό φως πρέπει να είναι η κύρια πηγή φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για να θεωρηθεί ότι ο φυσικός φωτισμός καλύπτει μόνος του τις ανάγκες, πρέπει να επιτύχει επίπεδα φωτισμού όχι μικρότερα των 300 lux, και για επί μέρους απαιτητικότερες εργασίες όχι μικρότερα των 500 lux. Σε αντίθετη περίπτωση συμπληρώνεται από τεχνητό φωτισμό.
- Ένας χώρος θεωρείται καλά φωτισμένος όταν η μέση τιμή του DLF (daylight factor) είναι 4–5% . Ανακλαστήρες και ειδικά διαθλαστικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανακατευθύνουν το φως από τα περιμετρικά παράθυρα βαθύτερα μέσα στο χώρο και να αυξήσουν την ομοιομορφία του φυσικού φωτισμού.
- Ο λόγος ομοιομορφίας πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0.3 και 0.4 για πλευρικό φωτισμό, ενώ για φωτισμό από την οροφή αναμένεται να φθάνει στο 0.7.
- Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων πρέπει να συσχετισθεί με τη διαρρύθμιση και τις δραστηριότητες του εσωτερικού χώρου, έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα δημιουργίας σκιών και υπερβολικών αντιθέσεων φωτεινότητας.

- Πρέπει να ληφθεί μέριμνα για αποφυγή θαμβώσεων και υπερθερμάνσεων. Συστήνεται η χρήση εξωτερικών σκιάστρων, παρότι θεωρούνται ακριβότερα, καθώς είναι πιο αποτελεσματικά για την αποτροπή ηλιακού θερμικού κέρδους.
- Προτείνεται η χρήση παραθύρων με τριπλά τζάμια, με την εξής δομή : Ένα εσωτερικό στοιχείο με διπλό τζάμι, και ένα εξωτερικό με μονό, ενώ ενδιάμεσα υπάρχει ένα πέτασμα. Αυτή η διάταξη δίνει πολύ χαμηλό U-value, περίπου 1,6 w/m²* °C, με χαμηλό κόστος.
- Οι χώροι διδασκαλίας πρέπει να έχουν θέα προς τα έξω εκτός ειδικών περιπτώσεων. Ορίζεται σαν ελάχιστη επιφάνεια υαλοκάλυψης το 20% της εσωτερικής επιφανείας των περιμετρικών τοίχων για να εξασφαλισθεί θέα προς το περιβάλλον.

Τα παράθυρα επιπρόσθετα πρέπει να εκπληρώνουν και άλλους όρους σχετικούς με την θερμική και ακουστική συμπεριφορά καθώς και με την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου.

3.1.2. Σχεδιασμός Φυσικού Φωτισμού

3.1.2.1. Παράγοντες σχεδιασμού

Κατά το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού πρέπει να ληφθούν υπ όψιν οι εξής παράγοντες [¹²], [²³]:

- Η διαθεσιμότητα φυσικού φωτισμού στη συγκεκριμένη θέση
- Η ανακλαστικότητα των επιφανειών του εξωτερικού χώρου
- Ο τύπος των ανοιγμάτων
- Τα γεωμετρικά στοιχεία των ανοιγμάτων και του χώρου
- Τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων και των εν γένει φωτοδιαπερατών υλικών (φωτοδιαπερατότητα, ανακλαστικότητα)
- Η επιλογή των μέσων ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας
- Η επιλογή των χρωμάτων και των ανακλαστικοτήτων των εσωτερικών επιφανειών.

Πίνακας 3. Τιμές ανακλαστικότητας για διάφορες επιφάνειες [¹²]			
χρώματα	ανακλαστικότητα	υλικά εσωτερικού χώρου	ανακλαστικότητα
λευκό	0.85	λευκό χαρτί	0.8
απαλό κρέμ	0.8	τάπητας	0.45-0.1
ανοικτό γκρι	0.7	πλινθοδομή	0.3-0.2
μέτριο γκρι	0.45	πλάκες λατομείων	0.1
σκούρο γκρι	0.15	γυαλί παραθύρου	0.1
σκούρο καφέ	0.1		
μαύρο	0.05		

3.1.2.2. Παράμετροι σχεδιασμού φυσικού φωτισμού εσωτερικών χώρων

Η βασική παράμετρος σχεδιασμού του επιπέδου του εσωτερικού φυσικού φωτισμού είναι ο **συντελεστής φυσικού φωτισμού (DLF ή DF -Daylight Factor)**. Ο πίνακας – δείχνει τη σχέση μεταξύ του DLF και της οπτικής εντύπωσης που προκαλείται στους κατόχους του κτιρίου. Συνήθως μία τιμή του DLF = 2% αποτρέπει τη συχνή χρήση τεχνητού φωτισμού [¹²].

Πίνακας 4. Συντελεστής φυσικού φωτισμού (DLF) και οπτική εντύπωση [¹²]						
DLF (%)	< 1 %	1....2%	2...4%	4...7%	7...12%	> 12%
Επίπεδο φωτισμού	πολύ χαμηλό	χαμηλό	μέτριο	μέση τιμή	υψηλό	πολύ υψηλό
Θέση	μακριά από τα παράθυρα, 3 – 4 φορές το ύψος των παραθύρων			κοντά στα παράθυρα ή κάτω από υπόστεγα		
Λαμπρότητα (brightness)	σκοτάδι	χαμηλός φωτισμός	χαμηλός προς λαμπρό φωτισμός		λαμπρός έως πολύ λαμπρός φωτισμός	

Ο συντελεστής φυσικού φωτισμού είναι ο λόγος του εσωτερικού προς τον εξωτερικό φωτισμό:

$$DF = (\Phi_{E\Sigma} / \Phi_{E\Xi}) * 100 \%$$

όπου :

$\Phi_{E\Sigma}$ = Φωτισμός στα επίπεδα εργασίας της αίθουσας [fc ή lux]

$\Phi_{E\Xi}$ = Ανεμπόδιστος Φωτισμός εξωτερικού χώρου. [fc ή lux]

(και οι δυο τιμές λαμβάνονται σε συνθήκες ημέρας με μεγάλη νεφοκάλυψη) [¹²]

και είναι συνάρτηση : [¹⁹]

- του προσανατολισμού των παραθύρων
- των γεωμετρικών στοιχείων τους (κύριος ο ρόλος του ύψους)
- της περιοχής τοποθέτησής τους
- της φωτοδιαπερατότητας τους

Ο λόγος ομοιομορφίας (ορίζεται ως το πηλίκον DF_{min} / DF_{ave} , όπου: DF_{min} , DF_{ave} η ελάχιστη και η μέση τιμή του DF αντίστοιχα [¹²]) είναι μια ακόμη παράμετρος, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως σχεδιαστικό κριτήριο, για την εξασφάλιση της μη ύπαρξης εντός του κτιρίου σκοτεινών περιοχών. Μια τιμή του της τάξης του 0.3 – 0.4 είναι επαρκής για πλευρικός φωτιζόμενους χώρους. Σε χώρους που φωτίζονται από την οροφή αναμένεται ομοιομορφία κοντά στο 0.7.

3.1.2.3. Ροή σχεδιασμού

Για τον υπολογισμό της αναγκαίας περιοχής υαλοκάλυψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα προγραμματιστικό εργαλείο υπολογισμού φυσικού φωτισμού, ή ένας οδηγός εφαρμογής. Ακολουθεί σχεδιασμός των ανοιγμάτων και προσαρμογή στη συνέχεια, αν είναι απαραίτητο, για τον έλεγχο των θερμικών φορτίων το χειμώνα και των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι.

Αφού καθορισθεί η επιφάνεια υαλοκάλυψης διερευνάται η επιλογή του είδους του σχήματος και της θέσης των ανοιγμάτων.

Η τελική επιλογή πρέπει να είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ των οπτικών απαιτήσεων για θέα, αποφυγή θαμβώσεων και ομοιόμορφης διασποράς του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς και των θερμικών επιταγών [¹²].

3.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

3.2.1. Γενικά Στοιχεία

3.2.1.1. Ορισμός: Ως σύστημα φυσικού φωτισμού εννοείται ένα σύνολο, που περιλαμβάνει^[23] :

- Υαλοπίνακα ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο.

A. υαλοπίνακες

- Έγχρωμοι και ανακλαστικοί
- Απορροφητικοί
- Χαμηλού συντελεστή εκπομπής
- Ηλεκτροχρωμικοί
- Φωτοχρωμικοί
- Θερμοχρωμικοί

B. πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία

Γ. διαφανή μονωτικά υλικά

Δ. ανακλαστήρες

E. ανακλαστικές περσίδες

- Πλαίσιο.
- Διάταξη σκιασμού.

3.2.1.2. Βασικές αρχές ^[11]

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού ακολουθούν κάποιες βασικές αρχές, όπως :

- Κατάλληλος σχεδιασμός του εσωτερικού χώρου για εκμετάλλευση των συνθηκών φυσικού φωτισμού.
- Σχεδιασμός του ηλεκτροφωτισμού με συμπληρωματικό τρόπο ώστε να επιτευχθεί μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας
- Αποφυγή δημιουργίας πηγών θάμβωσης
- Παροχή απαλού, ομοιόμορφου φωτισμού σε όλο το χώρο
- Προστασία από τη διείσδυση άμεσης ακτινοβολίας σε ευαίσθητους σε φαινόμενα θάμβωσης χώρους διδασκαλίας.
- Δυνατότητα ελέγχου του φυσικού φωτισμού με χειρισμό φωτοσκιάστρων ή περσίδων.

3.2.1.3. Σκοποί των συστημάτων και των τεχνικών φυσικού φωτισμού είναι [¹¹]:

Ο όλος σχεδιασμός των συστημάτων φυσικού φωτισμού επιδιώκει:

- Βελτίωση της παραγωγικότητας των μαθητών με ελαχιστοποίηση της θάμβωσης και της άμεσης διείσδυσης του ηλιακού φωτός.
- Εξασφάλιση οπτικής σύνδεσης μεταξύ εσωτερικών χώρων και εξωτερικού περιβάλλοντος
- Επίτευξη οπτικής άνεσης και γενικώς βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης εντός των κτιρίων, συνδυάζοντας θέα, φως, δυνατότητα αερισμού, έλεγχο και αξιοποίηση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. [²³]
- Κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό του κτιρίου κατά το μεγαλύτερο δυνατόν.

3.2.1.4. Πλεονεκτήματα του φυσικού φωτισμού [¹¹]:

Τα πλεονεκτήματα του φυσικού φωτισμού είναι πολλαπλά και ποικίλα.

- **Βελτίωση Ακαδημαϊκής αποδοτικότητας**
Έρευνες έχουν δείξει οι μαθητές έχουν πολύ καλύτερες επιδόσεις στα μαθήματά τους, όταν ο χώρος διδασκαλίας τους έχει καλό φωτισμό.
- **Εξοικονόμηση ενέργειας**
Απαραίτητος κρίνεται για το σκοπό αυτό ο συντονισμός με τον ηλεκτροφωτισμό, έτσι ώστε να υπάρχει ρύθμιση ή και σβήσιμο των ηλεκτρικών με τη βοήθεια κατάλληλου αυτοματισμού. (ενδείκνυται χρήση φωτοαντίστασης, φωτοκύτταρου)
- **Φως καλύτερης ποιότητας**
Το ηλεκτρικό φως εμπεριέχει πεπερασμένο αριθμό συχνοτήτων και ως εκ τούτου είναι ποιοτικά υποδεέστερο σε σχέση με το ηλιακό, που εμπεριέχει όλες τις συχνότητες του ορατού φάσματος.
- **Σύνδεση με το φυσικό περιβάλλον**
- **Υγεία**
 - Η θέα, που προσφέρεται, συνεισφέρει στην υγεία των ματιών μέσω της συχνής εναλλαγής της εστιακής απόστασης.
 - η έλλειψη φυσικού φωτισμού, προκαλεί ορμονικές δυσλειτουργίες, με αποτέλεσμα μείωση της ικανότητας συγκέντρωσης και συνεργασίας των μαθητών καθώς και αρνητικές επιδράσεις στην ετήσια σωματική ανάπτυξη και στην συχνότητα παρουσίασης ασθενειών (Kuller and Lindsten, 1992).
 - μείωση του άγχους.

- **Περιβαλλοντική εκπαίδευση**

Δίδονται ερεθίσματα για διδασκαλία θεμάτων όπως:

- τροχιά του ήλιου στον ουρανό (πιθανή σχεδίαση της διαδρομής του ήλιου σε μια επιφάνεια του κτιρίου, ηλιακό ρολόι).
- φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με το φως (ανάκλαση, διάχυση, απορρόφηση, διάθλαση, κλπ)
- τρόποι ελέγχου του φυσικού φωτισμού με προσεκτικό σχεδιασμό μηχανισμών σκίασης.

3.2.1.5. Εργαλεία σχεδιασμού και ανάλυσης

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν

- Φυσικά μοντέλα
- Προσομοιώσεις φωτισμού με τη βοήθεια H/Y.
- Προσομοιώσεις των ενεργειακών καταναλώσεων του «όλου κτιρίου»

3.2.1.6. Ορισμοί χαρακτηριστικών μεγεθών

Τα παράθυρα και εν γένει όλα τα ανοίγματα ενός κτιρίου περιγράφονται, ως προς την ενεργειακή τους συμπεριφορά, από τρία χαρακτηριστικά μεγέθη [¹¹]:

- **Φωτοδιαπερατότητα –Visible Light Transmittance (VLT) :**

Είναι το ποσοστό του φωτός που διαπερνά το φωτοδιαπερατό στοιχείο.

Φως είναι το ορατό τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας, που περιλαμβάνει μήκη κύματος περίπου από 380 – 780 nm.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένα απλό γυαλί έχει $VLT = 0.9$ ενώ ένα υψηλής ανακλαστικότητας έχει $VLT = 0.05$

- **Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους – Solar Heat Gain Coefficient**

(SHGC): κυμαίνεται από 0 έως 1 και μετρά το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσω ενός ανοίγματος του κτιριακού κελύφους.

- **U-factor :** μετρά τη ροή της θερμότητας μέσω ενός ανοίγματος, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Λόγω της

διαφορετικής θερμικής συμπεριφοράς μεταξύ του υαλοπίνακα και του υπολοίπου τμήματος του παραθύρου ορίζονται συνήθως δύο U-factors :

- Η τιμή στο κέντρο του γυαλιού **COG** (Central of Glass-value)
- Η τιμή για το σύνολο του παραθύρου (Whole window-value)

Η COG –value είναι συνήθως μικρότερη.

Ενδεικτικά για την COG –value αναφέρεται, ότι

- ένας απλός υαλοπίνακας έχει από 1.0 -1.2
- ένας διπλός από 0.45 – 0.65 , ενώ
- πολλαπλός, με αέριο πλήρωσης, και low-e επενδύσεις μπορεί να φθάσει μέχρι και 0.1.

3.2.1.7. Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού

Υπάρχουν οι εξής γενικές κατηγορίες ανοιγμάτων [¹⁵] (πίνακας 5) :

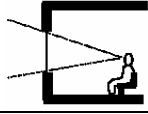
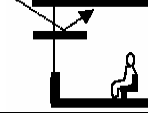
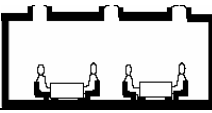
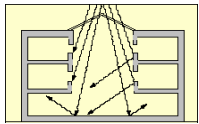
- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα στην οροφή
- Αίθρια και φωταγωγοί

3.2.2. Σχεδιαστικά Χαρακτηριστικά και Οδηγίες για τα διάφορα Συστήματα φυσικού φωτισμού.

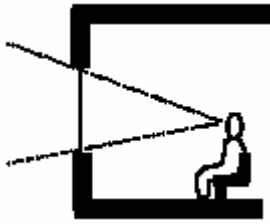
3.2.2.1. Ανοίγματα στην πλευρική τοιχοποιία

Υπάρχουν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά στα ανοίγματα της κατηγορίας αυτής:

- Όταν επικρατούν καιρικές συνθήκες με μεγάλη νεφοκάλυψη, το φυσικό φως κοντά στον ορίζοντα είναι μόνο το ½ περίπου εκείνου στο ζενίθ. Κατά συνέπεια διαμήκη και χαμηλά πλευρικά παράθυρα αποδίδουν πολύ λιγότερο φως ανά μονάδα επιφανείας από αντίστοιχα ψηλότερα και πιο οριζόντια [29].
- Η συνολική κατευθυντικότητα της εισερχόμενης στο χώρο ηλιακής ακτινοβολίας, δημιουργεί σκιές μακρύτερες και με μειούμενη αντίθεση (contrast) [29].

Πίνακας 5. Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού [1]		
1.Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία	Παράθυρα θέασης	
	Πλευρικά ανοίγματα σε μεγάλο ύψος (clerestory)	
	Πλευρικά ανοίγματα σε μεγάλο ύψος με ηλιακά ράφια	
2.Ανοίγματα στην οροφή	Ανοίγματα οροφής - κρυφού φωτισμού (wall-wash)	
	κεντρικός φωτισμός οροφής	
	φωτισμός οροφής με πρότυπο κατανομής	
	σωληνοειδείς φεγγίτες	
3.Αίθρια		

3.2.2.1.1. Παράθυρα θέασης – view windows



Σχήμα 11. Παράθυρο θέασης
[¹¹]

Περιγραφή: Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, που παρέχουν τη δυνατότητα θέασης του εξωτερικού περιβάλλοντος και αποτελούν το συνηθέστερο τύπο ανοίγματος.

Τα επίπεδα φωτισμού μειώνονται αρκετά γρήγορα όσο μεγαλώνει η απόσταση από το παράθυρο. Ένας προσεγγιστικός κανόνας είναι, ότι ο χρήσιμος φυσικός

φωτισμός θα φθάσει σε μια απόσταση 2.5 φορές την απόσταση από την κορυφή του παραθύρου μέχρι το επίπεδο εργασίας (συνήθως λαμβάνεται στο ύψος του θρανίου = 60 cm). [29]

Προσανατολισμός: προς Νότο για αποφυγή των χαμηλών γωνιών του ήλιου στην Ανατολή και τη Δύση. Αποδεκτή θεωρείται μια απόκλιση της τάξης των 15° αλλά με μείωση της αποδοτικότητας [11]

Πλεονεκτήματα : επιτρέπουν τη θέα, εκτός από την παροχή φυσικού φωτισμού [¹²]

Μειονεκτήματα : [¹²]

- πιθανότητα παρεμπόδισης
- φυσικό φως μόνο για τα περιμετρικά δωμάτια
- πιθανότητα θάμβωσης και θερμικής ενόχλησης

Χρήση : αίθουσες διδασκαλίας , γυμναστήρια, γραφεία [¹²]

Συσκευές- μέσα σκίασης :[11]

- χρήση αν είναι δυνατόν, εξωτερικών συσκευών σκίασης ή κατάλληλης διαμόρφωσης του περιβάλλοντος, για μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και της λαμπρότητας.
- Αν όχι, τότε χρήση υαλοπινάκων μικρότερης διαπερατότητας, ανάλογης με τον προσανατολισμό του ανοίγματος (40% περίπου διαπερατότητα για νότια παράθυρα, 30% για ανατολικά ή δυτικά και 85% για βόρεια)
- Για νότιο, ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό, προσθήκη ενός εσωτερικού μέσου σκίασης. (οθόνη σκίασης, περσίδες, κουρτίνες)

- Γενικώς η φωτοδιαπερατότητα των παραθύρων θέασης δεν πρέπει να μειώνεται κάτω από 30% σε κλίματα με καθαρό ουρανό ή κάτω από 50% σε βαριά νεφοσκεπή κλίματα.
- Αν χρησιμοποιούνται χρωματιστοί υαλοπίνακες να αξιολογηθεί η προκαλούμενη χρωματική αλλοίωση των αντικειμένων του εσωτερικού χώρου.
- Εξασφάλιση δυνατότητας συσκότισης των παραθύρων θέασης, αν απαιτείται

Ανακλαστικότητα:

Βαφή των παρακείμενων τοίχων με φωτεινά χρώματα, για μείωση της έντονης αντίθεσης φωτεινότητας μεταξύ αυτών και των παραθύρων

Εξωτερικές ανακλαστικές επιφάνειες:

Αποφυγή εξωτερικών επιφανειών με μεγάλη ανακλαστικότητα (ανοιχτόχρωμοι τοίχοι, γυάλινες επιφάνειες). Για μείωση των επιπτώσεων της ύπαρξης τέτοιων επιφανειών χρήση φυτικών φρακτών ή δένδρων. Εξαίρεση αποτελούν τα κλίματα με μεγάλη νεφοκάλυψη, όπου η θάμβωση δεν είναι σημαντικός παράγοντας, και μάλιστα επιδιώκεται η ύπαρξη εξωτερικών επιφανειών υψηλής ανακλαστικότητας για ενίσχυση του φυσικού φωτισμού.

Θερμική άνεση

Σε πολύ ψυχρά ή πολύ θερμά κλίματα χρησιμοποιούνται διπλοί υαλοπίνακες με μια low-e επένδυση, για τη μεγιστοποίηση της θερμικής άνεσης και της ενεργειακής αποδοτικότητας. Για την εξασφάλιση καλύτερων αποτελεσμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν τριπλοί υαλοπίνακες, πρόσθετα φίλμ, πλήρωση με αέρια, βελτιωμένες θερμικές συνδέσεις στα πλαίσια των παραθύρων κλπ.)

Θέα

Προσανατολισμός των αιθουσών σε ήσυχα φυσικά τοπία., και των χώρων διαχείρισης προς την είσοδο ή άλλα σημεία σχετικά με την ασφάλεια του σχολείου.

Πίνακας διδασκαλίας

Πρέπει να τοποθετείται σε τοίχο κάθετο προς τον τοίχο, που είναι το παράθυρο, για καλύτερο φωτισμό.

Οθόνες Η/Υ

Προσανατολισμός των Η/Υ σε γωνία 45° ως προς την επιφάνεια του παραθύρου για αποφυγή θάμβωσης στην οθόνη VDT. Οι επίπεδες οθόνες και οι μεταβλητής γωνίας LED οθόνες είναι πλέον ευέλικτες αναφορικά με το πρόβλημα αυτό.

Ασφάλεια

Σε ισόγειους χώρους με Η/Υ ύπαρξη λειτουργικών εσωτερικών μέσων σκίασης για μη δυνατότητα οπτικής πρόσβασης, ή και ενίσχυση της ασφαλείας του χώρου.

Διάρκεια, απλότητα

Οι μηχανισμοί όλων των συσκευών σκίασης και αερισμού πρέπει να είναι απλοί, ανθεκτικοί, προσιτοί και εύκολα επιδιορθώσιμοι.

Ηχητική μόνωση

Επειδή το παράθυρο, είναι το πιο «ευαίσθητο» ακουστικά σημείο της κτιριακής δομής, συχνά χρησιμοποιούνται διπλοί υαλοπίνακες για τον έλεγχο των εξωτερικών θορύβων. Ένα συνηθισμένο παράθυρο με διάστημα $\frac{1}{4}$ in, ή $\frac{1}{2}$ in δεν είναι ακουστικά αποτελεσματικό. Για περιοχές με ιδιαίτερο πρόβλημα, όπως οι παρακείμενες σε αεροδρόμια και δρόμους μεγάλης οδικής κυκλοφορίας, απαιτούνται παχύτεροι υαλοπίνακες από στρωματοποιημένο γυαλί και κενό αέρος 2 – 4 in.

Εξισορρόπηση με ηλεκτροφωτισμό

Αν τα παράθυρα θέασης είναι τα μόνα ανοίγματα και βρίσκονται μόνο στον ένα τοίχο του χώρου, τότε για άμβλυνση της έντονης διαφοράς λαμπρότητας συστήνεται ο ηλεκτροφωτισμός των άλλων εσωτερικών τοίχων.

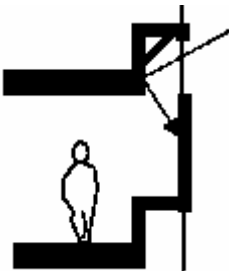
3.2.2.1.2. Υψηλά ανοίγματα στην πλευρική τοιχοποιία (clerestories) ^[11]



Σχήμα 12. Υψηλό άνοιγμα στην πλευρική τοιχοποιία ^[11]

Περιγραφή: Είναι κατακόρυφα υαλοστάσια σε ένα εξωτερικό τοίχο, πάνω από το επίπεδο του ματιού (συνήθως πάνω από 7 ft). Επειδή η διείσδυση του ηλιακού φωτός σε ένα κατακόρυφο υαλοστάσιο εξαρτάται από το υψηλότερο σημείο του ανοίγματος (είναι περίπου δύο φορές το ύψος του), αν μετακινήσουμε ένα παράθυρο υψηλότερα αυξάνεται το φυσικό φως, που διεισδύει στο χώρο.

 Σχήμα 13. Κεκλιμένη περιμετρικά οροφή^[11]	Ύψος τοποθέτησης: Τα υψηλά πλευρικά ανοίγματα αποδίδουν καλύτερα σε χώρους με υψηλές οροφές. Απαιτείται περιμετρικά ένα ελάχιστο ύψος οροφής 9,5 ft. γενικώς όσο υψηλότερα είναι η οροφή τόσο το καλύτερο. Υπάρχει δυνατότητα κεκλιμένης περιμετρικά οροφής (σχήμα--) για αύξηση του ύψους και της απόδοσης του ανοίγματος.
--	--

 Σχήμα 14. Κλιμακωτή οροφή ^[11]	Κλιμακωτή οροφή: Τα clerestories μπορούν να δημιουργήσουν (συνήθως σε πολώροφα κτίρια) μια σχετικά σκοτεινή περιοχή κατά μήκος του τοίχου ακριβώς κάτω τους. Με το σχεδιασμό κλιμακωτής οροφής (σχήμα 14), ανακλάται το ηλιακό φως προς τον τοίχο και διανέμεται στη συνέχεια στον εσωτερικό χώρο. Ο υποκείμενος χώρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δραστηριότητες που απαιτούν σχετικά χαμηλά επίπεδα φωτισμού. (π.χ. H/Y)
--	---

Συνδυασμός με χαμηλά σχήματα:

Μπορούν να συνδυασθούν με χαμηλά ανοίγματα θέασης, τα οποία βέβαια δεν θα καλύπτουν όλη την πλευρά περιμετρικά. Με μια ισορροπία ανάμεσα σε αυτά τα δύο φωτιστικά σχήματα εξασφαλίζονται τα πλεονεκτήματα και των δύο και εξοικονομείται χώρος χαμηλά στους περιμετρικούς τοίχους για διαφορετική χρήση

Πλεονεκτήματα^[12]:

- δύσκολα να παρεμποδιστούν – αποφραγούν
- παρέχουν φως από φωτεινότερο τμήμα του ουρανού
- μπορούν να εξασφαλίσουν φως βαθιά μέσα στο χώρο.

Μειονεκτήματα^[12]:

- πιθανότητα θάμβωσης και θερμικής ενόχλησης εκτός του βόρειου προσανατολισμού

- απαραίτητη η προσθήκη ασφαλιστικής διάταξης
- όχι θέα προς τα έξω εκτός των καιρικών συνθηκών

Χρήση^[12]: χώροι με μεγάλο βάθος (π.χ εργαστήρια)

Συσχέτιση με αερισμό:

Είναι ιδιαίτερα αποδοτικά για φυσικό αερισμό. Η ιδανικότερη θέση τους είναι στην απάνεμη πλευρά του κτιρίου .

Ενέργεια- ποιότητα:

Εξοικονομούν ενέργεια από τη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για φωτισμό και δροσισμό και βελτιώνουν την ποιότητα φωτισμού επιτυγχάνοντας ομοιόμορφη κατανομή του φωτός στο χώρο.

Μέσα σκίασης:

Για την ελαχιστοποίηση της διείσδυσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται εξωτερικά μέσα σκίασης, υαλοπίνακες διάχυσης , λειτουργικές περσίδες, ή ηλιακά ράφια.

- οριζόντιες περσίδες: είναι καλύτερες για την ανάκλαση του φωτός βαθύτερα στο χώρο ειδικά για νότιο προσανατολισμό.
- κατακόρυφες περσίδες: είναι πλέον κατάλληλες για τη συλλογή του χαμηλής γωνίας πρόσπτωσης ανατολικού και δυτικού ηλιακού φωτός και την ανάκλασή του προς τον εσωτερικό χώρο ενώ επιτρέπουν την άμεση διείσδυση του νότιου ηλιακού φωτισμού.
- χρήση ειδικών διπλών υαλοπινάκων με μικροσκοπικά σκίαστρα ανάμεσα στα φύλλα του γυαλιού.
- χρήση ηλιακών ραφιών
- συσκευές συσκότισης.

Άλλα φωτοδιαπερατά στοιχεία :

Πρισματικά, συστήματα φακών, ολογραφικά, ακρυλικά επεξεργασμένα με λέιζερ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανακατευθύνουν το φυσικό φωτισμό προς την οροφή. Με αυτό τον τρόπο διοχετεύεται η ηλιακή ακτινοβολία βαθύτερα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου αλλά πρέπει να αξιολογηθεί πιθανή δημιουργία θάμβωσης.

Προσανατολισμός :

Τα φωτιστικά αυτά σχήματα είναι αποτελεσματικότερα για νότιο και βόρειο προσανατολισμό ενώ για ανατολικά και δυτικά πρέπει να εξασφαλισθεί ελαχιστοποίηση της διείσδυσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας είτε με στέγαστρα είτε με επιλεκτική low-e επένδυση (SHGC < 0.45)

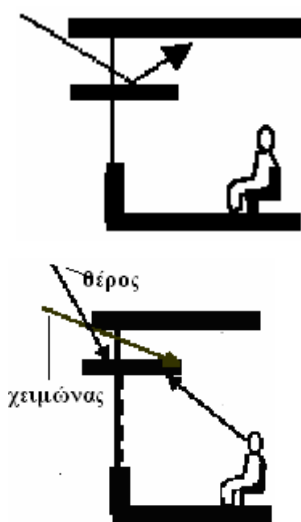
Φωτοδιαπερατότητα:

Χρήση υαλοστασίων υψηλής φωτοδιαπερατότητας (60 – 90 %) για μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού στο χώρο.

Ανακλαστικότητα:

Βαφή των παρακείμενων τοίχων με φωτεινά χρώματα, για μείωση της έντονης αντίθεσης φωτεινότητας μεταξύ αυτών και των clerestories. Υψηλής ανακλαστικότητας (> 70%) πρέπει να είναι και η παρακείμενη οροφή για να βοηθήσει στη διάχυση του φωτός στο χώρο.

3.2.2.1.3. Υψηλά ανοίγματα στην πλευρική τοιχοποιία με ηλιακά ράφια ^[11]



Σχήμα 15. Ηλιακά ράφια ^[11]

Περιγραφή: το ηλιακό ράφι είναι ένα οριζόντιο πλαίσιο το οποίο ανακλά το φως βαθύτερα στον εσωτερικό χώρο. Συμβάλλει στην πιο ομοιόμορφη κατανομή του φωτός στο χώρο, και στη μείωση της θάμβωσης κοντά στα ανοίγματα. Χρησιμοποιούνται εξωτερικά ή εσωτερικά ράφια φωτισμού καθώς και συνδυασμός τους.

(σχήμα15)

Εξωτερικά ηλιακά ράφια : σκιάζουν τα παράθυρα θέασης και ανακλούν την καλοκαιρινή ηλιακή ακτινοβολία μέσα στο χώρο.

Εσωτερικά ηλιακά ράφια: ανακλούν την μικρότερης γωνίας πρόσπτωσης χειμερινή ακτινοβολία και αποτρέπουν την διείσδυση άμεσης ακτινοβολίας από τα υψηλότερα ανοίγματα. Θεωρούνται αποδοτικότερα διότι επιτρέπουν την είσοδο παθητικού ηλιακού κέρδους στο κτίριο. Επιπλέον είναι ευρύτερα χρησιμοποιήσιμα όταν μπαίνουν ζητήματα αισθητικής.

Γωνία αποκοπής (cutoff angle): απαιτείται προσεκτικός υπολογισμός της για την αποτροπή διείσδυσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας τις ώρες χρήσης του σχολείου. Μπορεί να αυξηθεί κατά 10° αν υπάρχουν στα υψηλά υαλοστάσια σκίαστρα με χειρισμό.

Κλίση: τα ράφια ενδείκνυται να έχουν κλίση (25 in/ft) για τον καθαρισμό τους από ρύπους. Ταυτόχρονα αποτρέπεται και η χρήση τους ως αποθηκευτικών χώρων.

Υλικά κατασκευής: Μπορεί να είναι διαφανή ή αδιαφανή και θα πρέπει να μελετηθούν ως προς την ανακλαστικότητα, την δομική αντοχή, το κόστος, την ευκολία συντήρησης, και τη διάρκεια. Ενδεικτικά αναφέρονται ως υλικά, ξύλο, μεταλλικά πλαίσια, πλαστικό, ύφασμα, και σκυρόδεμα ενισχυμένο με ίνες γυαλιού

3.2.2.2 Ανοίγματα οροφής -κρυφού φωτισμού (Wall Wash) ^[11]



περιγραφή: το φωτιστικό αυτό σχήμα παρέχει φυσικό φωτισμό από την οροφή, μέσω ενός γραμμικού φεγγίτη (skylight) ή monitor , φωτίζοντας ένα εσωτερικό τοίχο. Ο φυσικός φωτισμός διαχέεται εντός του κτιρίου μέσω υαλοπινάκων διάχυσης, διαφραγμάτων, ή ανακλάσεων στις επιφάνειες του φωταγωγού και στους εσωτερικούς τοίχους.

Σχήμα 16 . Ανοίγμα οροφής
« Wall Wash» ^[11]

Συνδυασμός με άλλα φωτιστικά σχήματα: Η έκταση της αίθουσας, που μπορεί να φωτισθεί με τον τρόπο αυτό, υπολογίζεται σε 1,5 φορές το ύψος του φωτιζόμενου τοίχου. Για ισορροπημένο φωτισμό, συνιστάται η ύπαρξη άλλου φωτιστικού σχήματος στην αντίθετη πλευρά της αίθουσας. Παράθυρα θέασης είναι καλό να υπάρχουν επίσης.

Φωταγωγοί: Οι τοίχοι τους πρέπει να έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα (>80%) και βάθος μικρότερο από 8ft. Αν απαιτείται μεγαλύτερο βάθος χρησιμοποιούνται φωταγωγοί με καθρέπτες.

Φυσικός αερισμός: Ανοίγματα στην οροφή εφοδιασμένα με κάποιο σύστημα χειρισμού ενδείκνυνται για φυσικό αερισμό.

Προσανατολισμός: ενδείκνυται νότιος ή βόρειος, ενώ σε κλίματα με μεγάλη νεφοκάλυψη μπορούν να εφαρμοσθούν και ανατολικά ή δυτικά. Στα θερμά κλίματα, με υψηλά φορτία δροσισμού συνιστάται η χρήση monitor νότιου προσανατολισμού αντί της χρήσης φεγγίτη-skylight.

Διάχυση: Συνιστάται η διάχυση του φωτός πριν αυτό προσπέσει στον εσωτερικό τοίχο. Χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό υλικά όπως το πρισματικό ακρυλικό με σκοπό την αύξηση της διαπερατότητας με ταυτόχρονη μείωση της εμφάνισης θερμών κηλίδων(hot

spots). Επίσης χρησιμοποιούνται διαφράγματα για την αποκοπή της ηλιακής ακτινοβολίας με γωνίες πρόσπτωσης μη επιθυμητές.

Φωτοδιαπερατότητα: υψηλή με ταυτόχρονα μεγάλη θερμική αντίσταση, για ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.

Διαρροή-Μόνωση: Χρειάζεται πολύ καλός σχεδιασμός και εφαρμογή μονώσεων για την αποφυγή διαρροών, θερμικών απωλειών και συμπύκνωσης υδρατμών.

Δυνατότητα συσκότισης: απαιτείται σε πολλές περιπτώσεις

Χειρισμοί- συντήρηση: αποτροπή τοποθέτησης σκούρων επιφανειών στον εσωτερικό τοίχο πρόσπτωσης του φωτιστικού σχήματος –συχνός καθαρισμός των υαλοπινάκων ιδιαίτερα των οριζόντιας διεύθυνσης και στα ξηρά κλίματα.

3.2.2.3. Κεντρικός φωτισμός οροφής ^[11]



Σχήμα 17. Κεντρικός φωτισμός οροφής ^[11]

περιγραφή: Αποτελείται από ένα κεντρικό monitor (οδοντωτό ή γραμμικό) ή φεγγίτη- skylight ή και από μια ομάδα από φεγγίτες. Το φως διαχέεται στο χώρο με τη βοήθεια ειδικών υαλοπινάκων διάχυσης ή διαφραγμάτων, που μπορεί να είναι σταθερά ή με χειρισμό. Ο φωτισμός είναι πιο έντονος κάτω από τη συσκευή και μειώνεται βαθμωδών ακτινικά καθώς απομακρυνόμαστε προς τα άκρα.

Προσανατολισμός : Βελτιστοποίησή του ανάλογα με το κλίμα και τον οικονομικό προϋπολογισμό. Ο φεγγίτης αποδίδει καλύτερα σε συνθήκες με υψηλή νεφοκάλυψη ή μη βέλτιστο προσανατολισμό. Στα θερμά κλίματα , περισσότερο αποδοτικό είναι το monitor με νότιο ή βόρειο προσανατολισμό, αλλά είναι πιο ακριβό σαν λύση. Ακόμη και σε μη κατάλληλους προσανατολισμούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα δίπλευρο monitor με εξασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων φωτισμού καθ όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Πλεονεκτήματα^[12]:

- δύσκολα να παρεμποδιστούν
- παρέχουν φως από φωτεινότερο τμήμα του ουρανού
- μπορούν να εξασφαλίσουν φως βαθιά μέσα στο χώρο.

Μειονεκτήματα^[12]:

- πιθανότητα θερμικής ενόχλησης
- απαραίτητη η προσθήκη ασφαλιστικής διάταξης

- όχι θέα προς τα έξω εκτός των καιρικών συνθηκών
- μόνο ένας όροφος μπορεί να φωτισθεί (εκτός της χρήσης φωταγωγών)

Συνδυασμός με άλλα φωτιστικά σχήματα: Δεδομένου ότι ο κεντρικός φωτισμός, έχει τη δυνατότητα, να καλύψει κατά το μεγαλύτερο μέρος τις απαιτήσεις για φυσικό φωτισμό, θα μπορούσε να συνδυασθεί με παράθυρα θέασης για οπτική σύνδεση του χώρου με το φυσικό περιβάλλον. Η όλη επιφάνεια υαλοκάλυψης κατανέμεται και στα δύο σχήματα και εξοικονομείται χώρος περιμετρικά για άλλες χρήσεις.

Συνδυασμός με τον όλο σχεδιασμό του κελύφους : κρίνεται απαραίτητος και βάζει περιορισμούς καθώς τα ανοίγματα οροφής διακόπτουν τη συνέχεια του κελύφους και του δομικού συστήματος.

Φωτοδιαπερατότητα: απαιτείται μεγαλύτερη από 60%, με ταυτόχρονη απαίτηση για μεγάλη θερμική αντίσταση και περιορισμούς της έκτασης υαλοκάλυψης λόγω θερμικών απωλειών. Υπάρχουν σχετικά νέα πολυανθρακούχα φωτοδιαπερατά υλικά με καλά χαρακτηριστικά και ηλεκτρονικά ελεγχόμενες συσκευές σκίασης, που κλείνουν, όταν τα επίπεδα φωτισμού αυξηθούν στο χώρο, δημιουργώντας ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη.

Φωταγωγοί: Οι τοίχοι τους πρέπει να έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα (>80%) και βάθος μικρότερο από 8ft. Αν απαιτείται μεγαλύτερο βάθος χρησιμοποιούνται ανακλαστικοί αγωγοί

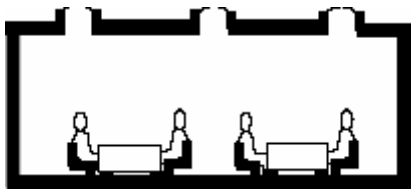
Κλίση φωταγωγών: για αποτελεσματικότερη διασπορά του φυσικού φωτισμού και αποτροπή θάμβωσης στο χώρο εφαρμόζονται κεκλιμένοι φωταγωγοί. Κλίσεις 45° και 60° αποδίδουν ικανοποιητικά.

Μόνωση: οι τοίχοι των φωταγωγών πρέπει να έχουν τουλάχιστον ίδιες προδιαγραφές μόνωσης (R-value) με το υπόλοιπο κέλυφος του κτιρίου.

Ηλεκτροφωτισμός: αν ο φωταγωγός είναι ορατός, συνιστάται χρήση ηλεκτρικού φωτισμού του για να μην υπάρχει η αίσθηση «μαύρης τρύπας» τη νύχτα.

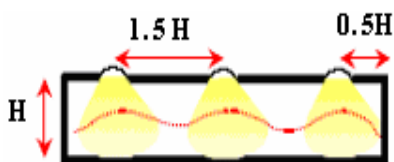
Ανακλαστήρες: Απαραίτητη κρίνεται η τοποθέτηση ανακλαστικής επιφάνειας κάτω από το φωταγωγούς, ώστε το φως, να αναδιευθύνεται προς την οροφή ή τους τοίχους. Ο ανακλαστήρας μπορεί να είναι επίπεδος ή καμπύλος , με επικάλυψη καθρέπτη ή μεταλλικής ανακλαστικής επιφάνειας. Μπορεί επίσης να είναι ημιδιαφανής (ύφασμα, πλαστικό ή διάτρητο μέταλλο). Η αξιολόγηση αυτής της διάταξης μπορεί να γίνει με τη μελέτη ενός φυσικής κλίμακας μοντέλου.

3.2.2.4. Φωτισμός οροφής με πρότυπο κατανομής –patterned toplighting



Σχήμα 18: Φωτισμός οροφής με πρότυπο κατανομής [11]

Περιγραφή: Είναι ένα φωτιστικό σχήμα αποτελούμενο από ένα πλέγμα skylights-φεγγιτών ή σειρών από monitors (οδοντωτών ή τετραγωνικών). Η κατανομή του χώρου των ανοιγμάτων καθορίζεται κυρίως από το ύψος της οροφής.



Σχήμα 19. Υπολογισμός πλέγματος ανοιγμάτων οροφής [11]

Επιλογή πλέγματος : ένας κατά προσέγγιση τρόπος υπολογισμού του πλέγματος είναι ο εικονιζόμενος παραπλεύρως (Σχήμα 19)

Η συνολική επιφάνεια υαλοκάλυψης πρέπει, να κυμαίνεται μεταξύ 3% έως 12% του εμβαδού του δαπέδου.

Εφαρμογή: Ενδείκνυται για μεγάλους σχετικά χώρους που απαιτούν ομοιόμορφα επίπεδα φυσικού φωτισμού, όπως γυμναστήρια, βιβλιοθήκες, καφετέριες ή χώροι πολλαπλών χρήσεων. Σχήμα κατάλληλο για όλα τα κλίματα.

Κόστος : καλύπτει ένα σχετικά ευρύ φάσμα ανάλογα με το σχεδιασμό. ως φθηνότερη λύση αναφέρεται το πλέγμα των skylights με φωταγωγούς χωρίς τελική επιφανειακή επεξεργασία (φινίρισμα), ενώ πολύ πιο δαπανηρή η χρήση monitors με ανακλαστήρες.

Το κόστος συμπεριλαμβάνει τις δαπάνες :

- αγοράς των συσκευών
- εγκατάστασής τους στην οροφή
- υγρομόνωσης και προστατευτικών διατάξεων
- εσωτερικής δομής και τελικής επεξεργασίας των φωταγωγών.
- αγοράς και εγκατάστασης αυτοματισμών ελέγχου του ηλεκτροφωτισμού ανάλογα με τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού.

3.2.2.5. Κυλινδρικοί φεγγίτες–tubular skylights



Σχήμα 20. Κυλινδρικός φεγγίτης ^[11]

περιγραφή: Είναι μικροί φεγγίτες, που διαθέτουν κατοπτρικούς ανακλαστικούς αγωγούς για τη μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο της οροφής του χώρου, ενώ περιλαμβάνουν ένα εσωτερικό μηχανισμό διάχυσης για τη διασπορά του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Επιπλέον έχουν ηλεκτρικό φωτισμό μέσα στον αγωγό ή το μηχανισμό διάχυσης, που αυτορυθμίζεται ανάλογα με τον διαθέσιμο φυσικό φωτισμό^[11].

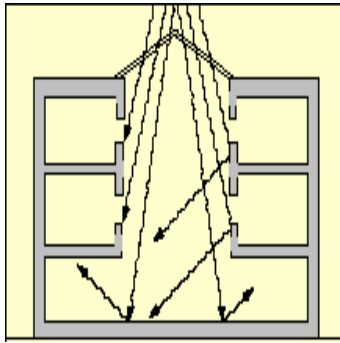
Απόδοση: Αποδίδουν καλύτερα κάτω από συνθήκες άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας παρά υπό υψηλή νεφοκάλυψη, καθώς το φως υφίσταται διαδοχικές ανακλάσεις μέχρι τη τελική διάχυσή του στον εσωτερικό χώρο. για καλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται με μείωση του συνολικού μήκους και των bends των ανακλαστικών αγωγών ^[11].

Εφαρμογή: Χρησιμοποιούνται σε κτίρια με σχετικά βαθιές κοιλότητες οροφής καθώς και σε περιπτώσεις ανακαίνισης υπάρχοντος κτιρίου με χαμηλό κόστος. Ενδείκνυνται για το φωτισμό μικρών χώρων ή την εξισορρόπηση των επιπέδων φωτισμού σε μεγαλύτερους χώρους, που φωτίζονται και από άλλα σχήματα φυσικού φωτισμού.

Κόστος : σχετικά χαμηλό. Για μικρούς χώρους (Χολ, γραφεία), ένας φεγγίτης διαμέτρου 10 in ή 14 in στοιχίζει προσεγγιστικά \$ 300 - \$ 400(τιμές 2001, όρα CHPS, μη περιλαμβανομένου του κόστους εγκατάστασης.)

Υλικό ανακλαστικών αγωγών: απαιτείται χρήση υλικού με ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα. Αντενδείκνυται η χρήση σωλήνα με αυλακώσεις, καθώς εγκλωβίζει σημαντικό τμήμα του φωτός.

3.2.2.6. Αίθρια ^[12]



Σχήμα 21 . Αίθριο ^[50]

περιγραφή: Είναι μια τεχνική δημιουργίας ενός εσωτερικού πυρήνα του κτιρίου με ένα άνοιγμα στην κορυφή.

Σύμφωνα με τον Γ.Ο.Κ. αίθριο είναι το μη στεγασμένο τμήμα του οικοπέδου ή του κτιρίου, που περιβάλλεται από όλες τις πλευρές του από τα κτίσματα του οικοπέδου, ενώ ως ηλιακό αίθριο νοείται το αίθριο το οποίο φέρει γυάλινη επικάλυψη στην κορυφή του.^[42]

Για τη «διοχέτευση» φυσικού φωτισμού σε βαθύτερους παράπλευρους χώρους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανακλαστήρες ή διαχυτές μέσα στο χώρο του αιθρίου. ^[29]

Πλεονεκτήματα: ^[12]

- παροχή φωτισμού και θέας σε παρακείμενους χώρους
- δημιουργία φωτεινού χώρου προστατευμένου από τη βροχή

Μειονεκτήματα: ^[12]

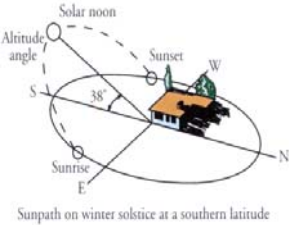
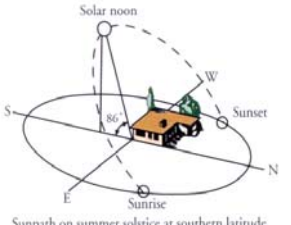
- μείωση του φωτισμού σε σχέση με τη μη ύπαρξή του
- πιθανότητα θάμβωσης και θερμικής ενόχλησης
- ενεργειακή κατανάλωση αν θερμαίνεται ή ψύχεται.

Συστάσεις

- Ο Προσανατολισμός του άξονα ενός κτιρίου με κεντρικό αίθριο έχει μικρό αποτέλεσμα στην ενεργειακή χρήση (συνθήκες Μ.Βρετανίας) ^[6].
- Για την αποφυγή καλοκαιρινής υπερθέρμανσης , που μπορεί να αποβεί σημαντικό πρόβλημα στα αίθρια, θα πρέπει περί το 20% της επιφάνειας της οροφής τους να μπορεί να ανοιχθεί^[6].
- Το πλάτος ενός μονώροφου αιθρίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 7 m. Αυτό για να αποτραπεί υπερβολική απώλεια θερμότητας το χειμώνα και υπερθέρμανση το καλοκαίρι ^[6].

Χρήση: διάδρομοι , χώροι εισόδου, χώροι συγκέντρωσης, μη εργασιακοί χώροι.

3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

 Sunpath on winter solstice at a southern latitude	3.3.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μέσων ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας [12] ▪ Το γεωγραφικό πλάτος της θέσης ▪ Ο προσανατολισμός της όψης και των ανοιγμάτων ▪ Η αισθητική του κτιρίου ▪ Ο τύπος του φωτοδιαπερατού στοιχείου ▪ Τα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού του χώρου ▪ Οι απαιτήσεις αερισμού του χώρου ▪ Η συμπεριφορά αυτής καθαυτής της συσκευής ελέγχου ▪ Η δυνατότητα ελέγχου του ηλιακού σκιασμού αν πρόκειται για κινητό στοιχείο
 Sunpath on summer solstice at southern latitude Σχήμα 22 .Η τροχιά του ήλιου[31] πηγή: www.fsec.ucf.edu	

3.3.2. Οπτική και θερμική συμπεριφορά μίας συσκευής ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας [12]

Μια ιδεατή συσκευή σκίασης πρέπει να ανακλά το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας στην εξωτερική της επιφάνεια και να εμποδίζει τη μετάδοση του υπολοίπου τμήματος προς το εσωτερικό του χώρου. Για να αποτραπούν οι περιπτώσεις θάμβωσης μια φωτοδιαπερατότητα μικρότερη του 10% είναι συνήθως επαρκής.

3.3.2.1. Σχετικά φαινόμενα

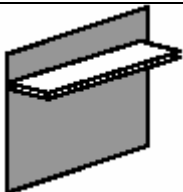
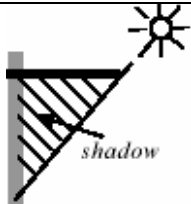
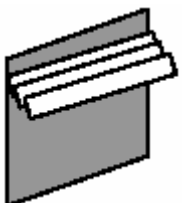
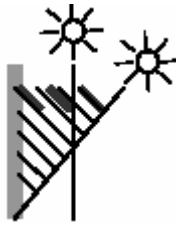
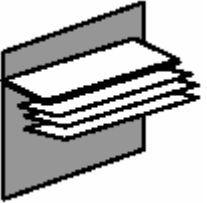
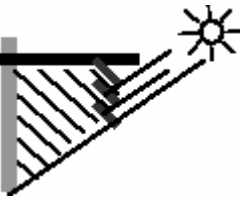
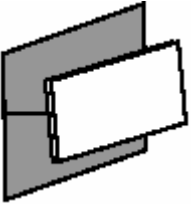
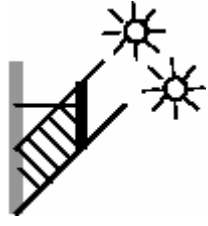
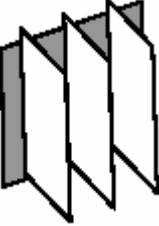
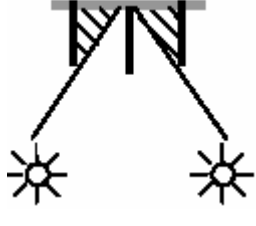
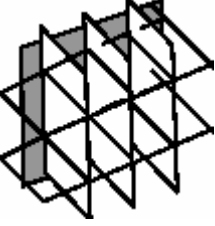
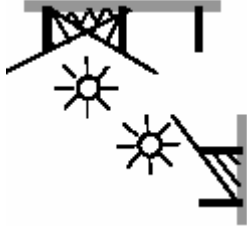
- **Βασική μετάδοση:** η άμεση ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται ευθέως από τη συσκευή σκίασης.
- **Μετάδοση κατόπιν ανάκλασης:** η άμεση ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από τη συσκευή σκίασης κατόπιν διαδοχικών ανακλάσεων.

- **Διάχυτη μετάδοση:** η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία διέρχεται από τη συσκευή σκίασης ευθέως ή κατόπιν διαδοχικών ανακλάσεων
- **Ηλιακή απορρόφηση :** η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τη συσκευή σκίασης και στη συνέχεια υπάρχει δυνατότητα μετάδοσης ως εξής:
 - Με συναγωγή εντός της συσκευής
 - Με μεταφορά στον περιρρέοντα αέρα
 - Με μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία προς τον εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο.

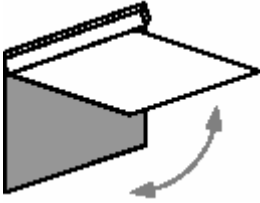
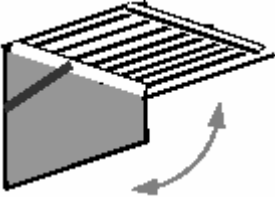
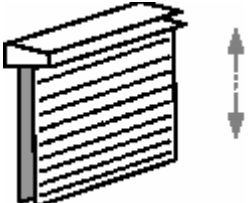
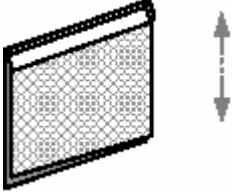
Περιβάλλον Χώρος		Εσωτερικός Χώρος	3.3.2.1 Παράμετροι
Προσπίπτουσα ακτινοβολία Ανακλώμενη - Απορροφούμενη που επανεκπέμπεται προς τα έξω		SF(Solar Factor) = Διερχόμενη + Απορροφούμενη που επανεκπέμπεται προς τα μέσα	3.3.2.1.1 Παράμετροι Για την περιγραφή της συμπεριφοράς μιας συσκευής σκίασης χρησιμοποιούνται συνήθως δύο παράμετροι: 1. συντελεστής ηλιακού κέρδους SF (Solar Factor ή και Solar Gain Factor): ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, που διέρχεται μέσω της συσκευής. 2. συντελεστής σκίασης SC (Shading Coefficient): ορίζεται ως ο λόγος του συντελεστή SF της συσκευής προς τον συντελεστή SF ενός ανοίγματος αναφοράς κατασκευασμένου από ένα απλό φύλλο τυπικής υάλου.
Σχήμα 23 . Απεικόνιση της οπτικής και θερμικής συμπεριφοράς μίας συσκευής ελέγχου, σχετικά με την ροή της ηλιακής ακτινοβολίας [12]			

3.3.3. Σταθερά Συστήματα Σκίασης

Ο σχεδιασμός τους εξαρτάται από τις εποχιακές γωνίες πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο προσανατολισμός η κλίση και η γεωμετρία τους πρέπει να αναλυθεί πολύ προσεκτικά. Παρατίθενται στη συνέχεια (Πίνακας 6) μερικά παραδείγματα σταθερών συστημάτων σκίασης μαζί με τα γενικά περιγραφικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 6. Σταθερές συσκευές σκίασης για άμεση ηλιακή ακτινοβολία [12]		
		Τα οριζόντια είναι πιο αποδοτικά για νότιο προσανατολισμό
		Φωτοσκίαστρα παράλληλα με τον τοίχο επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα. Τα κεκλιμένα φωτοσκίαστρα προσφέρουν καλύτερη ηλιοπροστασία.
		Όταν απαιτείται προστασία για χαμηλές γωνίες πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, πολύ αποδοτικά είναι φωτοσκίαστρα, που κρέμονται από το οριζόντιο στέγαστρο.
		Μια συμπαγής ή διάτρητη επιφάνεια παράλληλα με τον τοίχο, μπορεί να δεσμεύσει τις χαμηλές γωνίες πρόσπτωσης.
		Κατακόρυφα περύγια εξυπηρετούν καλά για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς. Για μεγαλύτερη αποδοτικότητα πρέπει, να είναι πλάγια και να μην εφάπτονται των τοίχων, για αποτροπή θερμικής συναγωγής
		“Eggcrates” ή άλλοι συνδυασμοί οριζόντιων και κατακόρυφων περυγίων μπορούν να προσφέρουν λύσεις ηλιοπροστασίας κατάλληλες για τις συγκεκριμένες συνθήκες.

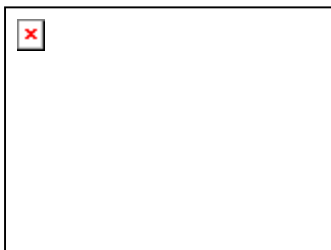
Πίνακας 7. Παραδείγματα εξωτερικών συσκευών σκίασης με κινούμενα μέρη. [12]

	Κινητές οριζόντιες περσίδες αλλάζουν χαρακτηριστικά ανάλογα με τη θέση τους. Αερισμός ανάμεσα από τις λεπίδες αποτρέπει την υπερθέρμανση. Μικρός δείκτης ασφάλειας και κακή μονωτική συμπεριφορά τη νύκτα.
	Επιφάνειες από καμβά λειτουργούν όπως τα συμπαγή κεκλιμένα στέγαστρα, αλλά πρέπει να είναι εισελκόμενες και όχι τελείως αδιαφανείς.
	Τα παραθυρόφυλλα τύπου «Bahamas» προσφέρουν ηλιοπροστασία οποιαδήποτε και αν είναι η θέση τους. Λόγω της δομής τους (μικρές επιμήκεις κεκλιμένες σανίδες με διάκενα μεταξύ τους) δεν είναι απόλυτα αδιαπέραστα από το φως. Χειροκίνητος χειρισμός.
	Τα ρολά προσφέρουν καλή προστασία έναντι των νυκτερινών θερμικών απωλειών και μερικές φορές, σε συγκεκριμένη θέση, επιτρέπουν τη διήθηση του αέρα (infiltration). Ωστόσο οι δυνατότητες ταυτόχρονου ελέγχου των ηλιακών κερδών και του φυσικού φωτισμού είναι πολύ περιορισμένες
	Οθόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εσωτερικά ενός κτιρίου, αλλά είναι αποδοτικότερες εξωτερικά. Συνήθως διαθέτουν επικάλυψη από PVC και μια ευρεία ποικιλία από συντελεστές ηλιακού κέρδους. Όχι απόλυτα αδιαπέραστες από το φως. Ο αέρας περνάει με διήθηση.

3.3.4. Συστήματα Σκίασης με κινούμενα μέρη

Είναι περισσότερο ευέλικτα και προσαρμόσιμα στις εκάστοτε συνθήκες με το μειονέκτημα βέβαια της μεγαλύτερης φροντίδας για εγκατάσταση και συντήρηση.

Μερικά παραδείγματα συστημάτων σκίασης με κινούμενα μέρη μαζί με τα γενικά περιγραφικά χαρακτηριστικά τους καταγράφηκαν στον Πίνακα 7.



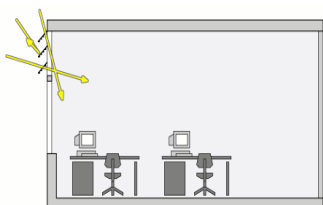
Σχήμα 24 .Περσίδες από Φ/Β κύτταρα [³²].

Εκτός των άλλων έχουν αναπτυχθεί και συστήματα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας, στα οποία η κίνηση των περσίδων ακολουθεί την κίνηση του ήλιου ή γενικώς αντιδρά σε αυτήν με στόχο τη βελτιστοποίηση της ροής ενέργειας. Μάλιστα υπάρχουν στην αγορά συστήματα με περσίδες από φωτοβολταϊκά κύτταρα, που συνδυάζουν τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.[³²]

3.3.5. Εξελιγμένα Συστήματα Φυσικού Φωτισμού [¹²]

Εκτός από τα παραδοσιακά συστήματα φυσικού φωτισμού τα οποία βασικά προστατεύουν τους χώρους από υπερβολική έκθεση στο ηλιακό φως, αλλά συνήθως δεν μεταφέρουν επαρκή φυσικό φωτισμό, υπάρχουν και εξελιγμένα συστήματα με πολύ υψηλότερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά. Παρατίθενται στη συνέχεια μαζί με τις βασικές αρχές λειτουργίας τους.

3.3.5.1. Συστήματα σκίασης

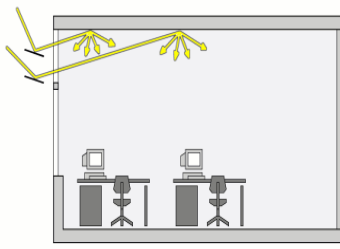


α) Με χρήση διάχυτου φυσικού φωτισμού

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται ή απορροφάται, ενώ η διάχυτη διέρχεται.

Παραδείγματα: πρίσματα, ολογραφικά στοιχεία, κατοπτρικά στοιχεία ηλιοπροστασίας

Σχήμα 25. Πρισματικά πλαίσια [³⁰]



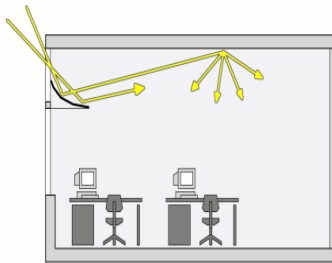
Σχήμα 25. Ανακλαστικές περσίδες
[³⁰]

β) Με χρήση άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατανέμεται τμηματικά στο χώρο ενώ μέρος της ανακλάται ή απορροφάται.

Παραδείγματα: περσίδες και φωτοσκίαστρα, ανακλαστικές περσίδες, ηλιακά ράφια, σκίαση ηλιακής οδήγησης

3.3.5.2. Συστήματα αναδιεύθυνσης φυσικού φωτισμού χωρίς σκίαση

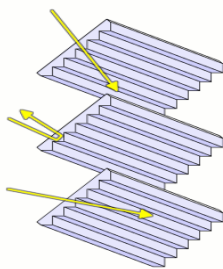


Σχήμα 26. Ανειδωλικό κάτοπτρο
[³⁰]

α) Αναδιεύθυνση διάχυτου φυσικού φωτισμού

Φυσικός φωτισμός από ένα μεγάλο εύρος γωνιών πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως από το ζενίθ, αναδιευθύνεται προς το βάθος του χώρου με ταυτόχρονη εξασθένιση των επιπέδων φωτισμού στην περιοχή του παραθύρου.

Παραδείγματα: ανειδωλική οροφή, fish system, στοιχεία οδήγησης του φωτός του ζενίθ με ολογραφικά στοιχεία.



Σχήμα 27. Ακρυλικές πρισματικές περσίδες
[³⁰]

β) Αναδιεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας

Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία ανακατευθύνεται προς το βάθος του χώρου. Στις περισσότερες περιπτώσεις μόνο η γωνία του ύψους ανακατευθύνεται, ενώ κάποια συστήματα ανακατευθύνουν επίσης και τη γωνία του αζιμούθιου.

Παραδείγματα: ανακλαστικές περσίδες, πρίσματα, ολογραφικά πλαίσια.

γ)Συστήματα διασποράς

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο

Παράδειγμα: γυαλί διασποράς.

δ)Συστήματα μεταφοράς φυσικού φωτός.

Το φυσικό φως μεταφέρεται από την πρόοψη στον πυρήνα του κτιρίου με τη χρήση οπτικής τεχνολογίας.

Παραδείγματα: φωτοσωλήνες, οπτικές ίνες.

3.3.6. Φωτοδιαπερατά Στοιχεία με Ηλιακό Οπτικό Έλεγχο-Πρωτοποριακές Τάσεις^[12]

Για τα συστήματα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας , γίνονται έρευνες και αναπτύσσονται προϊόντα, που συνδυάζουν:

- επαρκείς συνθήκες φωτισμού,
- προστασία των εσωτερικών χώρων από υπερβολικό φως και
- αποτροπή φαινομένων θάμβωσης και υπερθέρμανσης.

Υπάρχουν τρεις σημαντικές πρωτοποριακές τάσεις

- I. ενεργητικός έλεγχος της διαπερατότητας είτε
 - α. μέσω μιας μεταβαλλόμενης τάσης / έντασης συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (ηλεκτροχρωμικά φωτοδιαπερατά στοιχεία) ¹είτε
 - β. μέσω εξαρτώμενων από τη θερμοκρασία ιδιοτήτων(θερμοτροπικά και θερμοχρωμικά φωτοδιαπερατά στοιχεία), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μετάβαση από μια φάση υψηλής διαπερατότητας σε μια φάση πολύ χαμηλής τέτοιας, όταν η εσωτερική θερμοκρασία τείνει να υπερβεί το όριο υπερθέρμανσης.
- II. Μια «γωνιακά» επιλεκτική επιφάνεια, που επιτυγχάνεται μέσω ανισοτροπικών επενδύσεων. Στο πεδίο αυτό έχει στο παρελθόν διερευνηθεί η πλάγια απόθεση μεταλλικών ή μεταλλοκεραμικών μεμβρανών μέσω θερμικής ή filtered καθοδικού τόξου εξάτμισης.
- III. Επιφάνειες σκέδασης ή παράκαμψης του φωτός, όπως πρισματικές επιφάνειες, που διοχετεύουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

πλευρικά, δίκτυα από μικροσκοπικούς φακούς, που λειτουργούν σαν ελεγχόμενοι διαχυτές, κλπ.

Άλλες προτεινόμενες τεχνολογίες λιγότερο εξελιγμένες είναι

- τα έγχρωμα φύλλα, που μειώνουν τη ηλιακή διαπερατότητα και το φυσικό φωτισμό
- οι ανακλαστικές επενδύσεις, που αυξάνουν το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας.
- Εγκλεισμένα μεταξύ των φύλλων του γυαλιού μικροσκοπικά σκίαστρα, των οποίων η κλίση των λεπίδων είναι υπολογισμένη να εξαρτάται από τον προσανατολισμό και τις απαιτήσεις σκίασης του παραθύρου, έτσι ώστε να αντανακλά την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία.

1 Ηλεκτροχρωμικά φωτοδιαπερατά υλικά [³³]

γυαλί
αγώγιμη επίστρωση
ηλεκτροχρωμικό υλικό
αγωγός ιόντων
αποθήκη ιόντων
αγώγιμη επίστρωση
γυαλί.

Υλικά, των οποίων τα οπτικά χαρακτηριστικά, μεταβάλλονται όταν εφαρμοσθεί στα άκρα τους ηλεκτρικό δυναμικό. Τα οξείδια των μετάλλων μεταπτώσεων και ιδιαίτερα αυτά των βολφραμίου (WO_3), μολυβδενίου (MoO_3), νικελίου (NiO) και βαναδίου (V_2O_5), εμπίπτουν στην κατηγορία αυτή. Η διαδικασία είναι απόλυτα αντιστρεπτή με αλλαγή της πολικότητας.

Οι **Ηλεκτροχρωμικές** διατάξεις αποτελούνται συνήθως από μια διαδοχή στρωμάτων της μορφής, που σκιαγραφείται στο σχήμα 28 (χωρίς να αποδίδονται υπο κλίμακα τα πάχη των επιστρώσεων).

Σχήμα28.Τυπική Ηλεκτροχρωμική διάταξη [³³]

Πλεονεκτήματα:

- Αποτρέπουν φαινόμενα θάμβωσης χωρίς να εμποδίζουν την ορατότητα, παρέχοντας τη δυνατότητα καλύτερης χρήσης του φυσικού φωτός.
- Μικρό κόστος συντήρησης.

- Μικρή ενεργειακή κατανάλωση.
- Εμποδίζουν την είσοδο και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας

Μειονεκτήματα :

- το υψηλό κόστος (1000 euro/m^2 , αναμένεται να μειωθεί περίπου στα $10\text{-}150 \text{ euro/m}^2$ με τη μαζική παραγωγή τους
- τη μειωμένη διάρκεια ζωής, η οποία δεν ξεπερνά τα 5 έτη και αναμένεται να αυξηθεί περίπου στα $10\text{-}15$ έτη.

Προσδοκίες [33]

- εφαρμογή του παγκοσμίως θα απέφερε μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 30%.
- στη Βρετανία, σε ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ισοδύναμης με $0,2 \text{ Mtoe}$ άνθρακα ή αλλιώς $5,2$ εκατομμύρια τόνους CO_2
- στις ΗΠΑ, αν υιοθετηθούν οι κανονισμοί "Green Seal" για τα παράθυρα θα εξοικονομηθούν ανά έτος 350 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών CO_2 κατά 2,5%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο :ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η παρουσίαση του θέματος γίνεται κατόπιν διαχωρισμού σε τρεις βασικά ενότητες. Στην πρώτη αναφέρονται βασικές αρχές και έννοιες για το κέλυφος ενός σχολικού κτιρίου, ενώ στη δεύτερη περιγράφονται οι τρόποι για να γίνει το κέλυφος ενεργειακά αποδοτικό. Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται στοιχεία για μονώσεις και υλικά, τον έλεγχο της διαπερατότητας του αέρα, τα φράγματα ακτινοβολίας και την αποτροπή του «φαινομένου καμινάδας» στο κτίριο. Τέλος στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται σχεδιαστικά στοιχεία για τα διάφορα μέρη του κελύφους.

4.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΕΣ

4.1.1. Θεωρητικά στοιχεία –Ορισμοί μεγεθών [³⁶]

Μετάδοση θερμότητας με αγωγή: οφείλεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από παρακείμενα μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να την μεταδίδουν σε παρακείμενα μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Μετάδοση θερμότητας με μεταφορά: οφείλεται στη μετακίνηση των θερμών μορίων

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία: λαμβάνει χώρα με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεταξύ στερεών που διαχωρίζονται από αέρια.

Ειδική θερμότητα: η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να υψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1° C. Μονάδα το 1 Kcal/Kg ° C ή 1 Wh/Kg ° K.

Θερμική μάζα: Η μάζα των υλικών στην οποία μπορεί να αποθηκευθεί ενέργεια με τη μορφή θερμότητας. Η θερμική μάζα ταυτόχρονα καθυστερεί και μετριάζει τη μεταφορά θερμότητας και γενικώς κάνει πιο ήπιο το μικροκλίμα εντός του κτιρίου. Η χρονική καθυστέρηση μεταξύ του μέγιστου της εξωτερικής θερμοκρασίας και της μεταφοράς της θερμότητας στο εσωτερικό είναι 4 με 12 ώρες ανάλογα με τη μάζα και τη θερμοχωρητικότητα των υλικών.

Θερμοχωρητικότητα (Kcal/ m³ * ° C) : Ισούται με το ποσό θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η μονάδα όγκου(1 m³) ενός υλικού κατά 1° C. Εκφράζει την ικανότητα ενός κατασκευαστικού στοιχείου να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του.

Συντελεστής θερμοχωρητικότητας (W): εκφράζει την ποσότητα θερμότητας, που αποθηκεύεται σε 1 m² στοιχείου κατασκευής, κατά την άνοδο της θερμοκρασίας του κατά 1° C. Μονάδα το 1 Kcal/ m² ° C.

Θερμογέφυρα : αποκαλείται κάθε τμήμα κατασκευαστικού στοιχείου, του οποίου η ποιότητα θερμομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση τιμή της θερμομόνωσης του στοιχείου.

υγρασία : είναι η περιεκτικότητα (% κ.β.) μιας ουσίας σε νερό.

Απόλυτη υγρασία (w): το ποσό των υδρατμών (gr) που περιέχεται στη μονάδα όγκου του αέρα. Μονάδα μέτρησης : 1 gr/m^3 .

Σημείο δρόσου: η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η υγροποίηση των υδρατμών του αέρα όταν αυτός ψύχεται.

Σημείο κορεσμού(w_s): η μέγιστη ποσότητα υδρατμών, που μπορεί να συγκρατήσει 1 m^3 αέρα, σε ορισμένη θερμοκρασία και σε δεδομένη (ατμοσφαιρική) πίεση. Συνήθως εκφράζεται σε gr/m^3

Σχετική υγρασία του αέρα (φ): ο λόγος της περιεκτικότητας υδρατμών στον αέρα, για δεδομένη θερμοκρασία, προς τη μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών στη θερμοκρασία αυτή. $\phi = (w/w_s) * 100\%$

Φράγμα υδρατμών: είναι ένα λεπτό στρώμα υλικού μεγάλης αντίστασης υδατοδιαφυγής (π.χ. φύλλο αλουμινίου, PVC, πισσόχαρτου, γυαλιού ή στρώμα πλαστικού χρώματος κ.λ.π.), που τοποθετείται στη θερμότερη πλευρά των χώρων αυξημένης υγρασίας, ώστε να εμποδίζει τους υδρατμούς, να εισχωρήσουν και να ψυχθούν στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου.

U-value, συντελεστής θερμοπερατότητας ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$) : ρυθμός απωλειών θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο, σε σταθερές συνθήκες, για θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού – εξωτερικού χώρου ίση με ένα βαθμό Κέλβιν.

R-value: Είναι μέτρο της ικανότητας ενός υλικού να αντισταθεί στη μεταφορά θερμότητας. Όσο μεγαλύτερη είναι η R-value ενός υλικού, τόσο μεγαλύτερες είναι οι μονωτικές του ιδιότητες.

αισθητή θερμότητα: το άθροισμα των θερμικών φορτίων που προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας

Λανθάνουσα θερμότητα: το άθροισμα των θερμικών φορτίων που δαπανάται για μεταβολή φάσης χωρίς μεταβολή της θερμοκρασίας (προκαλείται αύξηση των υδρατμών του αέρα και συνεπώς και της υγρασίας)

4.1.2. Τα μέρη του κελύφους

Τα φυσικά όρια των εσωτερικών χώρων, που αποτελούν και τα μέρη του κελύφους είναι :

- Στέγη

- Εξωτερικοί τοίχοι,
- Πόρτες και παράθυρα,
- Δάπεδα

4.1.3. Προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το κέλυφος ενός κτιρίου^[11] :

- Αντοχή στην επίδραση του νερού και σε μηχανικές καταπονήσεις και διάρκεια.
- Αποδοτικότητα αναφορικά με την ενέργεια και τους πόρους.
- Εξασφάλιση άνεσης στους κατοίκους
- Εκπλήρωση των κανονισμών αντισεισμικών και αντιτυρικής προστασίας.
- Χαμηλό κόστος

4.1.4. Σημαντικά χαρακτηριστικά, που επηρεάζουν την συμπεριφορά των συστατικών του κελύφους ενός κτιρίου^[11]:

- Τα επίπεδα της μόνωσης (εκφράζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) ή τη θερμική αντίσταση (R-value).
- Η διαπερατότητα τους στον αέρα και στους ατμούς
- Η θερμική μάζα ή η θερμοχωρητικότητά τους
- Η κατάσταση της εξωτερικής τους επιφάνειας.

4.1.5. Πλεονεκτήματα στεγανού μονωμένου κελύφους ^[11]:

- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Ο φυσικός αερισμός μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
- Απαιτούνται μικρότερες συσκευές κλιματισμού που συνεπάγεται μείωση αρχικού κόστους .
- Βελτίωση της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, μέσω της μείωσης της υγρασίας και της μούχλας.
- Καλύτερη ηχομόνωση
- Πιο άνετοι χώροι, με μεγαλύτερη θερμοκρασιακή ομοιομορφία

4.1.6. Κόστος

Γενικά ως κανόνας θα μπορούσε να αναφερθεί ότι όσο πιο ελεύθερη είναι η αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου από άποψη σχήματος ή σύνθεσης όγκων τόσο πιο ισχυρές θα έπρεπε να είναι οι μονώσεις του περιβλήματός του για να αντισταθμισθούν και οι αυξημένες

θερμικές απώλειες σε σχέση με άλλα κτίρια συμπαγούς μορφής ^[20]. Από την άλλη μεριά σε περιπτώσεις ανακαινίσεων η εφαρμογή λύσεων θεωρούμενων ακριβών, όπως τα συστήματα εξωτερικής επένδυσης, μπορεί να θεωρηθεί ιδιαίτερα βολική, με ένα σχήμα ανακαίνισης, στο οποίο περιλαμβάνονται η αντικατάσταση των παραθύρων και των θυρών, και η εγκατάσταση νέων συστημάτων θέρμανσης και αερισμού. ^[12]

4.2. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

4.2.1. Μονώσεις – Υλικά

4.2.1.1. Βασικά στοιχεία ^[12]

Τα βασικά στοιχεία ενός αποδοτικού κελύφους είναι :

- υψηλά επίπεδα μόνωσης με ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών
- αεροστεγής δομή ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διήθηση του αέρα και να αποτραπεί η ύπαρξη υγρασίας εντός των τοίχων ^[12,18]
- Σε υγρούς χώρους η μόνωση δεν πρέπει να τοποθετείται στην κρύα πλευρά της δομής για την αποτροπή συμπυκνώσεων υδρατμών. Όλες οι εσωτερικές πηγές υγρασίας πρέπει να αερίζονται επαρκώς^[18].
- Αποφυγή εκκεντρικών εξωτερικών κτιριακών μορφών, που αυξάνουν την επιφάνεια του κτιρίου και προκαλούν ανεπιθύμητες θερμικές απώλειες. Όταν αυξάνεται η εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, θα πρέπει να προστίθεται επιπλέον μόνωση ^[18].

Η απλή προσθήκη μονωτικών υλικών φυσικά δεν συνεπάγεται τη μετατροπή ενός συμβατικού κτιρίου σε κτίριο υψηλής αποδοτικότητας. Το σύστημα της τοιχοποιίας και οι συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων του κτιρίου πρέπει να σχεδιασθούν προσεκτικά για να είναι αεροστεγείς και να αποτραπούν θερμογέφυρες και ασυνέχειες.

Το πρώτο στρώμα της μόνωσης είναι το πιο σημαντικό, και επικρατεί ο νόμος των ελαττούμενων ανταποδόσεων, δηλαδή κάθε επιπλέον στρώμα, που προστίθεται, είναι λιγότερο αποδοτικό από το προηγούμενο .

4.2.1.2. Τύποι μονωτικών υλικών ^[12]

Εκτός από τα συνήθη συμβατικά υλικά [πολυουρεθάνη, διογκωμένος περλίτης, διογκωμένο πολυστυρόλιο (EPS),εξωθημένο πολυστυρόλιο (XPS), μεταλλικό μαλλί, αεριζόμενο κονίαμα, υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για μια ομάδα μονωτικών υλικών, που

θεωρούνται φιλικά προς το περιβάλλον. Παράγονται από αγροτικά ή από ανακυκλωμένα προϊόντα και αποκαλούνται εναλλακτικά μονωτικά υλικά (πίνακας 8) .

Πίνακας 8. Κατάλογος εναλλακτικών μονωτικών προϊόντων ^[12]		
προϊόντα	πρώτες ύλες	τύπος προϊόντων
φελλός	φυσικός ή διογκωμένος κοκκοποιημένο φελλός	-κόκκοι -σκληρές πλάκες
πλάκες από υπολείμματα κατεργασίας ξύλου (fibre boards)	-υπολείμματα κατεργασίας ξύλου -(θειικό άλας Αργιλίου)	-μαλακές πλάκες -σκληρές πλάκες
πλάκες από υπολείμματα κατεργασίας ξύλου και τσιμέντο. (wood concrete board)	υπολείμματα κατεργασίας ξύλου -τσιμέντο / μαγνησίτης	-μαλακές πλάκες -σκληρές πλάκες
ίνες λιναριού	-ίνες λιναριού -βορικό άλας -ίνες πολυεστέρα	-μαλακές πλάκες -ρολά
μαλλί προβάτων	-καθαρισμένο μαλλί προβάτων -βορικό άλας -εντομοκτόνα	-μαλακές πλάκες -ρολά
ίνες καρύδας	-ίνες από το κέλυφος της καρύδας -αντιπυρικό υλικό	-μαλακές πλάκες -σκληρές πλάκες
βαμβάκι	-βαμβάκι -βορικό άλας	-μαλακές πλάκες -ρολά
ίνες πολυεστέρα	συνθετικές ίνες ανακυκλωμένου πολυεστέρα	-μαλακές πλάκες
ίνες κυτταρίνης	-κοκκοποιημένο χαρτί / ίνες κυτταρίνης -Βόρακας (+ βορικό οξύ) -(υδροξείδιο του αργιλίου)	-κοκκοποιημένα -μαλακές πλάκες -σκληρές πλάκες

4.2.1.3. Μορφές μόνωσης ^[12]

- « Δυναμική μόνωση»

Ο όρος περιγράφει μονωτικά υλικά, που λειτουργούν σαν φίλτρα του εξωτερικού αέρα. Λόγω υποπίεσης, που δημιουργείται στο κτίριο, ο αέρας διέρχεται μέσω των μονωτικών υλικών και θερμαίνεται. Το δυναμικό μονωτικό υλικό είναι ένα είδος εναλλάκτη θερμότητας .

- « Μόνωση με δημιουργία κενού»

Ο όρος περιγράφει μια ομάδα μονωτικών υλικών με το κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα της δημιουργίας κενού αέρος μεταξύ δύο επιφανειών, γεγονός που βοηθάει στη βελτίωση της μονωτικής ικανότητας ενός στοιχείου. Οι επιφάνειες διαχωρίζονται από ένα πληρωτικό υλικό, το οποίο εκτός των άλλων σχηματίζει και ένα φράγμα ακτινοβολίας. Το πληρωτικό υλικό συμβάλλει βέβαια στην μετάδοση θερμότητας δι' αγωγής δια μέσου του πλαισίου, γεγονός που μειώνει την μονωτική ικανότητα της διάταξης. Το σημαντικό πλεονέκτημα της διαδικασίας αυτής, σε σχέση με την αποδοτικότητα συνήθων μονωτικών πρακτικών, είναι η βελτίωση των συνολικών μονωτικών αποτελεσμάτων με μικρότερο πάχος τοίχου. Γίνεται έρευνα στο πεδίο αυτό σε διάφορα μέρη του κόσμου αλλά η πληροφόρηση είναι περιορισμένη .

- «Διαφανής μόνωση»

Ο όρος περιγράφει υλικά ή δομές μεγάλης διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, που δημιουργούν φαινόμενο θερμοκηπίου, όπως το γυαλί ή και καλύτερα. Είναι η βάση για την παθητική και ενεργητική χρήση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση

4.2.2. Έλεγχος της Διαπερατότητας του αέρα ^[11]

Περιγραφή:ο έλεγχος της διαπερατότητας του αέρα είναι σημαντικός για την επίτευξη ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων. Η διαρροή του αέρα εισάγει αισθητή θερμότητα σε ελεγχόμενους από άποψη συνθηκών χώρους ενώ το χειμώνα προκαλεί ξηρότητα στα κτίρια. Σε υγρά κλίματα επίσης είναι πηγή λανθάνουσας θερμότητας, η οποία απαιτεί σημαντική δαπάνη για την απομάκρυνσή της μέσω του κλιματισμού

Συστάσεις : ο σχεδιασμός και η δομή του κτιριακού κελύφους πρέπει να περιορίζει την ανεξέλεγκτη είσοδο του αέρα στο κτίριο. Απαιτούνται:

- αεροστεγές σφράγισμα του κελύφους,

- ανοίγματα (θύρες, παράθυρα) χαμηλών ρυθμών διαπερατότητας
- χρήση αεροφρακτικών στοιχείων στα κρύα κλίματα
- εξασφάλιση συνεχούς φράγματος αέρος στις στέγες τους τοίχους και τα παρακείμενα υλικά συμπεριλαμβανομένων παραθύρων, θυρών και διερχόμενων σωληνώσεων.

Σχεδιαστικές λεπτομέρειες.

- Τα φράγματα αέρος πρέπει
 - να είναι συνεχή με αεροστεγείς ενώσεις
 - να είναι αποτελεσματικά στις επικρατούσες συνθήκες πίεσης χωρίς να καταστραφούν ή μετακινηθούν.
 - Να μεταφέρουν όλα τα φορτία στη δομή
 - να είναι ανθεκτικά και συντηρήσιμα να είναι συνδεδεμένα με αεροστεγή και ευέλικτο τρόπο με τα γειτονικά υλικά.
 - Να χρησιμοποιούν υλικά με διαπερατότητα στον αέρα όχι μεγαλύτερη από 0.004 cfm/ft^2 υπο πίεση 1.57 psf.
- Η ABBA συστήνει: τα εγκατεστημένα και ελεγμένα συστήματα να μην υπερβαίνουν πάνω από πέντε φορές τον επιτρεπόμενο ρυθμό διαρροής των 0.004 cfm/ft^2 υπο πίεση 1.57 psf.
- Οι θύρες και τα ανοίγματα πρόσβασης πρέπει να είναι εφοδιασμένα με διατάξεις φραγής του αέρα.
- Οι διατάξεις απόσβεσης με χειρισμό , που διαπερνούν τα φράγματα αέρος πρέπει να είναι αεροστεγείς
- Τα φωτιστικά που τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου πρέπει να είναι καλυμμένα με μόνωση και να εκπληρώνουν τις προδιαγραφές σχετικά με την αεροστεγανότητά τους.
- Παράθυρα και θύρες: πρέπει να έχουν ρυθμό διήθησης μικρότερο από 0.4 cfm/ft^2 . για θύρες εισόδου με υαλοκάλυψη που ανοίγουν με ταλαντευόμενο μηχανισμό, ή για περιστροφικές θύρες το όριο είναι 1.0 cfm/ft^2 .
- Προθάλαμοι : στα κρύα κλίματα πρέπει να υπάρχουν προθάλαμοι στην κύρια είσοδο του σχολικού κτιρίου. Όλες οι θύρες, που βλέπουν στον προθάλαμο, πρέπει, να διαθέτουν μηχανισμούς για αυτόματο κλείσιμο, ενώ οι εξωτερικές με τις εσωτερικές να μην απέχουν μεταξύ τους λιγότερο από 7 ft.

4.2.3. Φράγματα Ακτινοβολίας [¹¹]

Περιγραφή

Είναι επιφάνειες υλικών με χαμηλό συντελεστή εκπομπής, που τοποθετούνται σε διάφορες κοιλότητες του κτιρίου (συνήθως μεταξύ στέγης και οροφής). Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η δι ακτινοβολίας μετάδοση θερμότητας, που είναι και η πιο σημαντική σε στοιχεία του κτιρίου που διαθέτουν κοιλότητες. Υπάρχουν δύο τρόποι εφαρμογής:

- Χρήση κόντρα πλακέ με μια μεμβράνη που έχει εκ των προτέρων τοποθετηθεί (η φθηνότερη μέθοδος).
- Μια εναλλακτική και πιο αποδοτική μέθοδος είναι να καλυφθούν με φύλλα αλουμινίου οι δοκοί πριν μπει το επικάλυμμα της μόνωσης .

Ενδεικτικό της χρησιμότητας εφαρμογής φράγματος ακτινοβολίας είναι το ότι ένα συμβατικό υλικό π.χ το κόντρα πλακέ έχει εκπεμπιμότητα 0.8 ενώ το φράγμα 0.1.

Τα φράγματα ακτινοβολίας είναι αποτελεσματικά για τη μείωση φορτίων δροσισμού αλλά όχι και φορτίων θέρμανσης.

Πλεονεκτήματα

- μείωση των φορτίων δροσισμού και του ενεργειακού κόστους
- μικρότερα κλιματιστικά, γεγονός που υπερκαλύπτει το απαιτούμενο κόστος εγκατάστασης των φραγμάτων ακτινοβολίας
- βελτιωμένη αποδοτικότητα του συστήματος σωληνώσεων του κλιματισμού, που εγκαθίσταται στο πατάρι, λόγω μειωμένης θερμοκρασίας.

Σχεδιαστικές λεπτομέρειες

- επιλογή υλικών με τη χαμηλότερη εκπεμπιμότητα (κάτω από 0.1)
- η γυαλιστερή επιφάνεια του φράγματος τοποθετείται προς τα κάτω για αποφυγή ρύπανσης.
- Όταν ακολουθείται ο δεύτερος τρόπος εγκατάστασης πρέπει να αφηθεί ένα κενό περίπου 1 ίντσα από το κάλυμμα για να αυξηθεί η αποδοτικότητα της μεθόδου.

4.2.4. Ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών λόγω «φαινομένου καμινάδας»

Ενώ κατά περιπτώσεις το φαινόμενο αυτό είναι επιθυμητό για την εξασφάλιση φυσικού αερισμού, θα πρέπει να ελεγχθεί, καθώς τη χειμερινή περίοδο συνδέεται με ενεργειακές απώλειες. Ενδεικνυόμενες πρακτικές για το σκοπό αυτό είναι [¹⁸]:

- Απομόνωση περιοχών με μεταξύ διαφορετικών ορόφων, κλιμακοστασίων, διαδρόμων, ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες λόγω φαινομένου ``καμινάδας``.
- Σχεδιασμός των κατάλληλων διαφορών πίεσης μεταξύ των διάφορων χώρων.
- Λεπτομερειακή μελέτη των εστιών θέρμανσης και των σωληνώσεων με σκοπό τη μείωση των θερμικών απωλειών.

4.3. ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

4.3.1. Παράθυρα - Θύρες

4.3.1.1. Επιφάνεια αποδοτικής υαλοκάλυψης ^[4,12]

Τα παράθυρα είναι το λιγότερο καλά μονωμένο τμήμα του κελύφους, με συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) 4-10 φορές μεγαλύτερο συνήθως από ότι τα υπόλοιπα στοιχεία του. Αυτό οδήγησε για ένα διάστημα στη μείωση της επιφάνειας των ανοιγμάτων αλλά με την βελτίωση των υλικών που χρησιμοποιούνται οι όροι αρχίζουν να αντιστρέφονται.

Τα κατακόρυφα ανοίγματα γενικώς δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 40 % της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων. Ωστόσο, όπου υιοθετείται ηλιακός παθητικός σχεδιασμός ή στρατηγική σχεδιασμού του φυσικού φωτισμού, μπορεί να γίνει υπέρβαση του ορίου με ταυτόχρονη αύξηση της μόνωσης της κτιριακής δομής ώστε να υπάρχει αντάλλαγμα για τις αυξημένες θερμικές απώλειες από την υαλόφρακτη περιοχή. Η οριζόντιας ή περίπου οριζόντιας διεύθυνσης υαλοκάλυψη δεν πρέπει να υπερβαίνει το 20% της οροφής.

4.3.1.2. Φωτοδιαπερατά Στοιχεία

4.3.1.2.1. Ροή ενέργειας^[12]

Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με :

- Αγωγή – συναγωγή
- Μεταφορά
- Ακτινοβολία

«Σε ένα συνηθισμένο διπλής υάλωσης στοιχείο, τα 2/3 της συνολικής μετάδοσης θερμότητας στο χώρο μεταξύ των δύο φύλλων γίνεται δια ακτινοβολίας».

4.3.1.2.2. Τρόποι μείωσης του συντελεστή θερμοπερατότητας των φωτοδιαπερατών επιφανειών (U-value) [33].

- Εφαρμογή πολλαπλής υάλωσης
- Μεγαλύτερο διάκενο
- Πλήρωση του διακένου με υλικά μεγαλύτερης θερμικής αντίστασης από τον αέρα.
- Χρήση διακένου χαμηλής πίεσης.
- Χρήση επένδυσης χαμηλής εκπομπής (low – e).
- Χρήση ηλεκτροχρωμικών υλικών
- Συνδυασμός των διάφορων τεχνικών

Ένα στοιχείο με τριπλή υάλωση , δύο low-e επενδύσεις, και αέριο πλήρωσης Κρυπτόν αναφέρεται ότι έχει $U\text{-value} = 0.45 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Υπάρχει βέβαια ένα πρόβλημα, που συνδέεται με πολύ καλά μονωμένα παράθυρα, και είναι το φαινόμενο της συμπύκνωσης ατμών στο εξωτερικό τους τμήμα [12].

Στο σχήμα 29 φαίνεται η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

A . παράθυρο με ένα κρύσταλλο

B. παράθυρο με ένα κρύσταλλο και επίστρωση χαμηλής εκπομπής (low –e)

Γ. παράθυρο με διπλό κρύσταλλο

Δ. παράθυρο με διπλό κρύσταλλο και επίστρωση χαμηλής εκπομπής

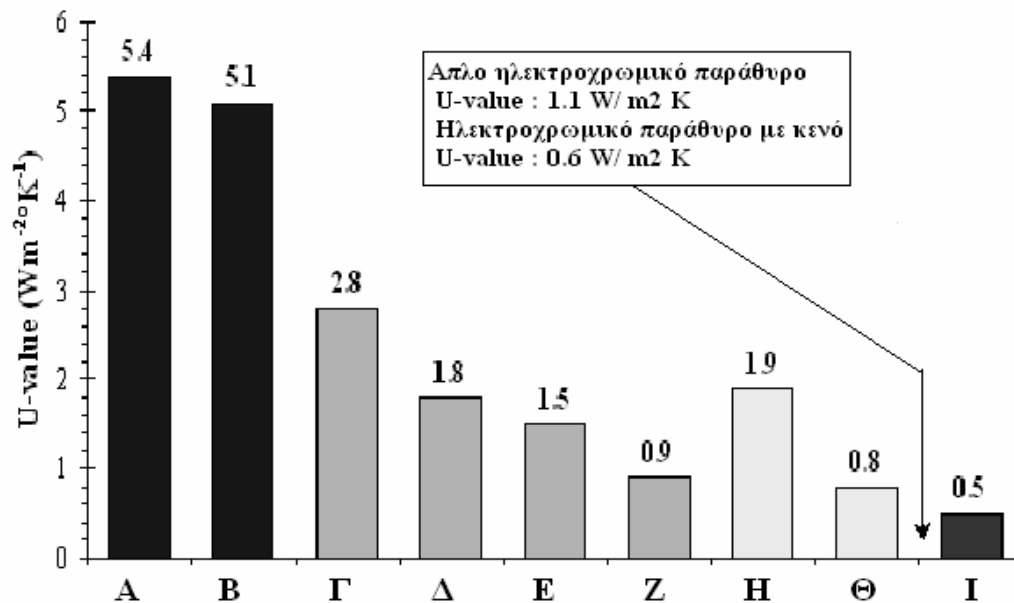
E. παράθυρο με διπλό κρύσταλλο και επίστρωση χαμηλής εκπομπής και Αργόν

Z. παράθυρο με διπλό κρύσταλλο κενό και επίστρωση χαμηλής εκπομπής

H. παράθυρο με τριπλό κρύσταλλο

Θ. παράθυρο με τριπλό κρύσταλλο 2 επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής και 2 Αργόν.

I. τοίχος με μόνωση 5cm



Σχήμα 29. Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για διάφορες περιπτώσεις ^[33]

4.3.1.2.3. Επενδύσεις χαμηλού συντελεστή εκπομπής (low-e) ^[33]

Συνιστούν ένα πολύ λεπτό μεταλλικό φιλμ σχεδόν 100% διαπερατό από την (χαμηλού μήκους κύματος) ηλιακή ακτινοβολία, το οποίο ακτινοβολεί μικρά ποσά θερμότητας (μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία). Υπάρχουν δύο ειδών ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας:

- **«σκληρές» επενδύσεις:** προστίθενται κατά τη διάρκεια της παραγωγής της υάλου και είναι ανθεκτικές στις εξωτερικές συνθήκες
- **«μαλακές» επενδύσεις:** προστίθενται μετά την παραγωγή σε θαλάμους με κενό αέρος και είναι ευάλωτες στην υγρασία, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, τις μηχανικές καταπονήσεις. Για το λόγο αυτό βλέπουν πάντα σε ξηρές απομονωμένες κοιλότητες.

Οι χαμηλού συντελεστή εκπομπής επενδύσεις επιδρούν στη διαπερατότητα του φωτός (φασματική ζώνη ορατής ακτινοβολίας) και της ηλιακής ενέργειας (όλο το φάσμα) της υάλου και ένα μεγάλο μέρος της χαμηλού μήκους κύματος ακτινοβολίας απορροφάται . Συνεπώς οι επενδύσεις αυτές δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό στοιχείων πολλαπλής υάλωσης διότι προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας και πιθανές ρωγμές.

4.3.1.2.4. Πρακτικές βελτίωσης αποδοτικότητας των φωτοδιαπερατών επιφανειών [18]

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αύξησης της αποδοτικότητας των φωτοδιαπερατών επιφανειών ενός κτιριακού κελύφους. Καταγράφουμε μερικούς από αυτούς:

- Επιλογή κατάλληλων υψηλής αποδοτικότητας ενεργειακών χαρακτηριστικών. Λαμβάνονται υπ όψιν οι συντελεστές θερμοπερατότητας, ηλιακού θερμικού κέρδους, και φωτοδιαπερατότητας (U-value, Solar Heat Gain Coefficient, Visible Light Transmittance).
- Βελτιστοποίηση του προσανατολισμού των ανοιγμάτων με τη βοήθεια ενεργειακών μοντέλων προσομοίωσης. Εξασφάλιση βεβαίως των απαραίτητων συστημάτων ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Επιλογή υαλοκάλυψης με μεγάλο συντελεστή φωτοδιαπερατότητας στη βόρεια πλευρά των κτιρίων.
- Επιλογή φασματικά επιλεκτικού φωτοδιαπερατού υλικού για την κάλυψη της νότιας , ανατολικής και δυτικής πλευράς.
- Επιλογή κατάλληλου χρωματισμού: το χρωματισμένο γυαλί που προορίζεται για την κάλυψη της νότιας , ανατολικής και δυτικής πλευράς, πρέπει να ανήκει στην κατηγορία blue/green.

4.3.1.3. Πλαίσιο παραθύρου [12]

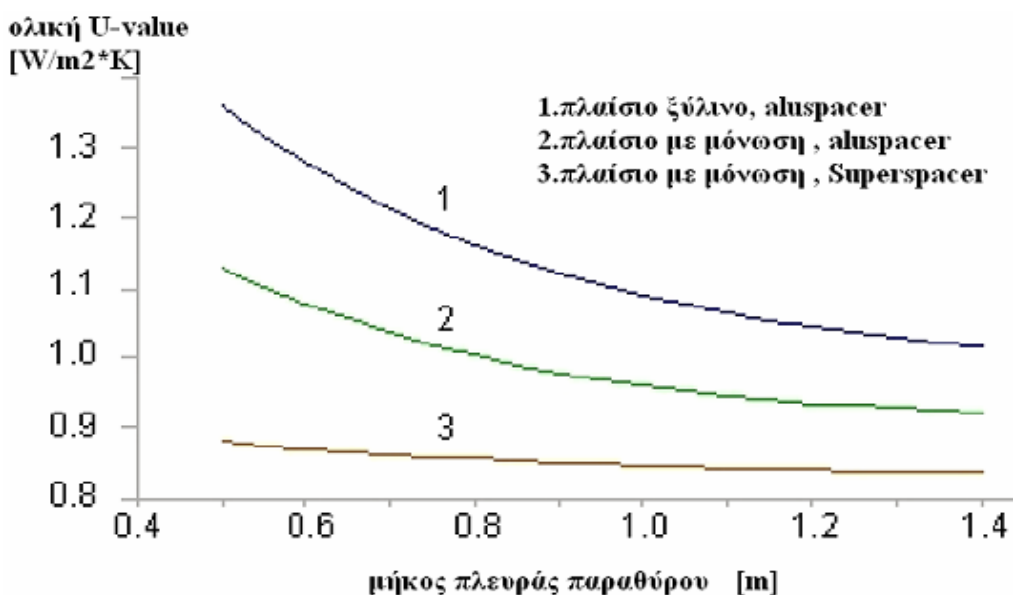
4.3.1.3.1. Υλικά κατασκευής

- **Ξύλο** : σχετικά χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, μεγάλο κόστος συντήρησης
- **Πλαστικό** : μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από το ξύλο, μικρό κόστος συντήρησης
- **Αλουμίνιο** : μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από το ξύλο, μικρό κόστος συντήρησης (απαιτείται θερμική μόνωση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού τμήματος των παραθύρων)
- **Ξύλο επενδεδυμένο με αλουμίνιο**: συνδυάζει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα με μικρό κόστος συντήρησης
- **Άθραυστο μονωτικό υλικό (PU foam) καλυμμένο με αλουμίνιο**: νέο υλικό με ελαφρά καλύτερες μονωτικές ιδιότητες από το ξύλο. Εμπορικά εκμεταλλεύσιμα

υλικά με σημαντικά καλύτερες μονωτικές ιδιότητες από το ξύλο δεν έχουν αναπτυχθεί

4.3.1.3.2. Επίδραση του πλαισίου στην θερμική συμπεριφορά του παραθύρου [12]

Οι U-values των πλαισίων είναι της τάξης του $1.4-2.0 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ και γενικώς μεγαλύτερες των κεντρικών U-values (αναφέρονται στο φωτοδιαπερατό στοιχείο του παραθύρου), υποβαθμίζοντας τη συνολική θερμική συμπεριφορά των παραθύρων. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 30, όπου οι ολικές U-values μειώνονται όσο αυξάνεται η πλευρά του παραθύρου. Τα παράθυρα είναι τετραγωνικής μορφής με τριπλή υάλωση, επένδυση χαμηλής εκπεμπιμότητας και υλικό πλήρωσης με πλαίσια ξύλινα, μονωτικό στρώμα στις 2,3 και δύο είδη spacers(κεντρική U-value= $0.85 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)



Σχήμα 30 . Ολικές τιμές U-values σαν συνάρτηση του μεγέθους παραθύρου[12]

4.3.1.3.3. Βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των πλαισίων [18]

- Εξασφάλιση θερμικής ασυνέχειας στα μεταλλικά πλαίσια των παραθύρων για βελτίωση της θερμικής αποδοτικότητας και μείωση της συμπύκνωσης υδρατμών.
- Να ληφθούν υπ όψιν θέματα ασφάλειας καθώς και παρείσφρησης νερού.
- Έλεγχος διήθησης του αέρα με χρήση ειδικών ανθεκτικών λωρίδων.

- Χρησιμοποίηση πλαισίων από ξύλο, όπου απαιτείται μεγαλύτερη θερμική αντίσταση στις νέες κατασκευές και στην συντήρηση ιστορικών κτιρίων.
- Χρησιμοποίηση πλαισίων από fiberglass, όπου απαιτείται ακόμη καλύτερη θερμική συμπεριφορά.
- Μια μείωση των διαστάσεων των πλαισίων είναι μια καλή πρακτική για τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς των παραθύρων [12].
- Χρήση μεταλλοποιημένου πλαστικού για τη στεγάνωση των άκρων(spacer) των στοιχείων πολλαπλής υάλωσης προς αποτροπή θερμογέφυρας (ΗΠΑ, Καναδάς). Σχετικά καλά αποτελέσματα δίνει και μείωση του πάχους του υλικού αυτού από 0.4 mm ανοξείδωτο ατσάλι , που είναι συνήθως, σε 0.15 mm [12].

4.3.1.3.4. Επιλογή της καλύτερης λύσης [12]

Μπορεί τα παράθυρα να είναι το πιο αδύναμο στοιχείο του κελύφους από άποψη θερμοπερατότητας (U-value), αλλά υπάρχει και ο παράγοντας g-value, που αντιπροσωπεύει το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας που διέρχεται μέσω του παραθύρου. Η βέλτιστη επιλογή παραθύρου κρίνεται σε μια ισορροπία μεταξύ των δύο αυτών μεγεθών αλλά το πρόβλημα είναι περίπλοκο καθώς μπαίνουν ως παράμετροι :

- Ο προσανατολισμός του παραθύρου
- Οι συνθήκες σκίασης
- Η θερμική μάζα του κτιρίου
- Το εσωτερικό θερμικό φορτίο

Η τελική επιλογή θα πρέπει να εκπληρώνει τις απαιτήσεις για

- Θερμομονωτικές ιδιότητες
- Συνθήκες φυσικού φωτισμού
- Σκίαση
- Ηχομόνωση

4.3.2. Τοιχοποιία [11]

4.3.2.1. Προδιαγραφές μόνωσης

Χρήση μόνωσης με διαφορετικές ελάχιστες προδιαγραφές ανάλογα με τη δομή και το κλίμα, με τη δυνατότητα βέβαια διαφοροποιήσεων ανάλογα με τις τοπικές ιδιαιτερότητες.

- τοιχοποιία με ξύλινο πλαίσιο:
 - μόνωση κοιλοτήτων R-13 για όλα τα κλίματα
 - μονωτικό περίβλημα R-7.5 στα ψυχρά κλίματα
 -
- τοιχοποιία με μεταλλικό πλαίσιο:
 - μόνωση κοιλοτήτων R-13 για όλα τα κλίματα .
 - μονωτικό περίβλημα R-7.5 στα ψυχρά κλίματα
 - συνεχές μονωτικό περίβλημα R-3.8 στα θερμά κλίματα
- τοιχοποιία συμπαγούς μάζας :
 - μόνωση κοιλοτήτων R-15.2 για τα ψυχρά κλίματα, R-13.3 για τα δροσερά κλίματα, R-9.5 για τα μεταβαλλόμενα και υγρά κλίματα, R-7.6 για τα θερμά κλίματα

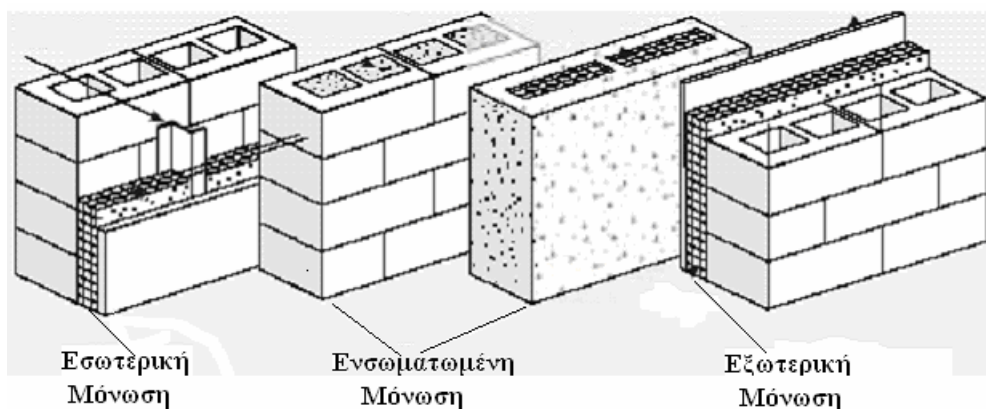
σημείωση : ακόμη και για τα ίδια χαρακτηριστικά μόνωσης για τα ξύλινα και τα μεταλλικά πλαίσια , η ολική θερμική συμπεριφορά θα είναι καλύτερη στην περίπτωση των ξύλινων.

4.3.2.2. Οικονομική αποδοτικότητα

Μόνωση της τοιχοποιίας με πλαίσιο: το κόστος μόνωσης της τοιχοποιίας με πλαίσιο είναι μικρό αλλά είναι και μικρής απόδοσης. Από τους κανονισμούς απαιτείται συνεχής μόνωση και η οικονομικότερη λύση είναι η εφαρμογή της στην έξω πλευρά του πλαισίου.

Μόνωση συμπαγούς μάζας: είναι πολύ πιο δύσκολη και ακριβότερη. Η μόνωση των εσωτερικών κοιλοτήτων δεν είναι αποτελεσματική λόγω θερμογεφυρών κατά μήκος των δομικών στοιχείων και των αντισεισμικών προδιαγραφών που πρέπει να εκπληρούν.

- Ο αποτελεσματικότερος τρόπος, αν ο προϋπολογισμός το επιτρέπει , είναι η χρήση ενός Συστήματος Εξωτερικής Μονωτικής Επεξεργασίας EIFS (Exterior Insulation Finish System)
[ενδεικτικά αναφέρεται τιμή \$ 7 /ft² για 1 in - \$ 8 /ft² για 2 in(έτος2000)] .
- εναλλακτικά εφαρμογή εσωτερικής μόνωσης με τη βοήθεια ατσάλινου ή ξύλινου πλαισίου και γυψοσανίδες για κάλυψη.



Σχήμα 31. Μονωτικές τεχνικές ^[11]

4.3.3. Στέγες ^[26]

4.3.3.1. Οδηγίες μόνωσης

Οι προδιαγραφές μόνωσης που δίνονται από τον οδηγό κατασκευής σχολικών κτιρίων του CHPS ^[26] είναι :

- Ενιαία μόνωση πάνω από το δώμα : R-20. Το πάχος εξαρτάται από το είδος μόνωσης.
- Πατάρι-σοφίτα και άλλες δομές: μόνωση R-38 εκτός αν πρόκειται για κρύα και υγρά κλίματα όπου απαιτείται R-60.

4.3.3.2. Οικονομική αποδοτικότητα

Σύμφωνα με τον ίδιο οδηγό

- Το κόστος μόνωσης των παταριών και των κοιλοτήτων των ξύλινων ή μεταλλικών πλαισίων είναι μικρό.
- Η άκαμπτη μόνωση πάνω από τη δομική πλάκα είναι περισσότερο ακριβή.

4.3.3.3. Σχεδιαστικές λεπτομέρειες μονωτικών εφαρμογών

Υπάρχουν κάποιοι γενικοί κανόνες για την εφαρμογή μονώσεων:

- Για πατάρια με κεκλιμένες στέγες, πρέπει να εξασφαλισθεί σταθερό πάχος μόνωσης καθ' όλο το εύρος.

- Δεν ενδείκνυται η τοποθέτηση θερμαντικών συσκευών στα πατάρια για αποτροπή φαινομένων υπερθέρμανσης
- Δεν ενδείκνυται η τοποθέτηση μόνωσης κοντά σε συσκευές με εξαγωγή αέρα.
- Εξασφάλιση ξηρής εφαρμογής της μόνωσης.
- Μη εφαρμογή μόνωσης σε 'ΐαιωρούμενες' οροφές .
- Διερεύνηση χρήσης ανακυκλωμένων υλικών μόνωσης στα πατάρια.
- Διερεύνηση εγκατάστασης ή αντικατάστασης μιας στέγης με «πράσινη στέγη».

4.3.3.4. «Δροσερές στέγες - Cool Roofs»

περιγραφή : « **Cool Roofs** » :είναι ένας όρος, που περιγράφει στέγες με επιθυμητά χαρακτηριστικά. Δύο είναι τα σημαντικά πιο σημαντικά στοιχεία τέτοιων στεγών:

- Η μεγάλη τους ανακλαστικότητα (πάνω από 0,7), που κρατά την επιφάνεια τους σε χαμηλή θερμοκρασία, μειώνει το ηλιακό κέρδος και μειώνει την ανάγκη για κλιματισμό. Το γεγονός αυτό αυξάνει το χρόνο για τον οποίο μπορεί να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα με τη βοήθεια αέρα από το περιβάλλον.
- Υψηλή ή έστω κανονική εκπεμπιμότητα (επιθυμητή τιμή πάνω από 0,8). Η εκπεμπιμότητα είναι το ποσοστό της ενέργειας, που μπορεί να ακτινοβοληθεί από μια επιφάνεια προς τον ουρανό.

Πλεονεκτήματα:Κρατώντας την στέγη σε χαμηλή σχετικά θερμοκρασία μειώνονται τα φορτία δροσισμού, αλλά ταυτόχρονα μειώνονται και τα φαινόμενα συστολής και διαστολής που προκαλούν φθορά στα υλικά και μειώνουν το χρόνο ζωής τους. Μειώνονται επίσης και τα φαινόμενα ανάπτυξης «θερμών νήσων».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο :ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

5.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ- ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΑΛΟΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ [³⁴]

5.1.1. Το οπτικό σύστημα

Οι οπτικές πληροφορίες μεταδίδονται μέσω φωτεινής ενέργειας που προβάλλεται ή ανακλάται στα μάτια μας. Το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο σε ενέργειες, που καταλαμβάνουν την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με μήκος κύματος μεταξύ 380 και 760 nm.

Το πιο σημαντικό μέρος του ματιού είναι ο αμφιβληστροειδής χιτώνας που βρίσκεται στο εσωτερικό του οφθαλμικού βολβού απέναντι από την κόρη όπου η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Στον αμφιβληστροειδή χιτώνα εμπεριέχονται δύο είδη νευρώνων, τα κονία και τα ραβδία.

Τα ραβδία λειτουργούν κυρίως κάτω από χαμηλό φωτισμό και είναι τοποθετημένα στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή. Για το λόγο αυτό στο σκοτάδι διακρίνουμε αντικείμενα που βρίσκονται εκτός της ευθείας της οράσεως.

Τα κονία βρίσκονται στην κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδή, χρησιμοποιούνται κάτω από κανονικές συνθήκες και αναγνωρίζουν καλύτερα λεπτομέρειες και χρώματα. Επειδή η Διακριτική Ικανότητα είναι πολύ μεγαλύτερη στην κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδή, ενδείκνυται η τοποθέτηση των πιο κρίσιμων δεικτών πληροφοριών στο κέντρο του οπτικού πεδίου των χρηστών.

- **Προσαρμογή σε σκοτεινές και φωτεινές συνθήκες:** Γίνεται σε δύο φάσεις
Η πρώτη φάση βελτίωσης της ευαισθησίας (λίγα λεπτά) αποδίδεται σε ακόρεστα κονία. Αντίθετα η δεύτερη φάση (8-45 λεπτά) αποδίδεται στην ενεργοποίηση των ραβδίων. Η
προσαρμογή σε φωτεινές συνθήκες ολοκληρώνεται σε 1-2 λεπτά και
προσδιορίζεται κυρίως από τα κονία.
- **Εστίαση:** Η διαδικασία προσαρμογής του ματιού, ώστε τα αντικείμενα να εστιάζονται πάνω στον αμφιβληστροειδή. Η προσαρμογή αυτή σταματά όταν τα αντικείμενα βρίσκονται σε μικρότερη απόσταση από το εγγύς σημείο προσαρμογής που τοποθετείται περίπου στα 20 cm για νέους ενήλικες.

- **Σύγκλιση :** Η διαδικασία περιστροφής των οφθαλμικών βολβών ώστε, το αντικείμενο να εστιάζεται στις κεντρικές περιοχές του δεξιού και του αριστερού ματιού. Όταν ένα αντικείμενο απομακρύνεται, τα μάτια αποκλίνουν και πέραν των έξι μέτρων οι γραμμές οράσεως γίνονται και παραμένουν παράλληλες και δεν παρατηρείται περιστροφή των οφθαλμών. Το εγγύς σημείο σύγκλισης είναι περίπου 5cm. Σε αυτήν την απόσταση τα αντικείμενα θολώνουν.
- **Διακριτική Ικανότητα :** Ορίζεται ως η ελάχιστη οπτική γωνία, που επιτρέπει την αναγνώριση ενός αντικειμένου.
- **Οπτική αντίληψη κίνησης:** Η ελάχιστη κίνηση που γίνεται αντιληπτή είναι περίπου ένα έως δύο δευτέρα λεπτά του ακτινίου ανά δευτερόλεπτο.
- **Αντίληψη του βάθους:** Οι κύριες ιδιότητες της ανθρώπινης όρασης που καθιστούν δυνατή την αντίληψη του βάθους βασίζονται στους ανεξάρτητους μηχανισμούς εστίασης του κάθε ματιού. Επίσης, τα εγγύτερα αντικείμενα σαρώνουν μεγαλύτερες περιοχές στη επιφάνεια του αμφιβληστροειδή σε σχέση με τα μακρύτερα αντικείμενα.
- **Περιφερειακή Χρωματική Αντίληψη:** Η χρωματική αντίληψη διατηρείται 60 μοίρες στη πλευρά κάθε ματιού, 30 μοίρες πάνω και 40 μοίρες κάτω από το μάτι. Το γαλάζιο χρώμα αναγνωρίζεται μέχρι τις 60 μοίρες, τα άλλα χρώματα αναγνωρίζονται σε μικρότερες γωνίες. Η μέγιστη χρωματική ευαισθησία παρατηρείται στην κεντρική περιοχή, εγγύς της ωχράς κηλίδας. Περιφερειακά διακρίνονται τα αντικείμενα αλλά όχι το χρώμα τους.

5.1.2. Όραση και Φωτισμός

Το κατάλληλο επίπεδο φωτισμού εξαρτάται από τη φύση του έργου, την διακριτική ικανότητα του εργαζομένου και το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται η συγκεκριμένη εργασία. Η μικρότερη ένταση φωτισμού αναγκαία για διάβασμα, γράψιμο και για πολλές χειρωνακτικές εργασίες είναι περίπου 10 lux. Απαιτείται όμως 30 φορές περισσότερος φωτισμός για την εκτέλεση των εργασιών αυτών με άνεση και αποδοτικότητα.

5.6.2.1. Φυσικά μεγέθη Φωτοτεχνίας

Ακτινική ροή του φωτός: Μετρά την ισχύ της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μία πηγή.

[μονάδα μέτρησης : watt]

Φωτεινή ροή: Ορίζεται ως το γινόμενο της ακτινικής ροής μίας πηγής επί την σχετική φασματική ευαισθησία της όρασης.

[μονάδα μέτρησης : lumen (lm)]

Μετρά το σύνολο της ενέργειας, που εκπέμπεται υπό μορφή ορατού φωτός σε όλες τις διευθύνσεις. Μεταβάλλεται με την συχνότητα του φωτός, με μέγιστες τιμές στη φασματική περιοχή από 550 -600 nm, όπου παρουσιάζεται η μέγιστη ευαισθησία της όρασης. (Στο σκοτάδι η μέγιστη ευαισθησία της όρασης μετατοπίζεται σε μικρότερα μήκη κύματος λόγω ενεργοποίησης των ραβδίων).

Φωτεινή ένταση : Η ποσότητα της φωτεινής ροής ανά μονάδα στερεάς γωνίας.

[μονάδα μέτρησης : candela (cd) = 1 lm/sr]

Φωτισμός(illuminance): Το σύνολο της φωτεινής ροής, που προσπίπτει στην μονάδα της επιφάνειας.

[μονάδα μέτρησης : lux=1 lm/m²]

Η παράμετρος, που συνηθέστερα χρησιμοποιείται κατά τον σχεδιασμό συστημάτων φωτισμού.

Λαμπρότητα ή Φωτεινότητα (luminance): Το σύνολο της φωτεινής έντασης (απευθείας ή λόγω ανακλάσεως), που εκπέμπεται ανά μονάδα επιφάνειας.

[μονάδα μέτρησης : Nit = 1 cd/ m²]

5.1.2.2. Πηγές φωτισμού

Η κύρια φυσική πηγή φωτισμού είναι ο ήλιος. Ο φωτισμός της γήινης επιφάνειας ποικίλει από 150.000 lux μέχρι 1000 lux και μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή, τις καιρικές συνθήκες και τον τόπο.

Τεχνητός φωτισμός παράγεται κυρίως με μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτεινή. Οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες διακρίνονται σε λαμπτήρες πυρακτώσεως (το φως εκπέμπεται κατόπιν πυρακτώσεως ενός πηνίου) και λαμπτήρες εκκενώσεως (το φως εκπέμπεται κατόπιν ηλεκτρικής εκκένωσης μέσα σε αέριο).

5.1.2.3. Φωτισμός στο εργασιακό περιβάλλον

Αντίθεση (contrast): Δημιουργείται από διαφορές στην φωτεινότητα μεταξύ αντικειμένου και του υποβάθρου του. Ποσοτικοποιείται από το κλάσμα:

$$A=(\Phi_a-\Phi_u)/\Phi_u$$

Όπου Α είναι η αντίθεση, Φ_α η φωτεινότητα του αντικειμένου και Φ_υ η φωτεινότητα του υποβάθρου.

Συχνά για την μέτρηση της αντίθεσης χρησιμοποιείται και το κλάσμα Φ_α/Φ_υ.

Η αντίθεση μεταξύ αντικειμένου και υποβάθρου επηρεάζει την διακριτική ικανότητα. (π.χ. Στην περίπτωση χαρακτήρων σε οθόνη υπολογιστών η αντίθεση μεταξύ χαρακτήρων και υποβάθρου πρέπει να είναι τουλάχιστον 1/3).

Θάμβωση: Η μείωση της διακριτικής ικανότητας, που προκύπτει από πηγές που εκπέμπουν φως απευθείας στα μάτια ή που δημιουργούν αντανάκλασεις στο αντικείμενο εργασίας. Οι θαμβώσεις είναι δυνατόν να αποφευχθούν, με μείωση της αντίθεσης ανάμεσα στις φωτεινές πηγές και στον περιβάλλοντα χώρο. Ο υπολογισμός δεικτών θάμβωσης απαιτεί, ειδικό εξοπλισμό και εξειδικευμένο λογισμικό.

5.1.2.4. Διακυμάνσεις της έντασης του φωτός (flicker)

Οι λαμπτήρες που βασίζουν τη λειτουργία τους στην εκκένωση (νατρίου, ιωδίου ή φθορισμού), παράγουν φως μεταβαλλόμενης έντασης (συχνότητας 50 Hz) . Αν και λόγω του μετεικάσματος (ικανότητα του ανθρώπινου ματιού να διακρίνει εικόνες ανά 1/10 sec) η διακύμανση του φωτός δεν είναι συνειδητά αντιληπτή, εν τούτοις είναι ιδιαίτερα ενοχλητική και μπορεί σε ευαίσθητα άτομα να προκαλέσει επιληπτικές κρίσεις .

στροβοσκοπικό φαινόμενο : το φαινόμενο κατά το οποίο δημιουργείται η αίσθηση ότι στρεφόμενα μέρη κινούνται αργά, είναι στατικά ή κινούνται αντίστροφα λόγω του διακριτού φωτισμού τους (με συχνότητα 50 Hz). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να ελαττωθεί με τη σύνδεση των γειτονικών λαμπτήρων σε ειδικό κύκλωμα, ώστε να υπάρχει διαφορά φάσης 180 μοιρών μεταξύ των διακυμάνσεων ή με τη σύνδεση γειτονικών λαμπτήρων σε διαφορετικές φάσεις του τριφασικού ρεύματος.

Η διακύμανση του φωτός μπορεί να είναι ορατή στα άκρα διαμηκών λαμπτήρων φθορισμού όπου η συχνότητα τους συμπίπτει με της τροφοδοσίας. Είναι όμως δυνατόν να αποφευχθεί, εφόσον καλυφθούν τα άκρα των λαμπτήρων αυτών.

5.6.2.5. Χρώμα και φωτισμός

Η αντίληψη του χρώματος μιας επιφάνειας εξαρτάται από το φάσμα των συχνοτήτων που ανακλάται από αυτήν. Οι περισσότεροι τύποι τεχνητού φωτισμού παραμορφώνουν την εμφάνιση των χρωμάτων σε σύγκριση με την εμφάνισή τους κάτω από φυσικό φως.

5.6.2.6. Φωτισμός και μετακίνηση μέσα σ' ένα κτίριο [³⁴]

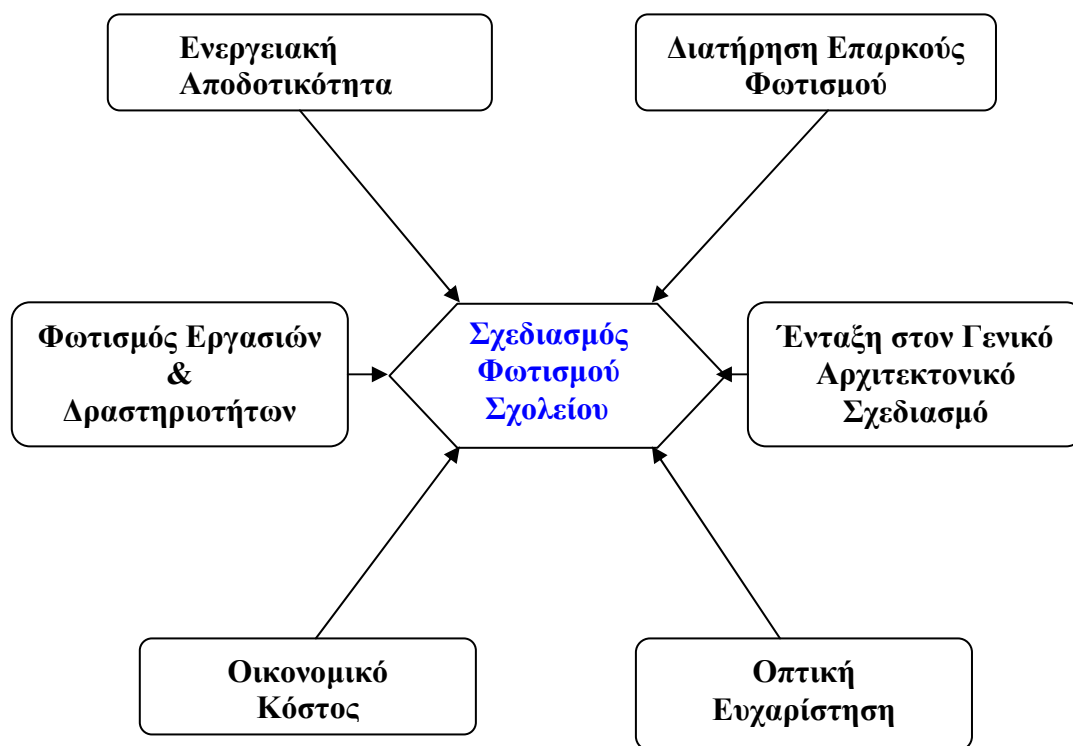
Επειδή τα μάτια απαιτούν ορισμένο χρόνο προσαρμογής στις αλλαγές του φωτισμού κατά τη μετακίνηση από φωτισμένους χώρους σε σκοτεινούς, είναι δυνατόν να προκληθούν ατυχήματα.

Για να επιτευχθεί ομοιόμορφος φωτισμός, πρέπει κατά το σχεδιασμό, να εξασφαλισθεί, ότι η νησίδα φωτός, που παράγεται από μια πηγή, επικαλύπτει εκείνες των γειτονικών πηγών.

5.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΛΑΙΣΙΟ – ΚΡΙΤΗΡΙΑ ^[4]

5.2.1. Πλαίσιο σχεδιασμού

Για να είναι ο σχεδιασμός του φωτισμού ενός σχολικού κτιρίου επιτυχής, θα πρέπει, να ληφθεί υπ όψιν μια σειρά παραγόντων , όχι ίσως της ίδιας βαρύτητας, αλλά πάντως σημαντικών για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.



Σχήμα 32. Σχεδιαστικά Κριτήρια Φωτισμού σχολικού κτιρίου

Οι παράγοντες αυτοί όπως απεικονίζονται και στο σχήμα 32 είναι :

▪ **Εξυπηρέτηση σχολικών εργασιών/ δραστηριοτήτων**

Ο σχεδιασμός θα πρέπει να εξασφαλίζει την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού για την απρόσκοπτη εκτέλεση των εργασιών και των δραστηριοτήτων του σχολείου. Αυτό προϋποθέτει ανάλυση των απαιτήσεων για κάθε επί μέρους χώρο [4]. Επιπλέον, επειδή τα μάτια επικεντρώνονται στα πιο φωτεινά και πολύχρωμα αντικείμενα του οπτικού πεδίου, το φως και τα χρώματα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προσελκύουν την προσοχή στον χώρο διδασκαλίας και στην εκπαιδευτική διαδικασία [34].

▪ **Οικονομικό κόστος**

Θα πρέπει να διερευνηθεί, εάν είναι οικονομικά εφικτή μια λύση και ως προς το κόστος εγκατάστασης και ως προς το κόστος λειτουργίας, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις, που οι ανωτέρω δαπάνες ανήκουν σε διαφορετικούς προϋπολογισμούς.

▪ **Ένταξη στον γενικότερο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό**

Σε οποιοδήποτε τμήμα του κτιρίου απαιτείται ολιστική προσέγγιση ώστε εκτός της ενεργειακής συνιστώσας να εξυπηρετείται και η αισθητική του χώρου.

▪ **Ενεργειακή αποδοτικότητα**

Χρήση ενεργειακά αποδοτικού ηλεκτροφωτισμού, που λειτουργεί επικουρικά του φυσικού φωτισμού. Αυτό σημαίνει :

- Κατάλληλη χωροθέτηση οργάνων ελέγχου
- Οργάνωση των κυκλωμάτων φωτισμού σε σχέση με την κατανομή του φυσικού φωτισμού
- Επιλογή φωτιστικών ενεργειακά αποδοτικών
(συντελεστής απόδοσης > 65 lumen / watt)

▪ **Διατήρηση του φωτισμού σε σταθερά επίπεδα**

Η αποδοτικότητα του τεχνητού φωτισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου για τρεις κυρίως λόγους [34]:

α. Η απόδοση μιας λάμπας μειώνεται σταθερά κατά τη διάρκεια της ζωής της.

β. Μειώνεται η ποσότητα φωτός, που αντανακλάται ή εκπέμπεται από τις επιφάνειες των πηγών λόγω σκόνης ή άλλων σωματιδίων, ή καταστροφής του χρώματος ή φθοράς από τη σκουριά.

γ. Η ανακλαστικότητα των επιφανειών της αίθουσας μειώνεται.

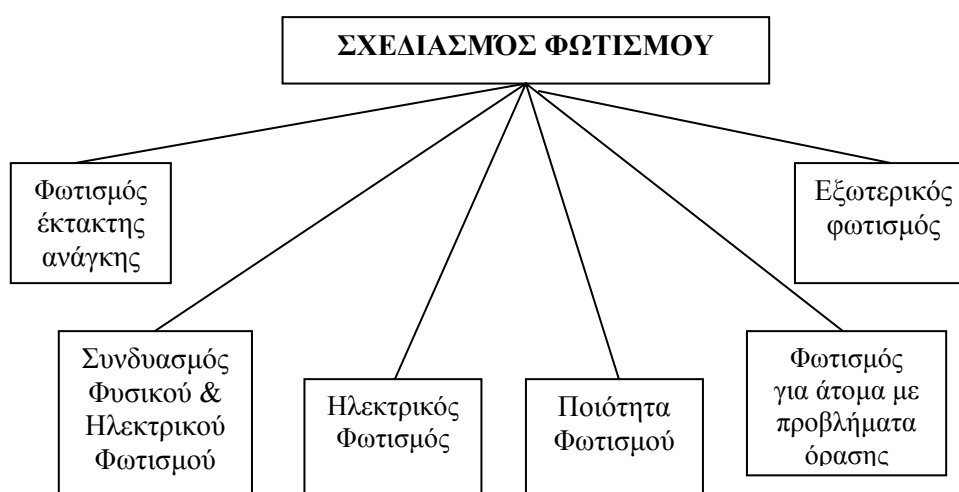
Οι εγκαταστάσεις φωτισμού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες έτσι, ώστε να διευκολύνεται η συντήρησή τους και θα πρέπει να παρέχεται κατάλληλη πρόσβαση σε αυτές ^[34]. Τέλος διασφάλιση επαρκούς φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια της χρήσης του κτιρίου, σημαίνει εκτός των άλλων επικοινωνία με τους κατόχους και σχεδιασμό κατάλληλου προγράμματος συντήρησης ^[4].

▪ Οπτική ευχαρίστηση

Θα πρέπει να υπάρχει διάταξη φωτιστικών με ποικιλία και κατάλληλοι χρωματισμοί επιφανειών, ώστε να προκύψει ένα φωτεινό και ευχάριστο περιβάλλον ^[4].

Ας σημειωθεί επίσης ότι οι διακυμάνσεις, που παρατηρούνται στο φυσικό φωτισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια του χρόνου, είναι επιθυμητές για την ανθρώπινη ευεξία, διότι ομοιόμορφος, σταθερός φωτισμός θεωρείται βαρετός και μονότονος ^[34].

5.2.2. Κριτήρια –Δείκτες κριτηρίων



Σχήμα 33. Κατηγορίες σχεδιαστικών κριτηρίων φωτισμού

Στην ενότητα αυτή καταγράφονται κριτήρια για το σχεδιασμό του φωτισμού μέσα στα πλαίσια που προδιέγραψαν οι προαναφερθέντες παράγοντες. Αφορούν στις κατηγορίες κριτηρίων που απεικονίζονται στο σχήμα

5.2.2.1. Ηλεκτροφωτισμός

Σύμφωνα με οδηγίες για το σχεδιασμό σχολείων [4] θα πρέπει σε ένα σχολικό κτίριο να εξασφαλίζονται τα εξής:

- Ελάχιστος διατηρούμενος² φωτισμός αιθουσών διδασκαλίας στο επίπεδο εργασίας, 300 lux και για εργασίες μεγαλύτερων απαιτήσεων 500 lux .
- Ελάχιστος διατηρούμενος φωτισμός στο επίπεδο του δαπέδου
 - 80 έως 120 lux για διαδρόμους και κλιμακοστάσια.
 - 175 έως 250 lux για χώρους εισόδου, προθαλάμους και χώρους αναμονής.
- Ελάχιστος διατηρούμενος φωτισμός στο επίπεδο εργασίας για χώρους υποδοχής από 250 έως 350 lux.
- Για αίθουσες Η/Υ συστήνεται φωτισμός από 15-30 fc [11]
- Ο δείκτης θάμβωσης πρέπει να είναι μικρότερος του 19, ενώ πρέπει να αποτραπούν οπτικές δυσχέρειες από ανακλάσεις ιδιαίτερα σε οθόνες Η/Υ.
- Ο λόγος ομοιομορφίας του ηλεκτροφωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0.8 πάνω στο επίπεδο εργασίας.
- Η αντίθεση φωτισμού (contrast) μεταξύ της οπτικής εργασίας και του άμεσου περιβάλλοντος χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3:1, ενώ η αντίθεση μεταξύ των φωτεινότερων επιφανειών στο οπτικό πεδίο και της οπτικής εργασίας το 10:1.[11]
- Αποφυγή των διακυμάνσεων της έντασης του φωτός (flicker) [4,34].

5.2.2.2. Συνδυασμός ηλεκτρικού και φυσικού φωτισμού.

Σχετικά με τον αρμονικό συνδυασμό ηλεκτρικού και φυσικού φωτισμού συστήνονται τα εξής:

² Σύμφωνα με τον κώδικα φωτισμού CIBSE 2002: η μέση τιμή φωτισμού στο επίπεδο εργασίας πρέπει να επιτευχθεί με αντικατάσταση των λαμπτήρων ή και καθάρισμα του εξοπλισμού και των επιφανειών του χώρου [4].

- Συμπληρωματική χρήση του ηλεκτροφωτισμού ώστε σε όλο το χώρο να υπάρχει επαρκής και ισορροπημένης λαμπρότητας φωτισμός [4] .
- Διατάξεις ελέγχου φυσικού φωτισμού στο 40% των φωτιστικών σημείων [22].
- Διαχωρισμός των κυκλωμάτων φωτισμού σε ζώνες φυσικού φωτισμού(κατά κανόνα 3 ή και περισσότερες) έτσι ώστε το σύστημα ελέγχου να είναι ευέλικτο και να επιτυγχάνεται ενεργειακή εξοικονόμηση [11].
- Το χρώμα του συμπληρωματικού τεχνητού φωτισμού θα πρέπει να προσομοιάζει με αυτό του φυσικού φωτισμού [34].
- Λαμπτήρες ενδιάμεσης κατηγορίας με χρωματική θερμοκρασία περί τους 4000° K [4] .

5.2.2.3. Ποιότητα φωτισμού [4]

Η ποιότητα μπορεί να εκφρασθεί με υποκειμενικούς όρους όπως

«apparent lightness» : συνολική επικρατούσα ατμόσφαιρα φωτισμού, και

«οπτικό ενδιαφέρον»: η πρόκληση ανομοιομορφου φωτισμού για λόγους εστίασης της προσοχής σε συγκεκριμένα σημεία.

Ή και συντονισμός του φωτισμού με το χρωματισμό των επιφανειών και ενσωμάτωση στον γενικότερο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Υπάρχει και μια ποσοτικοποίηση της ποιότητας φωτισμού μέσω του δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI -Color Rendering Index) ο οποίος πρέπει να έχει τιμές τουλάχιστον 80.

Επιπλέον οι λαμπτήρες προτείνεται να είναι της θερμής ή της ενδιάμεσης κατηγορίας [4] (χρωματική θερμοκρασία 2800° K-4000° K).

Σχετικά με την ανακλαστικότητα των επιφανειών προτείνεται γενικώς :

- ανακλαστικότητα τοίχων > 0.6
- ανακλαστικότητα οροφής > 0.7
- ανακλαστικότητα δαπέδου η μεγαλύτερη δυνατή για πρακτικούς λόγους.

5.2.2.5. Φωτισμός έκτακτης ανάγκης ^[4]

Στα σχολικά κτίρια απαιτείται να υπάρχει φωτισμός έκτακτης ανάγκης:

- Σε περιοχές προσβάσιμες στο ευρύ κοινό κατά τη διάρκεια απογευματινών δραστηριοτήτων (γυμναστήρια, χώροι συγκέντρωσης ή χώροι χρησιμοποιούμενοι για παραστάσεις.)
- Σε διαδρόμους και κλιμακοστάσια διαφυγής, διαδρόμους χωρίς παράθυρα και περιοχές με επικίνδυνα μηχανήματα.

5.2.2.4. Εξωτερικός φωτισμός ^[4]

Απαραίτητος για ασφάλεια και προστασία καθώς και για υποστήριξη αθλητικών δραστηριοτήτων.



α . ορθός γενικός φωτισμός



β : μη ενδεικνύμενος εν γένει φωτισμός

Σχήμα 34. Παραδείγματα εξωτερικού φωτισμού ^[19]

- Συστήνεται χρήση λαμπτήρων με απόδοση $> 65 \text{ lumen / watt}$.
- Απαραίτητος αυτόματος έλεγχος :
χρονοδιακόπτης - φωτοκύτταρο
ελέγχου επιπέδων φυσικού
φωτισμού – ανιχνευτής
υπερύθρων.
- Αποφυγή φωτορύπανσης .
Χρήση φωτιστικών ολικής
αποκοπής (full cut-off): η ένταση του
φωτισμού εκτός μιας γωνίας 70° από
την κατακόρυφο μειώνεται στο $1/10$
της μέγιστης έντασης.

5.2.2.6. Φωτισμός για άτομα με προβλήματα όρασης^[4]

Υπάρχουν πρακτικές, που βοηθούν άτομα με προβλήματα όρασης . Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από αυτές:

- Πρόκληση έντονων διακοσμητικών αντιθέσεων για σαφή προσδιορισμό
 - των θέσεων και των λαβών των θυρών
 - των διακοπών
 - των αλλαγών στην κατεύθυνση των διαδρόμων
 - των αλλαγών των επιπέδων στο δαπέδου και τα σκαλοπάτια.
- Αποφυγή θαμβώσεων από παράθυρα, ανοίγματα οροφής και φωτιστικά.
- Εξασφάλιση ευκολιών για τη χρήση οπτικών βοηθημάτων (μεγεθυντικοί φακοί, τηλεσκόπια, οθόνες επίδειξης).
- Παροχή πρόσθετου φωτισμού με χρήση διατάξεων τοπικού φωτισμού όπου χρειάζεται.

5.3. ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΥ

5.3.1. Τύποι τεχνητών πηγών φωτισμού

Υπάρχουν διάφοροι τύποι τεχνητών πηγών φωτισμού, και η επιλογή εξαρτάται από το επίπεδο φωτισμού και την χρωματική απόδοση, που απαιτείται σ' ένα οπτικό εργασιακό καθήκον, καθώς επίσης και από οικονομικούς παράγοντες, όπως κόστος αγοράς, ετήσιες ώρες χρήσης, διάρκεια του λαμπτήρα, και ευκολία συντήρησης [34].

Στον Πίνακα 9 παρατίθενται ενδεικτικά στοιχεία για διάφορους τύπους πηγών φωτισμού. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι λόγω της γρήγορης ανάπτυξης της τεχνολογίας, απαιτείται ενημέρωση των δεδομένων αυτών αρκετά συχνά.

Πίνακας 9 α . Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών λαμπτήρων [12]			
κατηγορία	τύπος	απόδοση lm/watt	πλεονεκτήματα (+) / μειονεκτήματα (-)
Λαμπτήρας Τουγκστενίου (Πυράκτωσης)	Κοινός GLS (General Lighting Service)	8 – 12	(+)Σημειακή πηγή, εξαιρετική χρωματική απόδοση, θερμό χρώμα, φθηνός, άμεση έναρξη, δυνατότητα αυξομείωσης έντασης (-)Μικρή διάρκεια ζωής, χαμηλή αποδοτικότητα, ευαισθησία στις μεταβολές της τάσης και στις δονήσεις.
Λαμπτήρας Τουγκστενίου Αλογόνου (TH)	Γραμμικός, Κάψουλα , Ανακλαστήρας	16 -25	(+)Σημειακή πηγή, εξαιρετική χρωματική απόδοση, θερμό χρώμα, άμεση έναρξη, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, δυνατότητα αυξομείωσης έντασης, υψηλότερη αποδοτικότητα από GLS. (-) Ακριβός, , ευαισθησία σε μεταβολές τάσης και δονήσεις, απαιτείται Μ/Σ για χαμηλή τάση ,χαμηλή αποδοτικότητα
Συμπαγής λαμπτήρας Φθορισμού (Compact Fluorescent Lamps)	Ποικιλία σχεδίων με ή χωρίς ballast.	50 – 80	(+)Υψηλή αποδοτικότητα, μεγάλη διάρκεια, σχετικά φθηνός, καλή χρωματική απόδοση, γρήγορη εκκίνηση και επανεκκίνηση, μερικοί τύποι αντικαθιστούν τους GLS και τους TH. (-) διάχυτη πηγή, απαιτεί ballast, πλήρης φωτισμός μετά 2 λεπτά, σωλήνας πολύ λαμπρός μπορεί να προκαλέσει θάμβωση.
Λαμπτήρας Φθορισμού	Αλοφωσφορικός 38mm (T12)	60 - 80	(+)Πολύ υψηλή αποδοτικότητα, μεγάλη διάρκεια, φθηνός, T8 και T5 καλύτερη απόδοση από T12, λιγότερη περιεκτικότητα σε υδράργυρο και καλύτερη χρωματική απόδοση, δυνατότητα αυξομείωσης έντασης φωτισμού (dimmer). (-)διάχυτη πηγή, τυποποιημένα μήκη, απαιτεί ballast, T5 απαιτεί υψηλής συχνότητας ballast
	Τριφωσφορικός 26mm (T8)	60 - 95	
	Τριφωσφορικός 26mm (T5)	95-110	
	Κυκλικός	30 -50	

Πίνακας 9 β. Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών λαμπτήρων [12]			
κατηγορία	τύπος	απόδοση lm/watt	πλεονεκτήματα (+) / μειονεκτήματα (-)
Λαμπτήρες Εκκένωσης	Νατρίου υψηλής πίεσης (SON)	65-140	(+)Πολύ υψηλή αποδοτικότητα, μεγάλη διάρκεια ζωής εκτός από το «white» SON, ποικιλία ισχύων.
	Νατρίου χαμηλής πίεσης(SOX)	100-190	
	Υψηλής πίεσης ατμών υδραργύρου (MBF)	40-60	(-) Χαμηλή χρωματική απόδοση (εκτός MBI), απαιτούν ballast, μεγάλος χρόνος προπαρασκευής και αργή επανεκκίνηση.
	Υψηλής πίεσης αλογονιδίου μετάλλων (MBI)	60-80	
Λαμπτήρες Επαγωγής	Τυποποιημένος (Standard)	70	(+)Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (60000 ώρες, 10000 για ανακλαστήρα, καλή χρωματική απόδοση, όχι διακυμάνσεις της έντασης φωτισμού (flicker).
	Ανακλαστήρας	47	(-) περιορισμένο φάσμα, απαιτεί προσεκτική χρήση, ακριβός, διάχυτη πηγή.
Λαμπτήρες Ημιαγωγών [11]	LEDs Δίοδοι εκπομπής φωτός (Light Emission Diodes)		(+)εξαιρετικά μεγάλος χρόνος ζωής, υψηλή αποδοτικότητα(συστήνονται για τα σήματα εξόδου σχολείων) (-)μεγάλο προς το παρόν κόστος αγοράς, μονοχρωματικό φως (κυρίως κόκκινο, μπλε και πράσινο ενώ, διερευνάται η εμπορικά βιώσιμη παραγωγή πηγής LED λευκού χρώματος.)

Πίνακας 10. Αναλυτική σύγκριση λαμπτήρων φθορισμού [11]		
Τύπος λαμπτήρα	Πλεονεκτήματα /Μειονεκτήματα	Εφαρμογές
T12	-Παλαιάς τεχνολογίας. -Σχετικά χαμηλή αποδοτικότητα. -Υποκαταστάθηκε από νεότερους τύπους όπως T-8 και T-5.	Δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε νέες εφαρμογές.
Standard T-8	-Μικρότερης διαμέτρου γενικής χρήσης. -10 έως 20% ενεργειακά αποδοτικότεροι από τους T12. -πιο βελτιωμένοι αν συνδυασθούν και με ηλεκτρονικά ballasts. -χαμηλό κόστος λαμπτήρων και ballasts.	Γενικού φωτισμού σε αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, χώρους πολλαπλών χρήσεων και βιβλιοθήκες.
Premium & Super T-8	-Υψηλότερη χρωματική απόδοση - Υψηλότερη διατηρημένη φωτεινή ροή(lm) -20 έως 50% μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους Standard T-8 -10 έως 20% ενεργειακά αποδοτικότεροι από τους T-8, ανάλογα με τον τύπο.	Ίδιες με τους Standard T-8.
T-5	-Ίδια συμπεριφορά με τους Super T-8, αλλά με πιο συμπαγές κέλυφος (διάμετρος 5/8 in αντί 1 in). -απαιτείται προστασία έναντι της θάμβωσης -ακριβότερος από τον T-8.	Φωτιστικά μικρότερης διατομής. Ιδιαίτερα αποτελεσματικός για έμμεσο φωτισμό.
T-5 υψηλής απόδοσης (T-5HO)	-Υψηλότερη παραγωγή φωτός ανά μονάδα μήκους - πολύ καλή ενεργειακή αποδοτικότητα -μεγάλη διάρκεια ζωής -υψηλή οπτική αποδοτικότητα. - ακριβότερος από τον T-8.	Μικρότερης διατομής κρεμαστά φωτιστικά για γραφεία και αίθουσες. Επίσης για άμεσες ανοικτού χώρου εφαρμογές, όπως τα γυμναστήρια.

5.3.2. Ballast

5.3.2.1. Περιγραφή

Συσκευή που βοηθά στην εκκίνηση και τη ρύθμιση της λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού. Η συμβατική του μορφή περιλαμβάνει ηλεκτρομαγνήτη ενώ υπάρχουν και ηλεκτρονικής μορφής.

5.3.2.2. Τύποι

- **Στιγμιαίας εκκίνησης:** υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα, αλλά προκαλεί μείωση του χρόνου ζωής του λαμπτήρα. Συστήνονται για χώρους που δεν απαιτείται συχνός χειρισμός του φωτισμού με διακόπτες.
- **Ταχύτατης εκκίνησης:** σπάνια η χρήση τους γιατί μειώνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα χωρίς αντάλλαγμα.
- **Με πρόγραμμα εκκίνησης:** ενεργειακά αποδοτικά ενώ ταυτόχρονα μειώνουν την επίδραση των ελέγχων και του κύκλου χειρισμού. Ενδείκνυνται για όλες τις εφαρμογές και ιδιαίτερα για εκείνες με μικρό κύκλο χειρισμού.
- **Με δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης φωτισμού (dimming):** απαιτούν επιπλέον επένδυση αλλά προσφέρουν αύξηση της αποδοτικότητας και της ευελιξίας του συστήματος. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά για αίθουσες με φυσικό φωτισμό, αίθουσες H/Y και χώρους προβολών.

5.3.2.3. Συντελεστής απόδοσης «Ballast factor»

Εκφράζει το ποσοστό της βαθμολογημένης (αναγραφόμενης) φωτεινής ροής (lm) και της ισχύος που χρησιμοποιήθηκε.

- **NLO** (Normal Light Output): παράγει το 87% της βαθμολογημένης εξερχόμενης φωτεινής ροής.
- **RLO** (Reduced Light Output): παράγει το 75 % της βαθμολογημένης εξερχόμενης φωτεινής ροής, χρησιμοποιεί 12-20% λιγότερη ισχύ από NLO.
- **HLO** (High Light Output): ηλεκτρονικό, χρησιμοποιείται όπου απαιτείται αυξημένος φωτισμός. Τυπική μορφή του παράγει 115-120% της βαθμολογημένης εξερχόμενης φωτεινής ροής. Για μια αύξηση της ισχύος της τάξης του 15-20%.

5.4. ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ

5.4.1. Περιγραφή

Αποτελούνται γενικώς από :

- Λαμπτήρες
- Βάσεις λαμπτήρων ή Υποδοχείς
- Ballasts ή μετασχηματιστές όταν χρειάζεται.
- Ανακλαστήρες
- Μέσα κάλυψης ή διάχυσης : για την αποφυγή θαμβώσεων και την ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.

5.4.2. Κατηγορίες

Υπάρχει τεράστια ποικιλία φωτιστικών και εδώ ενδεικτικά αναφέρονται κάποιοι γενικοί τύποι.

- Κρεμαστά υψηλής οροφής
- Επιφανειακά
- Ειδικής χρήσης
- Σημαντήρες εξόδου (exit signs)

5.5. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Εκτός από τα απαιτούμενα συστήματα ελέγχου , που παρατίθενται υπό μορφή πινάκων (11α, 11β), απαραίτητη κρίνεται η εκπαίδευση των κατόχων του κτιρίου στη φιλοσοφία και τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος ελέγχου.

Πίνακας 11α. Έλεγχοι φωτισμού [12]			
όνομα	περιγραφή	πλεονεκτήματα	μειονεκτήματα
Αυτόματα συστήματα			
Χρονοδιακόπτες	Τα φώτα κλείνουν τις ίδιες ώρες. Ρολόι ή EMS (Energy Management Systems)	Χαμηλό κόστος, όχι ενόχληση των χρηστών.	Μπορεί να ενοχλεί κατόχους με εκκεντρικό πρόγραμμα
Αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης	Ανταπόκριση σε κίνηση ή πηγές υπερύθρων, όπως το ανθρώπινο σώμα σε κίνηση ή ανακλώμενα κύματα υπερήχων.	εξοικονόμηση ενέργειας: 20-30% ελευθερία για τους χρήστες.	Κλείσιμο λόγω λανθασμένης ανίχνευσης. Κακοί τρόποι για χρήστες. Συχνό κλείσιμο των πηγών φωτισμού.
Σύστημα ελέγχου ανταποκρινόμενο στο φυσικό φωτισμό	Ο τεχνητός φωτισμός καθορίζεται ως συνάρτηση του φυσικού φωτισμού, μέσω ενός φωτοκύτταρου ή μίας on/off ανταπόκρισης	εξοικονόμηση ενέργειας: 20-60%. Πιο ενδιαφέρον φωτισμός.	Ανεπάρκεια πρακτικά εάν υπάρξει κακή εποπτεία και βαθμονόμηση. Πιθανότητα μη ικανοποίησης λόγω της μεταβολής του φυσικού φωτισμού.
Διατήρηση της φωτεινής ροής (lm)	Μείωση της εξόδου των lm όταν ο λαμπτήρας είναι νέος.	εξοικονόμηση ενέργειας: 20% ανά έτος για 5 χρόνια.	Δυσκολία βαθμονόμησης του φωτοκύτταρου.
Περιορισμός του μέγιστου φορτίου	συνάρτηση του μέγιστου φορτίου	εξοικονόμηση ενέργειας	Υπάρχει αποδοχή των χρηστών;
Συντονισμός στόχων	συνάρτηση των στόχων	άνεση	Υπάρχει αποδοχή των χρηστών;
Αυξομοιωτές έντασης	προσαρμογή των επιπέδων φωτισμού μεταξύ πλήρους φωτισμού και μηδενικού.	άνεση για εργασίες ή ισορροπία έντασης φωτισμού	Υπάρχει αποδοχή των χρηστών; περιορισμένη επιλογή λαμπτήρων

Πίνακας 11β. Έλεγχοι φωτισμού [¹²]			
όνομα	περιγραφή	πλεονεκτήματα	μειονεκτήματα
Τοπικά ή κεντρικά συστήματα			
Συστήματα ενσωματωμένα στα φωτιστικά	Ένας αισθητήρας ενσωματώνεται σε κάθε φωτιστικό.	Εξατομικευμένος έλεγχος	Μπορεί να ενοχλεί κατόχους με εκκεντρικό πρόγραμμα
Συστήματα εξωτερικά των φωτιστικών	Ο αισθητήρας τοποθετείται έξω από το φωτιστικό	Ομαδικός έλεγχος των φωτιστικών	όχι πιθανότητα μεταβολής ανάλογα με την ιδιαίτερη βαθμίδα έντασης φωτισμού
Σύστημα ελέγχου με 'bus de terrain'	Τοπικός έλεγχος	Απλότητα του προγραμματισμού	όχι κεντρικός έλεγχος
Σύστημα ελέγχου χωρίς 'bus de terrain'	Επικοινωνία μεταξύ φωτιστικών	Εύκολος έλεγχος	πολυπλοκότητα προγραμματισμού
χειροκίνητα συστήματα			
Σταθεροί εκπομποί	διακόπτης, ποτενσιόμετρο, H/Y.		
Τηλεκοντρόλ			

5.6. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

5.6.1. Υδράργυρος [¹¹]

Σύμφωνα με έρευνα του NEMA (National Electrical Manufacturers Association) η μέση τιμή του Hg που περιέχεται στους λαμπτήρες φθορισμού είναι 12 mg ανά 4ft λαμπτήρα. Υπάρχουν λαμπτήρες των 3 mg ανά 4ft με μέση απόδοση 90% καθ' όλο το χρόνο ζωής τους, ενώ οι αντίστοιχοι των 9 – 10 mg ανά 4ft έχουν απόδοση 94%. Οι περιβαλλοντικές αναφορές είναι ασαφείς καθώς Hg εκλύεται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση άνθρακα, πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

Τα όρια που τίθενται για περιβαλλοντικά «φιλική συμπεριφορά» στα διάφορα τεστ ποικίλουν :

- Τεστ TTLC (Καλιφόρνια) 3.8 mg / 4ft
- Τεστ TCLP 9mg με χρήση πρόσθετων ουσιών

Η US EPA (Environmental Protection Agency) δήλωσε ότι λαμπτήρες που περιέχουν Hg είναι επικίνδυνοι και απαιτούν ιδιαίτερη μεταχείριση. Αυτό αφορά στους περισσότερους λαμπτήρες φθορισμού και στους λαμπτήρες εκκένωσης (HID).

Μετά τη χρήση τους πρέπει να αποτίθενται σε ειδικούς χώρους απορριμμάτων. Πάντως πλέον οικολογική θα ήταν η ανακύκλωσή τους (κόστος : \$0.06/lin ft)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΑΕΡΙΣΜΟΥ – ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΑΕΡΙΣΜΟΥ – ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ^[41]

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετασθούν τα συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού HVAC (Heat Ventilating Air-Conditioning), καθώς και η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων IAQ (Indoor Air Quality). Οι βασικές υπηρεσίες, που προσφέρουν τα συστήματα αυτά είναι οι εξής:

- Ένα σύστημα θέρμανσης πρέπει να εξασφαλίζει τα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας εντός του κτιρίου, αναπληρώνοντας τις απώλειες θερμότητας προς τον περιβάλλοντα χώρο.
- Ένα σύστημα αερισμού έχει ως σκοπό την επίτευξη της απαιτούμενης ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων, χωρίς απαίτηση για μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Ένα σύστημα κλιματισμού σύμφωνα με την ASHRAE (Αμερικανική Ομοσπονδία των Μηχανικών Θέρμανσης, Κατάψυξης και Κλιματισμού) πρέπει να εκπληρώνει τον έλεγχο
 - της θερμοκρασίας του αέρα
 - της υγρασίας του
 - της κυκλοφορίας του και
 - της ποιότητάς του

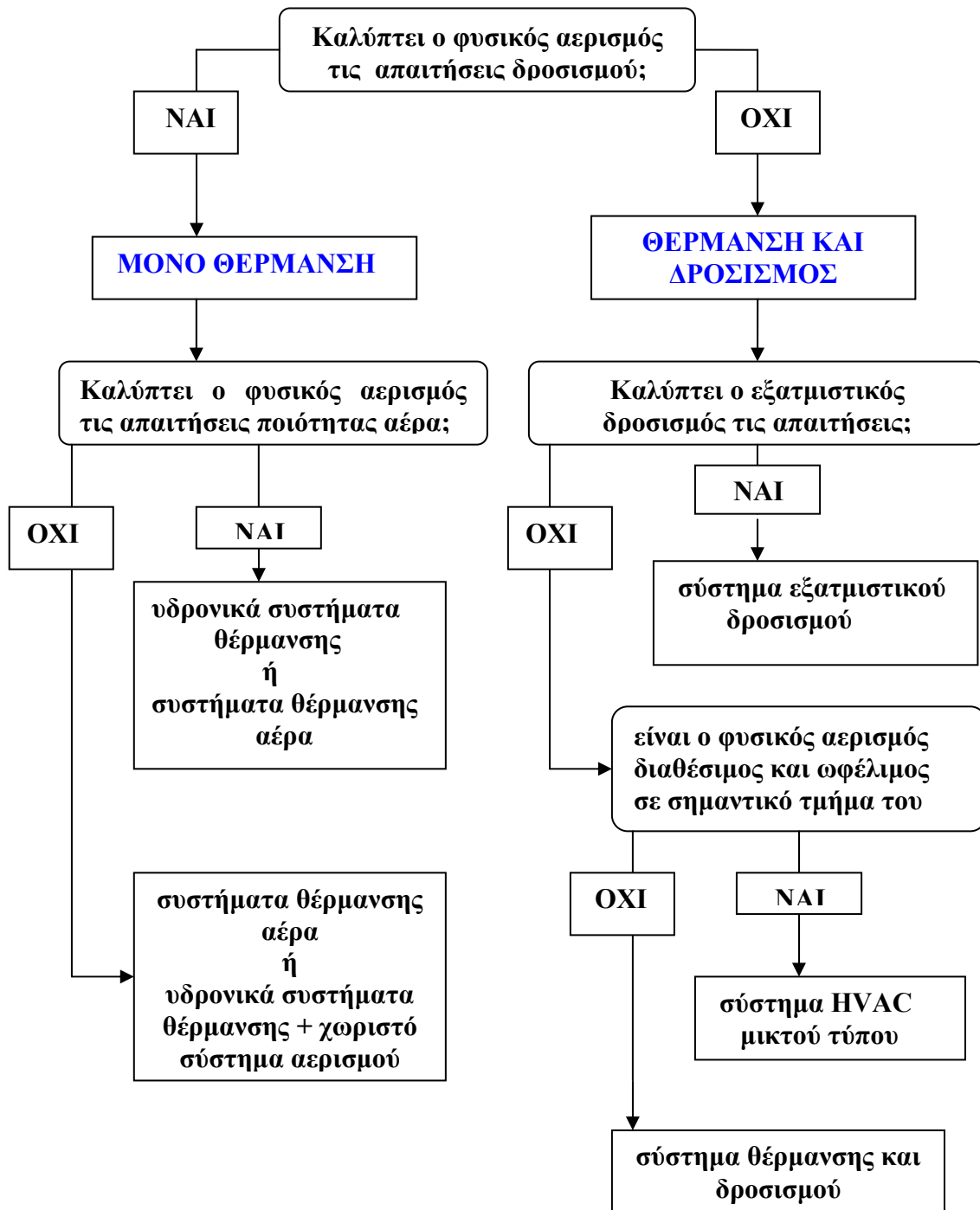
Στον όρο «κλιματισμός» εμπεριέχονται τα συστήματα ψύξης, τα οποία έχουν ως σκοπό την αφαίρεση θερμικών φορτίων από το κτίριο τη θερμή περίοδο, ώστε να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης.

6.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ -ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HVAC ^[41]

Για την επιλογή του κατάλληλου ανά περίπτωση συστήματος ακολουθείται μια διαδικασία, που απεικονίζεται στο σχήμα 34 και απαντά σε τρία βασικά ερωτήματα:

- α.** Καλύπτει ο φυσικός αερισμός τις απαιτήσεις δροσισμού; Τότε εξετάζεται μόνο η κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης.
- β.** Απαιτείται μηχανική υποστήριξη για να εξασφαλισθεί η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων;

γ. Αν απαιτείται δροσισμός, επαρκεί ένα σύστημα εξατμιστικού δροσισμού ; Αν όχι απαιτείται χρήση συμπιεστή (σύστημα άμεσης εκτόνωσης ή ψύξης νερού).



Σχήμα 35. Διάγραμμα επιλογής συστήματος HVAC [11]

6.2.1. Παράμετροι Επιλογής ^[1]

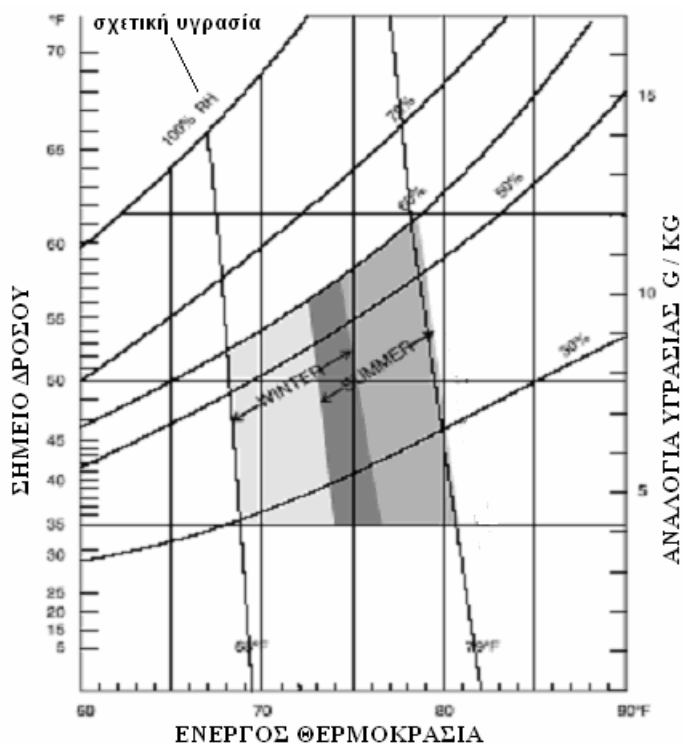
Για την επιλογή ενός συστήματος HVAC λαμβάνονται υπ όψιν οι εξής παράμετροι:

- απόδοση αναφορικά με την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων (IAQ)
- θερμική άνεση
- λειτουργικό κόστος και ενεργειακή αποδοτικότητα
- ευκολία, κόστος και ανάγκες συντήρησης
- απαιτήσεις χώρου του εξοπλισμού
- ανθεκτικότητα και διάρκεια ζωής των συσκευών
- δυνατότητα εξασφάλισης χωριστού ελέγχου των επί μέρους χώρων του κτιρίου.
- ο τύπος του ψυκτικού μέσου και η επίδρασή του στη μείωση του στρώματος του όζοντος
- απαιτήσεις κατανάλωσης νερού
- θόρυβος και κραδασμοί

6.2.1.1. Θερμική Άνεση ^[1]

6.2.1.1.1. Ορισμός: Η θερμική άνεση είναι ένας όρος ιδιαίτερα υποκειμενικός. Διάφορες προσπάθειες ποσοτικοποίησής του έχουν γίνει. Μία εξ αυτών απεικονίζεται στο σχήμα— και έχει γίνει από την ASHRAE . Ένα περιβάλλον θεωρείται σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή θερμικά άνετο, εάν το 80% των στατικών ή ελαφρά κινούμενων ανθρώπων το βρίσκουν θερμικά αποδεκτό. Ο όρος ενεργός θερμοκρασία (operative temperature) προκύπτει ως μέση τιμή της MRT και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα.

Η επίτευξη αισθήματος άνεσης των κατοίκων του κτιρίου εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα των συστημάτων HVAC, των οποίων η επίδοση αξιολογείται καθημερινά από τους κατοίκους.^[41]



Σχήμα 36. Όρια θερμικής άνεσης (Πηγή :2001 ASHRAE Handbook) [11]

6.2.1.1.2. Παράγοντες επηρεασμού: [11]

Περιβαλλοντικοί

- **Θερμοκρασία του αέρα :** οι περισσότεροι άνθρωποι αισθάνονται άνετα μεταξύ 70°F-76 °F . Το καλοκαίρι προτιμώνται συνήθως θερμοκρασίες σχετικά υψηλότερες και το χειμώνα πιο χαμηλές.
- **Υγρασία:** τα όρια της σχετικής υγρασίας για να υπάρχει αίσθημα άνεσης είναι από 20%το χειμώνα έως 60 % το καλοκαίρι.
- **Ταχύτητα του αέρα:** η κίνηση του αέρα (ανεμιστήρες, παράθυρα, εξαεριστήρες) αυξάνει το ανώτερο θερμοκρασιακό όριο της άνεσης κατά 2 βαθμούς. Αναφέρεται ότι με βάση ενεργειακές καταγραφές στην Ελλάδα [23] οι θερμοκρασίες άνεσης, όταν υπάρχει φυσικός αερισμός και ειδικά κατακόρυφος φθάνουν και του 31,5° C , ενώ σε κτίρια με μη αποδοτικό αερισμό τα όρια είναι κάτω των 29° C.

- **Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (MRT-Mean Radiant Temperature)³:** Οι θερμοκρασίες των επιφανειών γύρω από ένα άτομο (τοίχοι, οροφή, δάπεδο και ιδιαίτερα τα παράθυρα) επηρεάζουν τη MRT ειδικά τις κρύες και τις θερμές ημέρες. Χώροι με θερμαινόμενα δάπεδα είναι άνετα ακόμη και αν η θερμοκρασία του αέρα είναι σχετικά μικρή. Για τον ίδιο λόγο στις σπηλιές διατηρείται θερμική άνεση ακόμη και σε υψηλές θερμοκρασίες αέρα λόγω χαμηλού MRT.

Μη περιβαλλοντικοί

- **Ενδυμασία**
- **Φύλο :** οι γυναίκες προτιμούν γενικώς θερμοκρασίες κατά 1° C υψηλότερες
- **Ηλικία:** οι άνω των 40 προτιμούν θερμοκρασίες κατά 1° C υψηλότερες
- **Μεταβολική δραστηριότητα**

Πίνακας 12. Ενδεικνυόμενες τιμές θερμοκρασίας – υγρασίας χώρων σχολικών κτιρίων σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης στην Ελλάδα.[42]			
Χρήση	χειμώνας	καλοκαίρι	
	Θερμοκρασία ξηρού αέρα (° C)	Θερμοκρασία ξηρού αέρα (° C)	Σχετική Υγρασία (%)
Αίθουσες διδασκαλίας & αίθουσες πολλαπλής χρήσης	18° C	26° C	55-50
Γραφεία, βιβλιοθήκη	20° C	-	-
Λουτρά, αποδυτήρια	22° C	-	-
WC, διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλειμμάτων.	5-10° C	-	-
Χώροι εργαστηρίων	15-18° C	-	-
Αμφιθέατρα	18° C	-	-
Κλειστά Γυμναστήρια	15° C	-	-
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια και WC Νηπιαγωγείων	15° C	-	-
Ιατρεία	24° C	-	-
Χώροι φύλαξης οργάνων και βεστιάρια	18° C	-	-

6.2.1.2. Ενεργειακή αποδοτικότητα^[41]: Τα συστήματα HVAC καλύπτουν ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία του κτιρίου με επιπτώσεις τόσο στο λειτουργικό κόστος όσο και στο περιβάλλον (φαινόμενο θερμοκηπίου, μείωση του στρώματος του όζοντος), λόγω εκπομπής CO₂ καθώς και χρήσης CFC στην ψυκτική διαδικασία.

³ Είναι η ομοιόμορφη θερμοκρασία ενός φανταστικού μέλανος κελύφους, το οποίο περικλείει ένα άτομο και ανταλλάσσει με το περιβάλλον την ίδια δια ακτινοβολίας μεταδιδόμενη θερμότητα, όπως το ανθρώπινο σώμα. [42,11]

Σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι απαραίτητος ο πλήρης κλιματισμός των χώρων και επαρκεί απλός μηχανικός ή φυσικός αερισμός. Όπου είναι απαραίτητος έχει υπολογισθεί από διάφορες μελέτες ότι μπορεί να εξοικονομηθεί μέχρι και το 30% του τυπικού ενεργειακού κόστους μέσω:

- κατάλληλης επιλογής συστήματος
- ενεργειακά συνειδητού σχεδιασμού
- επαρκούς ελέγχου και
- αποτελεσματικής συντήρησης του συστήματος

Πίνακας 13. Μονάδες μέτρησης ενεργειακής αποδοτικότητας(Πρότυπα 90.1ASHRAE) [41]

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΕΝΝΟΙΑ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
AFUE	Απόδοση Ετήσιας Εκμετάλλευσης Καυσίμου	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια του εξοπλισμού προς την ενέργεια κατανάλωσης (σε συμβατές μονάδες συμπεριλαμβανομένων των απωλειών)	80-85 %
COP	Συντελεστής Απόδοσης	Παραγόμενο φορτίο προς την κατανάλωση ενέργειας (σε συμβατές μονάδες)	2-4
E	Θερμική Απόδοση	Η παραγωγή του εξοπλισμού προς την κατανάλωση ενέργειας(σε συμβατές μονάδες)	75-85 %
EER	Λόγος Ενεργειακής Απόδοσης	Ψυκτική δυναμικότητα του εξοπλισμού σε BTU/h προς την κατανάλωση ενέργειας σε Watts $EER = COP * 3.41$	8-10
HSPF	Συντελεστής Απόδοσης Εποχικής Θέρμανσης	Παραγόμενο θερμικό φορτίο από αντλία θερμότητας κατά την περίοδο κανονικής λειτουργίας (BTU) προς τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (Watt) την ίδια περίοδο.	7
IPLV	Ολοκληρωμένη Τιμή Μερικού Φορτίου	Εκφράζει την απόδοση σε μερικό φορτίο (βασισμένη σε EER και COP) σταθμισμένη με τη λειτουργία σε διάφορα μερικά φορτία.	3-8
SEER	Λόγος Εποχικής Ενεργειακής Απόδοσης	Συνολικά παραγόμενο ψυκτικό φορτίο κατά την περίοδο κανονικής λειτουργίας (BTU) προς τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (Watt) την ίδια περίοδο.	10

6.2.1.3. Εξασφάλιση χωριστού ελέγχου - Χωρισμός σε θερμικές ζώνες ^[41]

Ως θερμική ζώνη ορίζεται μια περιοχή του κτιρίου, που απαιτεί χωριστό έλεγχο, έτσι ώστε η επιδιωκόμενη θερμική άνεση των κατόχων του κτιρίου να παρασχεθεί με τον αποδοτικότερο τρόπο. Τα δύο βασικά στοιχεία, που εξετάζονται για το διαχωρισμό σε ζώνες είναι η διαφορετική έκθεση των περιοχών του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία και τα διαφορετικά προγράμματα λειτουργίας και απαιτήσεων φορτίου.

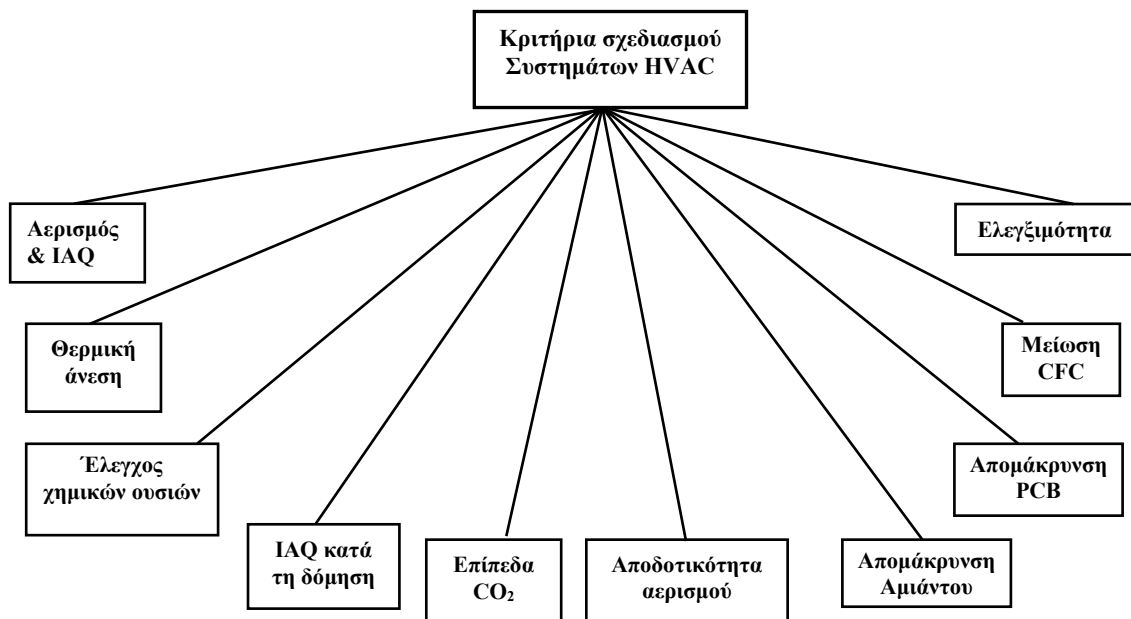
με το χωρισμό σε ζώνες, χώροι με ασύμβατες μεταξύ τους απαιτήσεις ελέγχονται απλούστερα και αποδοτικότερα, ενώ η ενεργειακή κατανάλωση μπορεί να μειωθεί περαιτέρω με τη βοήθεια κεντρικού συστήματος αυτομάτου ελέγχου, το οποίο διαχειρίζεται αυτόνομα τη θερμοκρασία του μέσου μεταφοράς θερμότητας της κάθε ζώνης.

6.2.1.4. Απαιτούμενος χώρος: Απαιτείται κάλυψη σημαντικού κτιριακού όγκου για τον αναγκαίο εξοπλισμό.

Πίνακας 14. Απαιτήσεις χώρου των συστημάτων HVAC ^[41]			
Συνολική επιφάνεια (m ²)	Κατοχή ανάλογη των		
	Κατοικιών	Ιδρυμάτων	Εργαστηρίων
1000	6%	8%	11%
5000-10000	4%	6%	10%
50000	3%	4%	8%

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 14, όσο αυξάνεται η συνολική επιφάνεια του κτιρίου τόσο μειώνεται η ποσοστιαία αναλογία των απαιτήσεων χώρου των συστημάτων HVAC.

6.2.2. Κριτήρια σχεδιασμού συστημάτων HVAC ^[28]



Σχήμα 37. Κριτήρια σχεδιασμού συστημάτων HVAC

6.2.2.1. Θερμική άνεση

Σκοπός : εξασφάλιση θερμικά άνετου περιβάλλοντος για υποστήριξη της παραγωγικότητας και της ευημερίας των κατοίκων.

Απαιτήσεις:

- Συμμόρφωση με τα πρότυπα θερμικής άνεσης ASHRAE 55-1992, συμπεριλαμβανομένου και του ελέγχου της υγρασίας ανάλογα με την κλιματική ζώνη. Για κτίρια με φυσικό αερισμό, χρήση των ορίων θερμικής άνεσης με αποδοχή από το 90%

Εγκατάσταση μόνιμου συστήματος παρακολούθησης θερμοκρασίας και υγρασίας, σχεδιασμένου για να εξασφαλίζει έλεγχο της αποδοτικότητας θερμικής άνεσης και της αποτελεσματικότητας των συστημάτων ρύθμισης της υγρασίας του κτιρίου.

- Κάθε αίθουσα ή άλλος χώρος σχολικού κτιρίου πρέπει να έχει σύστημα θέρμανσης κατάλληλο για την κανονική του χρήση^[4].
- Κάθε τέτοιο σύστημα θέρμανσης πρέπει να είναι ικανό να διατηρήσει

τη θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 0.5m από το δάπεδο στα επίπεδα που καθορίζονται από τον πίνακα 15 , που ακολουθεί ανάλογα με τη χρήση των χώρων. [4]

- Κατά τη θερινή περίοδο συνιστώμενη θερμοκρασία είναι η των 24 °C με αποκλίσεις της τάξης των ± 4 °C. Η υπέρβαση του ορίου των 28 °C είναι ανεπιθύμητη αλλά αν συμβεί για μικρότερο χρόνο των 80 ωρών καθ όλη τη θερινή περίοδο θεωρείται αποδεκτή.[4]

Πιθανές Τεχνολογίες και στρατηγικές:

- Καθιέρωση ορίων υγρασίας και θερμοκρασίας και σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους και του συστήματος HVAC έτσι ώστε να συντηρηθούν αυτά τα όρια άνεσης.
- Εγκατάσταση μόνιμου συστήματος παρακολούθησης θερμοκρασίας και υγρασίας έτσι ώστε να προσαρμόζονται αυτόματα οι συνθήκες κλιματισμού του κτιρίου όπως απαιτείται.

Πίνακας 15. Απαιτούμενα θερμοκρασιακά επίπεδα σε διάφορους χώρους σχολικών κτιρίων [4]	
Περιοχή	Θερμοκρασία °C
περιοχές με κανονικό επίπεδο φυσικής δραστηριότητας συνδεδεμένες με διδασκαλία, ατομική μελέτη ή εξετάσεις	18
περιοχές με χαμηλότερο από το κανονικό επίπεδο φυσικής δραστηριότητας λόγω ασθένειας ή φυσικής αδυναμίας, συμπεριλαμβανομένων χώρων ασθενών και απομόνωσης αλλά χωρίς δυνατότητα ύπνου.	21
περιοχές όπου υπάρχει μεγαλύτερη της κανονικής φυσική δραστηριότητα, μπάνια, διαμονή ύπνου και χώροι κυκλοφορίας	15

6.2.2.2. Αερισμός και ποιότητα αέρα [4]

Σκοπός: Η εξασφάλιση καλής ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων και η απομάκρυνση των ανεπιθύμητων θερμικών κερδών κατά τη θερινή περίοδο.

Απαιτήσεις:

- Όλες οι χρησιμοποιούμενες περιοχές του σχολικού κτιρίου, πρέπει να έχουν ελεγχόμενο αερισμό με ελάχιστο ρυθμό 3 lt / sec φρέσκου αέρα ανά άτομο για το μέγιστο αριθμό ατόμων, που μπορεί να εξυπηρετήσει η περιοχή.
- Όλοι οι χώροι διδασκαλίας, ασθενών, απομόνωσης και διαμονής πρέπει να έχουν τη δυνατότητα αερισμού με ένα ρυθμό τουλάχιστον 8 lt / sec για κάθε άτομο για το συνολικό αριθμό των ατόμων, που συνήθως διαμένουν σε τέτοιες περιοχές.
- Οι χώροι λουτήρων πρέπει να έχουν δυνατότητα αερισμού με ελάχιστο ρυθμό 6 αλλαγών αέρα ανά ώρα.
- Πρέπει να γίνονται κατάλληλες μετρήσεις για αποτροπή συμπύκνωσης και απομάκρυνση επιβλαβών αναθυμιάσεων από χώρους, όπου υπάρχει ρεύμα αναθυμιάσεων.

Πιθανές τεχνολογίες και στρατηγικές: κατά τη διάρκεια του θέρους απαιτείται μεγαλύτερος ρυθμός αερισμού από τις αναφερόμενες , ενώ αντίθετα το χειμώνα μικρότερες.

6.2.2.3. Αποδοτικότητα αερισμού

Σκοπός : εξασφάλιση αποτελεσματικής προσαγωγής και ανάμιξης φρέσκου αέρα για την υποστήριξη της ασφάλειας της άνεσης και της ευημερίας των κατόχων του κτιρίου.

Απαιτήσεις: για μηχανικά αεριζόμενα κτίρια θα πρέπει ο συντελεστής αποδοτικότητας αλλαγών του αέρα Eac (Effectiveness air change) ≥ 0.9 όπως καθορίζεται από την ASHRAE 129-1997. Για φυσικά αεριζόμενους χώρους πρέπει να εφαρμοσθεί ένα σχέδιο διανομής του αέρα, το οποίο να εξασφαλίζει τη διέλευση του ρεύματος του αέρα από το 90% των χώρων και το 95% του χρόνου λειτουργίας κατ' ελάχιστον.

Πιθανές Τεχνολογίες και στρατηγικές: Βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του αερισμού μπορεί να επιτευχθεί με μια ποικιλία στρατηγικών αερισμού, όπως αερισμού αντικατάστασης, αερισμού χαμηλής ταχύτητας, υποδαπέδιου αερισμού και χειριζόμενων παραθύρων.

6.2.2.4. Σχέδιο διαχείρισης ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων (IAQ) κατά τη διάρκεια της δόμησης

Σκοπός : αποτροπή προβλημάτων ποιότητας αέρα εκπηγαζόντων από τη διαδικασία δόμησης ή ανακαίνισης του κτιρίου, με σκοπό τη διατήρηση της άνεσης και της ευημερίας των εργατών και των κατοίκων του κτιρίου.

Απαιτήσεις: ανάπτυξη και εφαρμογή πλαισίου διαχείρισης της IAQ με τα παρακάτω στοιχεία:

- Προστασία αποθηκευμένων ή εγκατεστημένων απορροφητικών υλικών από την υγρασία

- Χρήση μέσων διήθησης-φίλτρων με Ελάχιστη Αναφερόμενη Τιμή Αποδοτικότητας (Minimum Efficiency Reporting Value) ίση με 8 σε κάθε σχάρα επιστροφής αέρα, όπως καθορίζεται από ASHRAE 52.2-1999.

- Αντικατάσταση όλων των μέσων διήθησης πριν την έναρξη λειτουργίας του κτιρίου. Τα μέσα διήθησης πρέπει να έχουν MERV ίση με 13, όπως καθορίζεται από ASHRAE 52.2-1999 για μέσα προς εγκατάσταση μετά το πέρας της δόμησης.

- Εφαρμογή ενός διαστήματος λειτουργίας 2 εβδομάδων τουλάχιστον του συστήματος αερισμού με 100% εξωτερικό αέρα και μέσα διήθησης με MERV ίση με 13, όπως καθορίζεται από ASHRAE 52.2-1999. Μετά το διάστημα αυτό απαιτείται αντικατάσταση των μέσων διήθησης εκτός αυτών, τα οποία επεξεργάζονται αποκλειστικά εξωτερικό αέρα.

ή

- Εφαρμογή μίας πρότυπης διαδικασίας δοκιμής σύμφωνης με το Πρωτόκολλο για περιβαλλοντικές απαιτήσεις της Αντιπροσωπείας Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (United States Environmental Protection Agency)

Πιθανές Τεχνολογίες και στρατηγικές:

- Υιοθέτηση σχεδίου προστασίας του συστήματος HVAC κατά τη διάρκεια της δόμησης, ελέγχου των πηγών ρύπανσης και διακοπής πρόσβασης μολυσματικών παραγόντων.

- Εφαρμογή ενός διαστήματος λειτουργίας 2 εβδομάδων για καθαρισμό ή μίας πρότυπης διαδικασίας δοκιμής των επιπέδων μόλυνσης του συστήματος.

6.2.2.5. Παρακολούθηση επιπέδων CO₂ [27]

Για εξασφάλιση της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων

Απαιτήσεις

Περίπτωση 1^η : για μηχανικό αερισμό που τροφοδοτεί κυρίως χώρους με μεγάλη πυκνότητα χρήσης (μεγαλύτερη από 1 άτομο / 40 ft²) ισχύουν τα εξής:

- Παρουσία αισθητήρα CO₂ ή διεξαγωγή δειγματοληπτικών μετρήσεων και σύγκριση με τις συγκεντρώσεις CO₂ στον εξωτερικό αέρα.
- Δοκιμή και βαθμονόμηση των αισθητήρων έτσι ώστε να υπάρχει σφάλμα μικρότερο των 75 ppm ή 5 % της τιμής ανάγνωσης. Οι αισθητήρες πρέπει να δοκιμάζονται και να βαθμονομούνται τουλάχιστον ανά 5ετία.
- Παρακολούθηση των αισθητήρων CO₂ από σύστημα ικανό και διαμορφωμένο να ανανεώνει τις μετρήσεις σε διαστήματα μικρότερα των 30 min.
- Διαμόρφωση του συστήματος παρακολούθησης ώστε να παράγει προειδοποιητικό σήμα αν η συγκέντρωση του CO₂ υπερβεί πλέον του 15% την τιμή, που αντιστοιχεί στον ελάχιστο ρυθμό ανανέωσης αέρα, όπως ορίζεται από το πρότυπο ASHRAE 62-2001.
- Οι αισθητήρες CO₂ πρέπει να χρησιμοποιηθούν για ανατροφοδότηση της λειτουργίας του συστήματος αερισμού ανάλογα με τα απαιτούμενα για διαφορετικούς χώρους επίπεδα CO₂, όπως αναφέρονται στο πρότυπο ASHRAE 62-2001.

Περίπτωση 2^η : Για όλα τα άλλα μηχανικά συστήματα αερισμού

- Παρουσία συσκευής μέτρησης και ελέγχου (αν είναι απαραίτητο) του ελάχιστου απαιτούμενου ρυθμού ροής του εξωτερικού αέρα για όλες τις αναμενόμενες συνθήκες λειτουργίας, με απόκλιση το πολύ 15%.
- Η συσκευή μέτρησης ροής του εξωτερικού αέρα πρέπει να παρακολουθείται από ένα σύστημα ελέγχου ικανό και διαμορφωμένο να ανανεώνει τις μετρήσεις σε διαστήματα μικρότερα των 15 min και για μια περίοδο όχι μικρότερη των 6 μηνών.

- Διαμόρφωση του συστήματος παρακολούθησης ώστε να παράγει προειδοποιητικό σήμα αν η συγκέντρωση του CO₂ υπερβεί πλέον του 15% την τιμή σχεδιασμού για ελάχιστο ρυθμό ανανέωσης αέρα.

Περίπτωση 3^η : για συστήματα φυσικού αερισμού, ισχύουν τα εξής

- Αισθητήρες CO₂ τοποθετούνται στη ζώνη αναπνοής κάθε πυκνοκατοικημένου χώρου.
- Αισθητήρες CO₂ τοποθετούνται στη ζώνη αναπνοής κάθε φυσικά αεριζόμενης ζώνης.
- Αισθητήρες CO₂ τοποθετούνται στον εξωτερικό χώρο
- Οι αισθητήρες CO₂ πρέπει να παράγουν οπτικό ή ακουστικό προειδοποιητικό σήμα όταν η συγκέντρωση CO₂ υπερβεί πλέον των 530 ppm τα επίπεδα του CO₂ του εξωτερικού αέρα ή τα 1000 ppm κατά απόλυτη τιμή. Τα ο σήμα αυτό υποδεικνύει την αναγκαιότητα προσαρμογής του συστήματος (π.χ. άνοιγμα παραθύρων).

Πιθανές τεχνολογίες και στρατηγικές: Σχεδιασμός συστήματος HVAC με αισθητήρες ελέγχου του CO₂ ενσωματωμένους στο αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου του κτιρίου BAS (Building Automation System). Ανατροφοδότηση του συστήματος αερισμού έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός ανανέωσης του αέρα.

6.2.2.6. Υλικά χαμηλών εκπομπών :Κόλλες & στεγανωτικές ουσίες – χρώματα και επενδύσεις – τάπητες – σύνθετα υλικά από υποπροϊόντα κατεργασίας ξύλου ή ίνες αγροτικών προϊόντων.

Σκοπός : μείωση των μολυσματικών παραγόντων οι οποίοι είναι εύοσμοι, ενδεχομένως ενοχλητικοί ή και επιβλαβείς για την άνεση και την ευημερία των εφαρμοστών και των κατόχων του κτιρίου.

Απαιτήσεις: Το περιεχόμενο σε Πτητικές Οργανικές Ενώσεις -VOC (Volatile Organic Compounds) των χρησιμοποιούμενων υλικών, πρέπει να είναι σύμφωνο με τα οριζόμενα από τους κανονισμούς ως προς τα επιτρεπόμενα όρια.

Πιθανές Τεχνολογίες και στρατηγικές: επιλογή υλικών δόμησης χαμηλής περιεκτικότητας σε Πτητικές Οργανικές Ενώσεις , πληρούντων τις προδιαγραφές.

Πίνακας 16. Όρια συγκέντρωσης χημικών ρύπων [²⁷]	
Χημικοί Ρύποι	Μέγιστη Συγκέντρωση
Φορμαλδεϋδη	0.05 ppm
Σωματίδια (PM10)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ πλέον της αντίστοιχης συγκέντρωσης στον εξωτερικό αέρα
Ολικές Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (TVOC)	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4-Φαινυλ-κυκλοεξένιο (4PCH)	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	9 ppm

6.2.2.6. Έλεγχος πηγών χημικών ουσιών και ρύπων του εσωτερικού χώρου

Σκοπός : Αποφυγή έκθεσης των κατόχων του κτιρίου σε ενδεχομένως επικίνδυνα χημικά τα οποία δρουν εναντίον της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων (IAQ).

Απαιτήσεις: Σχεδιασμός ελαχιστοποίησης της ρύπανσης και της μόλυνσης των κανονικά χρησιμοποιούμενων περιοχών του κτιρίου.

- Εφαρμογή μόνιμων συστημάτων (εσχάρες , σήτες κλπ) για κατακράτηση ρύπων , σωματιδίων κλπ πριν την είσοδό τους καθ όλο το ύψος του κτιρίου.
- Όπου γίνεται χρήση χημικών, πρέπει να εξασφαλισθεί διαχωρισμός της περιοχής με ιδιαίτερο αγωγό εξαερισμού ρυθμού τουλάχιστον 0.50 cf /min ft² , χωρίς ανακυκλοφορία του αέρα και διατήρηση αρνητικής πίεσης 7 PA (0.03 in υδατικής στήλης) τουλάχιστον.
- Παροχή ειδικών αγωγών για ενδεικνυόμενη διάσπαση των υγρών αποβλήτων σε χώρους όπου υπάρχει ανάμιξη νερού και συγκεντρωμένων χημικών ουσιών.

Πιθανές Τεχνολογίες και στρατηγικές: Φυσική απομόνωση χώρων με μολυσματικούς παράγοντες και εγκατάσταση συστημάτων αποτροπής εισόδου ρυπαντικού φορτίου εντός το κτιρίου.

6.2.2.8. Απομάκρυνση Πολυχλωριούχου Διφενυλίου (PCB) [²⁸]

Σκοπός : Μείωση της πιθανότητας έκθεσης των κατόχων του κτιρίου στο

PCB και στα υποπροϊόντα του σε περίπτωση φωτιάς στα κτίρια.

Απαιτήσεις:

- δημιουργία προγράμματος διαχείρισης PCB.
- ταυτοποίηση των εφαρμόσιμων ρυθμιστικών απαιτήσεων
- κατοχή αρχείων ερευνών εντοπισμού των σημείων ύπαρξης PCB στο κτίριο και στη θέση .

Πιθανές τεχνολογίες και στρατηγικές: περιγραφή του προγράμματος διαχείρισης του PCB - ιστορικό των εργασιών απομάκρυνσής του και καταγραφή των σημείων όπου παραμένει ακόμη – δειγματοληπτικές μετρήσεις αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας απομάκρυνσης του PCB και ανατροφοδότηση της διαδικασίας.

6.2.2.7. Απομάκρυνση Αμιάντου [28]

Σκοπός : Μείωση της πιθανότητας έκθεσης των κατόχων του κτιρίου στον αμιάντο και προστασία από τις επιβλαβείς επιδράσεις του αμιάντου στα υπάρχοντα κτίρια.

Απαιτήσεις:

- δημιουργία προγράμματος διαχείρισης αμιάντου
- ταυτοποίηση των εφαρμόσιμων ρυθμιστικών απαιτήσεων
- κατοχή αρχείων ερευνών εντοπισμού των σημείων ύπαρξης αμιάντου.

Πιθανές τεχνολογίες και στρατηγικές: περιγραφή του προγράμματος διαχείρισης του αμιάντου - ιστορικό των εργασιών απομάκρυνσής του και καταγραφή των σημείων όπου παραμένει ακόμη – δειγματοληπτικές μετρήσεις αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας απομάκρυνσης του αμιάντου και ανατροφοδότηση της διαδικασίας.

6.2.2.9. Μείωση CFC στα συστήματα HVAC και ψύξης

Απαιτήσεις : Μηδενική χρήση ψυκτικών μέσων βασισμένων σε χλωροφθοράνθρακες (CFC). Κατά την ανακαίνιση υπαρχόντων εξοπλισμών HVAC να ακολουθηθεί μια διεξοδική διαδικασία αντικατάστασης των CFC. [28]

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και τον κανονισμό 594/91 της Ε.Ε. απαιτείται η παύση παραγωγής τους μετά το 1996 και το 1997 αντίστοιχα [41].

6.2.2.10. Ελεγχιμότητα των συστημάτων

Σκοπός : εξασφάλιση υψηλού επιπέδου ελέγχου των συστημάτων θέρμανσης αερισμού και φωτισμού από τους κατόχους για προώθηση της παραγωγικότητας της άνεσης και της ευημερίας των κατοίκων.

Απαιτήσεις:

- Εξασφάλιση τουλάχιστον ενός χειριζόμενου παραθύρου και μιας ζώνης ελέγχου φωτισμού ανά 200ft² για όλους τους κανονικά χρησιμοποιούμενους χώρους μέσα σε 15 ft από τον περιμετρικό τοίχο.
- Εξασφάλιση σημείων ελέγχου για τη ροή του αέρα, τη θερμοκρασία και το φωτισμό για τουλάχιστον 50% των κατοίκων για όλους τους κανονικά χρησιμοποιούμενους μη περιμετρικούς χώρους.

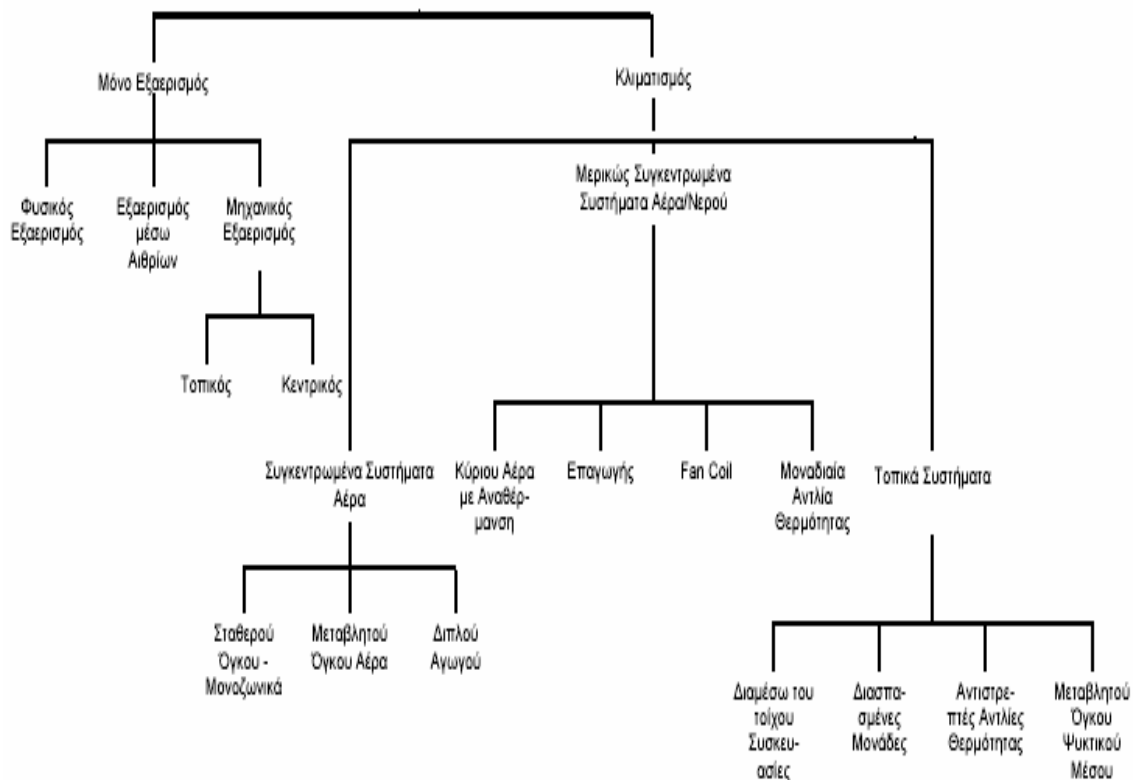
Πιθανές Τεχνολογίες και στρατηγικές: σχεδιασμός του κτιρίου με σημεία ελέγχου της ροής του αέρα, της θερμοκρασίας και των χειριζόμενων παραθύρων.

6.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

6.3.1. Γενικοί τύποι:Υπάρχουν τρεις γενικοί τύποι συστημάτων κλιματισμού σε σχέση με το χώρο, που παράγονται τα ψυκτικά ή και θερμικά φορτία. [⁴¹]

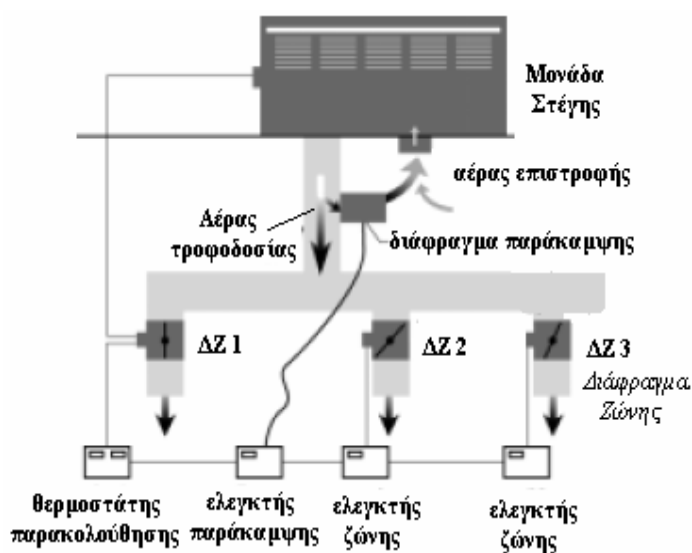
- Κεντρικά συστήματα αέρα, όπου όλα τα φορτία παράγονται σε ένα κεντρικό χώρο και στη συνέχεια προσάγονται στις αίθουσες μέσω ενός δικτύου αγωγών.
- Μερικώς συγκεντρωμένα συστήματα αέρα /νερού στα οποία ο κεντρικά ψυχόμενος αέρας επαναψύχεται κατά την είσοδό του στις αίθουσες
- Τοπικά συστήματα, στα οποία η όλη διαδικασία διεκπεραιώνεται στους χώρους που κλιματίζονται.

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές των συστημάτων αυτών, όπως φαίνεται στο σχήμα 36, και θα περιγραφούν στη συνέχεια κάποια από αυτά.



Σχήμα 38. Γενικοί τύποι Συστημάτων Κλιματισμού ^[41]

6.3.2. Συσκευασμένα (packaged) συστήματα στέγης ^[11]



Σχήμα 37. Συσκευασμένο (packaged) σύστημα στέγης ^[11]

Περιγραφή :

Πλήρως αυτόνομο σύστημα αποτελούμενο από ανεμιστήρα τροφοδοσίας σταθερού όγκου, ψυκτική περιέλιξη άμεσης εκτόνωσης, σύστημα θέρμανσης (αν απαιτείται) με εστία λέβητα φυσικού αερίου, φίλτρα, συμπιεστές, περιελίξεις και ανεμιστήρες συμπύκνωσης. Συνήθως τοποθετούνται σε κοιλότητες της στέγης. ενδείκνυται η χρήση εξοικονομητών (economizers).

Εφαρμογή:

- Αν και ενδείκνυται για χώρους που απαιτούν και θέρμανση και ψύξη συνήθως προτιμάται σε χώρους που απαιτούν μόνο θέρμανση λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους και της μικρής αναμενόμενης διάρκειας ζωής του.
- Λόγω του ανεμιστήρα σταθερού όγκου, εφαρμόζεται για περιπτώσεις με σταθερά φορτία όπως αίθουσες διδασκαλίας, χώρους συνεδριάσεων και βιβλιοθήκες.
- Μπορεί να εξυπηρετήσει μονοζωνικές περιοχές από 600 ft², έως 30.000 ft².
- Υπάρχει σε μεγέθη από 24000 Btu/h μέχρι 1.200.000 Btu/h [12]
- Πολλαπλές ζώνες με ομοειδή περίπου φορτία μπορούν να ελεγχθούν με ειδικές διατάξεις. Μέχρι 32 ζώνες υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμοι ελεγκτές, ενώ για μεγαλύτερα συστήματα ενδείκνυται η χρήση ελέγχων Μεταβλητού Όγκου Αέρα – VAV (Variable Air Volume).

Πίνακας 17. Συστηνόμενη ελάχιστη αποδοτικότητα συσκευών ψύξης των ολοκληρωμένων συστημάτων στέγης. [11]	
Δυναμικότητα συστήματος	Συστηνόμενη ελάχιστη αποδοτικότητα
< 65.000 Btu/h	12.0 SEER
65.000 - 135000 Btu/h	11.0 EER
135000 – 240000 Btu/h	10.5 EER
>240000 Btu/h	10.0 EER

Κόστος: Συνήθως είναι η οικονομικότερη λύση, όταν απαιτείται ταυτόχρονα θέρμανση και ψύξη. Όμως είναι σχετικά ακριβό το κόστος συντήρησης και λειτουργίας, ενώ είναι μικρή η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του (30 χρόνια).

Το κόστος της μονάδας κυμαίνεται από 140 -187 Εύρο/m² [12]

πλεονεκτήματα:

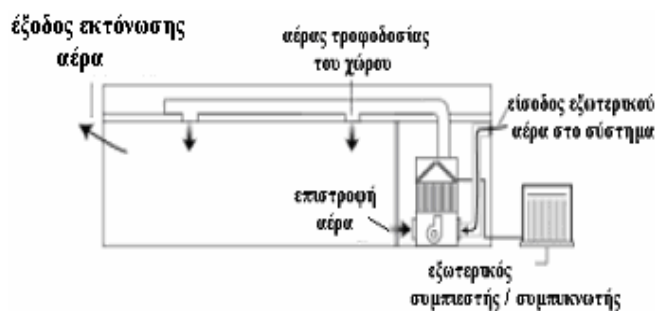
- χαμηλό αρχικό κόστος
- εξοικονόμηση χώρου

- Δυνατότητα προσθήκης εξοικονομητή, με διαθεσιμότητα εξωτερικού αέρα για ψύξη.

μειονεκτήματα:

- Λιγότερες αποδοτικές επιλογές σε σχέση με τα διαχωρισμένα (split) συστήματα φυσικού αερίου / ηλεκτρικού.
- Σχετικά μεγάλου όγκου συστήματα.
- Απαιτούνται αεραγωγοί οι οποίοι αν δεν στεγανοποιηθούν καλά καθιστούν το σύστημα ανεπαρκές.
- Περιορισμένη δυνατότητα χρήσης για πολλαπλές ζώνες.
- Πτωχός έλεγχος αφύγρανσης συγκριτικά με τα συστήματα Μεταβλητού Όγκου Αέρα – VAV.
- Υψηλό σχετικά κόστος λειτουργίας.
- Χαμηλός χρόνος ζωής.

6.3.3. Σύστημα διαιρούμενου τύπου(split) φυσικού αερίου / ηλεκτρικού [11]



Σχήμα 39. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού φυσικού αερίου / ηλεκτρικού, διαιρούμενου τύπου [11]

Περιγραφή:

Μοιάζει με ένα τυπικό οικιακό σύστημα θέρμανσης και ψύξης. Περιλαμβάνει μια εξωτερική μονάδα συμπιεστή / συμπυκνωτή και μια εσωτερική.

Η εσωτερική αποτελείται από μια ψυκτική περιέλιξη και μια εστία θέρμανσης, η οποία μπορεί να παραλειφθεί, αν ο συμπιεστής χρησιμοποιείται και για θέρμανση τύπου αντλίας θερμότητας.

Εφαρμογή: Κατάλληλο για αίθουσες ή άλλους χώρους μονής ζώνης μέχρι 2500 ft². Η ελάχιστη αποδοτικότητα ψύξης είναι SEER 10.0 για διαιρεμένα συστήματα (split) μικρότερα από 65.000 Btu/h.

Η ελάχιστη αποδοτικότητα θέρμανσης για εστίες φυσικού αερίου μικρότερες από 225000 Btu/h είναι 78% AFUE.

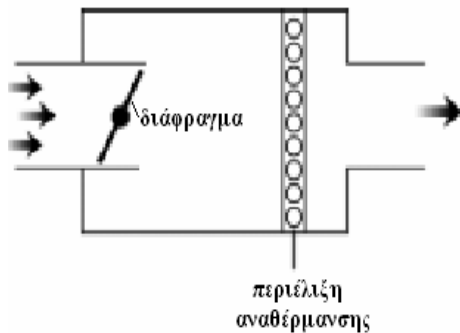
Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή αποδοτικότητα θέρμανσης και δροσισμού.
- Ανεμιστήρες και επιλογές συμπίεσης δύο ταχυτήτων βελτιώνουν την αποδοτικότητα και τη δυνατότητα ελέγχου της υγρασίας και της θερμικής άνεσης.
- Με συνδυασμό των επί μέρους μονάδων του συστήματος μπορούν να προκύψουν συστήματα ποικίλων δυνατοτήτων.
- Δυνατότητα προσθήκης εξοικονομητή, με διαθεσιμότητα εξωτερικού αέρα για ψύξη.
- Η εξωτερική μονάδα είναι σχετικά μικρή.
- Υπάρχει δυνατότητα εγκλεισμού του δικτύου σωληνώσεων στο κέλυφος του κτιρίου για μείωση ενεργειακών απωλειών.
- Μέτριο αρχικό κόστος.
- Μπορεί να εγκατασταθεί αποκλειστικά ως σύστημα θέρμανσης με χαμηλότερο κόστος, ενώ το τμήμα που αφορά στην ψύξη μπορεί να προστεθεί αργότερα αν είναι επιθυμητό. Φυσικά θα πρέπει να προβλεφθούν οι απαραίτητες διαστάσεις του δικτύου σωληνώσεων.

Μειονεκτήματα:

- καταλαμβάνει χώρο εντός του κτιριακού κελύφους.
- Η εσωτερική μονάδα είναι πηγή θορύβου αν δεν ηχομονωθεί κατάλληλα.
- Απαιτούνται αεραγωγοί οι οποίοι αν δεν στεγανοποιηθούν καλά καθιστούν το σύστημα ανεπαρκές
- Οι αποδοτικές μονάδες έχουν υψηλό αρχικό κόστος.
- Περιορισμένη δυνατότητα για πολυζωνική χρήση.
- Πτωχός έλεγχος αφύγρανσης
- Υψηλότερο κόστος συντήρησης για μεγάλες εγκαταστάσεις σε σχέση με κεντρικά συστήματα Μεταβλητού Όγκου Αέρα – VAV.

6.4. Σύστημα Μεταβλητού Όγκου Αέρα – VAV ^[11,12]



Σχήμα 40. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού Μεταβλητού Όγκου Αέρα – VAV ^[11]

Περιγραφή:

Ο όρος VAV είναι γενικός και περιγράφει συστήματα, τα οποία έχουν τη δυνατότητα, να τροφοδοτήσουν με τον απαραίτητο αέρα ταυτόχρονα πολλές ζώνες με διαφορετικές απαιτήσεις.

Ένας κεντρικός ανεμιστήρας αποστέλλει αέρα μέσω δικτύου σωληνώσεων μέσης πίεσης στις τερματικές μονάδες εντός του κτιρίου. Εκεί υπάρχει ένα κιβώτιο VAV, ένα είδος «έξυπνου διαφράγματος», το οποίο ελέγχει τη ροή του αέρα ανάλογα με τη θερμοκρασία του χώρου.

Το άνοιγμα του διαφράγματος καθορίζεται από το ψυκτικό φορτίο ενώ η ελάχιστη τιμή του εξασφαλίζει στη ζώνη ελέγχου του τον απαραίτητο αερισμό. Μερικά κιβώτια VAV, ιδιαίτερα αυτά της περιμετρικής ζώνης, περιέχουν περιέλιξη αναθέρμανσης για τις περιπτώσεις, που η ελάχιστη ροή προκαλεί υπερβολικό δροσισμό. Η περιέλιξη αναθέρμανσης παρέχει φυσικά θέρμανση και το χειμώνα. Ένας αισθητήρας πίεσης συνδεδεμένος με τα κιβώτια VAV ελέγχει τον κεντρικό ανεμιστήρα.

Εφαρμογή : Αυτό το σύστημα ενδείκνυται για σχολικά κτίρια με μεγάλο αριθμό αιθουσών και ποικίλες χρήσεις ενώ η συνολική του αποδοτικότητα εξαρτάται από την ποικιλία των ψυκτικών και θερμικών φορτίων των ζωνών.

Κόστος : Είναι οικονομικά αποδοτικό για μεγάλα κτίρια, και είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο σύστημα στην Αμερική για πολυώροφα εμπορικά κτίρια. Το τυπικό κόστος ενός VAV συστήματος με αναθέρμανση κυμαίνεται μεταξύ 145 -164 Ευρώ /m².

Πλεονεκτήματα :

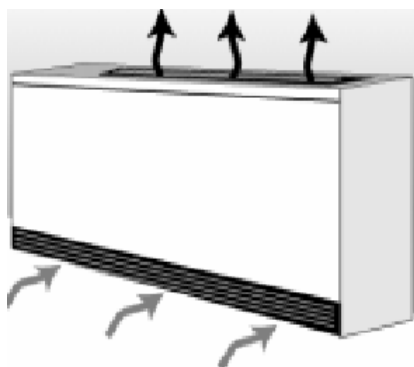
- Καλύτερα αποτελέσματα ελέγχου θερμικής άνεσης για σταθερές θερμοκρασίες.
- Μέτριο αρχικό κόστος για κτίρια που απαιτούν πολλαπλές ζώνες.
- Καλύτερος έλεγχος αφύγρανσης.

- Κεντροποιημένη συντήρηση.
- Εύκολη προσθήκη ή επαναρρύθμιση ζώνης

Μειονεκτήματα :

- Απαιτεί πιο περίπλοκους ελέγχους από ότι ένα σύστημα ενιαίας ζώνης.
- Το κιβώτιο VAV μπορεί να παράγει θόρυβο, που ακτινοβολείται από τα μεταλλικά φύλλα των αεραγωγών .
- Μερικές φορές αναπτύσσεται υψηλότερη πίεση συγκριτικά με μεταβλητής ταχύτητας ενιαίας ζώνης συστήματα, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση.

6.3.5. Μοναδιαίο σύστημα ανεμιστήρα (Unit ventilator system) ^[11]



περιγραφή:

Παρέχει θέρμανση, δροσισμό και αερισμό σε ενιαίους χώρους.

Αποτελείται από ανεμιστήρες σταθερού όγκου, περιελίξεις ψυχρού και θερμού νερού, φίλτρα, διαφράγματα εξωτερικού αέρα και αέρα επιστροφής, όλα εγκεκλεισμένα σε ένα μεταλλικό κέλυφος.

Συνήθως τοποθετείται κάθετα στο δάπεδο δίπλα σε εξωτερικό τοίχο και τροφοδοτείται με αέρα από ανοίγματα σε αυτόν . Ωστόσο υπάρχει δυνατότητα να τοποθετηθεί και οριζόντια, αναρτημένο από την οροφή ή και κρυμμένο πάνω από αυτήν.

Σχήμα41.Απεικόνιση μοναδιαίου συστήματος κλιματισμού με ανεμιστήρα ^[11]

Εφαρμογή : Αυτό το σύστημα ενδείκνυται για αίθουσες διδασκαλίας ή άλλους χώρους με εξωτερικούς τοίχους . Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις με κεντρική κατανομή ψυχρού και θερμού νερού. Είναι επίσης χρήσιμο για χώρους με χαμηλό ύψος οροφής καθώς δεν απαιτούνται σωληνώσεις.

Κόστος : Μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικό σε ειδικές περιπτώσεις, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις άλλοι τύποι συστημάτων είναι φθηνότεροι ή και αποδοτικότεροι.

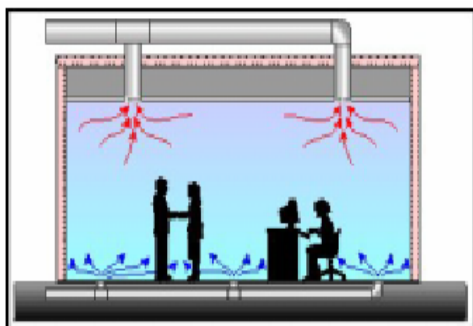
Πλεονεκτήματα :

- Η εξοικονόμηση ενέργειας στον ανεμιστήρα αυξάνεται όσο αποφεύγονται οι απώλειες λόγω τριβών.
- Ο δροσισμός μπορεί να είναι πολύ αποδοτικός αν εγκατασταθούν ψύκτες νερού και καλά σχεδιασμένα αντλητικά συστήματα.
- Σταθερή ή ελαφρώς μεταβαλλόμενη θερμοκρασία του αέρα τροφοδοσίας.
- Παρέχει ευελιξία θέρμανσης ή ψύξης διαφορετικών τμημάτων του κτιρίου.

Μειονεκτήματα :

- Πτωχή κατανομή αέρα.
- Θόρυβος ειδικά για τους πλησιέστερα ευρισκόμενους μαθητές.
- Ευάλωτο σε φθορές από μαθητές.
- Πιθανότητα εισόδου ρύπων, βροχής και καυσαερίων μαζί με τον εισερχόμενο αέρα.
- Σχετικά υψηλό αρχικό κόστος
- Σχετικά ανεπαρκείς ανεμιστήρες.
- Καλύπτουν αρκετό χώρο στο δάπεδο του κτιρίου.
- Απαιτούνται σημαντικές εργασίες συντήρησης σε κάθε αίθουσα.
- Συνήθως περιορίζεται σε πτωχό φιλτράρισμα του αέρα.
- Ανάκτηση ενέργειας δύσκολη ή ακριβή.
- Πολλαπλοί έλεγχοι και βαλβίδες σε κάθε αίθουσα.

3.6. Σύστημα αερισμού αντικατάστασης ^[11]



Σχήμα42. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού αερισμού αντικατάστασης (www.advancedbuildings.org) ^[11]

περιγραφή :^[12] Διοχετεύεται αέρας χαμηλής ταχύτητας και θερμοκρασίας από 17.2-18.3° C, στο ύψος του δαπέδου και επιδιώκεται η ψύξη των κατόχων και όχι του αέρα του χώρου.

Καθώς ο δροσερός σχετικά αέρας συναντά τα ανθρώπινα σώματα θερμαίνεται και ανέρχεται εξερχόμενος από το χώρο δροσίζοντας ταυτόχρονα τους κατόχους. Τα φορτία δροσισμού μειώνονται ενώ συγχρόνως απομακρύνονται και μολυσματικοί παράγοντες του αέρα.

Εφαρμογή : Σύστημα κατάλληλο για χώρους πολυάνθρωπους όπως οι αίθουσες διδασκαλίας και συνεδριάσεων αλλά με ύψος οροφής τουλάχιστον 10 ft για να επιτευχθεί στρωματοποίηση. Χρησιμοποιεί 100% εξωτερικό αέρα τροφοδοσίας με ανάκτηση θερμότητας.

Πλεονεκτήματα:

- Σημαντικά χαμηλότερα φορτία (κατά 1/3).
- Σημαντικά μειωμένης δυναμικότητας σύστημα απαιτείται αν συνδυασθεί με διαδικασία ανάκτησης θερμότητας.
- Καλύτερη ποιότητα αέρα σε σχέση με συστήματα που αναμειγνύουν τον αέρα του χώρου.
- Μπορεί να εξασφαλίζει καλύτερη ποιότητα αέρα με λιγότερη παροχή εξωτερικού αέρα λόγω της στρωματοποίησης.

Μειονεκτήματα:

- Η αποδοτικότητα της θέρμανσης μπορεί να είναι μικρότερη σε σχέση με συστήματα που παρέχουν αέρα με μεγαλύτερες ταχύτητες.
- Μεγαλύτερο αρχικό κόστος
- απαιτείται η χρήση ενός τμήματος του δαπέδου ή της περιοχής των τοίχων σε χαμηλό ύψος για εξόδους αέρα.

6.3.7. Σύστημα διαιρούμενου τύπου άνευ σωληνώσεων (split ductless)



Σχήμα 43. Απεικόνιση συστήματος κλιματισμού διαιρούμενου τύπου λίγων σωληνώσεων [¹¹]

Περιγραφή: αποτελείται από δύο συνδεδεμένα τμήματα. Μία εσωτερική μονάδα με ανεμιστήρα, περιέλιξη ψύξης και φίλτρο και μια εξωτερική με συμπιεστή, περιέλιξη συμπίκνωσης και ανεμιστήρες συμπίκνωσης.

Στην απλούστερή του μορφή ανακυκλώνει τον εσωτερικό αέρα, αλλά υπάρχουν και παραλλαγές στις οποίες γίνεται δυνατή η παροχή εξωτερικού αέρα μέσω σωληνώσεων.

Εφαρμογή :

- Σύστημα κατάλληλο για χώρους μέχρι 1000 ή και 2000ft² αν εγκατασταθούν πολλαπλές μονάδες.
- Είναι χρήσιμο σε κτίριο με περιορισμένο διαθέσιμο χώρο.
- Καλή επιλογή αποτελεί ο συνδυασμός τους με φυσικό αερισμό.
- Δεν ενδείκνυται για χώρους στεγανούς χωρίς χειριζόμενα ανοίγματα, γιατί δεν μπορεί να παρέχει 100% εξωτερικό αέρα για ελεύθερο δροσισμό.
- Εφαρμοστέο σε περιπτώσεις ανακαίνισης όπου δεν υπάρχει δίκτυο σωληνώσεων.

Κόστος: λόγω του υψηλότερου κόστους κρίνεται εφαρμοστέο μόνο σε περιπτώσεις με περιορισμένο χώρο, όπου δεν μπορούν να εφαρμοσθούν επιλογές με δίκτυα σωληνώσεων.

Πλεονεκτήματα:

- Ενδείκνυνται για χώρους με περιορισμένο εξωτερικό χώρο.
- Συμπαγής συσκευή.
- Όχι απώλειες αγωγών.
- Απλή εγκατάσταση
- Πολλαπλών ταχυτήτων ανεμιστήρες είναι συνήθως διαθέσιμοι.

Μειονεκτήματα:

- Δεν παρέχει ικανοποιητικό αερισμό.
- Σχετικά πτωχή κατανομή του εσωτερικού αέρα.
- Η επιλογή θέρμανσης περιορίζεται στην αντλία θερμότητας.

6.3.8. Σύστημα υδρονικής διανομής ^[12]

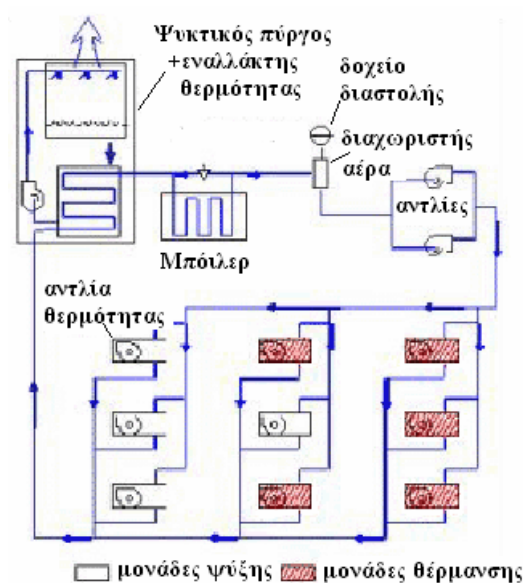
Περιγραφή: Ο όρος περιγράφει τη μεταφορά θερμότητας μέσω της κυκλοφορίας ενός ρευστού (όπως το νερό ή ο ατμός) σε ένα κλειστό σύστημα σωληνώσεων με σκοπό τη θέρμανση ή την ψύξη ενός χώρου. Η πηγή θερμότητας ή ψύξης μπορεί να είναι ένας λέβητας ή ένας ψύκτης ή και το ρευστό από ένα σύστημα Γεωθερμικής ανταλλαγής. Τα υδρονικά συστήματα μπορούν να σχεδιασθούν για χειρισμούς με 2 ή και 4 σωλήνες. Τα συστήματα με δύο σωλήνες επιτρέπουν μόνο θέρμανση ή μόνο ψύξη την ίδια χρονική περίοδο. Αντιθέτως τα συστήματα τεσσάρων σωλήνων επιτρέπουν ταυτόχρονα και ψύξη και θέρμανση. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται από τα συστήματα αυτά κυμαίνεται από 130 kwh /m² /year για τα δισωλήνια, μέχρι 180 kwh /m² /year για τα τεσσάρων σωλήνων.

Εφαρμογή:

- Χρησιμοποιούνται συχνά στα σχολικά κτίρια λόγω της απλότητας και της χρήσης κοινών συσκευών, υλικών και ελέγχων για το προσωπικό συντήρησης.
- Αρμόζουν περισσότερο σε θερμά και ξηρά, θερμά και υγρά καθώς και μέτρια και υγρά κλίματα.^[11]

Κόστος: Τα συστήματα με δύο σωλήνες είναι λιγότερο ακριβά και περίπλοκα ενώ τα συστήματα τεσσάρων σωλήνων έχουν μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος. Η οικονομική αποδοτικότητα του συστήματος εξαρτάται από τον αρχικό σχεδιασμό, την ποσότητα το είδος και το μέγεθος του εξοπλισμού (σωλήνες, βαλβίδες και αντλίες).

6.3.9. Αντλίες θερμότητας κυκλώματος νερού (water-loop) ^[11].



Σχήμα 44.Απεικόνιση τυπικού συστήματος κλιματισμού αντλιών θερμότητας βρόγχου νερού . ^[11]

Περιγραφή: Το σύστημα αυτό παρέχει θέρμανση και δροσισμό για ιδιαίτερες κτιριακές ζώνες. Κάθε χώρος περιέχει μια ξεχωριστή αντλία θερμότητας συνδεδεμένη με ένα απλό βρόγχο κυκλοφορίας νερού. το σύστημα προσθέτει ή αφαιρεί θερμότητα από το νερό. Όταν οι περισσότερες αντλίες εργάζονται για να ψύξουν το χώρο, ποσότητα θερμότητας απάγεται με τη βοήθεια ψυκτικού πύργου ή άλλου μέσου. Αν υπερισχύουν τα θερμικά φορτία τότε ένας λέβητας ή άλλη πηγή πρέπει να παράγει την απαιτούμενη θερμότητα. Αν παρ' ελπίδα υπάρχει ισορροπία μεταξύ θερμικών και ψυκτικών φορτίων δεν απαιτείται προσαγωγή ενέργειας στο σύστημα.

Εφαρμογή: Μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλους τους χώρους, πλην όμως ενδείκνυται για σχολεία, όπου απαιτείται και θέρμανση και δροσισμός ταυτόχρονα σε διαφορετικές ζώνες. Δεν είναι αποδοτικό σε περιπτώσεις με μικρά ή ανύπαρκτα ψυκτικά φορτία.

Κόστος: είναι οικονομικότερο από ένα σύστημα με fan-coils τεσσάρων αγωγών και ακριβότερο από το αντίστοιχο των δύο αγωγών.

Πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα αξιοποίησης θερμότητας απορριπτόμενης από μία ζώνη σε μια άλλη.
- Παρέχει τη δυνατότητα εύκολου ελέγχου της θερμοκρασίας στους διάφορους χώρους. Σε περίπτωση που δεν απαιτείται θέρμανση ή ψύξη οι μονάδες της περιοχής κλείνουν και παρακάμπτονται.
- Είναι αξιόπιστο.

- Δεν απαιτεί τη διάνοιξη οπών στους τοίχους.
- Έχει λιγότερες φθορές και ανάγκες συντήρησης καθώς δεν εκτίθεται στις περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Αν υπάρξει πρόβλημα σε κάποια αντλία δεν διακόπτεται το όλο σύστημα.

Μειονεκτήματα:

- Αυξάνει το ηλεκτρικό φορτίο το χειμώνα.
- Απαιτεί κεντρικό λέβητα και πύργο ψύξης

6.3.10. Σύστημα θέρμανσης βασικού πίνακα (baseboard) ^[11]



Σχήμα 45. Απεικόνιση συστήματος θέρμανσης βασικού πίνακα ^[11]

Περιγραφή: Είναι ένα σύστημα που έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα τα τελευταία 50 χρόνια στις ΗΠΑ. Συνήθως εξασφαλίζει θέρμανση χώρων μέσω συνδυασμού μετάδοσης θερμότητας δια μεταφοράς και δια ακτινοβολίας. Αποτελείται από

- Πηγή θέρμανσης νερού (λέβητας, ηλιακή θέρμανση, ανακτημένη θερμική ενέργεια, γεωθερμική αντλία θερμότητας).
- Υδρονικό σύστημα διανομής.
- Θερμαντικά σώματα baseboard

Εφαρμογή: .

- Είναι εφαρμοστέα σε όλες τις περιοχές με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και σε σημεία του κτιρίου με υψηλές απώλειες θερμότητας, όπως οι είσοδοι και τα παράθυρα.

Κόστος:

- Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι χαμηλό. Οι δαπάνες για καύσιμα και ηλεκτροκίνηση αντλιών σε ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα είναι χαμηλότερες λόγω της αυξημένης αποδοτικότητας σε σύγκριση με τα συστήματα διαχείρισης αέρα.

- Το σύστημα είναι γενικά πιο οικονομικά αποδοτικό, όταν είναι τμήμα ενός ευρύτερου υδρονικού συστήματος θέρμανσης.

Πλεονεκτήματα:

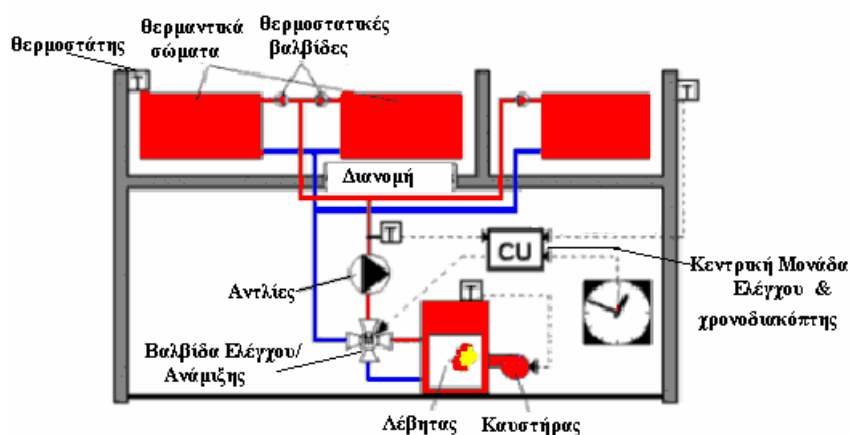
- Υδρονικά συστήματα μπορούν να μειώσουν ή να εξαλείψουν την ανάγκη για συστήματα μηχανικής διαχείρισης του αέρα.
- Χαμηλή απαίτηση συντήρησης.
- Κάνουν αποδοτικότερη χρήση των καυσίμων σε σχέση με τα συστήματα αέρα και χρησιμοποιούν λιγότερη ισχύ για τη μετάδοση θερμότητας μέσω του κτιρίου.
- Ενδείκνυνται για αίθουσες διδασκαλίας καθώς είναι αθόρυβα.
- Υπάρχει η δυνατότητα κατάλληλης διαμόρφωσης για ατομικό έλεγχο σε κάθε χώρο.

6.3.11. Συστήματα Κεντρικής Θέρμανσης ^[41]

Πρόκειται συνήθως για συστήματα κεντρικής θέρμανσης αποτελούμενα από τρία επί μέρους υποσυστήματα:

- μία μονάδα ή και ομάδα μονάδων παραγωγής. Μπορεί να είναι λέβητας ή κλίβανος ορυκτού καυσίμου, αντλία θερμότητας, ή και υποσταθμός εναλλαγής θερμότητας σε ένα ευρύτερο σύστημα περιφερειακής θέρμανσης.
- δίκτυο αγωγών διανομής για τη μεταφορά του θερμού μέσου στους προς θέρμανση χώρους.
- συσκευές απόδοσης θερμότητας στο χώρο (θερμαντικά σώματα, μεταγωγείς, θερμαντήρες πατώματος χαμηλής θερμοκρασίας)

Σε μερικές περιπτώσεις εγκαθίσταται μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) με υψηλή αποδοτικότητα καθώς η απορριπτόμενη θερμική ενέργεια από τον κύκλο παραγωγής ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων αντί να καταλήγει ανεκμετάλλευτη στο περιβάλλον.



Σχήμα 46. Απεικόνιση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης [⁴¹].

Μέτρα τα οποία μπορούν να ληφθούν για εξοικονόμηση ενέργειας και η αποτελεσματικότητά τους αποτυπώνονται στον πίνακα – που ακολουθεί.

Πίνακας 18. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα θέρμανσης

Μέτρα Διαχείρισης	Εξοικονόμηση Ενέργειας (1-10)	Αποτελεσματικότητα κόστους (1-10)
Βελτίωση της μόνωσης του λέβητα	3	10
Βελτίωση της μόνωσης των αγωγών	5	10
Βελτίωση του προθερμαντήρα	2 έως 8	10
Συντήρηση - βελτίωση της ρύθμισης του κυκλώματος	5	5
Συντήρηση - καθαρισμός και ρύθμιση του καυστήρα και της δέσμης	5	5
Αντικατάσταση του καυστήρα ¹	5	10
Αντικατάσταση του λέβητα	5	5
Αντικατάσταση του λέβητα με λέβητα υψηλής απόδοσης ²	7	7
Αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας	10	5

¹ Δίδεται η δυνατότητα επιλογής καυσίμου και πιθανής βελτιστοποίησης του προϋπολογισμού.

² Λέβητες συμπύκνωσης αερίου -λέβητες χαμηλής ή πολύ χαμηλής θερμοκρασίας- λέβητες καύσης ξύλου.

(βαθμοί : 1 χαμηλός – 10 υψηλός)

6.3.12. Σύστημα θέρμανσης δια ακτινοβολίας με καύση φυσικού αερίου [¹¹]

Περιγραφή: Η θερμότητα που προέρχεται από την καύση του φυσικού αερίου θερμαίνει ένα ατσάλινο σωλήνα ή μια κεραμική επιφάνεια. Η θερμαινόμενη επιφάνεια εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία η οποία απορροφάται από τους κατόχους, τα αντικείμενα εντός των χώρων και τα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι τα αντικείμενα μέσα στο χώρο παραμένουν θερμά ακόμη και αν ο αέρας είναι ψυχρός.

Εφαρμογή: Η δια ακτινοβολίας θέρμανση είναι κατάλληλη για χώρους με υψηλή οροφή καθώς βοηθά να αντιμετωπισθεί η θερμική στρωματοποίηση. Ενδείκνυται για περιοχές με πρόβλημα υπερβολικής διήθησης του αέρα, καθώς παρέχει σημειακή θέρμανση στους μεγάλους ανοικτούς χώρους. Κατάλληλοι χώροι είναι τα Γυμναστήρια, τα θερμοκήπια και χώροι μεγάλης κίνησης όπως οι είσοδοι και οι προθάλαμοι.

Κόστος: αποτελεί οικονομικά αποδοτική λύση για σημειακή θέρμανση σε μεγάλους χώρους. Μπορεί επίσης να εφαρμοσθεί αποδοτικά και για γενική θέρμανση αν ληφθεί μέριμνα για εξοικονόμηση ενέργειας.

Πλεονεκτήματα:

- θερμική άνεση με χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες αέρα και χαμηλή αντίστοιχα ενεργειακή κατανάλωση.
- Δεν απαιτείται για τη διανομή ενέργεια για ανεμιστήρες και αντλίες.

Μειονεκτήματα: οι κάτοχοι ίσως αισθανθούν κάποια ενόχληση λόγω της ανισομερούς θέρμανσης του χώρου.

6.4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Οι τεχνικές δροσίσιμου μπορούν να διαιρεθούν σε δύο γενικές κατηγορίες [⁴⁰]

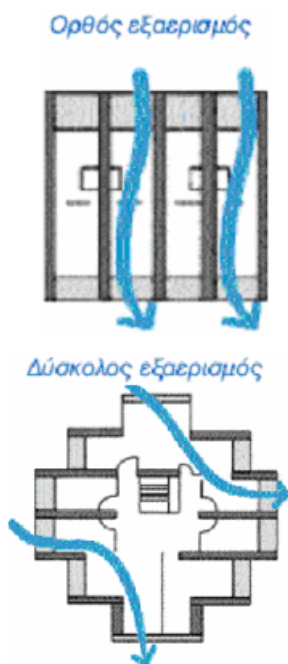
- αυτές που προστατεύουν το κτίριο για περιορισμό των θερμικών κερδών
- αυτές που επιδιώκουν την απαγωγή θερμικών φορτίων από τον κλιματιζόμενο χώρο στο περιβάλλον

6.4.1. Γενικές Αρχές ^[40]

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

- εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μέσω διαφανών επιφανειών
- μετάδοση θερμότητας μέσω διαφανών και αδιαφανών στοιχείων του κτιρίου
- θερμική αδράνεια του κτιρίου
- εσωτερικά θερμικά φορτία εκλυόμενα από ανθρώπους και συσκευές.
- θερμικά κέρδη προκύπτοντα από τον αερισμό του χώρου

6.4.2. Βιοκλιματικές Στρατηγικές Μείωσης των Ψυκτικών Φορτίων ^[40]



Σχήμα 47. Εξάρτηση του εξαερισμού από τη διάταξη των ανοιγμάτων ^[40]

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

6.4.2.1. Στο στάδιο της μελέτης:

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

6.4.2.2. Με επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο

- σκίαση με φύτευση δένδρων καθώς και αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα με χρήση βλάστησης ή και μικρών λιμνών

- αύξηση της απορροφητικότητας των επιφανειών του περιβάλλοντος χώρου
- αύξηση της ανακλαστικότητας των επιφανειών του κτιρίου

6.4.2.3. Με επεμβάσεις εντός του κτιρίου

Οι πιθανές επεμβάσεις αφορούν σε:

- βελτίωση της διαχείρισης της λειτουργίας του κτιρίου
- μείωση των εσωτερικών θερμικών φορτίων
- βελτίωση των χαρακτηριστικών του κελύφους
- επεμβάσεις στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις

Στον πίνακα –παρατίθενται τα αποτελέσματα μιας μελέτης προσομοίωσης για την αποδοτικότητα παρεμβάσεων σε υποθετικό κτίριο γραφείων στη Ρώμη με 80% κάλυψη με υαλοπίνακες (γεωγραφικό πλάτος 43⁰ B).

Πίνακας 19. Αποτελέσματα προσομοίωσης αποδοτικότητας στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας σε Βόρειο Γεωγραφικό πλάτος 43⁰ (Ρώμη)

Πεδίο χειρισμού	Περιγραφή της επέμβασης	Κόστος	Κέρδος *
Λειτουργική διαχείριση	Ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε κάθε χώρο Αύξηση της επιθυμητής θερμοκρασίας χώρου (π.χ. 27 °C αντί 25 °C) Αύξηση της επιθυμητής σχετικής υγρασίας χώρου (π.χ. 60-55% αντί 50%) Ορθή χρήση των φωτιστικών στοιχείων και των ηλεκτρικών συσκευών Ορθή διαχείριση των εξωτερικών παραθύρων και παραθυρόφυλλων	Μηδενικό Μηδενικό Μηδενικό Μηδενικό Μηδενικό	0% - 6% 4% - 8% 1% - 5% 3% - 7% 0% - 5%
Μείωση των εσωτερικών θερμικών κερδών	Ρύθμιση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως (μεταβολή της έντασης, αισθητήρες ανίχνευσης ανθρώπων, κλπ.) Ρύθμιση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες φθορισμού (μεταβολή της έντασης, αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης, κλπ.) Χρήση συσκευών φωτισμού χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (π.χ. λαμπτήρων φθορισμού αντί λαμπτήρων πυρακτώσεως)	Χαμηλό Χαμηλό Μεσαίο	4% - 6% 2% - 4% 10% - 13%
Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	Εσωτερικές κατασκευές σκίασης Εξωτερικές κατασκευές σκίασης Τοποθέτηση κάθετων (0,6m) σκιάστρων Τοποθέτηση οριζόντιων (1,5m) σκιάστρων Τοποθέτηση οριζόντιων (0,6m) σκιάστρων Τοποθέτηση ανακλαστικών διπλών τζαμιών Τοποθέτηση αντανακλαστικής μεμβράνης στα τζάμια Βάψιμο των εξωτερικών τοίχων με ανοιχτά χρώματα χαμηλής απορρόφησης Επίστρωση μόνωσης των περιμετρικών τοίχων Τοποθέτηση αεριζόμενων κοίλων τοίχων Μόνωση στέγης Τοποθέτηση κατασκευών σκίασης στη οροφή Αεριζόμενη στέγη	Χαμηλό Μεσαίο Υψηλό Υψηλό Υψηλό Υψηλό Μεσαίο Χαμηλό Υψηλό Υψηλό Μεσαίο Υψηλό Υψηλό	2% - 5% 8% - 19% 2% - 18% 1% - 9% 2% - 8% 4% - 7% 3% - 11% 1% - 8% 0,6% - 1% 0,2% - 0,6% 3% - 6% 2% - 8% 4% - 15%
Επεμβάσεις στην εγκατάσταση	Εγκατάσταση μονάδας ανάκτησης θερμότητας από τον απορριπτόμενο αέρα Πραγματοποίηση ελεύθερου δροσισμού και νυχτερινού αερισμού Εγκατάσταση συστημάτων ρύθμισης αποδοτικότητας Εγκατάσταση ακτινοβόλων θερματικών (ψυχρές οροφές, ψυχρές δοκοί, κλπ.)	Υψηλό Μεσαίο Υψηλό Υψηλό	2% - 4% 4% - 8% 2% - 8% 2% - 8%

6.4.3. Μηχανισμοί Δροσισμού [12, 11, 40, 41]

Υπάρχουν πέντε κύριες κατηγορίες μηχανισμών δροσισμού με πολλές παραλλαγές:

1. Φυσικός Δροσισμός
2. Εξατμιστικός Δροσισμός
3. Δροσισμός άμεση εκτόνωσης (direct expansion)
4. Διάταξη Δροσισμού με ψύξη νερού (chilled water plant)
5. Δροσισμός με γεω-ανταλλαγή (γεωθερμικές αντλίες)

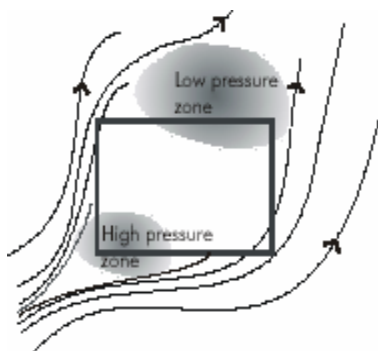
6.4.3.1. Φυσικός δροσισμός

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι παροχής φυσικού δροσισμού (αερισμού) :

α) Διαμπερής αερισμός / δροσισμός (cross ventilation) [11, 12]

Περιγραφή [11, 12]

Η μέθοδος αυτή εξαρτάται από τη διαφορά πίεσης, που αναπτύσσεται μεταξύ δύο πλευρών του κτιρίου. Της πλευράς πρόσπτωσης του ανέμου, όπου δημιουργείται υπερπίεση (ζώνη υψηλής πίεσης) και της αντίθετης ακριβώς πλευράς (ζώνη χαμηλής πίεσης), όπου δημιουργείται υποπίεση. Λόγω του δυναμικού αυτού προκαλείται ρεύμα αέρα δια μέσου των διαθέσιμων ανοιγμάτων του κτιρίου και επακόλουθος δροσισμός. Το ρεύμα του αέρα είναι εξαρτάται από τα διαθέσιμα ανοίγματα εισόδου, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου.



Σχήμα 48. Σχηματική απεικόνιση Διαμπερούς αερισμού [11]

Εφαρμογή:

- είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε ήπια και παράκτια κλίματα. Στις παράκτιες περιοχές η ανάγκη για πρόσθετο σύστημα δροσισμού σχεδόν εξαλείφεται. (αναφέρεται επιπλέον κόστος παραθύρων με χειρισμό για εφαρμογή της μεθόδου από 42-62 € ανά αίθουσα) [¹²].
- Στα περισσότερα από τα άλλα κλίματα αρμόζουν υβριδικά συστήματα, ενώ στα υγρά κλίματα υπάρχει λειτουργικό πρόβλημα με την απομάκρυνση της υγρασίας.[¹¹]

Πλεονεκτήματα: [^{11,12}]

- απομάκρυνση μολυσματικών παραγόντων, καλύτερη ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων.
- εύκολη εγκατάσταση και μικρή συντήρηση
- στα μέτρια κλίματα καλύπτει το περισσότερο φορτίο με αποπληρωμή της επένδυσης σε 8-10 χρόνια [¹²] ή 8-12 [¹¹].
- σύνδεση με το εξωτερικό περιβάλλον και τις καιρικές αλλαγές γεγονός που αυξάνει την ανεκτικότητα σε μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας [¹¹].

Μειονεκτήματα:[¹¹]

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

Συστάσεις : [¹¹]

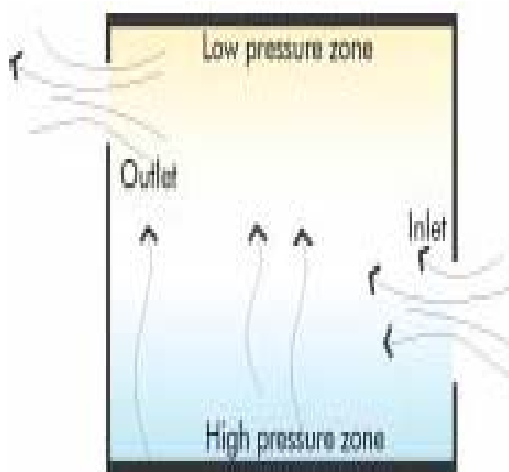
- Εξασφάλιση ίσων επιφανειών ανοιγμάτων με χειρισμό στην προσήνεμη και στην απάνεμη πλευρά του κτιρίου.
- καλή σκίαση της προσήνεμης πλευράς για παροχή δροσερού αέρα εισόδου
- τοποθέτηση των παραθύρων της προσήνεμης πλευράς στο επίπεδο των κατόχων
- χρήση αρχιτεκτονικών στοιχείων για ενίσχυση του δυναμικού του αερισμού
- δημιουργία ανοιγμάτων σε απέναντι τοίχους και μακρινή απόσταση. Περιορισμός του πλάτους των χώρων από 15-20 ft αν τα ανοίγματα είναι στην ίδια πλευρά.

- Αναγκαία επιφάνεια ανοιγμάτων με χειρισμό σε ποσοστό 1.5-2% του εμβαδού του δαπέδου ή 5% αν το κτίριο βασίζεται μόνο στο φυσικό αερισμό.
- Προσανατολισμός του κτιρίου τέτοιος, που να μεγιστοποιεί την επιφάνεια έκθεσης στους επικρατούντες ανέμους.
- Πρέπει να ληφθεί πρόνοια για ελαχιστοποίηση της μεταφοράς θορύβου από τον περιβάλλοντα χώρο.
- Ο εισερχόμενος αέρας πρέπει αν υπάρχει δυνατότητα να δροσισθεί με σωστό σχεδιασμό των στοιχείων του τοπίου. Αν ένας υδάτινος όγκος σχεδιάζεται για τη θέση, καλό είναι να τοποθετηθεί στην προσήνεμη πλευρά.
- Τα συστήματα HVAC πρέπει να συνδυασθούν αρμονικά με το φυσικό αερισμό.

β) Αερισμός / δροσισμός με δημιουργία φαινομένου καμινάδας (stack ventilation)

Περιγραφή ^[11,12]

Αυτή η μέθοδος βασίζεται τη λειτουργία της στην κίνηση αερίων μαζών λόγω διαφορών στις πυκνότητες του αέρα. Απαιτούνται δύο ανοίγματα αερισμού. Το ένα σε χαμηλό ύψος, κοντά στο δάπεδο και το άλλο ψηλά στο χώρο. Ο αέρας θερμαινόμενος από εσωτερικά θερμικά φορτία (ανθρώπινα σώματα, φώτα και εξοπλισμός) διαστέλλεται και ανέρχεται. Η άνοδος αυτή δημιουργεί μια κατακόρυφη διαβάθμιση της πίεσης και μια κίνηση του αέρα, που εισέρχεται από ντο κατώτερο άνοιγμα και εξέρχεται από το ανώτερο, δροσίζοντας το χώρο. Το ρεύμα του αέρα είναι ανάλογο με τη διαφορά ύψους των ανοιγμάτων, την επιφάνεια των ανοιγμάτων και τη διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού – εξωτερικού χώρου.



Σχήμα 49. Σχηματική απεικόνιση αερισμού με δημιουργία φαινομένου καμινάδας ^[11]

Εφαρμογή:

Είναι μια στρατηγική κάλυψης γενικώς μικρών απαιτήσεων ροής αέρα, ιδίως την ψυχρή περίοδο. Είναι επίσης κατάλληλη για μέτριες κλιματικές συνθήκες, οπότε ο εξωτερικός αέρας είναι αρκετά δροσερός για να καλύψει τις ανάγκες.

Πλεονεκτήματα:

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

Συστάσεις

- Χρήση εισόδων και εξόδων του αέρα ίσης επιφάνειας με μεγιστοποίηση της κάθετης απόστασης ανάμεσα στις δύο αυτές ομάδες των ανοιγμάτων.
- Εξασφάλιση παραθυρόφυλλων με επαυξητικό χειρισμό, για τη διευκόλυνση εφαρμογής διαφορετικών στρατηγικών ανά εποχή
- Οριζόντιος προσανατολισμός των ανοιγμάτων
- Η ελεύθερη επιφάνεια αερισμού των εισόδων και των εξόδων πρέπει να είναι το λιγότερο 1% του εμβαδού του δαπέδου του χώρου.
- 5 ft τουλάχιστον υψομετρική διαφορά (από κέντρο σε κέντρο) των ανοιγμάτων
- συνδυασμός των δύο μεθόδων φυσικού αερισμού με τοποθέτηση των ανοιγμάτων για το διαγώνιο αερισμό χαμηλότερα για να δημιουργηθεί και φαινόμενο καμινάδας.
- Μεγάλα ανοίγματα απαιτούν προστατευτική διάταξη για λόγους ασφαλείας.

γ) Ηλιακή - Αιολική Καμινάδα [⁴²]

Με όμοιες βασικές αρχές λειτουργίας (φαινόμενο Venturi) με την προηγούμενη αναφορά αλλά με ειδική κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη Νότια ($\pm 30^\circ$) πλευρά του κτιρίου υαλοστάσιο και περσίδες αντί τοιχοποιίας. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή υγρασία, καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα.

Επιπλέον δυνατότητες σε αυτού του είδους τα συστήματα δίνει η χρήση ανεμιστήρα στο υψηλότερο σημείο τους.

δ) Αεριζόμενο Δώμα [⁴²]

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

- Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
- Θερμομονωτικό υλικό
- Κενό διάστημα 5-7 cm με αέρα.
- Πλάκα από άοπλο σκυρόδεμα (με κλίσεις για απορροή ομβρίων)
- Στεγάνωση

ε) Μεταλλικός ακτινοβολητής [⁴²]

Το σύστημα αποτελείται από διπλή μεταλλική αυλακωτή πλάκα με ανακλαστική εξωτερική επιφάνεια, η οποία τοποθετείται στο εξωτερικό της οροφής του κτιρίου. Κάτω από την πλάκα αυτή υπάρχει μονωτικό στρώμα.

Κατά τη διάρκεια της νύκτας η μεταλλική πλάκα ακτινοβολεί μεγάλα ποσά θερμότητας προς τον ουρανό και ψύχεται. Ο διερχόμενος μεταξύ των δύο μεταλλικών φύλλων αέρας διοχετεύεται στον εσωτερικό χώρο ψύχοντάς τον. Η διαδικασία αυτή προσπαθεί να μιμηθεί τον τρόπο με τον οποίο ψύχεται η γη ακτινοβολώντας θερμική ενέργεια προς τον ουρανό ιδιαίτερα τις ανέφελες νύκτες.

6.4.3.2. Εξατμιστικός Δροσισμός [¹²]

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

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

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

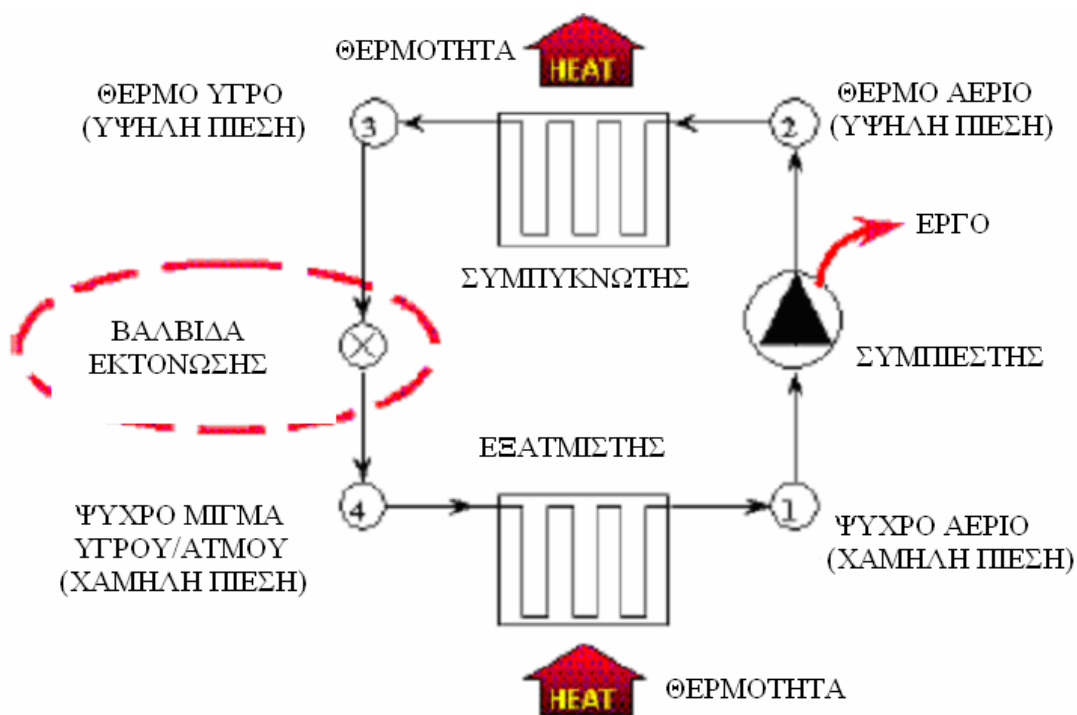
Πλεονεκτήματα:[¹¹]

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

Μειονεκτήματα:[¹¹]

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

6.4.3.3. Δροσισμός άμεσης εκτόνωσης (direct expansion , 'DX')[¹²]

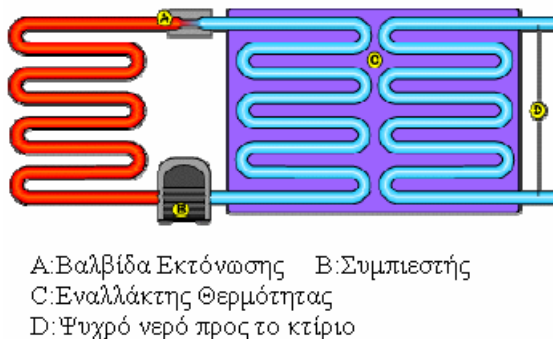


Σχήμα 50 . Το διάγραμμα ροής του κύκλου δροσισμού άμεσης εκτόνωσης [¹²]

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

6.4.3.4. Διάταξη Δροσισμού με ψύξη νερού ^[12]

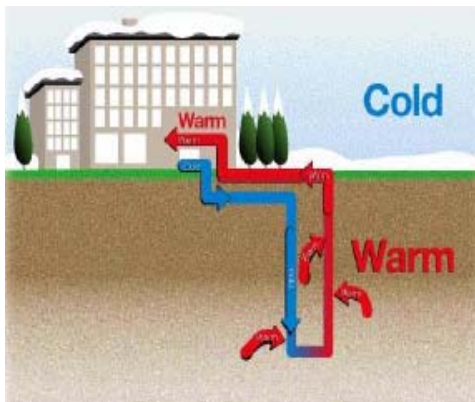
Ενδείκνυνται για μεγάλα και πολώροφα κτίρια. Το όλο σύστημα είναι εγκατεστημένο σε ένα ειδικό χώρο εντός ή και εκτός του κτιρίου και ψύχει νερό σε θερμοκρασίες από 40-45 F (4,4 – 7,2° C). Δεν υπάρχει πρακτικό όριο για το μήκος των σωληνώσεων, αρκεί να υπάρχει επαρκής μόνωση.



Σχήμα 51. Διάταξη δροσισμού με ψύξη νερού ^[12]

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

6.4.3.5. Δροσισμός με γεω-ανταλλαγή (γεωθερμικές αντλίες) ^[12]



Σχήμα 52. Απεικόνιση λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας. ^[12]

Περιγραφή

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

Κόστος

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

Τύποι συστημάτων

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

6.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ^[40]

Διαίρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες

- **κλειστά συστήματα :** θερμοκίνητοι ψύκτες, που παρέχουν ψυχρό νερό, το οποίο οδηγείται, είτε στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες για να παράσχει κλιματισμένο αέρα (ψυχρό και ξηρό), είτε σε καθορισμένους χώρους για να ενεργοποιήσει τις

τοπικές μονάδες των δωματίων (π.χ. fan coils). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ψύκτες απορρόφησης (πιο διαδεδομένοι) και οι ψύκτες προσρόφησης (λιγότερο διαδεδομένοι αλλά με αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον ηλιακό κλιματισμό). Επειδή απαιτούν υψηλές σχετικά θερμοκρασίες αναγέννησης (60-90° C) δεν καλύπτονται από κοινούς επίπεδους συλλέκτες παρά μόνο σε περιοχές με έντονη ηλιοφάνεια. Κατά κανόνα απαιτούν αποδοτικότερους συλλέκτες, όπως παραβολικούς ή συλλέκτες κενού.

- **ανοικτά συστήματα:** επιτρέπουν πλήρη κλιματισμό(ψυχρός και ξηρός αέρας). Το ψυκτικό μέσο είναι πάντα νερό. Τα πιο κοινά συστήματα είναι τα συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου(desiccant) , που χρησιμοποιούν περιστρεφόμενο τροχό αφύγρανσης με στερεό πορώδες ροφητικό υλικό. Απαιτούν θερμοκρασίες αναγέννησης 45-95° C και καλύπτονται από επίπεδους συλλέκτες ή συλλέκτες αέρος.

Πίνακας 20. Οι πιο κοινές τεχνολογίες ηλιακού κλιματισμού ^[40]

Μέθοδος	Κλειστού Κύκλου		Ανοικτού Κύκλου	
Ψυκτικός κύκλος	Κλειστός ψυκτικός κύκλος		Ψυκτικό μέσο (νερό) είναι σε επαφή με τον αέρα	
Αρχή	Ψυχρό νερό υπό εξάτμιση		Αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση	
Φάση υλικού ρόφησης	Στερεό	Υγρό	Στερεό	Υγρό
				
Τυπικά ζεύγη υλικών	νερό - silica gel	νερό -βρωμιούχο λίθιο αμμωνία - νερό	νερό - silica gel νερό - χλωριούχο ασβέστιο	νερό - χλωριούχο ασβέστιο, νερό - χλωριούχο λίθιο
Τεχνολογία διαθέσιμη στην αγορά	Ψύκτες προσρόφησης	Ψύκτες απορρόφησης	DEC	Κοντά στην εισαγωγή στην αγορά
Τυπική ψυκτική ικανότητα (kW)	50 - 430 kW	15 kW - 5 MW	20 kW - 350 kW (ανά μονάδα)	
Τυπικό COP	0,5 - 0,7	0,6 - 0,75 (απλής βαθμίδας)	0,5 - > 1	> 1
Θερμοκρασία αναγέννησης	60 - 90 °C	80 - 110 °C	45 - 95 °C	45 - 70 °C
Ηλιακοί συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

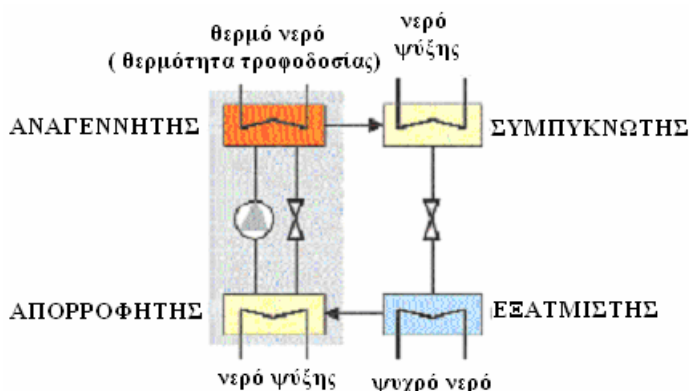
6.5.1. Θερμοκίνητοι Ψύκτες ^[40]

Χαρακτηρίζονται από τρία θερμοκρασιακά επίπεδα

- επίπεδο υψηλής θερμοκρασίας στο οποίο παρέχεται η θερμοκρασία αναγέννησης της διεργασίας ρόφησης
- χαμηλής θερμοκρασίας στο οποίο λειτουργεί η διαδικασία ψύξης

- μέσο επίπεδο θερμοκρασίας στο οποίο και η θερμότητα, που απορρίπτεται από τον κύκλο ψυχρού νερού, και η θερμότητα αναγέννησης πρέπει να απομακρυνθούν. Για την απομάκρυνση της θερμότητας αυτής συνήθως χρησιμοποιείται πύργος ψύξης.

6.5.1.1. Δροσισμός με Απορρόφηση (absorption) ^[40,43]



Σχήμα 53. Σχηματική παράσταση ενός συστήματος δροσισμού με απορρόφηση ^[40]

Η θερμική συμπίεση του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται με τη χρήση διαλύματος ψυκτικού μέσου/ροφητικού υλικού και πηγής θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό δεν είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία μηχανικού συμπιεστή. Χρησιμοποιείται υγρό διάλυμα $H_2O/LiBr$.

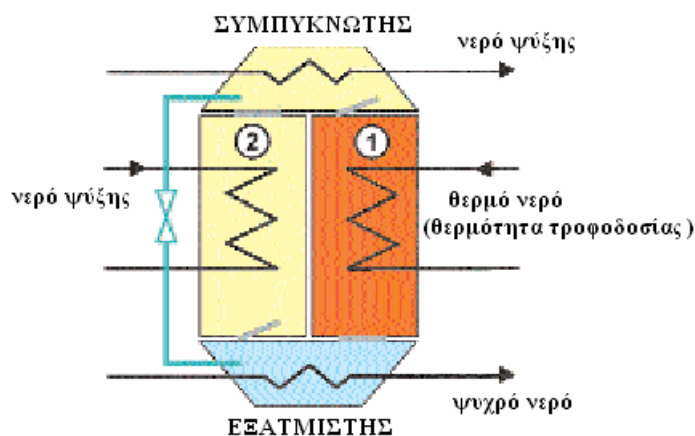
Η ονομαστική ψυκτική ικανότητα των ψυκτών απορρόφησης είναι της τάξης μερικών εκατοντάδων kw.

Τροφοδοτούνται κυρίως μέσω κεντρικής θέρμανσης, απορριπτόμενης θερμότητας ή θερμότητας από συμπαραγωγή. Η θερμοκρασία της απαιτούμενης θερμικής πηγής κυμαίνεται συνήθως σε επίπεδα μεγαλύτερα των $80^\circ C$ για μηχανές απλής βαθμίδας και των $140^\circ C$ για διπλής. Οι συντελεστές COP είναι 0.6-0.8 και > 1.2 αντίστοιχα.

Μειονεκτήματα :[43]

- οι συσκευές αυτού του τύπου στην αγορά τείνουν προς μεγάλης κλίμακας εφαρμογές, ενώ υπάρχει ζήτηση και για μικρότερα ηλιακά συστήματα.
- Οι ψύκτες απορρόφησης Βρωμιούχου Λιθίου απαιτούν ψυκτικό πύργο.
- Η απόδοση και οι δυνατότητες είναι μικρές σε χαμηλές (**driving**) οδηγούσες θερμοκρασίες.
- Απαιτούνται ακριβότεροι τύποι ηλιακών συλλεκτών.

6.5.1.2. Δροσισμός με Προσρόφηση (adsorption) ^[40, 43]



Σχήμα 54. Σχηματική παράσταση ενός συστήματος δροσισμού με προσρόφηση ^[40]

Περιγραφή: Αντί υγρού διαλύματος χρησιμοποιείται κάποιο στερεό πορώδες ροφητικό υλικό, συνήθως silica gel, ενώ ως ψυκτικό υγρό χρησιμοποιείται συνήθως νερό. Αποτελούνται από δύο χώρους ροφητικού υλικού (1,2 στο σχήμα), ένα συμπυκνωτή και ένα εξατμιστή. Υπό τυπικές συνθήκες λειτουργίας με θερμοκρασία αναγέννησης περί τους 80° C επιτυγχάνουν

COP 0.6 περίπου, αλλά μπορούν να λειτουργήσουν και σε θερμοκρασίες αναγέννησης 60° C. Η ψυκτική τους ικανότητα είναι της τάξης των 50-100kw.

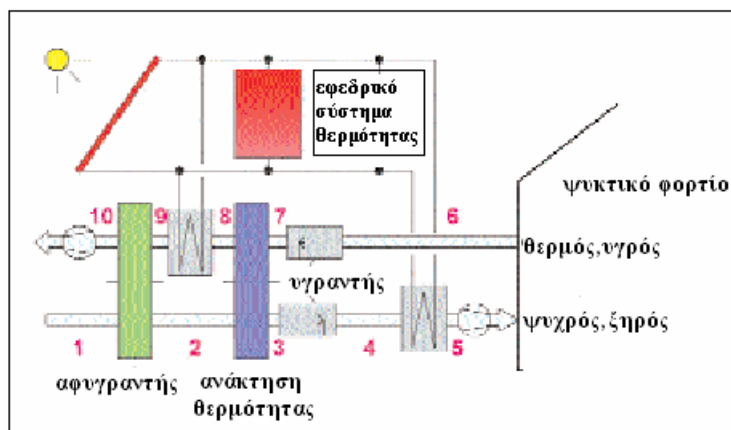
Πλεονεκτήματα:

- οι ψύκτες προσρόφησης είναι απλής κατασκευής και μεγάλης μηχανικής αντοχής
- δεν υπάρχει περιορισμός στη θερμοκρασία απόρριψης θερμότητας, καθώς δεν υφίσταται κίνδυνος κρυστάλλωσης
- ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας καθώς δεν υπάρχει εσωτερική αντλία διαλύματος
- υψηλότερη αποδοτικότητα με χαμηλότερες απαιτούμενες θερμοκρασίες.

Μειονεκτήματα

- μεγάλος όγκος και βάρος
- η τιμή τους είναι υψηλή λόγω του μικρού αριθμού των παραγομένων μονάδων
- η διαδικασία είναι κυκλικής φύσης, γεγονός που απαιτεί περισσότερη προσπάθεια κατά το σχεδιασμό.
- Περιορισμένες επιλογές αγοράς

6.5.2. Συστήματα ψύξης ανοικτού κύκλου- DEC(desiccant) ^[40]



Σχήμα 55. Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος DEC ^[40]

Το ψυκτικό μέσο ανανεώνεται διαρκώς. Αφού παράσχει ψύξη, απορρίπτεται στο περιβάλλον και ως εκ τούτου μόνο το νερό ενδείκνυται για τέτοια χρήση. Η τρέχουσα τεχνολογία χρησιμοποιεί περιστρεφόμενους τροχούς αφυγραντικού υλικού με χρήση silica gel ή Χλωριούχου Λιθίου ως ροφητικού υλικού.

Διαδικασία ψύξης

- 1: εισαγωγή θερμού υγρού αέρα
- 1-2:αφυδάτωση με προσρόφηση υγρασίας
- 2-3:ανάκτηση θερμότητας προσρόφησης- πρόψυξη του αέρα
- 3-4: ελεγχόμενη ύγρανση και ψύξη ανάλογα με επιθυμητή θερμοκρασία και υγρασία του αέρα παροχής
- 6-7: ο προς απόρριψη αέρας υγραίνεται κοντά στη θερμοκρασία κορεσμού του για να επιτευχθεί μέγιστη δυνατότητα ψύξης
- 7-8: ανάκτηση θερμότητας
- 9-10:αναγέννηση του ροφητικού υλικού του τροχού με χρήση θερμότητας (σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες 50-75° C).

Διαδικασία θέρμανσης ^[40]

Μικρές απαιτήσεις : ανάκτηση θερμότητας από το ρεύμα αέρα απόρριψης.

Αυξημένες απαιτήσεις: παροχή θερμότητας στη θέση 4-5 από τους ηλιακούς συλλέκτες ή από εφεδρική πηγή θερμότητας

Κόστος

Οι πάγιες δαπάνες των συστημάτων αυτών είναι επί του παρόντος αρκετά υψηλότερες από τις αντίστοιχες των συμβατικών. Για τα συστήματα DEC η κατάσταση είναι καλύτερη

καθώς το κόστος για το σύστημα εξαερισμού ενυπάρχει και στο συμβατικό σύστημα, ενώ το κόστος των συλλεκτών αντισταθμίζεται εν μέρει από την απουσία ψύκτη στις συμβατικές εγκαταστάσεις.

Αντιθέτως το λειτουργικό κόστος των ηλιακών συστημάτων αναμένεται χαμηλότερο. Το πλήρες κόστος (αρχικό κεφάλαιο, λειτουργικό κόστος, κόστος συντήρησης) παραμένει ακόμη υψηλότερο για τα ηλιακά συστήματα.

Τα συστήματα DEC αναμένεται ότι θα εξελιχθούν σε τύπους οικονομικά ανταγωνιστικούς, με σχετικά μικρή μείωση των ανταλλακτικών τους, ενώ τα αντίστοιχα με χρήση θερμοκίνητων ψυκτών απαιτούν σημαντικές βελτιώσεις της οικονομικής τους απόδοσης.

6.6. ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Αποτελεί σημαντικό στοιχείο τόσο για την ενεργειακή οικονομία όσο και για την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων.

6.6.1. Επιδράσεις στην υγεία – Απαιτήσεις ανανέωσης αέρα

Ο αέρας εσωτερικών χώρων περιέχει περισσότερες από 3000 διαφορετικές ενώσεις και στοιχεία. Πολλά στοιχεία όπως το CO και το ραδόνιο δεν ανιχνεύονται με την όσφρηση.

Ο πιο αντιπροσωπευτικός παράγοντας περιγραφής της ποιότητάς του είναι το CO₂. Η κλιμάκωση της επίδρασης του παρατίθεται στον πίνακα 21.

Πίνακας 21. Επίδραση της παρουσίας CO ₂ σε εσωτερικούς χώρους [¹²]	
Συγκέντρωση CO₂	Επίδραση επί των ατόμων
έως 800	μη αισθητή η παρουσία του
άνω των 1500	κούραση & συχνόι πονοκέφαλοι
άνω των 2500	αίσθηση ασθένειας
άνω των 10000	δυνατή πρόκληση κατάρρευσης

Τα όρια που δίνονται από οδηγίες σχεδιασμού σχολικών κτιρίων στη Φινλανδία είναι

1500 ppm για φυσικό αερισμό και 1000 ppm για μηχανικό αερισμό. Ως όριο επικινδυνότητας για ενήλικες αναφέρεται η τιμή των 5000 ppm για 8ωρη έκθεση, αλλά οπωσδήποτε στο επίπεδο αυτό υπάρχει επίδραση στις επιδόσεις και τη συμπεριφορά των ατόμων [4].

Η ανάγκη ανανέωσης του αέρα εσωτερικών χώρων καθορίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- Περιεκτικότητα σε Οξυγόνο.
- Περιεκτικότητα σε CO₂
- Ανθρωπογενείς οσμές (μεταβολισμός, βακτήρια του δέρματος)
- Αέριοι ρύποι, αιωρούμενα σωματίδια (κάπνισμα, εκπομπές από δομικά υλικά, σκόνη, γύρη)

Στην Ελλάδα έχει εκδοθεί από το ΤΕΕ Οδηγία (Πίνακας 22) για τον απαιτούμενο ρυθμό αερισμού σε σχολικά κτίρια ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων. Σε περίπτωση, που ο αριθμός αυτός δεν ορίζεται, παρατίθενται τιμές εκτιμώμενης πυκνότητας αναλόγως χρήσης.

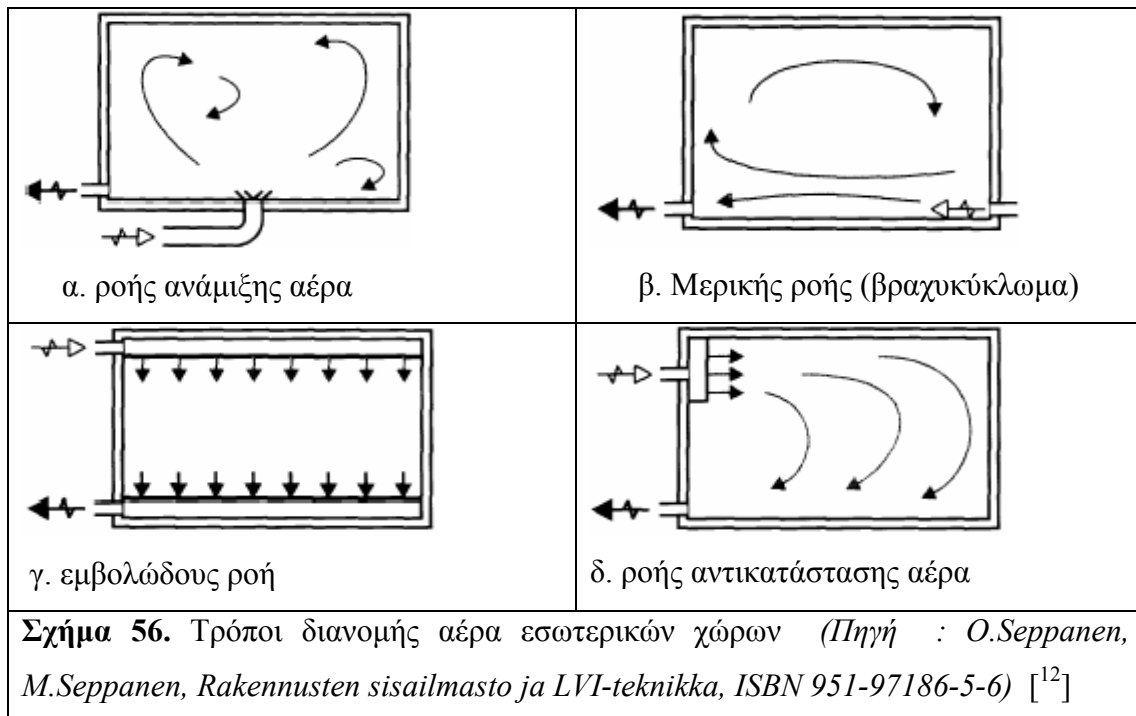
Πίνακας 22. Απαιτήσεις αερισμού εκπαιδευτικών κτιρίων προτεινόμενες από την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2425/86 [42]			
	Εκτιμώμενα άτομα ανά 100m ² δαπέδου	Απαιτούμενος αερισμός ανά άτομο (m ³ / h)	
		Ελάχιστος	Συνιστώμενος
Αίθουσες	55	17	17-26
Εργαστήρια	32	17	17-26
Αμφιθέατρα	110	17	26-34
Βιβλιοθήκες	22	12	17-21
Γραφεία	10	12	17-26
Γυμναστήρια	75	34	42-51
Εστιατόρια	110	17	26-34
Βοηθητικοί Χώροι	3	8,5	12-17

Ως δυνατότητα απομάκρυνσης πιθανών ρύπων αναφέρεται και η χρήση φυτών εσωτερικών χώρων (Πίνακας 23) ^[42].

Πίνακας 23. Ικανότητα απορρόφησης χημικών ρύπων εκ μέρους διαφόρων φυτών εσωτερικών χώρων (υπό συνεχή 24ωρου βάσεως φωτισμό) ^[42]					
ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΥ	Βενζόλιο	Τολουόλιο	Φορμαλδεΐδη	CO	Τριχλωρο-αιθάνιο
Aglaonema (Αγλαόνημα)	48	92			
Aloe vera (Αλόη)			90		
Chlorofito (Χλωρόφυτο)			86	96	
Dracaena Marginata (Δράκαινα)	79		60		13
Dracaena Massangeana (Δράκαινα)			70		
Dracaena Warnacki (Δράκαινα)			50		
Ficus Bengamin (Φίκος Ο Βενιαμίν)			47		
Lierre Commun	90				11
Mini Shefflera (Σεφλέρα Η Μικρόφυλλη)			41		
Nephthitis			67		
Philodendron (Φιλόδενδρον)			86		
Sensevieria (Πόθος)	53				13
Scindapsus	73			75	
Spathiphyllum (Σπαθίφυλλο)	80		50		50

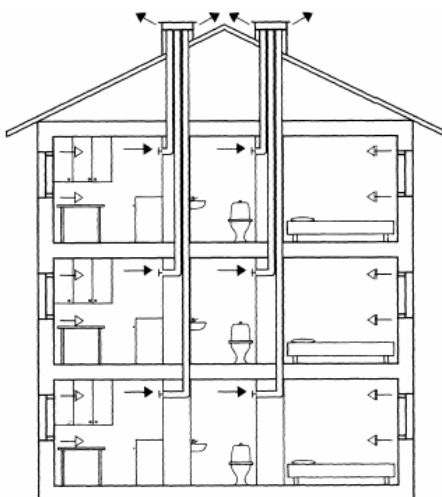
6.6.2. Τρόποι διανομής του αέρα

Η διανομή του αέρα είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας της αποτελεσματικότητας ενός συστήματος αερισμού . Οι κυριότεροι τρόποι διανομής αποδίδονται σχηματικά ακολούθως (Σχήμα 54). Εξ αυτών η εμβολώδης ροή απαιτεί μεγάλους όγκους αέρα, ενώ η μερική ροή κρίνεται αποφευκτέα.



6.6.3. Συστήματα φυσικού αερισμού ^[12, 42]

Η αλλαγή του αέρα στο φυσικό αερισμό βασίζεται στις διαφορές πυκνότητας λόγω θερμοκρασιακών διαφορών μεταξύ δύο σημείων του χώρου εντός η εκτός (άνεμος) ενός κτιρίου. Επειδή η στεγανοποίηση του κτιριακού κελύφους είναι απαραίτητη για λόγους αποφυγής θερμικών απωλειών, ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται είτε με τους τρόπους,



Σχήμα 57. Σύστημα φυσικού αερισμού ^[12]

που αναφέρθηκαν και στο θέμα του φυσικού δροσισμού (διαμετρής αερισμός, αερισμός με δημιουργία «φαινομένου καμινάδας»), είτε με ένα σύστημα αεραγωγών. Το σύστημα αυτό δεν καταναλώνει ενέργεια και η αρχή λειτουργίας του είναι η ίδια με αυτή που διέπει το «φαινόμενο καμινάδας».

Οι αεραγωγοί των χώρων καταλήγουν στη στέγη και δεν συνδέονται μεταξύ τους, ώστε να αποκλείεται η δυνατότητα μεταφοράς αέρα από τον ένα χώρο στον άλλο, για λόγους υγιεινής και αντιπυρικής προστασίας. Η λειτουργία του συστήματος μπορεί να ενταθεί με χρήση ανεμιστήρων.

6.6.4. Συστήματα μηχανικού αερισμού ^[12]

6.6.4.1. Μηχανικός εξαερισμός

Η ροή του αέρα ενισχύεται με τη βοήθεια εξαεριστήρα ή ανεμιστήρα οροφής και δεν εξαρτάται άμεσα από τις καιρικές συνθήκες. Η ταχύτητα του αέρα μπορεί να ρυθμισθεί σε μεγαλύτερα επίπεδα σε σχέση με το φυσικό αερισμό, οπότε μειώνονται οι διαστάσεις των απαιτούμενων σωληνώσεων και ο απαιτούμενος χώρος εφαρμογής.

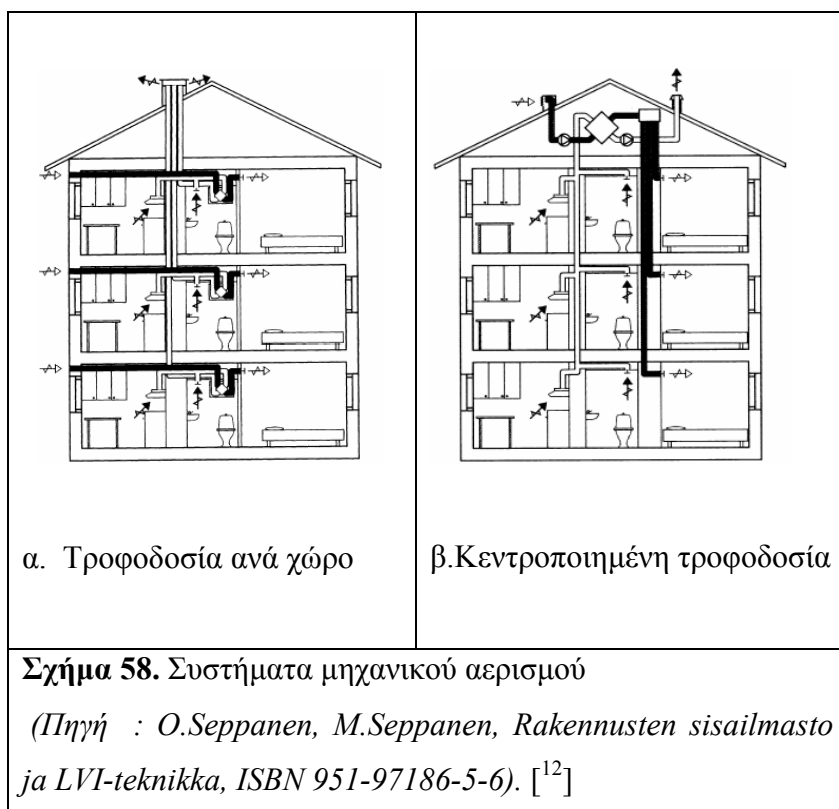
Χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα.

6.6.4.2. Μηχανικός αερισμός

Υπάρχουν δύο δυνατότητες:

- Μηχανική τροφοδοσία και εξαγωγή αέρα

Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυασθεί και με παροχή θέρμανσης.



- Μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας

Σημαντικό τμήμα της θερμότητας που απάγεται από το ρεύμα του εξερχόμενου αέρα μπορεί να ανακτηθεί και να προσαχθεί εκ νέου στο χώρο από το ρεύμα του εισερχόμενου

αέρα με τη βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας. Η αποδοτικότητα της διαδικασίας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας των δύο ρευμάτων.

6.6.5. Υβριδικά συστήματα ^[12]

Ο όρος αυτός καλύπτει ποικιλία εφαρμογών κατάλληλων ανά περίπτωση. Οι βασικοί τύποι είναι οι ακόλουθοι:

- Φυσικός και μηχανικός αερισμός
Βασίζεται σε δύο αυτόνομα συστήματα και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθείται άλλη στρατηγική (Είτε συμμετέχουν με κάποιο καταμερισμό ταυτόχρονα και τα δύο, είτε κάθε σύστημα αναλαμβάνει συγκεκριμένο έργο να επιτελέσει).
- Φυσικός αερισμός συνεπικουρούμενος από ανεμιστήρες (εξαγωγής ή τροφοδοσίας)
- Μηχανικός αερισμός βοηθούμενος από τον άνεμο και το «φαινόμενο καμινάδας».

6.6.6. Συστήματα Ελέγχου ^[12]

Οι στρατηγικές ελέγχου μπορούν να βασισθούν είτε στον έλεγχο της IAQ είτε σε θερμοκρασιακούς ελέγχους. Ένα ιδεατό σύστημα θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εξής:

- Σύστημα σταθερής πίεσης περιλαμβάνον προσαρμόσιμους μηχανισμούς ανεμιστήρων με μετατροπέα συχνότητας.
- Μηχανοκίνητο διάφραγμα και βαλβίδα για κάθε αίθουσα, ελεγχόμενα από ανιχνευτές CO₂ και αισθητήρες θερμότητας.
- Έλεγχος CO₂ και χρονοδιακόπτη στα Γυμναστήρια.
- Σύστημα σταθερής ταχύτητας σε χώρους μαγειρείων, με δυνατότητα επιτάχυνσης από το προσωπικό αν απαιτείται.
- Δυνατότητα αντιστροφής της διαδικασίας στη μονάδα ανάκτησης θερμότητας, αν απαιτείται δροσισμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^Ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ενεργειακή συνιστώσα πρέπει να ενταχθεί στα βασικά κριτήρια σχεδιασμού και υλοποίησης του κτιρίου

Ο ενεργειακός σχεδιασμός ενός αειφόρου σχολείου απαιτεί κατά σειράν

- ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών
- κάλυψη κατά το μέγιστο δυνατόν των αναγκών από ΑΠΕ
- βελτιστοποίηση των επικουρικών συστημάτων
- αποτελεσματική διαχείριση της ενεργειακής χρήσης.

7.1.1. Δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας

Για τη μέτρηση της ενεργειακής αποδοτικότητας υπάρχουν διάφοροι δείκτες, που χρησιμοποιούνται, για να διαπιστωθεί αν και κατά πόσο μεταβάλλεται η ενεργειακή κατανάλωση σε ένα χρονικό διάστημα. Επιπλέον μέσω των δεικτών αυτών αξιολογείται η ενεργειακή αποδοτικότητα σε σχέση με άλλα κτίρια και με τιμές προδιαγραφών, ενώ αποτιμώνται ταυτόχρονα οι ωφέλειες από τα μέτρα ενεργειακής αποδοτικότητας και τις νέες ενεργειακές τεχνολογίες.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι δεικτών ενεργειακής αποδοτικότητας και μετρώνται με διαφορετικούς τρόπους στις διάφορες χώρες.

Βασικά οι δείκτες αυτοί εκφράζουν τις ενεργειακές ανάγκες του σχολείου ανά μονάδα χώρου και χρόνου. Συνήθως η ενεργειακή κατανάλωση μετράται σε kwh ενώ ο χώρος του σχολείου εκφράζεται είτε μέσω του εμβαδού του δαπέδου (σε m^2) είτε μέσω του όγκου του κτιρίου (σε m^3). Ο χρόνος αναφοράς του δείκτη συνήθως είναι το ένα έτος ή σε άλλες περιπτώσεις ο χρόνος χρήσης του σχολείου.

Οι διάφοροι δείκτες ξεχωρίζουν με βάση την ενεργειακή χρήση την οποία εκφράζουν. Για δείκτες που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση υπάρχει ένας διαχωρισμός ανάμεσα στην πρωταρχική ενέργεια, η οποία είναι η μέτρηση της διαθέσιμης ενέργειας από φυσικούς πόρους και της τροφοδοτούμενης ενέργειας, που ισούται με την ενέργεια , που αποδίδεται από την χρήση ορυκτών καυσίμων και από το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Άλλοι τύποι δεικτών αναφέρονται στις προκαλούμενες εκπομπές CO₂, και τις οικονομικές δαπάνες.

Ο κύριος δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας, που συστήνεται για χρήση στη Μ. Βρετανία αναφέρεται ως Ομαλοποιημένος Δείκτης Απόδοσης **N.P.I.** (Normalized Performance Indicator) [1]. Για τον υπολογισμό του λαμβάνονται υπ όψιν ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση και κατά αυτόν τον τρόπο υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των κτιρίων με κάθε άλλο καθώς και με τις τιμές των εθνικών προδιαγραφών, γνωστών ως κριτήρια. Για τα σχολεία οι παράγοντες, που ενσωματώνονται, είναι:

- Ο τύπος της χρησιμοποιούμενης ενέργειας
- Η διαφοροποίηση μεταξύ της θέρμανσης χώρου και άλλης ενεργειακής χρήσης
- Ο τοπικός καιρός εκπεφρασμένος σε βαθμο-ημέρες.
- Η έκθεση του κτιρίου (κατά πόσο είναι εκτεθειμένο, προφυλαγμένο ή σε μια ενδιάμεση κατάσταση)
- Ο τύπος της δομής του κτιρίου (ελαφριά, κανονική ή άλλη κατασκευή)
- Η χρήση του κτιρίου
- Η θερμαινόμενη έκταση του κτιρίου

Αναφορικά με τη θέρμανση του χώρου ο αριθμός βαθμοημερών, που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του **N.P.I.** στη Μ. Βρετανία, είναι 2462 (μετρημένος με θερμοκρασία βάσης 15,5° C). Σε άλλες χώρες χρησιμοποιούνται φυσικά άλλες θερμοκρασίες βάσης και πιθανώς οι ανάγκες δροσισμού να είναι σημαντικότερος παράγοντας από ότι αυτές της θέρμανσης.

Ο **N.P.I.** μπορεί να υπολογισθεί με όρους τροφοδοτούμενης ενέργειας και των συνδεδεμένων εκπομπών CO₂. Κατόπιν μπορεί να γίνει σύγκριση με τα εθνικά κριτήρια. Για πρωτοβάθμιας και μέσης εκπαίδευσης σχολεία στη Μ. Βρετανία τα κριτήρια, που εκφράζουν μια μέση αποδοτικότητα είναι :

Ορυκτά καύσιμα	137 - 189 kwh /m ² /year
Ηλεκτρική ενέργεια	20 – 27 kwh /m ² /year
CO ₂	41 – 57 kg /m ² /year

Οι δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας δεν είναι οι ίδιοι με τις προτεινόμενες ή υποχρεωτικές τιμές προδιαγραφών, που εφαρμόζονται κατά το σχεδιασμό και την ανάθεση έργου νέων ή ανακαινιζόμενων κτιρίων .

Μελλοντικά η παράμετρος της άνεσης των κατόχων θα μπορούσε να συνδυασθεί με την πρωταρχική ενεργειακή κατανάλωση, ή να συνδεθεί με τις εκπομπές CO₂ ενός σχολείου έτσι ώστε να προκύψει ένας ενιαίος δείκτης αειφορίας.

7.1.2. Ευρωπαϊκό πλαίσιο

Η νομοθεσία, που αφορά στο ζήτημα της ενεργειακής χρήσης στην Ελλάδα, και οι επακόλουθες τάσεις, που αναπτύσσονται , οδηγούνται από το σχετικό Ευρωπαϊκό πλαίσιο. Έχει τεθεί ως στόχος από την Ε.Ε. κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από τις ΑΠΕ σε ποσοστό 12% μέχρι το 2010. στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2001/77 η Ελλάδα πρέπει να επιτύχει συμβολή των ΑΠΕ σε ποσοστό 20.1% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγή μέχρι το 2010 [46].

- Έχει εκδοθεί η κοινοτική οδηγία 2002/91/EK –Energy Performance Directive (EPD)η οποία στοχεύει [44]:
 - στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων
 - στη σύγκλιση των προτύπων δόμησης των κρατών μελών της Ε.Ε
- και προτείνει ως μέτρα :
- Εφαρμογή των προτύπων ενεργειακής απόδοσης σε υφιστάμενα κτίρια μεγαλύτερα των 1000 m², όταν πραγματοποιούνται μεγάλες επεμβάσεις ανακαίνισης (25%)
 - Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης για νέα και υφιστάμενα κτίρια, τα οποία θα είναι υποχρεωτικά σε όλες τις διαδικασίες (κατασκευής, πώλησης, ενοικίασης). το πιστοποιητικό θα πρέπει να
 - α) μην υπερβαίνει την 10ετία
 - β) περιλαμβάνει οδηγίες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
 - γ) περιλαμβάνει συνιστώμενες ή τρέχουσες θερμοκρασιακές συνθήκες

Πίνακας 24. Πρωτογενής παραγωγή από ΑΠΕ στην Ελλάδα [πηγή ΚΑΠΕ, www.cres.gr]

1000 TWh														
ΑΠΕ-Τεχνολογία	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Υδροηλεκτρική Ενέργεια	172	273	206	219	245	325	388	353	333	416	354	235	298	459
εκ των οποίων αντλητικά συστήματα	20	6	16	22	21	22	13	18	13	20	36	54	57	49
ΥΗ < 1 MW*	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	3	5	7
ΥΗ 1-10 MW*	5	6	4	7	8	8	10	12	12	14	12	8	8	15
ΥΗ 10+MW*	147	260	185	189	215	295	363	321	307	381	304	169	228	389
Βιομάζα	893	897	899	899	894	897	908	911	907	911	945	938	948	910
στον Οικιακό τομέα	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702
στη Βιομηχανία κτλ	191	195	196	197	191	195	206	209	205	209	243	236	246	207
Αιολική Ενέργεια	0	0	1	4	3	3	3	3	6	14	39	65	56	88
Φωτοβολταϊκά	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Ηλιακή Ενέργεια	56	63	70	75	79	82	86	89	93	97	99	100	102	105
Βιοαέριο	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33	48	36
Γεωθερμία	3	3	3	3	4	3	3	2	3	2	2	2	1	1
Σύνολο	1125	1236	1178	1201	1225	1311	1388	1359	1342	1440	1439	1373	1453	1598
Σύνολο χωρίς αντλητικά	1105	1230	1162	1178	1204	1290	1375	1340	1329	1420	1403	1319	1396	1550

* δεν περιλαμβάνονται τα αντλητικά

* δεν περιλαμβάνονται τα αντλητικά

7.1.3. Κρατούσα Κατάσταση στην Ελλάδα

7.1.3.1. Γενική Εικόνα

Αναφορικά με την ενεργειακή χρήση του κτιριακού τομέα στη χώρα μας μπορούμε γενικώς να πούμε τα εξής:

- Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της ενεργειακής κατανάλωσης με διαρκώς αυξανόμενη τάση, προκαλώντας άνω του 45% των συνολικών εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα [44].
- Ενώ υπάρχει ανά τον κόσμο μία τάση αλλαγής των όρων ενεργειακής χρήσης με αναγκαίες αλλαγές και ρυθμίσεις στην Ελλάδα, σε πρακτικό επίπεδο, ο ενεργειακός σχεδιασμός είναι ταυτόσημος με τη μελέτη και την εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης με αυτονομία και κλιματιστικών [44].

7.1.3.2. Σχετική Νομοθεσία [44]

Για την προσαρμογή στο τιθέμενο Ευρωπαϊκό πλαίσιο η σχετική Ελληνική νομοθεσία περιλαμβάνει:

- Σε εφαρμογή της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 21475/4707/98(ΦΕΚ 880/Β/19-9-98) σχετικά με τον «Περιορισμό των εκπομπών CO₂ με καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων»
 - Θέσπιση νέου Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) με το άρθρο 4 αυτής της Κ.Υ.Α .
 - Έκδοση του νέου ΚΟΧΕΕ σύμφωνα με το άρθρο 26 του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού, προς αντικατάσταση του σημερινού Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ).
- Τροποποίηση του ΓΟΚ με τον νόμο 2831 « Τροποποίηση των διατάξεων του ν.1577/1985 Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός» (ΦΕΚ 140/13-06-2000), ιδιαίτερα σημαντική για την κατασκευή βιοκλιματικών κτιρίων και την προσάρτηση παθητικών και άλλων ενεργειακών συστημάτων.
- Το σχέδιο ΚΟΧΕΕ που έχει ήδη κατατεθεί βασίζεται σε
 - ιδιότητες και ενεργειακή απόδοση των υλικών κατασκευής
 - όρια ενεργειακής κατανάλωσης ανά τύπο κτιρίου και κλιματική ζώνη
 - μεθόδους υπολογισμού (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού) κάνοντας εφικτή την εφαρμογή βιοκλιματικών αρχών σχεδιασμού και αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών στις Η/Μ εγκαταστάσεις.
 - ενεργειακή πιστοποίηση και κατάταξη κτιρίων

7.1.3.3. Οικονομικά κίνητρα προώθησης Ενεργειακής Αποδοτικότητας ^[44]

Το Επιχειρησιακό πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας (Ε.Π.Α.Ν. 3^οΚ.Π.Σ.) χρηματοδοτεί κυρίως κτίρια του τριτογενή τομέα και οικισμούς ή συγκροτήματα κατοικιών συνολικής επιφάνειας άνω των 1000 m², σε ποσοστό που κυμαίνεται στο 40% και αφορά σε επιλέξιμο κόστος ενεργειακών τεχνολογιών (παθητικά συστήματα ή τεχνολογίες ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας.)

7.1.3.4. Προβλήματα εφαρμογής Ενεργειακού Σχεδιασμού κτιρίων στην Ελλάδα ^[44]

Τα βασικότερα προβλήματα για την εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων στην Ελλάδα είναι :

- Ο ισχύων Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων.
- Καθυστέρηση έκδοσης του ΚΟΧΕΕ.
- Κόστος εισαγομένων υλικών και ενεργειακών συστημάτων

- Αξιοπιστία Ελληνικών δομικών προϊόντων και ανεπάρκεια πιστοποίησης
- Αξιοπιστία Ελλήνων μελετητών σε θέματα ενεργειακού σχεδιασμού.
- Ανεπάρκεια θεσμικού πλαισίου ενεργειακών υπηρεσιών
- Ανεπάρκεια οικονομικών κινήτρων εφαρμογής ΑΠΕ.
- Ενημέρωση πολιτών και αποδοχή από τους τελικούς χρήστες

7.1.3.5 Προοπτικές ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων ^[44]

Οι παράγοντες, οι οποίοι οδηγούν τις εξελίξεις στον τομέα της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι:

- Σχετικά μικρή αγορά ενεργειακών συστημάτων.
- Μεγάλη ποικιλία ενεργειακών τεχνολογιών και δομικών συστημάτων στη διεθνή αγορά, όμως πιθανή χρήση τους αυξάνει το κόστος.
- Περιορισμένη τεχνογνωσία.
- Περιορισμένη ενημέρωση ιδιωτών και επενδυτών που σε συνδυασμό με την περιορισμένη τεχνογνωσία αυξάνει το κόστος και τις ενεργειακές απαιτήσεις
- Μεγάλα περιθώρια βελτίωσης της αποδοτικότητας του σχεδιασμού κτιρίων (μείωση ενεργειακών αναγκών χωρίς απαραίτητα αύξηση κατασκευαστικού κόστους)
- Χρήση νέων τεχνολογιών και υλικών στο κέλυφος με βελτιωμένες αποδόσεις και πολλαπλά οφέλη (θερμικά, οπτικά, ακουστικά).
- Μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών αντικατάστασης των συμβατικών επικουρικών συστημάτων
- Δυνατότητα συνεργασίας μηχανικών διαφόρων ειδικοτήτων με καινοτόμα αποτελέσματα.
- Χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων για προσομοίωση ανάλυση και ολιστική διαχείριση των επί μέρους ενεργειακών συνιστωσών ενός κτιρίου.

7.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και η μόλυνση του περιβάλλοντος έχουν κάνει επιτακτική την ανάγκη για τη χρήση μορφών ενέργειας με διαχρονική ανανέωση και διαθεσιμότητα, χωρίς όρια αποθεμάτων άμεσα συνδεδεμένες με την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη και τα φυσικά φαινόμενα. Οι τεχνολογίες αυτές είναι γνωστές ως Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας και αποτελούν εναλλακτικές λύσεις για την παραγωγή ενέργειας.

Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι [⁵¹] :

- Συμβάλουν στη λύση του ενεργειακού προβλήματος,
- Δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον
- Εξοικονομείται συνάλλαγμα
- Αυτονομία

Τα προβλήματα που αφορούν στην εφαρμογή τους είναι τα εξής [⁵¹]:

- Υψηλό κόστος. Εάν βέβαια συμπεριληφθεί και κάποιο έμμεσο κόστος, όπως το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος στην υγεία το κόστος τους γίνεται όλο και περισσότερο ανταγωνιστικό .
- Εξάρτηση από φυσικά φαινόμενα,
- Μικρές αποδόσεις. Με τη συνεχή όμως έρευνα τα συστήματα αυτά γίνονται αποδοτικότερα.
- Διοικητικά εμπόδια από το κράτος,
- Έλλειψη εργαλείων σχεδιασμού, κατάλληλων υλικών και προτύπων και αξιόπιστων τελικών προϊόντων για μηχανικούς ερευνητές κατασκευαστές

7.2.1. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα ^[6,8]

Ένα Παθητικό Ηλιακό Σύστημα , μέσω του τρόπου και των υλικών κατασκευής του, χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία, για να μειωθούν οι απαιτήσεις προσθήκης ενέργειας στο κτίριο. Τα προκύπτοντα ηλιακά κέρδη αντικαθιστούν την ενέργεια θέρμανσης και φωτισμού. Μπορούν να μεγιστοποιηθούν μέσω του προσανατολισμού, της εσωτερικής διαρρύθμισης, της θέσης και της έκτασης των παραθύρων στα νέα σχέδια.

Βέβαια ο επιτυχής σχεδιασμός απαιτεί ολιστική προσέγγιση και τα παθητικά ηλιακά στοιχεία, που ενσωματώνονται απλώς σε ένα σχέδιο δεν θα αποδώσουν τα επιθυμητά αποτελέσματα και πιθανόν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στους χρήστες του κτιρίου. ^[6]

Ένας επιτυχημένος παθητικός ηλιακός σχεδιασμός καλύπτει δυο λειτουργικές απαιτήσεις:

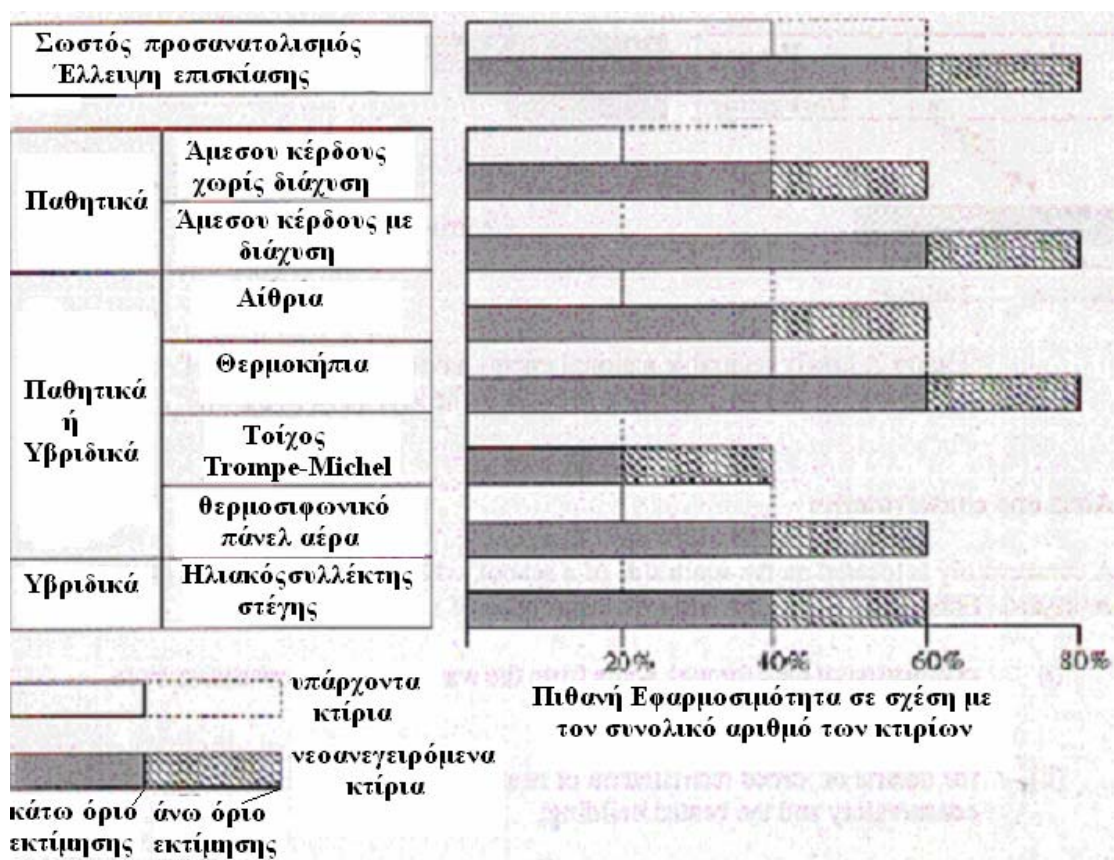
- Μείωση του ενεργειακού φορτίου (π.χ. για θέρμανση, αερισμό, φωτισμό) και κατ'ακολουθία των λειτουργικών εξόδων των κτιρίων.
- Εξασφάλιση ενός ευχάριστου εσωτερικού περιβάλλοντος και πιθανώς πρόσθετου χρηστικού χώρου.

Ωστόσο η στόχευση των παραπάνω, εισάγει επιπρόσθετους περιορισμούς στον προσανατολισμό, στο σχεδιασμό των παραθύρων, στη μορφή του κτιρίου και στο εσωτερικό σχέδιο. Η πιθανή δυνατότητα εφαρμογής του παθητικού ηλιακού σχεδιασμού σε ένα ευρύ φάσμα μη οικιακών κτιρίων στο Ηνωμένο Βασίλειο διερευνήθηκε το 1983 (Duncan, I. P. and Hawkes, D. U, 1983). Τα αποτελέσματα σχετικά με νέα ή ήδη υπάρχοντα σχολικά κτίρια απεικονίζονται στο σχήμα 57.

Σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο με τη βοήθεια του **DfEE (Department for Education and Employment)** ^[6]

- τα σχολεία με παθητικά ηλιακά στοιχεία δεν απαιτούν μεγαλύτερο κόστος από τα συνήθη κτίρια.
- ένα καλό παθητικό σχολείο εξοικονομεί το λιγότερο 10% ενέργεια.

Τα παθητικά ηλιακά στοιχεία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε **άμεσα** ή **έμμεσα**. Συστήματα που παρέχουν έμμεσα κέρδη μπορούν είτε να είναι ενσωματωμένα στις θερμαινόμενες αίθουσες, είτε να είναι απομονωμένα από αυτές. Τα τελευταία αποκαλούνται **απομονωμένα** συστήματα κέρδους. Ένας τρόπος απόζευξης των στοιχείων συλλογής ηλιακής ενέργειας από τις αίθουσες είναι να μεταβιβάζεται ενέργεια από αυτά μέσω ενός ανεμιστήρα, μόνο όταν απαιτείται. Με την εισαγωγή μιας τέτοιας μηχανικής συσκευής και των συνοδευτικών αισθητήρων και ελεγκτών, η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας δεν είναι "παθητική" με την αυστηρή έννοια του όρου και τα συστήματα αυτού του είδους αποκαλούνται **υβριδικά**.



Σχήμα 59. Η δυνατότητα εφαρμογής των Παθητικών Ηλιακών Στοιχείων στα Σχολικά κτίρια του Ηνωμένου Βασιλείου.[⁸]

7.2.1.1. Συστήματα Άμεσου κέρδους ^[8,42]

Ως άμεσο κέρδος ορίζεται η ανεμπόδιστη είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια αίθουσα.

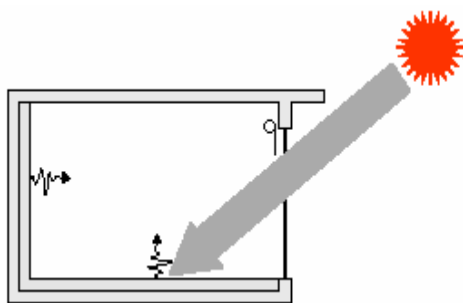
Χρησιμοποιούν τα ηλιακά κέρδη για την απευθείας θέρμανση των χώρων, ενώ μέρος της ηλιακής ενέργειας αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου και αποδίδεται με χρονική υστέρηση.

Τα μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να υπερκερασθούν από τους σχεδιαστές συστημάτων άμεσου κέρδους είναι

- άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία
- φθορά στα υφάσματα και στα φινιρίσματα από την έκθεση στην υπεριώδη ζώνη του ηλιακού φάσματος
- καλοκαιρινή υπερθέρμανση

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι :

- άμεσου κέρδους χωρίς διάχυση
- άμεσου κέρδους με διάχυση



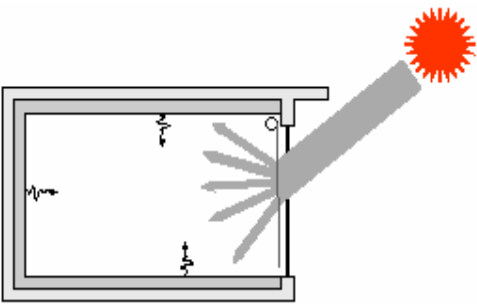
Σχήμα 60. Σχηματική απεικόνιση χώρου άμεσου κέρδους χωρίς διάχυση ^[8]

Άμεσου κέρδους χωρίς διάχυση

Επιτρέπουν την είσοδο του μεγαλύτερου τμήματος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με μια σχετικά μεγάλη έκταση υαλοστασίου νότιου προσανατολισμού ($\pm 30^\circ$).

Κατά τη θερινή περίοδο απαιτείται σκιασμός των ανοιγμάτων.

Κατά τη χειμερινή περίοδο τη νύκτα απαιτείται προστασία με κινητά θερμομονωτικά πετάσματα των φωτοδιαπερατών επιφανειών προς αποφυγή θερμικών απωλειών.

 Σχήμα 61. Σχηματική απεικόνιση χώρου άμεσου κέρδους με διάχυση [⁸]	<u>Άμεσου κέρδους με διάχυση</u> Χρησιμοποιούν εσωτερικές συσκευές σκίασης ή υαλοπίνακες διάχυσης για μείωση της θάμβωσης και μετριασμό των υπερθερμάνσεων του καλοκαιριού. Ανακλαστήρες μπορούν να αναπτυχθούν, για να κατευθύνουν το φως βαθύτερα μέσα στο χώρο, έτσι ώστε να αποτρέπεται η θάμβωση αλλά να τροφοδοτείται ο χώρος με φυσικό φωτισμό.
---	---

Η θερμική μάζα είναι ένα ουσιαστικό συστατικό ενός συστήματος άμεσου κέρδους. Βελτιώνει τα άμεσα αποτελέσματα του ηλιακού κέρδους και παρέχει σταθερές θερμοκρασίες στις αίθουσες. Τρεις κατηγορίες θερμικής μάζας μπορούν να ταυτοποιηθούν στα συστήματα άμεσου κέρδους :

- **Πρωτογενής μάζα:** όπου πέφτει άμεσα η ηλιακή ακτινοβολία
- **Δευτερογενής μάζα :** δέχεται διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή και μεγάλου μήκους κύματος θερμική ακτινοβολία από επιφάνειες πρωτογενούς μάζας
- **Τριτογενής μάζα :** εντοπίζεται σε περιοχές, που δεν δέχονται άμεσα ηλιακά κέρδη. Η θέρμανσή τους γίνεται από δια μεταφοράς ηλιακά θερμαινόμενου αέρα.

7.2.1.2. Συστήματα Έμμεσου Κέρδους - Ενσωματωμένα [^{8,42}]

Περίπτωση στοιχείου έμμεσου κέρδους υπάρχει, όταν ηλιακά κέρδη λαμβάνουν χώρα σε μη χρησιμοποιήσιμους χώρους και η θερμότητα μεταδίδεται στη συνέχεια στον ενδεικνυόμενο χώρο. Τα ενσωματωμένα συστήματα έμμεσου κέρδους που περιγράφονται στην ενότητα αυτή είναι

- α)ο ηλιακός τοίχος και
- β)ο τοίχος με δυναμική θερμομόνωση.

7.2.1.2.1. Ηλιακός Τοίχος

Αποτελείται από:

- γυάλινη συλλεκτική επιφάνεια
- τοίχο από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας, με εξωτερική επιφάνεια μεγάλης απορροφητικότητας.
- Διάστημα 5-15 cm μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου.

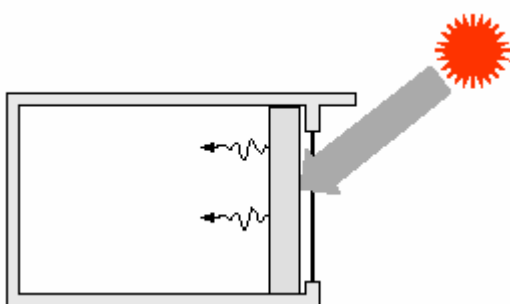
Διακρίνεται ανάλογα με τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής σε :

- Ηλιακό τοίχο συμπαγούς μάζας
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (Τοίχος Trompe- Michel)
- Ηλιακό τοίχο νερού

Απαιτούνται για λόγους αποτελεσματικής λειτουργίας

- νότιος προσανατολισμός (απόκλιση ως $\pm 30^\circ$)
- ανοίγματα στη συλλεκτική επιφάνεια.

Οι ηλιακοί τοίχοι είναι ιδανικοί, για να παρέχουν θέρμανση τις πρώτες νυχτερινές ώρες μετά μια ζεστή ηλιόλουστη μέρα. Τέτοιες συνθήκες παρατηρούνται συνήθως σε ξηρές και ορεινές περιοχές.



Ο Ηλιακός τοίχος συμπαγούς μάζας

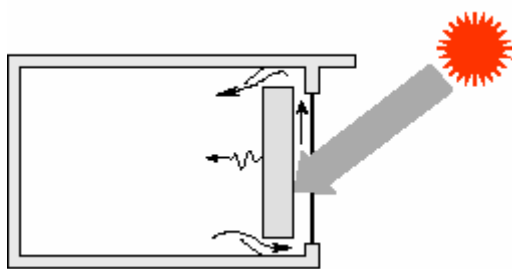
θερμαίνεται υπο την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, και επανακτινοβολεί την αποθηκευμένη θερμότητα μέσα στο χώρο αργότερα .

Υπάρχουν προβλήματα με τη χρονική καθυστέρηση και τον έλεγχο της

Σχήμα 62. Τοίχος συμπαγούς μάζας αποθηκευμένης θερμότητας.

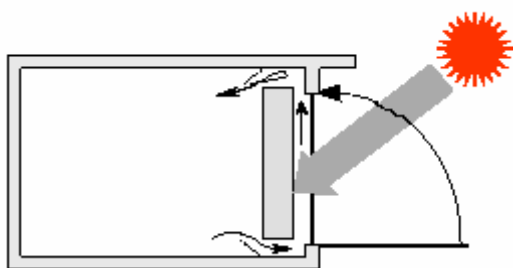
έμμεσου ηλιακού κέρδους [⁸]

Το χειμώνα ειδικά σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες συνιστάται χρήση διπλών υαλοπινάκων



Σχήμα 63. Τοίχος θερμοσιφωνικής ροής (Trompe- Michel) [8]

Ο Ηλιακός τοίχος θερμοσιφωνικής ροής (Τοίχος Trompe- Michel): είναι ένας τοίχος συμπαγούς μάζας με πρόσθετες θυρίδες για να εκμεταλλεύεται το θερμαινόμενο αέρα, που βρίσκεται μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου. Παρουσιάζει ελαφρά ταχύτερη ανταπόκριση, αλλά παραμένουν κάποια προβλήματα με ανεπιθύμητη θερμική ακτινοβολία από τη θερμική μάζα.



Σχήμα 64. Τοίχος Trompe- Michel με κινητά εξωτερικά πετάσματα [8]

Θερμική προστασία

Κατά τη διάρκεια του θέρους συνιστάται ηλιοπροστασία της συλλεκτικής επιφάνειας.

Μπορεί να γίνει χρήση κινητών πετασμάτων μόνωσης του τοίχου, ώστε να εξαλειφθεί το πρόβλημα της ανεπιθύμητης θερμικής ακτινοβολίας.

Ακόμη το χειμώνα κατά τη διάρκεια της νύκτας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κινητά εσωτερικά θερμομονωτικά πετάσματα για αποφυγή θερμικών απωλειών.

7.2.1.2.2. Τοίχος με Δυναμική Θερμομόνωση [12,42]

Ο όρος Δυναμική Θερμομόνωση περιγράφει μια τεχνική μεταβολής των θερμικών απωλειών ενός τοιχώματος, μέσω εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα μέσα από το τοίχωμα. Ο αέρας διασχίζει ένα ενδιάμεσο κενό με ροή συνήθως παράλληλη προς την επιφάνεια της όψης, μετατρέποντας το τοίχωμα σε εναλλάκτη θερμότητας.

Η κατηγοριοποίηση των διάφορων τύπων Δυναμικής Θερμομόνωσης γίνεται με βάση:

- Τη φύση του ρευστού.
- Τον τρόπο κυκλοφορίας του ρευστού (φυσικό ή μηχανικό)
- Τη σχέση του ρευστού με το τοίχωμα (εξωτερικό που απλώς διασχίζει το τοίχωμα ή εσωτερικό που κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα εντός του τοιχώματος).

- Την διεύθυνση κίνησης του ρευστού (παράλληλα ή κάθετα στις επιφάνειες του τοιχώματος)
- Τη φύση του μέσου που διασχίζεται από το ρευστό (ενδιάμεσο κενό, αγωγοί, πορώδες υλικό).

Τύποι τοιχωμάτων με δυναμική θερμομόνωση

- Τοιχώματα με ενδιάμεσο κενό, που διασχίζεται από τον αέρα παράλληλα με την επιφάνεια των όψεων .
- Τοιχώματα στα οποία ο αέρας διασχίζει ένα ενδιάμεσο πορώδες υλικό αλλά σε κλειστό κύκλωμα.

7.2.1.3. Συστήματα Έμμεσου Κέρδους -Απομονωμένα [^{8,42}]

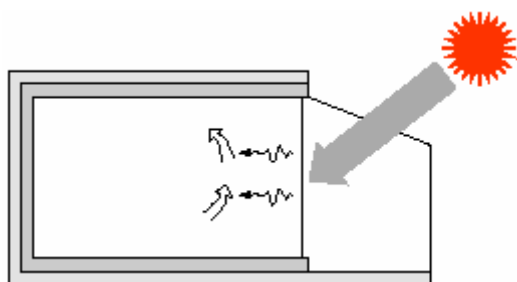
Τα στοιχεία απομονωμένου κέρδους είναι αποσυζευγμένα θερμικά από το κτίριο με την παρεμβολή ενός μονωτικού τοίχου. Τα βασικά πλεονεκτήματα ενός καλά σχεδιασμένου συστήματος απομονωμένου κέρδους, είναι ένα πιο ελέγξιμο θερμικό κέρδος, συνδυασμένο με την αποφυγή καλοκαιρινής υπερθέρμανσης. Διαφορετικά συστήματα διανέμουν θερμότητα με διαφορετική χρονική καθυστέρηση μετά το αρχικό ηλιακό θερμικό κέρδος. Η ενσωμάτωση ενός προσαρτημένου νότιου προσανατολισμού ηλιακού συλλέκτη αέρος ή θερμοκηπίου θα μπορούσε να δώσει ένα τέτοιο σχήμα, όπως επίσης και ένα θερμοσιφωνικό πάνελ.

7.2.1.3.1. Προσαρτημένο θερμοκήπιο [⁸].

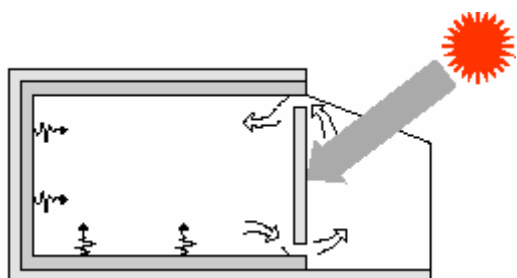
Η επιλογή των διαστάσεων του θερμοκηπίου συναρτάται με το μέγεθος του εσωτερικού χώρου που θερμαίνει. Μια προσεγγιστική σχέση είναι 0.45 m^2 υαλοστασίου ανά m^2 εσωτερικού χώρου [⁴²].

Οι τρόποι λειτουργίας ενός τέτοιου θερμοκηπίου μπορεί να περιλαμβάνουν έναν ή και όλους τους μηχανισμούς που παρατίθενται στη συνέχεια:

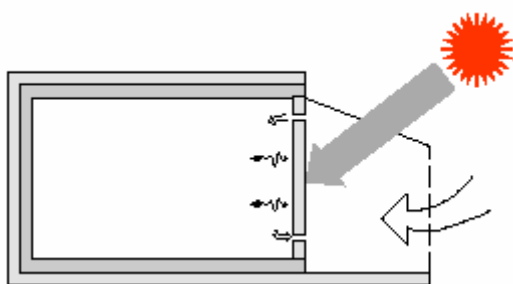
- Άμεσο Κέρδος / Αγωγή μέσω ενός διαχωριστικού τοίχου. (σχήμα 63α)
- Φυσική ή εξαναγκασμένη κυκλοφορία του θερμού αέρα από τον ηλιακό συλλέκτη στον κατοικήσιμο χώρο (σχήμα 63β).



α



β



γ

Σχήμα 65. Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους (προσαρτημένο θερμοκήπιο) [8]

- Χρήση του ως πηγής προθερμασμένου αέρα, ο οποίος διέρχεται από τον ηλιακό συλλέκτη, πριν εισέλθει στον κατοικημένο χώρο(σχήμα 63 γ)
- Διοχέτευση του θερμού αέρα σε ειδικά κατασκευασμένο χώρο αποθήκευσης θερμότητας για ετεροχρονισμένη χρήση. Η «δεξαμενή» αυτή αποθήκευσης θερμότητας αποτελείται από υλικά (νερό, κροκάλες σκύρα) μεγάλης θερμοχωρητικότητας.

Η πιο γνωστή μέθοδος αποθήκευσης αισθητής θερμότητας είναι η δημιουργία υποδαπέδιας δεξαμενής θερμότητας (rock bed). Πρόκειται για μια στρώση λίθων (κροκαλών ή σκύρων διαμέτρου 7-17cm για να υπάρχουν ενδιάμεσα κενά) κάτω από το δάπεδο του ισογείου.

Ο θερμός αέρας του θερμοκηπίου διοχετεύεται στο χώρο αυτό με τη βοήθεια ανεμιστήρα, αποδίδει μέρος της θερμότητας του και επιστρέφει στο θερμοκήπιο.

Το υπερκείμενο δάπεδο μπορεί να παραμείνει θερμό μέσω αυτής της διαδικασίας επί δύο 24ωρα χωρίς ηλιοφάνεια.

Για τα ελληνικά δεδομένα προς αποφυγή καλοκαιρινής υπερθέρμανσης απαιτείται :

Αποκοπή του θερμοκηπίου από το περίβλημα του κτιρίου, με κατασκευή ανοιγόμενου φεγγίτη πλάτους τουλάχιστον 40 cm, ενώ το υπόλοιπο υαλοστάσιο πρέπει να είναι ανοιγόμενο σε ποσοστό τουλάχιστον 50% [42]

7.2.1.3.2. Αίθριο ^[42,6]

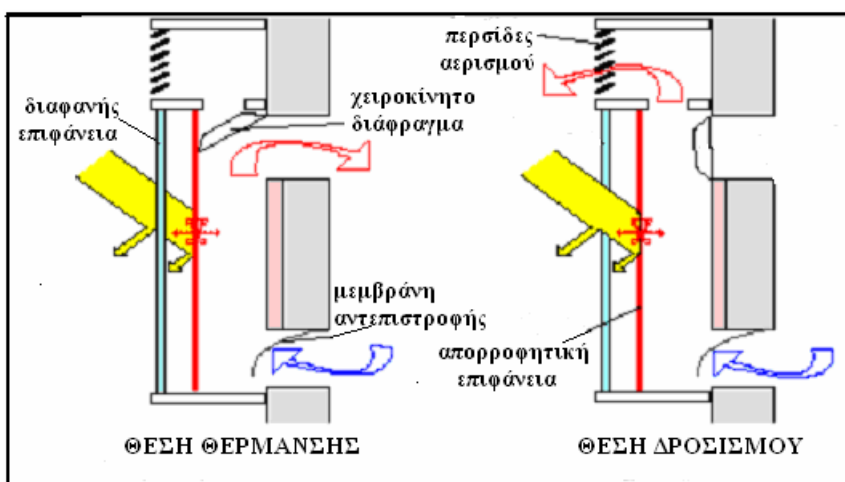
Τμήμα της ηλιακής ενέργειας που εισέρχεται στο αίθριο, μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ενώ ένα άλλο τμήμα αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο λειτουργεί σαν χώρος θερμικής ανάσχεσης ενώ το καλοκαίρι απαιτείται αερισμός και σκιασμός του αιθρίου.

Σύμφωνα με έρευνα στην Ν.Α περιοχή του Η.Β [6], μη θερμαινόμενο αίθριο πληρούσε τις απαιτήσεις άνεσης κατά τη διάρκεια του χρόνου χρήσης του σε μια δροσερή Δεκεμβριανή ημέρα με μερική ηλιοφάνεια, όμως δεν θα μπορούσε, να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς κάποιες χειμωνιάτικες ημέρες (συνολικά περί τον ένα μήνα) .

Επιπλέον τα συμπεράσματα των προσομοιώσεων (για το κλίμα του Η.Β) ήταν:

- Ο προσανατολισμός του άξονα ενός κτιρίου με κεντρικό αίθριο έχει μικρή επίδραση στη χρήση της ενέργειας.
- Το πλάτος ενός ισογείου αιθρίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 7 μέτρα. Αυτό για να αποτραπεί υπερθέρμανση το καλοκαίρι καθώς και αυξημένες θερμικές απώλειες τον χειμώνα.
- Για την αποφυγή καλοκαιρινής υπερθέρμανσης , που μπορεί να αποβεί σημαντικό πρόβλημα σε αίθρια και θερμοκήπια, θα πρέπει περίπου το 20% της επιφάνειας της οροφής τους να μπορεί να ανοιχθεί.
- Προεξοχές μεγαλύτερες των 300mm πάνω από τα παράθυρα λίγο εξυπηρετούν τους σκοπούς του σκιασμού και του βελτιωμένου φωτισμού.

7.2.1.3.3. Θερμοσιφωνικά πάνελα (Thermosiphoning Air Panel) ^[8,42]



Σχήμα 66. Θερμοσιφωνικό πάνελ αέρος ^[8]

Περιγραφή: Είναι συλλέκτες απομονωμένου κέρδους, παρόμοιας λειτουργίας με τους ηλιακούς τοίχους Trompe- Michel. Η απορροφητική επιφάνεια είναι κατασκευασμένη από μέταλλο, συνήθως αλουμίνιο, ή ατσάλι, και η μονάδα είναι μονωμένη για να αποτραπεί απώλειες θερμικής ενέργειας προς ή από το κτίριο. Για τον έλεγχο της ροής θερμότητας το μόνο που απαιτείται, είναι απλά να κλείσει μια είσοδος ή μια θυρίδα, οπότε σταματά η θερμοσιφωνική διαδικασία. Ο αέρας περνάει πίσω από την απορροφητική επιφάνεια στα περισσότερα εγκατεστημένα συστήματα. Σε τέτοιους σχεδιασμούς το μετακινούμενο ρεύμα αέρα απομονώνεται από το υαλοστάσιο μέσω του απορροφητή. Το στρώμα του αέρα, που εμπεριέχεται μεταξύ της εμπρόσθιας όψης της απορροφητικής πλάκας και του υαλοστασίου, εξασφαλίζει μόνωση, ενώ η εσωτερική επιφάνεια του υαλοστασίου διατηρείται καθαρή από σκόνη.

Κατά τη χειμερινή περίοδο η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδας στο άνω τμήμα του πάνελ, ενώ θυρίδες στο κάτω τμήμα επιτρέπουν την είσοδο αέρα από το χώρο.

Κατά τη θερινή περίοδο αντιστρέφεται η διαδικασία καθώς ανοίγει μια θυρίδα στο επάνω μέρος του υαλοστασίου διευκολύνοντας την έξοδο θερμού αέρα και επιτυγχάνεται δροσισμός του κτιρίου.

Πλεονεκτήματα : Αντιπαρέρχονται κάποια από τα μειονεκτήματα των συλλεκτών έμμεσου κέρδους σχετικά με τη διανομή της αποθηκευμένης θερμότητας και στηρίζονται συνολικά σε εκ μεταφοράς θερμικό κέρδος (Morse, E.S 1981 & 1984).

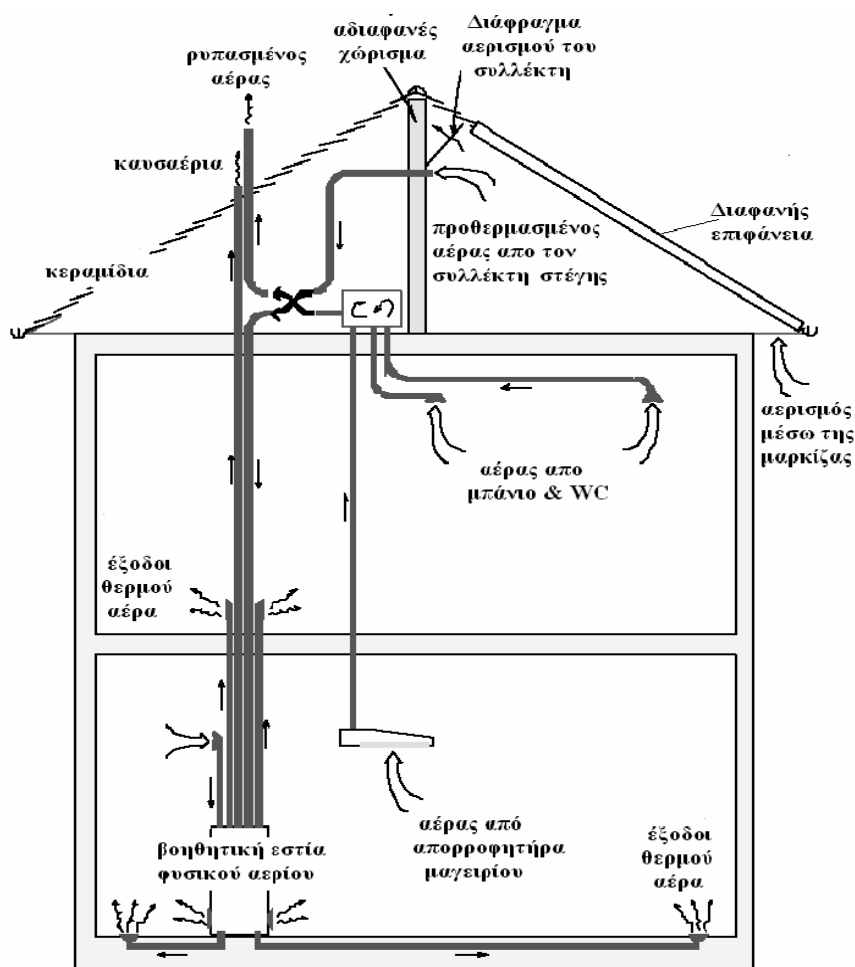
Η εισροή θερμότητας είναι σχεδόν άμεση, ενώ οι θερμικές απώλειες στις μη κερδοφόρες περιόδους, όταν ο συλλέκτης απομονώνεται από το θερμαινόμενο χώρο, είναι χαμηλές.

Εφαρμογή: Ενδείκνυνται για παροχή ημερήσιας θέρμανσης σε δροσερά ή και κρύα κλίματα. Στο δημοτικό σχολείο του Nazeing County (Μ.Βρετανία), εφαρμόστηκε το σύστημα αυτό, σε συνολική επιφάνεια 106 m^2 , ως επένδυση του τοίχου στα πλαίσια της ανακαίνισης του κτιρίου. Οι ετήσιες συμμετοχές στην κάλυψη του θερμικού φορτίου ήταν 1970 kwh για τα 23 m^2 του νότια προσανατολισμένου, και 498 kwh για τα $27,3 \text{ m}^2$ του ανατολικά προσανατολισμένου τμήματος του συστήματος (S.N.G. Lo et al., 1994).

7.2.1.3.4. Υβριδικά Συστήματα- Ηλιακός Συλλέκτης Στέγης ^[8]

Πολλά από τα παθητικά ηλιακά στοιχεία έχουν υβριδικές παραλλαγές, όπου απλώς ένας ανεμιστήρας εργάζεται, για να αυξήσει την αποδοτικότητα του συστήματος. Υπάρχουν και πιο πολύπλοκα υβριδικά συστήματα, όπως οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας στέγης (Roof Space Collectors), που συνδυάζουν παθητική ηλιακή συλλογή με ενεργητική διανομή.

Ηλιακός Συλλέκτης Στέγης ^[8]



Σχήμα 67. Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας ενός τυπικού ηλιακού συλλέκτη στέγης ^[8].

Περιγραφή: Ένας ηλιακός συλλέκτης στέγης, όπως φαίνεται στο σχήμα --, είναι ουσιαστικά μια κούφια στέγη, η οποία καλύπτεται εξ ολοκλήρου ή τμηματικά από διαφανή επιφάνεια στην νότια της όψη. Ο αέρας θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη οροφής και μεταφέρεται με τη βοήθεια αυτόματα ελεγχόμενου ανεμιστήρα είτε απευθείας σε μια αίθουσα είτε σε ένα ευρύτερο σύστημα θέρμανσης αέρα.

Ο συλλέκτης οροφής ανατροφοδοτείται με αέρα προερχόμενο είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, είτε από το εξωτερικό περιβάλλον. Όταν ο αέρας στο συλλέκτη οροφής είναι σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το επίπεδο ρύθμισης του θερμοστάτη εσωτερικού χώρου, το ρεύμα του αέρα από τον συλλέκτη οροφής λειτουργεί σαν προθερμαινόμενη τροφοδότηση στο βοηθητικό σύστημα θέρμανσης. Η θερμότητα αποθηκεύεται, σε κάποιο βαθμό μέσα στα δομικά στοιχεία του συλλέκτη οροφής. Το καλοκαίρι χρησιμοποιείται αερισμός για την αποφυγή υπερθέρμανσης.

Κόστος: Ένας συλλέκτης οροφής μπορεί να έχει χαμηλό αρχικό κόστος καθώς η φυσική του δομή δεν διαφέρει πολύ από μια συμβατική οροφή. Επιπλέον η μείωση στο επιπρόσθετο κόστος μπορεί να διευρυνθεί από την χρήση συσκευών

(π.χ. ανεμιστήρες και ελεγκτές), τα οποία θα υπάρχουν ήδη σε ένα βοηθητικό σύστημα θέρμανσης με αέρα.

Πλεονεκτήματα:

- Καλύτερη αποδοτικότητα από ένα θερμοκήπιο μέσω βέλτιστου σχεδιασμού θερμικής συλλογής και επίτευξης υψηλών θερμοκρασιών.
- Απαιτούνται λιγότεροι περιορισμοί στην επιλογή της θέσης, για να εξασφαλισθεί η μη σκίαση των ηλιακών συλλεκτών οροφής.
- Σε αστικές περιοχές με υψηλά κτίρια , τα επίπεδα σκιασμού από τα γειτονικά κτίρια, μπορεί να είναι τέτοια, που να καθιστούν τα χρησιμοποιούμενα παθητικά ηλιακά στοιχεία, ειδικά όταν βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους , αναποτελεσματικά.

7.2.1.4. Εφαρμογές Παθητικών Ηλιακών Στοιχείων στην Ελλάδα [23]

Στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 180 εφαρμογές βιοκλιματικών κτιρίων (2002) εκ των οποίων οι δύο αναφέρονται σε οικιστικά σύνολα. Το 74% αφορά στον τομέα της κατοικίας, ενώ μόνο την τελευταία δεκαετία έχει αρχίσει να εφαρμόζεται Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον τριτογενή τομέα.

Η αναλογία των συστημάτων παθητικού ηλιακού σχεδιασμού, που έχουν εφαρμοσθεί είναι:

- απλές τεχνικές για μεγιστοποίηση των νότιων ανοιγμάτων (άμεσου ηλιακού κέρδους) : ποσοστό 81% του συνόλου των κτιρίων (αποκλειστικά στο 11%).
- Ηλιακοί χώροι έμμεσου κέρδους (κυρίως θερμοκήπια): 42%
- Ηλιακοί τοίχοι (Trompe, μάζας, νερού)και Θερμοσιφωνικά πάνελ: 27% .

Στην κατηγορία αυτή η αναλογία είναι : Τοίχοι Trompe 68%,
Τοίχοι μάζας 11% , Τοίχοι νερού 4%, Θερμοσιφωνικά πάνελα 17%

- Υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας (rock bed) : σε μία περίπτωση λειτουργεί σε συνδυασμό με Θερμοσιφωνικό πάνελ.

Επιπλέον φυτεμένα δώματα και ελαχιστοποίηση βορινών ανοιγμάτων προσφέρουν πρόσθετη προστασία το χειμώνα, ενώ η ελαχιστοποίηση των δυτικών ανοιγμάτων και ο διαμπερής αερισμός είναι οι κύριες καταγεγραμμένες τεχνικές για το θέρος. Ειδικά συστήματα ηλιοπροστασίας στο 29% των περιπτώσεων και φύτευση του περιβάλλοντος χώρου στο 9%. Τέλος άλλα συστήματα τα εφαρμοσμένα στην Ελλάδα είναι, ηλιακά αίθρια, φεγγίτες οροφής για βελτιωμένο φυσικό φωτισμό και σωλήνες εδάφους για εκμετάλλευση αβαθούς γεωθερμίας.

7.2.1.5. Ενεργειακή απόδοση βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ελλάδα [²³]

Οι ενεργειακές καταναλώσεις θέρμανσης για κτίρια συνεχούς χρήσης είναι :

- Α κλιματική ζώνη : 25-42 kwh / m².
- Β κλιματική ζώνη : 28-55 kwh / m².
- Γ κλιματική ζώνη : 44-90 kwh / m²

Σε σχέση με τα συνήθη συμβατικά κτίρια κατασκευής μετά το 1979 (αρχή εφαρμογής κανονισμού θερμομόνωσης) προκύπτει εξοικονόμηση της τάξης του 30% ενώ συγκριτικά με παλαιότερα κτίρια φθάνει στο 80%.

Σύμφωνα με προσομοιωτική ανάλυση προκύπτει ότι για το επίπεδο των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα

- Τα προσαρτημένα θερμοκήπια αποδίδουν έως 30 %
- Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια άνω του 40% στη Α και Β κλιματική ζώνη, ενώ για τη Γ κλιματική ζώνη το ποσοστό προσεγγίζει το 12%.

7.2.2. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα ^[15,11]

Περιγραφή

Μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, το είδος του συλλέκτη, την εφαρμογή για την οποία προορίζονται το μέγεθός τους και την απόδοσή τους.

Υπάρχουν συστήματα

α) Φυσικής κυκλοφορίας

Διακρίνονται σε

- Συμπαγείς θερμαντήρες: αποτελούνται από μια ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε μονωμένο περίβλημα με τη φωτοδιαπερατή πλευρά να βλέπει προς τον ήλιο.
- Θερμοσιφωνικά : στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του νερού . Όπως θερμαίνεται το νερό διαστέλλεται και ανέρχεται προς τη δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία στο σύστημα .

β)Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας : χρησιμοποιούν αντλίες βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή το ρευστό που χρησιμοποιείται για μετάδοση της θερμότητας. Υπάρχουν δύο τύποι

- Ανοικτού βρόχου: θερμαίνουν νερό απευθείας στους ηλιακούς συλλέκτες. Είναι απλούστερα και φθηνότερα αλλά υπάρχει ο κίνδυνος φθοράς σε περίπτωση παγετού και δεν ενδείκνυνται για κλιματικές ζώνες με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.
- Κλειστού βρόχου: θερμαίνουν ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας (συνήθως μίγμα γλυκόλης και νερού), το οποίο έχει θερμική επαφή με το νερό κατανάλωσης μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Δεν κινδυνεύουν στις χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς χρησιμοποιούν αντιψυκτικό μίγμα.

Αποτελούνται από

- Συλλέκτη ηλιακής ενέργειας
- Εναλλάκτη θερμότητας (στην περίπτωση κλειστού βρόχου).
- Υδρονικό σύστημα διανομής
- Δεξαμενή αποθήκευσης

Εφαρμογές

Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- **Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης**

Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, τα οποία αποτελούνται από ένα κεντρικό σύστημα συλλεκτών και μια κεντρική δεξαμενή, που τροφοδοτεί με ζεστό νερό τους διάφορους χώρους μέσω δικτύου αγωγών. Τέτοιο σύστημα έχει εφαρμοσθεί και στο ηλιακό χωριό στην Πεύκη Αττικής [15].

- **Θέρμανση και δροσισμό χώρων**

Υπάρχουν συστήματα με υγρό ή και αέρα ως εργαζόμενο μέσο. Τα ηλιακά συστήματα αέρος αποτελούνται από συλλέκτες, αεραγωγούς ανεμιστήρες ή αντλίες και συστήματα ελέγχου και μπορούν να θερμάνουν ένα χώρο χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή αποθήκευση. Στα μεγάλα συστήματα αέρος χρησιμοποιείται θερμική αποθήκευση σε υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας.

Το γεγονός της σύμπτωσης της ζήτησης δροσισμού με τη μέγιστη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη του ηλιακού δροσισμού.

- **Αφαλάτωση νερού**

Δεδομένου ότι πολλές άνυδρες περιοχές είναι κοντά στη θάλασσα, με υψηλή συνήθως ηλιοφάνεια, το αφαλατωμένο νερό θα μπορούσε, να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για αγροτική χρήση.

- **Θέρμανση πισίνας**

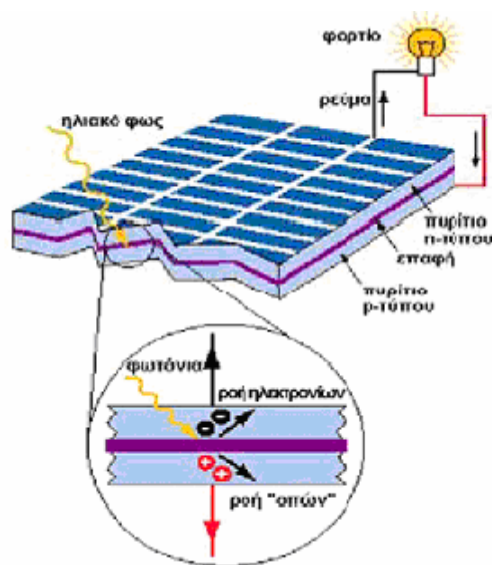
Στην περίπτωση αυτή η ίδια η πισίνα λειτουργεί ως δεξαμενή θερμότητας.

Πλεονεκτήματα

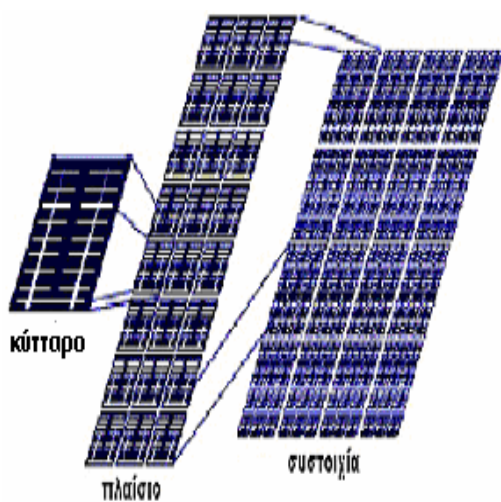
Τα κύρια πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι:

- Δεν απαιτούν καύσιμα
- Φιλικά προς το περιβάλλον
 - Χωρίς καυσαέρια, υγιεινότερα για τους μαθητές και το προσωπικό
 - Χωρίς εκπομπή αερίων θερμοκηπίου κατά τη λειτουργία τους.
- Πολύ καλό εκπαιδευτικό εργαλείο. Το σύστημα αφ' εαυτού αποτελεί εκπαιδευτικό θέμα.

7.2.3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα ^[15, 11, 21]



Σχήμα 68. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε ένα ηλιακό κύτταρο ^[21]



Σχήμα 69. Συστατικά στοιχεία Φ/Β συστήματος ^[21]

Περιγραφή

Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα είναι μηχανισμοί μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ενέργεια με τη μορφή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος.

Όταν προσπέσει ηλιακή ακτινοβολία επί ενός κυττάρου προκαλεί ροή ηλεκτρονίων.

Η ισχύς μιας συσκευής καθορίζεται από:

- τον τύπο και την επιφάνεια του υλικού
- την ένταση του ηλιακού φωτός
- το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός

Ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ορίζεται ως αποδοτικότητα του Φ/Β συστήματος.

Στοιχεία Φ/Β συστήματος

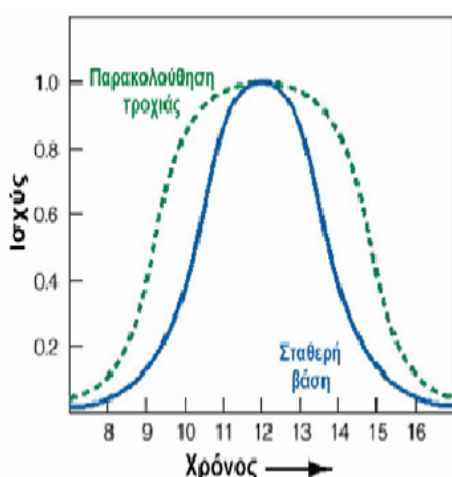
Ηλιακό Κύτταρο :Το στοιχειώδες τμήμα ενός Φ/Β συστήματος, το οποίο συνήθως κατασκευάζεται από επεξεργασμένους ημιαγωγούς πυριτίου.

Ένα τυπικό κύτταρο μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχει βάρος λιγότερο από 10 gr, διαστάσεις περίπου 10cm x 10cm, τάση 0.5 Volt και ένταση 3.5 Amperes.

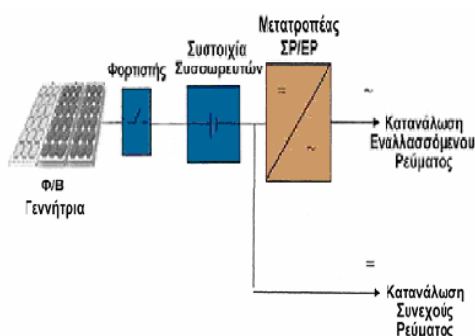
Τα κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα και σε μερικές περιπτώσεις κόβονται (απαίτηση αύξησης τάσης ή αυξημένης πυκνότητας συσκευασίας).

Πλαίσιο : αποτελεί τη μικρότερη αυτοτελή ομάδα σε μια συστοιχία και προκύπτει από την εν σειρά σύνδεση ηλιακών κυττάρων. Ένα τυπικό πλαίσιο αποτελείται από 33-36 κύτταρα (προκύπτει τάση 12volts περίπου).

Συστοιχία : προκύπτει από τη σύνδεση πλαισίων σε σειρά αν απαιτείται υψηλότερη τάση ή παράλληλα αν απαιτείται μεγαλύτερη ένταση.



Σχήμα 70. Παραγόμενη ισχύς από μια συστοιχία με ή χωρίς παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου ^[21]



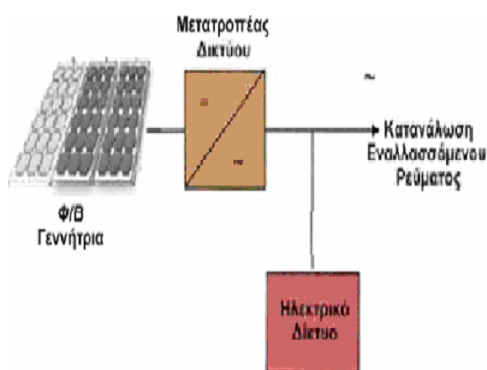
Σχήμα 71. Αυτόνομο Φ/Β σύστημα ^[21]

Προσανατολισμός

Βέλτιστη απόδοση όταν οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν κάθετα στα Φ/Β πλαίσια. Απαιτείται επομένως υπολογισμός της προσφορότερης κλίσης των πλαισίων ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή, που είναι επιθυμητή μεγιστοποίηση της απόδοσης. Υπάρχουν και μηχανισμοί, που ακολουθούν την κίνηση του ηλίου οπότε επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Πρέπει να επιδιώκεται ομοιόμορφη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε όλα τα Φ/Β μιας συστοιχίας διότι σε εναντία περίπτωση η απόδοση της συστοιχίας οδηγείται από το πλαίσιο με τη μικρότερη απόδοση.

Ηλεκτρική σύνδεση

Ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να είναι αυτόνομο (σχήμα) ή διασυνδεδεμένο(σχήμα) στο δίκτυο. Για τη σύνδεση στο δίκτυο απαιτείται χρήση μετατροπέα του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο κατάλληλης τάσης και συχνότητας, ενώ στην περίπτωση της αυτονομίας απαιτείται αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 72. Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα [21]

Πλεονεκτήματα

- Δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης
- Μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας κατά τη χρήση
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (30 χρόνια)
- Αθόρυβη λειτουργία
- Μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- Δυνατότητα ενσωμάτωσής τους στο κτίριο ως κύριων δομικών στοιχείων
- Δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις απαιτήσεις

Μειονεκτήματα

- Σχετικά μικρή απόδοση (11-14%) στην τρέχουσα εμπορική του μορφή
- Υψηλό κόστος αγοράς

Εφαρμογές

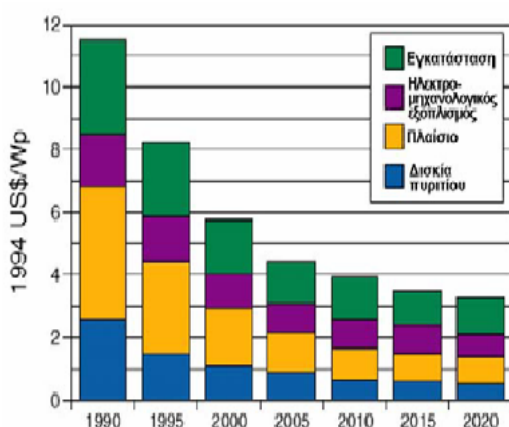
Ενδείκνυνται για απομακρυσμένες περιοχές, οι οποίες απέχουν περισσότερο του 1/3 του μιλίου από το ηλεκτρικό δίκτυο^[1], εξυπηρετώντας ανάγκες όπως : άντληση νερού, εξ αποστάσεως επικοινωνία, ψύξη, φωτεινοί σηματοδότες, φωτισμός έκτακτης ανάγκης, προστασία σωληνώσεων από διάβρωση και ηλεκτροδότηση χωριών.

Η παγκόσμια εμπορική παραγωγή Φ/Β ανέρχεται σε 60 MW και κατανέμεται περίπου ισομερώς στις ΗΠΑ, Ιαπωνία και Ε.Ε. Ανταγωνίζεται παραδοσιακούς τρόπους παροχής ηλεκτρικής ισχύος όπως οι ντιζελογεννήτριες και η επέκταση δικτύων. Το κόστος επέκτασης των δικτύων είναι τέτοιο που για απόσταση μεγαλύτερη του μισού χιλιομέτρου τα Φ/Β είναι αποδοτικότερα. Η μαζική τους παραγωγή αναμένεται να επιτευχθεί μετά 10-20 έτη όταν θα πέσει η τιμή κόστους στο 0.1 € / kwh [21]

Στην Ελλάδα υπάρχει μικρός αριθμός εγκατεστημένων Φ/Β, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1400 kwp. Δεν είναι ενσωματωμένα στο κτίριο ως δομικά στοιχεία αλλά τοποθετούνται στην οροφή. Ανάμεσα στις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο, μεγάλη κατασκευαστική εταιρεία θα παράγει και ολοκληρωμένες οροφές κτιρίων με φωτοβολταϊκά [15]. Τα υλικά κατασκευής των ηλιακών κυττάρων μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά δισκία ή και λεπτές μεμβράνες.

Κόστος

Στις ΗΠΑ Τα Φ/Β έχουν ένα κόστος \$3.5/W έως \$6 /W για τα πλαίσια και \$5/W έως \$20 /W για το σύστημα αναλόγως του μεγέθους και της δυνατότητας της εγκατάστασης.



Σχήμα 73. Κόστος Φ/Β και μείωση του προϊόντος του χρόνου. [21]

(πηγή:<http://renewable.greenhouse.gov>)

Με βάση αυτές τις τιμές το κόστος παραγωγής κυμαίνεται από \$0.25/kWh έως \$1 /kWh, ενώ ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι από 25-30 έτη. [11]

Από άλλη πηγή [21] αναφέρεται κόστος παραγωγής € 0.5-0.6 / kWh, ενώ η μέση τιμή παραγωγής από συμβατικές πηγές είναι €0.017-0.15 / kWh.

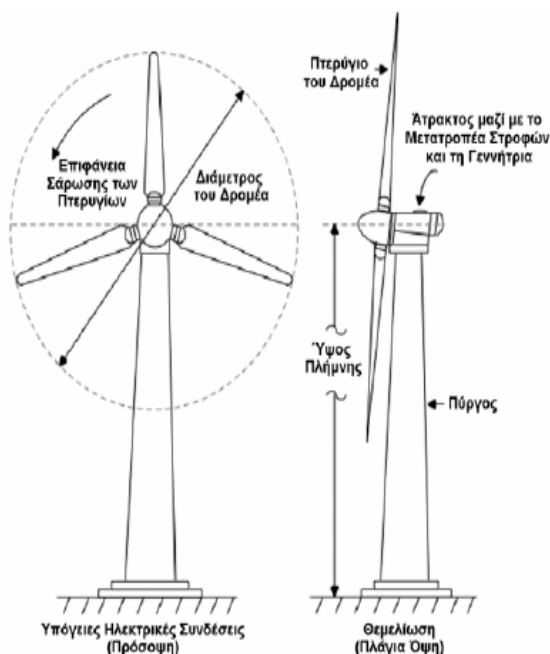
Το κόστος αυτό βαίνει μειούμενο καθώς βελτιώνεται η τεχνολογία και επεκτείνεται η αγορά.

Περιβαλλοντική θεώρηση

Προκαλούν ελάχιστα περιβαλλοντικά προβλήματα. Είναι αθόρυβα, δεν εκπέμπουν επιβλαβή αέρια και το βασικό υλικό (συνήθως πυρίτιο) είναι αβλαβές και σε αφθονία.

Πιθανοί κίνδυνοι σχετίζονται με την παραγωγή ορισμένων από τις λιγότερο συνηθισμένες τεχνικές λεπτές μεμβράνης. Το τελλουριούχο κάδμιο και ο δισηληνιούχος χαλκός, περιέχουν μικρές ποσότητες σουλφιδίου του καδμίου, του οποίου η επεξεργασία κατά την παραγωγή των πλαισίων ενέχει κάποιους κινδύνους. Υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία που διέπει τη διαχείριση τέτοιων ουσιών οι οποίες πρέπει να υιοθετούνται κατά τη διαδικασία της παραγωγής.

7.2.4. Αιολική Ενέργεια ^[11,21]



Σχήμα 74. Σχηματική αναπαράσταση Α/Γ οριζόντιου άξονα [21]

Περιγραφή ^[21]

Ο άνεμος παράγεται από ανομοιόμορφη θέρμανση της γήινης επιφάνειας από τον ήλιο.

Οι Ανεμογεννήτριες (Α/Γ) μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Αποτελούνται από:

- Το δρομέα αποτελούμενο από 2 ή 3 πτερύγια, μια πλήμνη μέσω της οποίας συνδέονται τα πτερύγια με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα και ενίοτε συστήματα συνδέσμων για μεταβολή του βήματος του συνόλου ή μέρους των πτερυγίων.
- Την άτρακτο, που περιλαμβάνει μετατροπέα στροφών μία γεννήτρια, άξονες και συνδέσμους, μηχανικό δισκόφρενο και σύστημα εκτροπής.

- Τον πύργο στήριξης
- Τους ηλεκτρικούς ελεγκτές και τις καλωδιώσεις καθώς και τον εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου

Τα πτερύγια μιας Α/Γ είναι αεροδυναμικά κατασκευασμένα ώστε να εκμεταλλεύονται αποδοτικά την αιολική ενέργεια.

Εφαρμογή : μια μικρής σχετικά ισχύος Α/Γ ενδείκνυται για παραγωγή ενέργειας σε μια σχολική μονάδα, αρκεί να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις:

- Υπάρχει επαρκές ανεμολογικό δυναμικό στην περιοχή (συνήθως μέσες ταχύτητες αέρα της τάξης των 14mph ή και μεγαλύτερες καθιστούν το εγχείρημα οικονομικά αποδοτικό.

- Είναι δυνατή η εγκατάσταση βάσης στήριξης της Α/Γ.
- Υπάρχει αρκετός χώρος.
- Είναι οικονομικά εφικτό για το σχολείο.

Κόστος

Το κόστος μιας Α/Γ εξαρτάται από τη δυναμικότητα, την εφαρμογή και από το τι θα περιλαμβάνει η συμφωνία με τον προμηθευτή. Ένας προσεγγιστικός κανόνας για την εκτίμηση του κόστους ενός μικρού συστήματος είναι \$1000/kw έως \$3000/kw. Όσο αυξάνεται το μέγεθος τόσο αυξάνεται και η οικονομική αποδοτικότητα του συστήματος. Ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης εξαρτάται από το σύστημα που επελέγη. Το διαθέσιμο ανεμολογικό δυναμικό, το κόστος της kwh του δικτύου καθώς και τη διαχείριση του συστήματος [¹¹].

Το συνολικό κόστος μιας Α/Γ κυμαίνεται σήμερα στα € 1000 ανά kw εγκατεστημένης ισχύος. Σε ένα αιολικό πάρκο για ταχύτητες ανέμου από 5 -10 m/s, το κόστος κυμαίνεται από 9,6 - 3,4 c€/ kwh αντίστοιχα. [²¹]

Πλεονεκτήματα

Τα κύρια πλεονεκτήματα των αιολικών συστημάτων είναι :

- Ανάλογα και με το ανεμολογικό δυναμικό της περιοχής ένα μικρό αιολικό ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να καλύψει από 50-90 % της ηλεκτρικής κατανάλωσης.
- Προστατεύει από διακοπές ηλεκτροδότησης
- Δεν ρυπαίνει
- Μπορεί να λειτουργήσει ως εκπαιδευτικό εργαλείο

Σχεδιαστικά εργαλεία

Ο τύπος υπολογισμού της ισχύος μιας Α/Γ είναι $P = 1/2 C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$

Όπου:

C_p = συντελεστής ισχύος κυμαινόμενος από 0.2 – 0.4 (θεωρητική μέγιστη τιμή 0.59)

ρ = η πυκνότητα του αέρα [lb/ft³]

$A = \pi D^2 / 4$ όπου D η διάμετρος των πτερυγίων του ρότορα.

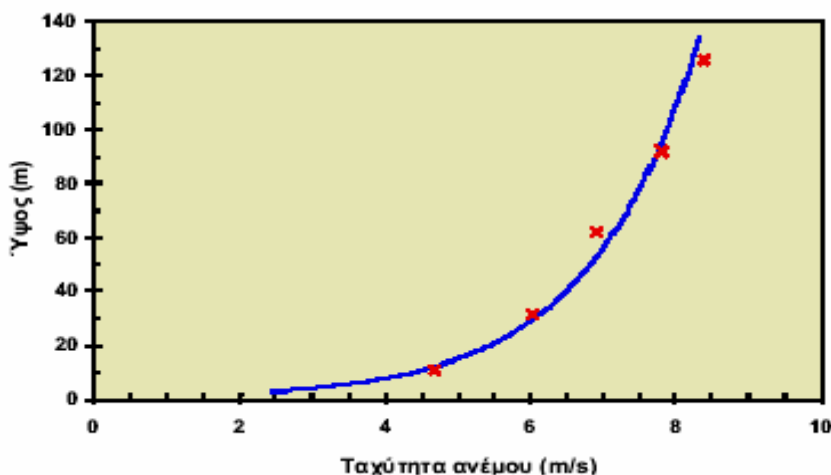
V = η ταχύτητα του αέρα [mph]

(στη διεύθυνση www.nrel.gov/wind υπάρχουν πληροφορίες και ένα υπολογιστικό εργαλείο για την οικονομική ανάλυση μικρών συστημάτων Ανεμογεννητριών).

Σχεδιαστικές λεπτομέρειες

Δεν συστήνεται εγκατάσταση Α/Γ στην οροφή, καθώς θα μεταφέρονται οι κραδασμοί της γεννήτριας στο κτίριο, γεγονός που θα δημιουργήσει θόρυβο και πιθανά δομικά προβλήματα στο κτίριο.

Οι μέσες ταχύτητες του αέρα αυξάνονται με το ύψος (σχήμα--) και δεδομένου ότι η παραγόμενη ισχύς εξαρτάται από το V^3 είναι σημαντικό να επιδιώκεται κατά το δυνατόν αυξημένο ύψος Α/Γ.



Σχήμα 75. Τυπική καθ ύψος κατανομή της ταχύτητας του αέρα ^[21]

7.2.5. Ενεργειακή αξιοποίηση Βιομάζας ^[46]

7.2.5.1. Ορισμός

Ως βιομάζα θεωρείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμού σε ανανεώσιμη βάση. Ο ευρύτερος όρος περιλαμβάνει τα πάσης φύσεως υπολείμματα και ζωικά απόβλητα, τα βιομηχανικά στερεά οργανικά απορρίμματα καθώς και τις ενεργειακές καλλιέργειες

Τα υπολείμματα / απόβλητα διακρίνονται σε

- Υπολείμματα παραμένοντα στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος (άχυρο, στελέχη φυτών, κλαδοδέματα κλπ)
- Υπολείμματα παραμένοντα στις διάφορες γεωργικές βιομηχανίες (υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου, υποπροϊόντα πυρηνελαιουργείων)
- Απόβλητα ζωοτροφικών μονάδων
- Δημοτικά στερεά απορρίμματα

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, τα οποία παράγουν βιομάζα ικανή να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας ή η παραγωγή υγρού βιοκαυσίμου^[46,47].

7.2.5.2. Διεργασίες ενεργειακής μετατροπής βιομάζας ^[46]

- Θερμοχημικές ($C/N > 30$, υγρασία $< 50\%$)
 - πυρόλυση
 - καύση
 - αεριοποίηση
 - υδρογονοδιάσπαση
- Βιοχημικές ($C/N < 30$, υγρασία $> 50\%$)
 - αερόβια ζύμωση
 - αναερόβια ζύμωση
 - αλκοολική ζύμωση

7.2.5.3. Πλαίσιο προώθησης εφαρμογών βιομάζας ^[47]

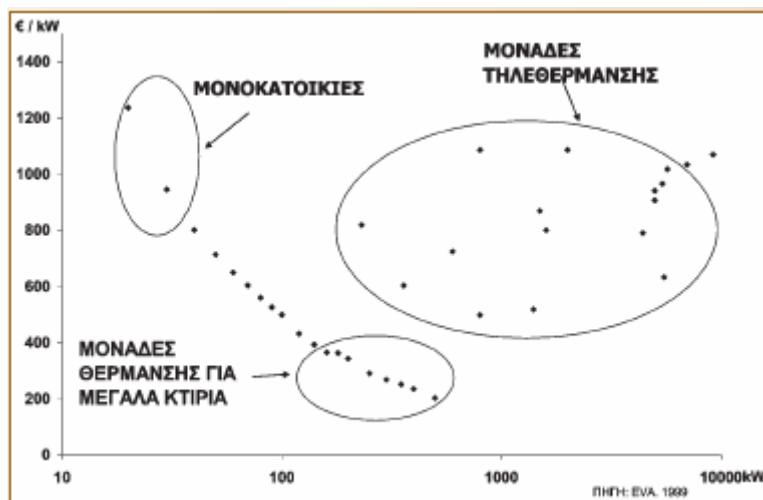
Η συμφωνία του Κιότο θεωρεί ότι η χρήση βιοκαυσίμων είναι από τις πιο αποδοτικές λύσεις περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου. Πολλές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν δημιουργήσει Εθνικά προγράμματα για την ενεργειακή χρήση της βιομάζας, προς ενίσχυση των περιφερειακών οικονομιών και παροχή νέων προοπτικών στους αγρότες . Ταυτόχρονα βελτιώνεται και γίνεται πιο ευσταθές το σύστημα ενεργειακού εφοδιασμού.[47]

7.2.5.4. Διαθέσιμη Τεχνολογία^[47]



Σχήμα 76. Λέβητας καύσης βιομάζας (pellets) ^[48]

Αν και η πιο γνωστή παραδοσιακά χρήση βιομάζας είναι η καύση ξύλων, υπάρχει δυνατότητα χρήσης συσσωματωμάτων (pellets) και θρυμμάτων βιοκαυσίμων σε αυτοματοποιημένους λέβητες με υψηλές προδιαγραφές απόδοσης , εκπομπών και άνεσης.



Σχήμα 77. Κόστη επένδυσης συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα ^[47]

Όπως παρατηρούμε είναι ιδιαίτερα χαμηλά σε μεγάλα κτίρια με υψηλή ζήτηση θερμικής ενέργειας, ενώ για συστήματα τηλεθέρμανσης είναι αυξημένα.

7.2.5.5. Βιωσιμότητα συστημάτων ^[47]

Για την εκτίμηση της βιωσιμότητας ενός συστήματος εκμετάλλευσης βιομάζας πρέπει να λαμβάνονται υπ όψιν οι εξής παράμετροι:

- **χώρος :** απαιτείται περισσότερος για λέβητα και αποθήκευση καυσίμου. Η ενσωμάτωση του συστήματος προτιμάται να γίνεται στον αρχικό σχεδιασμό.
- **εφοδιασμός:** απαιτείται οργάνωση στον τομέα του εφοδιασμού. Η παραγωγή συσσωματωμάτων από υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου ή στελέχη φυτών ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να βοηθήσει στον τομέα αυτό.
- **συντήρηση :** απαιτείται τακτική απομάκρυνση της στάχτης και παρακολούθηση αποθέματος καυσίμου. Καλό είναι να χρησιμοποιείται αυτόματο σύστημα καθαρισμού εναλλάκτη.
- **Διάθεση στάχτης :** Δυνατότητα χρήσης ως λίπασμα. Στις πόλεις διάθεση με τα λοιπά απορρίμματα

Πίνακας 25. Κυριότερα συστατικά στάχτης από θρύμματα βιομάζας (EVA 2002) [⁴⁷]						
	SiO₂	CaO	MgO	K₂O	Na₂O	P₂O
Συστατικά στάχτης (% κατά βάρος)	24.6	46.6.	4.8	6.9	0.5	3.8
Ο Zn που περιέχεται κυμαίνεται από 260 -500 mg /kg, ενώ το Cd από 3.0 – 6.6 mg /kg						

- **οικονομική εκτίμηση:** ο πιο απλός τρόπος σύγκρισης με τα κόστη συμβατικών συστημάτων μπορεί να γίνει με χρήση υπολογιστικού φύλλου διαθέσιμου στην ιστοσελίδα www.bioheat.info. Στη Σουηδία το 20-25% του αρχικού κόστους σχετίζεται με τα συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης του καυσίμου. το 50% αφορά στον αυτοματοποιημένο λέβητα και το υπόλοιπο αφορά σε θέματα τακτοποίησης στις αποθήκες, σχεδιασμού, διοίκησης.
- **Δυσκολίες- μειονεκτήματα**
 - Αυξημένος όγκος και περιεκτικότητα σε υγρασία
 - Μεγάλη διασπορά και εποχιακή παραγωγή
 - Δυσκολίες στη συλλογή τη μεταφορά και την αποθήκευση
 - Υψηλότερο κόστος εξοπλισμού.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - Περιορισμός εισαγωγών ορυκτών καυσίμων
 - Εξασφάλιση εργασίας και συγκράτηση πληθυσμών στις αγροτικές περιοχές
 - Περιορισμός εκπομπών CO₂ , όξινης βροχής

7.2.5.5. Αγορά εξοπλισμού [⁴⁷]

Προγραμματίζεται από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού κατόπιν μελέτης βιωσιμότητας.

Ελάχιστες απαιτήσεις μελέτης

- ζήτηση σε θερμότητα
- τύπος καυσίμου, περιεκτικότητα σε υγρασία
- απαιτήσεις χώρου αποθήκευσης

- διαθεσιμότητα κτιριακού χώρου εγκατάστασης λεβητοστασίου
- απαιτήσεις εκπομπών αερίων ρύπων.

7.2.5.5. Επιλογή βιοκαυσίμων ^[47]

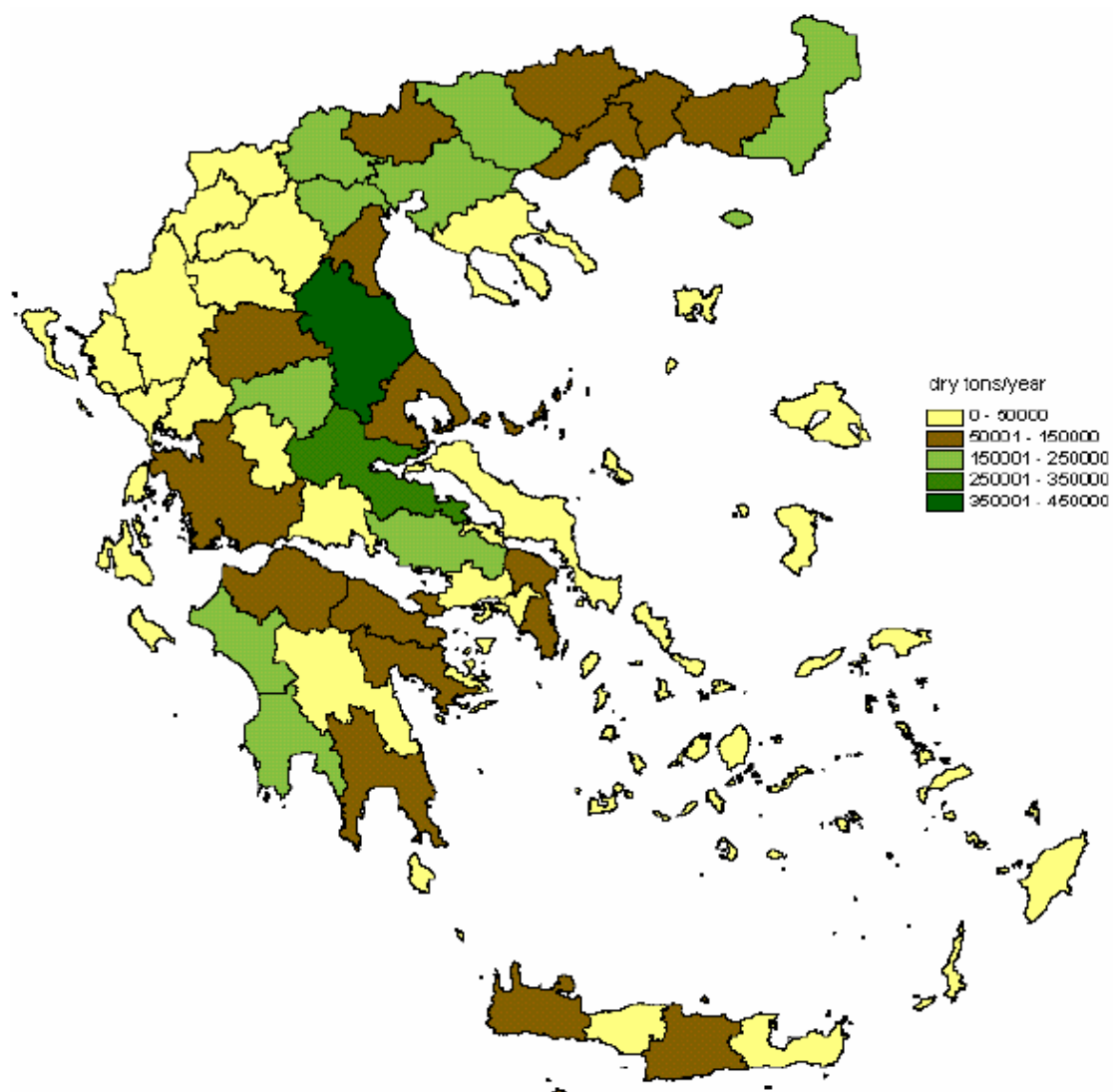
Για την επιλογή του κατάλληλου είδους βιοκαυσίμου λαμβάνονται υπ όψιν τα χαρακτηριστικά του κάθε υλικού

Τα συσσωματώματα παρασκευάζονται με συμπίεση ξηρών πριονιδίων και υπολειμμάτων ξύλου χωρίς κόλλες ή χημικά πρόσθετα. Τα θρύμματα είναι μικρά τεμάχια ξύλου μήκους 5-50 mm. Στους πίνακες 26 ,27 δίδονται τα χαρακτηριστικά των ανωτέρω υλικών και τα συγκριτικά τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πίνακας 26. Χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων κατάλληλων για θέρμανση μεγάλων κτιρίων ^[47]		
	Συσσωματώματα ξύλου	Θρύμματα ξηρής βιομάζας
θερμογόνος δύναμη	17 GJ/t	13.4 GJ/t
- ανά kg	4.7 kwh/kg	3.7 kwh/kg
- ανά m ³	3077 kwh/ m ³	744 kwh/ m ³
περιεχόμενη υγρασία	8%	25%
φαινόμενη πυκνότητα	650 kg/ m ³	200 kg/ m ³
στάχτη	0.5%	1%
Πίνακας 27. Συγκριτικά πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα βιοκαυσίμων κατάλληλων για θέρμανση μεγάλων κτιρίων ^[47]		
Συσσωματώματα		Θρύμματα
Τυποποιημένα, υψηλή αξιοπιστία (+)		Διαθέσιμα τοπικά (+)
Μικρότερος χώρος αποθήκευσης (+)		Ενίσχυση της τοπικής αγοράς (+)
Λιγότερες απαιτήσεις λειτουργίας- συντήρησης (+)		φθηνότερα (+)
Μεγαλύτερο κόστος καυσίμου (-)		Μεγαλύτερος χώρος αποθήκευσης (-)
Λιγότερα οφέλη της τοπικής οικονομίας (-)		Δυσκολία εξασφάλισης ομοιόμορφης ποιότητας καυσίμου (-)
		Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για λειτουργία –συντήρηση (-)

7.2.5.6. Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα ^[46]

Στην Ελλάδα το ενεργειακό δυναμικό σε βιομάζα είναι σημαντικά υψηλό και ειδικότερα μπορούμε να αντικαταστήσουμε το 15% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαιοειδών με τα απορρίμματα - υπολείμματα των εκκοκκιστηρίων βάμβακος, των ελαιουργείων και του καλαμποκιού.[Ημερίδα με θέμα «Διαχείριση και Τεχνολογίες αξιοποίησης απορριμμάτων και βιομάζας», 23 Ιουνίου στο Πολιτιστικό Κέντρο Θέρμης.]

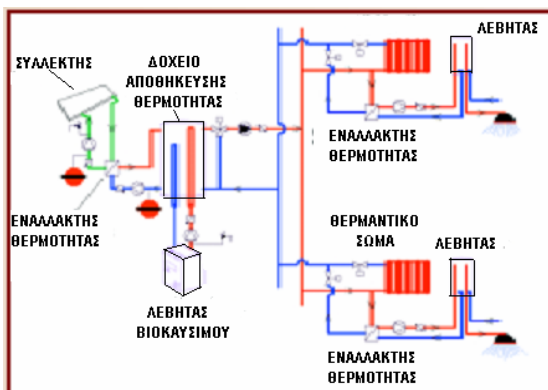


Σχήμα 78. Γεωγραφική κατανομή διαθέσιμων ποσοτήτων αγροτικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα.^[46]

Υπάρχουν 10 εκατομμύρια τόνοι (3-4 Τόνοι Ισοδυνάμου Πετρελαίου) κατανεμημένοι ως εξής:

- Δασικά υπολείμματα :1εκ.τόνοι
- Άχυρο : 3-4 εκ.τόνοι
- Γεωργικά υπολείμματα: 5-6 εκ.τόνοι

7.2.5.7. Συνδυασμός λέβητα βιοκαυσίμου με ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού ^[47]



Σχήμα 79. Συνδυασμός λέβητα βιοκαυσίμου με ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού ^[47]

Περιγραφή: Το ηλιακό σύστημα μπορεί να λειτουργεί συμπληρωματικά με το υπόλοιπο, ελαχιστοποιώντας τις ώρες λειτουργίας του λέβητα βιοκαυσίμου. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί δύο συστήματα:

α) Σύστημα δύο σωλήνων με αποκεντρωμένη αποθήκευση θερμού νερού

Η θερμότητα παράγεται είτε από τον ηλιακό συλλέκτη είτε από τον λέβητα και επιτρέπει την ελάττωση των απωλειών με περιοδική κυκλοφορία.

β) Σύστημα δύο σωλήνων με απευθείας προετοιμασία θερμού νερού μέσω εναλλάκτη
Πρόκειται για φθηνότερη λύση

Τα χαρακτηριστικά των υβριδικών αυτών συστημάτων είναι ^[48]

- πιο περίπλοκος σχεδιασμός από τα συστήματα ζεστού νερού χρήσης
- δυνατότητα συνδυασμού με κλιματισμό το καλοκαίρι
- βοηθητικό καύσιμο : πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα και ηλεκτρικό
- διαδεδομένο στη Βόρεια Ευρώπη
- σπάνια στη Νότια Ευρώπη αλλά υπάρχει μεγάλο δυναμικό

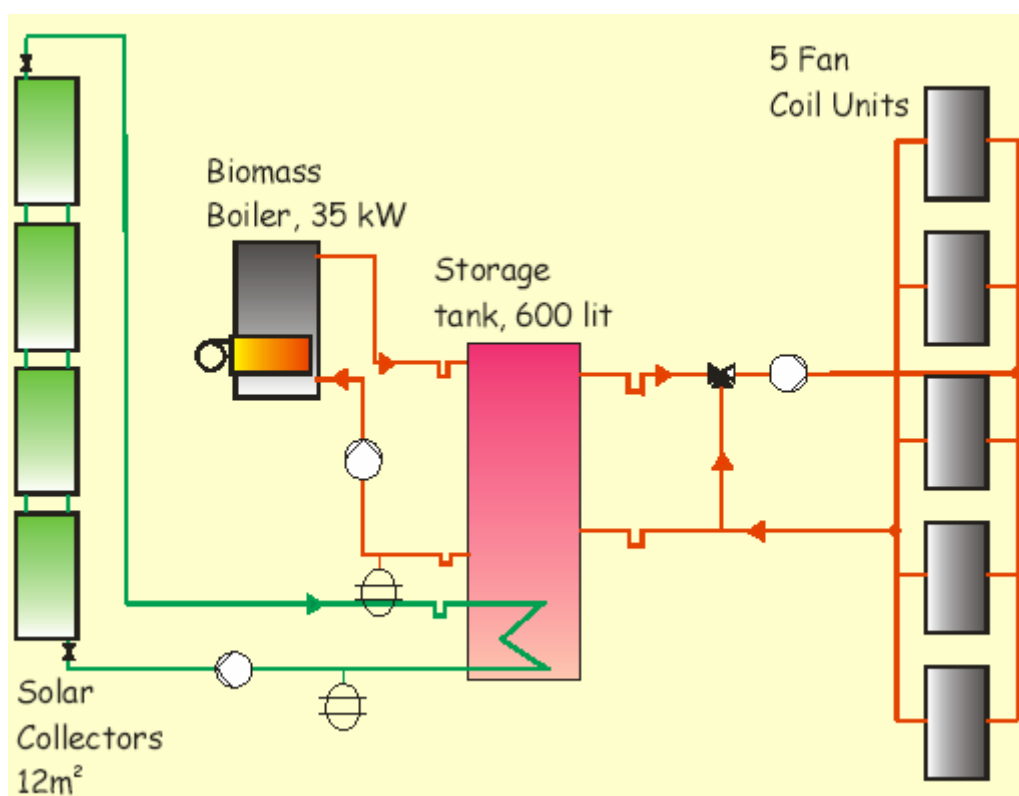
Πλεονεκτήματα [48]

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι:

- 100% θέρμανση από ΑΠΕ
- κάλυψη της ανάγκης για εφεδρικό σύστημα των θερμικών ηλιακών συστημάτων
- ζεστό νερό χρήσης όλο το χρόνο
- μείωση της κατανάλωσης καυσίμου βιομάζας, και των αντίστοιχων λειτουργικών εξόδων.

Πλαίσιο Εφαρμογών : [48]

Υπάρχει ένα Ευρωπαϊκό δίκτυο το Sollet, που προωθεί (πρόγραμμα Altener) τη βελτίωση και τη διάδοση των συστημάτων αυτών, εγκαθιστώντας επιδεικτικές μονάδες ανά την Ευρώπη. Μέσα σε αυτές υπάρχουν δύο περιπτώσεις τηλεθέρμανσης σχολείων (Tulln στην Αυστρία και Redange στο Λουξεμβούργο) και μια περίπτωση θέρμανσης γραφείων του ΚΑΠΕ στην Ελλάδα (σχήμα 78)



Σχήμα 80. Θέρμανση χώρου γραφείων 60 m² του ΚΑΠΕ με συνδυασμό λέβητα βιοκαυσίμου και ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού [48]

7.2.6. Υδροηλεκτρική Ενέργεια ^[21]

7.2.6.1. Βασική αρχή

Περίπου το $\frac{1}{4}$ της προσπίπτουσας στη γη ηλιακής ενέργειας προκαλεί την εξάτμιση ποσοτήτων νερού από τις επιφάνειες υδάτινων φορέων. Με τη βοήθεια των κατακρημνισμάτων το νερό αυτό επιστρέφει στη γη και μικρό ποσοστό της αρχικής ηλιακής ενέργειας αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στις υδάτινες μάζες, που βρίσκονται σε κάποιο ύψος σε σχέση με τη θάλασσα. Κατά την κάθοδο του νερού η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί μετατρέπομενη σε ηλεκτρική μέσω υδροηλεκτρικών γεννητριών.

7.2.6.2. Εφαρμογές

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η μεγαλύτερη και ωριμότερη εφαρμογή ανανεώσιμης ενέργειας με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 678000 MW και παραγωγή του 22% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Αξιοσημείωτο είναι ότι υπάρχουν πολλά περιθώρια για περαιτέρω ανάπτυξη καθώς εκτιμάται ότι μόνο το 10% του συνολικού βιώσιμου υδροδυναμικού έχει αξιοποιηθεί.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για ένα σχολείο παρουσιάζουν τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά συστήματα (ΜΥΗΣ). Τα ΜΥΗΣ είναι κυρίως «συνεχούς ροής», δηλαδή δεν απαιτούν κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων και κατά συνέπεια δεν επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Αν και δεν υπάρχει διεθνώς κάποιος σαφής ορισμός γίνεται αποδεκτή ως ανώτατη τιμή αυτή των 10 MW για τα συστήματα αυτά.

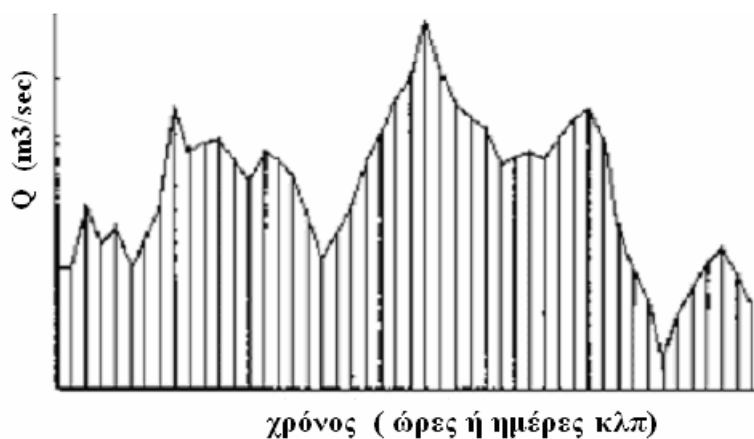
7.2.6.3. Σχεδιασμός ΥΗΣ (Υδροηλεκτρικού Σταθμού)

Για το σχεδιασμό ενός μικρού Υδροηλεκτρικού ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Αναγνώριση της περιοχής
- Αξιολόγηση των διαθέσιμων πόρων και της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής
- Προϋπολογισμός και αξιολόγηση του κόστους εγκατάστασης. Διερεύνηση εναλλακτικών πηγών χρηματοδότησης
- Διερεύνηση των ρυθμιστικών απαιτήσεων και των γραφειοκρατικών διαδικασιών
- Λήψη απόφασης για την πραγματοποίηση ή μη μιας μελέτης σκοπιμότητας

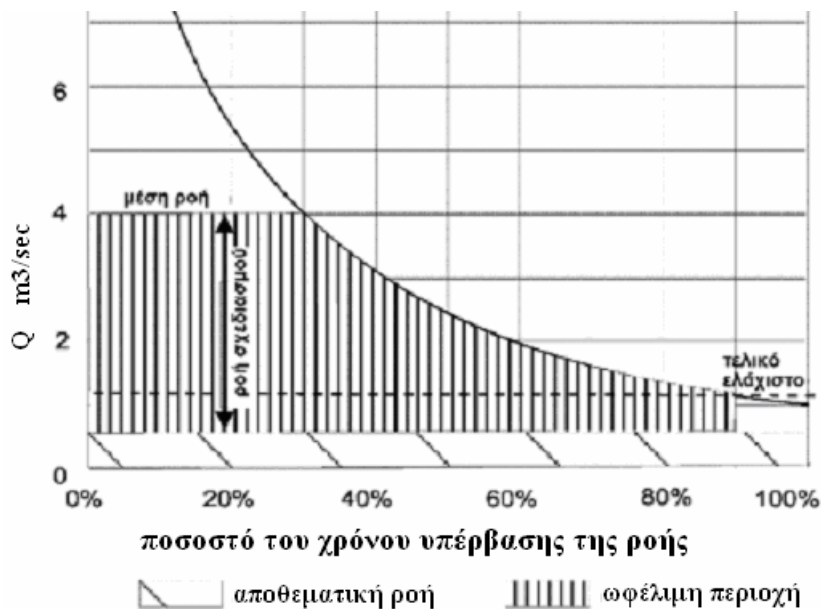
α. Εκτίμηση του δυναμικού μιας θέσης -Διαστασιολόγηση ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού

Η παραγόμενη ισχύς είναι ανάλογη του γινομένου δύο μεταβλητών, του ύψους πτώσης H και της παροχής Q . Ενώ ο υπολογισμός του ύψους είναι απλή διαδικασία η εκτίμηση της παροχής απαιτεί υδρολογική μελέτη της περιοχής.



Σχήμα 81. Τυπικό υδρογράφημα [21]

Με τη βοήθεια ενός υδρογραφήματος (σχήμα 79) μπορεί να εξαχθεί μια Καμπύλη Διάρκειας Ροής (ΚΔΡ) με την κατάταξη των δεδομένων κατά μέγεθος (σχήμα 80).



Σχήμα 82. Τυπική Καμπύλη Διάρκειας Ροής [21]

Η ΚΔΡ παρουσιάζει το τμήμα του χρόνου, κατά τη διάρκεια του οποίου η απορροή είναι ίση ή υπερβαίνει συγκεκριμένες τιμές και δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης της διαθέσιμης ποσότητας υδάτινου πόρου αξιοποιήσιμου από διαφόρων μεγεθών υδροστροβίλους.

Αν θεωρήσουμε βαθμό απόδοσης του ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού της τάξης του 0.81 τότε η διαθέσιμη στη θέση ισχύς θα είναι:

$$P = 8 * Q * H$$

Q: παροχή (m³/sec)

H: καθαρό ύψος πτώσης (m)

Αν το ύψος είναι σταθερό η σχέση μπορεί να εκφρασθεί ως

$$P = c * Q$$

Όπου c είναι μια σταθερά και ουσιαστικά κάθε συντεταγμένη της ΚΔΡ εκφράζει ένα πιθανό δυναμικό ισχύος . Βέβαια δεν μπορεί να αξιοποιηθεί όλη αυτή η ισχύς, καθώς θα πρέπει να αφαιρεθεί από την ΚΔΡ η αποθεματική ροή η απαραίτητη για τη συνέχιση της φυσικής ροής.

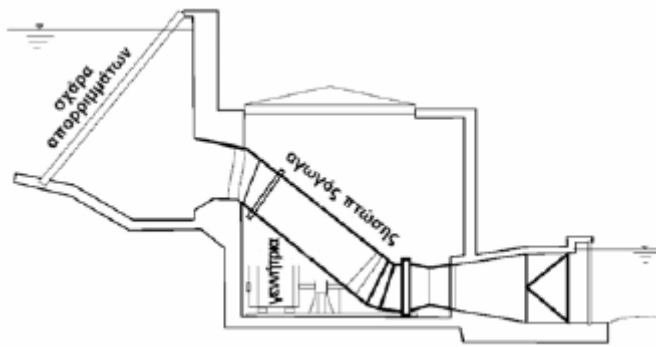
Συνήθως δεν επιλέγεται υδροστροβίλος για την αξιοποίηση όλης της υπόλοιπης ροής, καθώς θα λειτουργούσε στο μέγιστο δυναμικό του για μικρό χρονικό διάστημα. Επιπλέον οι περισσότεροι υδροστροβίλοι μπορούν να λειτουργούν μόνο πάνω από το 60% περίπου της ονομαστικής τους παροχής (ο καλύτερος έχει ως όριο το 20% της ονομαστικής παροχής). Έτσι όσο μεγαλύτερη ονομαστική παροχή επιλέγεται τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος διακοπής λειτουργίας στις χαμηλές παροχές.

β.Ετήσια παραγωγή ενέργειας

Προσεγγιστική εκτίμηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας από ένα ΥΗΣ μπορεί να γίνει με μέτρηση της χρήσιμης περιοχής κάτω από την ΚΔΡ και μετατροπή της σε ετήσια ποσότητα νερού. Πολλαπλασιάζοντας στη συνέχεια επί το καθαρό ύψος, το ειδικό βάρος νερού (9,8 KN/m³) και ένα μέσο συντελεστή απόδοσης (εκτιμάται 0.81), προκύπτει η ετησίως παραγόμενη ενέργεια σε KJ (Διαίρεση με 3600 για μετατροπή σε Kwh).

γ. Επιλογή θέσης

Η θέση καθορίζεται πρωταρχικά από την ύπαρξη επαρκών τιμών ύψους πτώσης και παροχής. Εκτός των δύο αυτών παραμέτρων θα πρέπει να ληφθούν υπ όψιν ο καθορισμός του δυναμικού παραγωγής, η εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος, οι απαιτούμενες εργασίες στο χώρο, περιβαλλοντικοί και κοινωνικοί περιορισμοί και μια προκαταρκτική μελέτη οικονομικής βιωσιμότητας.



Σχήμα 83. Διάταξη μικρού Υδροηλεκτρικού Συστήματος [21]

7.2.6.4. Υδραυλικά Έργα

α.Φράγματα και υδροφράκτες

Στα ΜΥΗΣ σπάνια χρησιμοποιούνται φράγματα λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής τους. Αν η τοπογραφία της περιοχής είναι ευνοϊκή μπορεί να κατασκευασθεί ένα μικρό φράγμα βαρύτητας για την αποθήκευση νερού ώστε να χρησιμοποιηθεί τις περιόδους αιχμής.

β.Κανάλια και αγωγοί πτώσης

Από το στόμιο εισόδου το νερό μεταφέρεται στο στρόβιλο είτε απ ευθείας με σωλήνα κατάθλιψης είτε με κανάλι. Η ταχύτητα του νερού σε ένα κανάλι πρέπει να υπερβαίνει κάποια τιμή για την αποτροπή απόθεσης ιζημάτων αλλά και να μην έχει τέτοια τιμή που να προκαλεί διάβρωση.

Από την περιοχή υδροληψίας το νερό μεταφέρεται στο στρόβιλο μέσω ενός σωλήνα κατάθλιψης ή ενός αγωγού πτώσης. Το υλικό κατασκευής ενός αγωγού πτώσης καθορίζεται από το ύψος πτώσης και την απαιτούμενη διάμετρο.

γ.Αυλάκια απαγωγής

Πρόκειται για μικρά κανάλια επιστροφής του νερού στον ποταμό. Πρέπει η κατασκευή τους να εξασφαλίζει ότι δεν θα υποσκαφθεί ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής καθώς και ότι δεν θα παρεμποδίζεται ο δρομέας του στρόβιλου στη διάρκεια υψηλών παροχών.

7.2.6.5. Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

α.Στρόβιλοι

Ένας υδροστρόβιλος είναι μια περιστρεφόμενη μηχανή που μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια του νερού σε μηχανική. Υπάρχουν δύο βασικές μορφές στρόβιλων γνωστές ως στρόβιλοι «ώσης» και «αντίδρασης».

Ο στρόβιλος «ώσης» μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια του νερού σε κινητική ενέργεια μιας δέσμης νερού που προσπίπτει στους κάδους ή τα πτερύγια του δρομέα.

Ο στρόβιλος «αντίδρασης» εκμεταλλεύεται την πίεση και την ταχύτητα του νερού για να αναπτύξει μηχανική ισχύ.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν ποικίλοι τύποι, που ανήκουν στις ανωτέρω κατηγορίες. Κάθε τύπος ενδείκνυται για κάποιο εύρος λειτουργίας αναφορικά με το ύψος της υδατόπτωσης, και την παροχή του νερού. Το κύριο κριτήριο είναι το ύψος (πίνακας)

Πίνακας 28. Εύρος υψών πτώσης για διάφορους τύπους στροβίλων ^[21]	
Kaplan και έλικας	$2 < H < 15$
Francis	$4 < H < 100$
Pelton	$30 < H < 1000$
Εγκάρσιας ροής	$1 < H < 150$
Turgo	$50 < H < 250$

β.Γεννήτριες

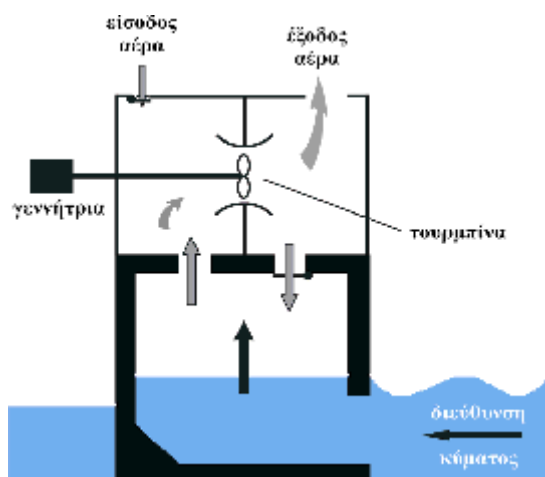
Χρησιμοποιούνται τριφασικές γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος. Υπάρχουν δύο επιλογές:

- Σύγχρονες γεννήτριες με σύστημα διέγερσης Σ.Ρ. συνδεδεμένο με ρυθμιστή τάσης. Είναι ακριβότερες και χρησιμοποιούνται σε συστήματα ισχύος που η παραγωγή αντιπροσωπεύει σημαντικό ποσοστό του φορτίου ισχύος.
- Ασύγχρονες γεννήτριες χωρίς δυνατότητα ρύθμισης τάσης, που λειτουργούν με ταχύτητα άμεσα σχετιζόμενη με την συχνότητα του συστήματος. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλα δίκτυα όπου η παραγωγή τους είναι αμελητέο ποσοστό του φορτίου

7.2.6.6. Κόστος

Το κόστος αρχικών κεφαλαίων έχει χρόνο απόσβεσης 10 με 20 χρόνια, ενώ ο χρόνος ζωής τους είναι μεγαλύτερος των 50 χρόνων χωρίς σοβαρό κόστος συντήρησης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος σε ένα ΜΥΗΣ στη Μ.Βρετανία είναι για την πρώτη 10ετία € 0.07 /kwh ενώ στη συνέχεια μειώνεται σε € 0.007 /kwh

7.2.7. Αξιοποίηση Ενέργειας ωκεανών ^[52]



Σχήμα 84. Διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας.^[52]

Περιλαμβάνει εκμετάλλευση

α)Κυμάτων

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική μέσω μιας στροβιλογεννήτριας (σχήμα 82)

β)Παλίρροιας

Τα νερά της παλίρροιας κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα καταλληλότερα μέρη για την κατασκευή

σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων.

γ)Θερμοκρασιακών διαφορών

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C. Πλεονεκτήματα του τρόπου αυτού είναι:

- Κόστος κατασκευής απαιτούμενων εγκαταστάσεων σχετικά μικρό
- Μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος)
- Δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό.

Ως μειονέκτημα αναφέρεται το υψηλό κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

**ΜΕΡΟΣ 3^ο :ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ –
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ -ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕ ΤΟ
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Β΄/ΒΑΘΜΙΑΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.**

ΜΕΡΟΣ 3^ο : ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ - ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Β΄/ΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια προσπάθεια σύνδεσης του πλαισίου οργάνωσης-υλοποίησης- διαχείρισης του σχολείου με το περιεχόμενο μαθημάτων, όπως αυτό ορίζεται από τα αναλυτικά προγράμματα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Γίνεται αντιστοίχιση των μαθημάτων της Βιολογίας, της Φυσικής και της Ηλεκτρολογίας, με τα διάφορα κεφάλαια τα αναφερόμενα στην οργάνωση τη λειτουργία και τη διαχείριση ενός βιοκλιματικού σχολείου.

ΦΥΣΙΚΗ Α΄ ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [53]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Βαρύτητα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Το πεδίο βαρύτητας της Γης	Υδροηλεκτρική ενέργεια
-Οι παλίρροιες -Η παλιρροιακή κίνηση των στενών του Ευρίπου	Ενέργεια των Ωκεανών
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	1.Υδροηλεκτρική ενέργεια 2.Ενέργεια των Ωκεανών 3.Αιολική ενέργεια – Α/Γ
Αρχή διατήρησης της ορμής	
Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας	
Διατήρηση της ολικής ενέργειας και υποβάθμιση της ενέργειας	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Εσωτερική ενέργεια της ατμόσφαιρας και καιρός	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης [57]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Κινητική θεωρία των αερίων	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
- Οι νόμοι των αερίων (ισοβαρείς, ισόθερμες, ισόχωρες μεταβολές) - Εφαρμογές (εξάτμιση, βρασμός, υγροποίηση)	Αντλίες Θερμότητας
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο :Θερμοδυναμική	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Έργο παραγόμενο από αέριο κατά τη διάρκεια μεταβολών του όγκου	Συστήματα Κλιματισμού (συμπιεστές)
1 ^{ος} Θερμοδυναμικός Νόμος	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
2 ^{ος} Θερμοδυναμικός Νόμος	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Το κέλυφος του κτιρίου
Θερμότητα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	1.Παθητικά ηλιακά συστήματα 2.Ενεργητικά ηλιακά συστήματα 3.Ενέργεια βιομάζας 4.Ενέργεια των ωκεανών 5.Γεωθερμία
-Κυκλική Αντιστρεπτή Μεταβολή	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
-Γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες αερίων	Συστήματα Θέρμανσης- ψύξης
Θερμικές Μηχανές	Μονάδες ΣΗΘ
Μηχανή του Carnot	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	1.Ενεργητικά ηλιακά συστήματα 2.Ενέργεια βιομάζας 3.Γεωθερμία (παραγωγή ατμού-στρόβιλος)

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης [57]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Βαρυτικό πεδίο της Γης	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	Υδροηλεκτρική ενέργεια
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο :Μαγνητικό πεδίο	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Δύναμη Laplace	Ανεμιστήρες-εξαεριστήρες –συμπιεστές
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο :Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
-Στρεφόμενο πλαίσιο εντός Μαγνητικού πεδίου -Εναλλασσόμενο ρεύμα (ΕΡ) -Γεννήτριες Ε.Ρ. και Σ.Ρ.	1.Υδροηλεκτρική ενέργεια 2.Ενέργεια των Ωκεανών 3.Αιολική ενέργεια – Α/Γ 4. Ενέργεια βιομάζας (προς ηλεκτρική)
Ηλεκτροκινητήρας	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων Ανεμιστήρες-εξαεριστήρες –συμπιεστές
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο :Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Αυτεπαγωγή	-Πηγές ηλεκτροφωτισμού- Λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού (μπάλαστ)
Αμοιβαία επαγωγή	-Μ/Σ

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [54]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Το φως	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Φυσικός Φωτισμός και παράθυρα
Μήκος κύματος και συχνότητα του φωτός κατά την διάδοση: ανάκλαση και διάθλαση του φωτός.	Συστήματα φυσικού φωτισμού Συστήματα ηλιοπροστασίας Εσωτερικές επιφάνειες
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Το κέλυφος του κτιρίου
	«Δροσερές Στέγες»
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
	Μείωση φαινομένου «θερμών νησίδων»
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
	Είδη λαμπτήρων Χρώμα και φωτισμός
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Φυσικός Φωτισμός και παράθυρα
Διασκεδασμός και πρίσματα	Συστήματα αναδιεύθυνσης φωτός
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Υπεριώδης ακτινοβολία	Λαμπτήρες φθορισμού και εκκένωσης.
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Το κέλυφος του κτιρίου
Υπέρυθρη ακτινοβολία	φωτογράφιση με υπέρυθρες – διάγνωση αποτελεσματικότητας μόνωσης
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Ατομικά φαινόμενα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Φάσματα εκπομπής	Πηγές ηλεκτροφωτισμού Χρωματική απόδοση

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [54]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Ατομικά φαινόμενα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Ενεργειακές στάθμες -Διέγερση του ατόμου -Ιονισμός του ατόμου Μηχανισμός παραγωγής φωτονίων	Λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Εφαρμογές	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Είδη λαμπτήρων - πυράκτωσης - φθορισμού Λειτουργία λαμπτήρων Ποιοτική σύγκριση	Πηγές ηλεκτροφωτισμού Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών λαμπτήρων Αναλυτική σύγκριση
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Φυσικός Φωτισμός και παράθυρα
Οπτικές ίνες	Εξελεγμένα συστήματα φυσικού φωτισμού: Συστήματα μεταφοράς φυσικού φωτός
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Φωτοστοιχεία ή φωτοβολταϊκά στοιχεία	ΑΠΕ: Φωτοβολταϊκά συστήματα
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Γεωμετρική Οπτική	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Φυσικός Φωτισμός και παράθυρα
Ανάκλαση και διάθλαση του φωτός σε επίπεδα και σφαιρική επιφάνεια	Συστήματα φυσικού φωτισμού Συστήματα αναδιεύθυνσης φωτός

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης [55]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Περιοδικά Φαινόμενα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Εξαναγκασμένες Ταλαντώσεις	ΑΠΕ: Ενέργεια παλίνρροιας
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Μηχανικά κύματα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Θαλάσσια κύματα	ΑΠΕ: Ενέργεια των κυμάτων
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
Ηχητικά κύματα Ανάκλαση του ήχου Συμβολή ηχητικών κυμάτων -ενίσχυση -απόσβεση	Μείωση του θορύβου Ηχοπροστασία
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας – περιοχή του ορατού φωτός- μονοχρωματική ακτινοβολία	Πηγές ηλεκτροφωτισμού -Χρωματική απόδοση
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Μηχανικά κύματα	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Υπεριώδης ακτινοβολία (απορρόφηση από όζον)	Αντικατάσταση Χλωροφθορανθράκων (CFC) στα συστήματα HVAC και ψύξης.
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Φυσικός Φωτισμός και παράθυρα
-Ολική εσωτερική ανάκλαση, κρίσιμη γωνία, πρίσματα ολικής ανάκλασης. -Διασκεδασμός, ανάλυση του φωτός	Συστήματα αναδιεύθυνσης φωτός
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Ρευστά	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης [55]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
Υγρά σε ισορροπία	Υδρονικά Συστήματα θέρμανσης-ψύξης Φυσικός Αερισμός
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	1.Υδροηλεκτρική ενέργεια- Ταμιευτήρες 2.Ηλιακος Θερμοσίφωνας
-Ρευστά σε κίνηση -Διατήρηση ύλης και εξίσωση συνέχειας -Διατήρηση ενέργειας και εξίσωση Bernulli - Τριβή στα ρευστά	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
	1.Συστήματα θέρμανσης-ψύξης 2.Φυσικός Αερισμός 3.Γεωθερμικές Αντλίες
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	1.Υδροηλεκτρική ενέργεια 2.Ηλιακος Θερμοσίφωνας 3.Αιολική ενέργεια – Α/Γ 4.Παθητικά Ηλιακά Συστήματα 5. Ενέργεια ωκεανών
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Μηχανικά Στερεά	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
-Ροπή δύναμης -Στροφορμή -Κινητική ενέργεια λόγω περιστροφής -Ένθετο (Κιβώτιο ταχυτήτων- μετάδοση κίνησης – άξονες μετάδοσης)	1.Αιολική ενέργεια – Α/Γ 2. Υδροηλεκτρική ενέργεια- Στρόβιλος 3.Ενέργεια Ωκεανών - Στρόβιλος
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Doppler	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Κρούσεις	1.Ενέργεια των Ωκεανών 2. Υδροηλεκτρική ενέργεια
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Κβαντική	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Ακτινοβολία του Μέλανος σώματος	Θερμική άνεση-Ορισμός της MRT
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	Φωτοβολταϊκά Συστήματα

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [58]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Άνθρωπος και Υγεία Ομοιόσταση: Η ικανότητα του οργανισμού να διατηρεί σταθερές τις συνθήκες του εσωτερικού του περιβάλλοντος, παρά τις εξωτερικές μεταβολές.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC Έλεγχος ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος : διατηρεί ποιοτικές τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος με βάση κάποια κριτήρια ποιότητας.
Ομοιοστατικοί μηχανισμοί ρυθμίζουν ▪ Τη θερμοκρασία του σώματος ▪ Τη συγκέντρωση του νερού ▪ Το επίπεδο CO₂ στο αίμα	Μηχανισμοί ελέγχου ρυθμίζουν ▪ Τη θερμοκρασία των χώρων ▪ Την υγρασία ▪ Το επίπεδο CO₂ στον αέρα των εσωτερικών χώρων
Λειτουργία ανθρώπινου ομοιοστατικού μηχανισμού ρύθμισης θερμοκρασίας: Θερμοϋποδοχείς ανιχνεύουν αυξημένη θερμοκρασία → Αποστολή πληροφορίας στον εγκέφαλο → Ειδικό εγκεφαλικό κέντρο ρύθμισης θερμοκρασίας δίνει εντολή διαστολής των επιφανειακών αγγείων και έναρξης λειτουργίας ιδρωτοποιών αδένων (ανάδραση) → Μεγάλες ποσότητες αίματος στην επιφάνεια του δέρματος και ψύξη του λόγω εξάτμισης (εναλλάκτης θερμότητας με ρευστό το αίμα) → Επιστροφή του αίματος στο εσωτερικό του σώματος αποτροπή της αύξησης θερμοκρασίας (η καρδιά λειτουργεί ως αντλία ισχύος 1 w)	Λειτουργία μηχανισμού ελέγχου θερμικής άνεσης εσωτερικών χώρων Αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας) → Αποστολή πληροφορίας σε λογικό ελεγκτή → Εντολή ενεργοποίησης ή αύξησης ρυθμού λειτουργίας συστημάτων επίτευξης θερμικής άνεσης με κυκλοφορία νερού (σε περίπτωση υδρονικού συστήματος) → Το νερό ψύχεται σε κάποιο εναλλάκτη θερμότητας πιθανώς με εξατμιστικό δροσισμό → Επιστροφή του νερού στους εσωτερικούς χώρους και δροσισμός (χρήση αντλίας νερού)

Ανάλογη είναι η αντιστοιχία αναφορικά με την περιεκτικότητα του αέρα σε CO₂, και τη χρήση συστημάτων που περιλαμβάνουν αισθητήρες CO₂, ρυθμιζόμενα διαφράγματα ανοιγμάτων παροχής φρέσκου αέρα και μεταβαλλόμενο ρυθμό αερισμού.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [58]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Άνθρωπος και Υγεία-Ουσίες που προκαλούν εθισμό.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Νικοτίνη – κάπνισμα -συνέπειες	Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων-απαγόρευση καπνίσματος
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Άνθρωπος και περιβάλλον	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
-Οικοσύστημα, βιοτικοί, αβιοτικοί παράγοντες, οργανισμοί , πληθυσμοί, βιοκοινότητες	Αποφυγή ευαίσθητων οικοσυστημάτων, όπως είναι τα ενδιαιτήματα άγριας ζωής και οι υδροβιότοποι Διαχείριση του Τοπίου:
-Βιοποικιλότητα →Ισορροπία	-Προστασία του υπάρχοντος περιβάλλοντος -Χρήση αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Τροφικές πυραμίδες και τροφικά επίπεδα	Ενεργειακή αποδοτικότητα
Η έννοια της παραγωγικότητας – πρωτογενής παραγωγικότητα	Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
Βιογεωχημικοί κύκλοι	Χρήση αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών
-Ο κύκλος του Αζώτου	- Επιλογή φυτών που δεσμεύουν άζωτο από την ατμόσφαιρα - Χρήση οργανικών λιπασμάτων

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [58]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Άνθρωπος και περιβάλλον	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Βιογεωχημικοί κύκλοι -Ο κύκλος του άνθρακα	Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
Ο κύκλος του νερού	-Σχεδιασμός αποτροπής φαινομένων διάβρωσης και ιζηματογένεσης -Περιορισμός των απορροών των ομβρίων. -Μείωση χρήσης πόσιμου νερού για διαχείριση τοπίου.
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	Ενέργεια Υδατοπτώσεων
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Άνθρωπος και περιβάλλον	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
Μείωση της βιοποικιλότητας – Υδροβιότοποι	Διαχείριση του Τοπίου: Επεξεργασία των απορροών μετά τη δόμηση.
Ρύπανση	Διαχείριση των αποβλήτων της θέσης
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
	Α.Π.Ε.
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Ρύπανση – εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος	Αντικατάσταση CFC (Χλωροφθοράνθρακες) στα συστήματα HVAC και ψύξης.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Γενικής Παιδείας [58]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Άνθρωπος και περιβάλλον	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
Ρύπανση των υδάτων	Χρήση αειφόρων καλλιεργητικών πρακτικών (Βιολογική γεωργία – αποφυγή μη βιοαποικοδομήσιμων φυτοφαρμάκων)
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Ρύπανση των υδάτων και του εδάφους (ραδιενέργεια)	ΑΠΕ
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Το κέλυφος του κτιρίου
Ηχορύπανση	Ηχομόνωση
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Επιλογή και Σχεδιασμός της Θέσης
	Αποφυγή τοποθεσιών με υψηλά επίπεδα θορύβου Χρήση ηχητικών φρακτών

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ Γ' ΕΝ. ΛΥΚΕΙΟΥ Τεχνολογικής Κατεύθυνσης [56]	Πλαίσιο Οργάνωσης-Υλοποίησης Διαχείρισης Βιοκλιματικού Σχολείου
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Ηλεκτρικά κυκλώματα - Μετρήσεις	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
Συνδεσμολογία αντιστάσεων	Κύκλωμα φωτισμού
Συνδεσμολογία πηγών τάσης	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : Ενεργειακός σχεδιασμός
Παραγωγή Ε.Ρ.	1.Φ/Β Συστήματα
Βασικά-σύνθετα κυκλώματα Ε.Ρ.	2.Υδροηλεκτρική ενέργεια
Ισχύς Ε.Ρ.	3.Ενέργεια των Ωκεανών
	4.Αιολική ενέργεια – Α/Γ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Ηλεκτρονικά	Φ/Β Συστήματα
Αγωγιμότητα των ημιαγωγών	
Επαφή P-N	
Εφαρμογές των διόδων	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Ηλεκτροφωτισμός και ηλεκτρικά συστήματα
	Πηγές ηλεκτροφωτισμού - LED
Οπτικοηλεκτρονικές διατάξεις	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Συστήματα HVAC και
Ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC)	Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
Άλγεβρα Boole	Συστήματα ελέγχου
Λογικές Πύλες	

ΜΕΡΟΣ 4^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΜΕΡΟΣ 4^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια της εργασίας έγιναν κάποιες διαπιστώσεις, οι οποίες αναφέρονται σταδιακά στη συγκεκριμένη ενότητα ακολουθώντας τη δομή της εργασίας. Θα πρέπει να τονισθεί, ότι τα κριτήρια τα οποία καταγράφηκαν για να σκιαγραφήσουν ένα πλαίσιο οργάνωσης υλοποίησης και διαχείρισης ενός σχολικού κτιρίου θα πρέπει να ενσωματωθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία έτσι ώστε να οικοδομηθούν οι όροι διαμόρφωσης ενημερωμένων και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένων πολιτών.

Αναλυτικότερα ανά κεφάλαιο θα μπορούσαμε να σημειώσουμε

Επιλογή Θέσης :Αναφορικά με την επιλογή και το σχεδιασμό της θέσης τα κριτήρια, τα οποία

κυριαρχούν και ενσωματώνονται στο γενικό πλαίσιο είναι :

- Πρόσβαση στα Μ.Μ.Μ. και ενθάρρυνση εναλλακτικών μέσων μεταφοράς
- Αποφυγή διαταραχής αναξιοποίητων περιοχών, βιοτόπων ή θέσεων αρχαιολογικής αξίας και αξιοποίηση και ανάπλαση περιοχών επιβαρημένων
- Διαχείριση απορροών και νερού χρήσης. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό κριτήριο αυτό και με σημαντική πρακτική αξία για όλο το περιβάλλον καθώς οι επί μέρους δράσεις μπορούν να μετριάσουν ή να επιλύσουν γενικότερης έκτασης προβλήματα όπως αυτό των πλημμυρών ή της μη επάρκειας υδάτινων πόρων.
- Ενεργειακά αποδοτικός προσανατολισμός του κτιρίου

Το τμήμα αυτό του κτιριακού σχεδιασμού παρουσιάζει ποικίλες δυνατότητες εκπαίδευσης των μαθητών σε περιβαλλοντικά ζητήματα σε συνδυασμό με μαθήματα Βιολογίας και Φυσικής. Κάποιες προτεινόμενες δράσεις παρατίθενται στη συνέχεια:

- Διερεύνηση δυνατοτήτων διαμόρφωσης των εξωτερικών χώρων ώστε να διευκολύνουν περιβαλλοντικά εκπαιδευτικά προγράμματα. Παράδειγμα η συμπερίληψη στο σχεδιασμό θερμοκηπίου για καλλιέργεια φυτών και ηλιακά θερμικά κέρδη
- Καλλιέργεια φυτών με φυσικούς τρόπους και δημιουργία χώρου παραγωγής οργανικού λιπάσματος (compost) με ανακύκλωση φυτικών υπολειμμάτων .
- Συντήρηση των οικοσυστημάτων και των ενδιαιτημάτων αγρίας ζωής πέριξ του σχολείου για ενσωμάτωσή τους σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

- Ενσωμάτωση καλλιτεχνημάτων και γραφικών στο σχεδιασμό που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην εκπαίδευση των μαθητών σχετικά με τα αειφόρα σχεδιαστικά στοιχεία του σχολείου
- Χρήση ενημερωτικής σήμανσης για τα διάφορα φυτά και δένδρα
- Εξασφάλιση δυνατότητας παρακολούθησης και χειρισμού εκ μέρους των μαθητών των συστημάτων συλλογής και διανομής νερού.
- Δημιουργία ηχητικών φρακτών

Φυσικός Φωτισμός και ανοίγματα : Ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων του κτιρίου πρέπει να εξασφαλίζει ομοιόμορφο και επαρκούς έντασης φωτισμό ($D_{LF} \geq 2$) καθώς και θέα για το 90% των χώρων. Ενδείκνυται η χρήση φυσικών ή αριθμητικών μοντέλων προσομοίωσης και ούτως ή άλλως μελέτη, που να προσαρμόζει τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά με τα γεωγραφικά στοιχεία της θέσης.

Υπάρχουν ποικίλα είδη ανοιγμάτων και αυξημένες δυνατότητες χρήσης ακόμη και μηχανικά κινούμενων συστημάτων σκίασης ώστε να υπάρχει βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Επιπλέον έχουν αναπτυχθεί εξελιγμένα φωτοδιαπερατά υλικά και συστήματα φυσικού φωτισμού, τα οποία δίνουν τη δυνατότητα στην ηλιακή ενέργεια να εισέρχεται στο κτίριο ενώ κατανέμουν με μεγαλύτερη ομοιομορφία το φως αποτρέποντας φαινόμενα θάμβωσης.

Ενδιαφέρον από εκπαιδευτικής απόψεως παρουσιάζει η μελέτη εκ μέρους των μαθητών της τροχιάς του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, η αποτύπωσή της σε μια επιφάνεια του κτιρίου και η μελέτη φωτισμού και ηλιοπροστασίας ενός κτιρίου με τη βοήθεια φυσικών μοντέλων. Ενδείκνυται η χρήση στο κτίριο τεχνικών φυσικού φωτισμού, που επιδέχονται ενίσχυσης μέσω της συμμετοχής μαθητών. Για ακριβή προσομοίωση των επιδράσεων του ηλιακού φωτός χρησιμοποιούνται ειδικοί μηχανισμοί (heliodons).

Συνδυασμός μπορεί να γίνει με μαθήματα της Φυσικής (φως, γεωμετρική οπτική).

Ενεργειακό αποδοτικό κτιριακό κέλυφος: Το πιο «αδύνατο» σημείο όσον αφορά στις θερμικές απώλειες ενός κτιριακού κελύφους είναι τα ανοίγματα του κτιρίου. Με τη χρησιμοποίηση διπλών ή και πολλαπλών υαλοπινάκων, ηλεκτροχρωμικών υλικών, αερίων μεγάλης θερμικής αντίστασης ή κενού, καθώς και επενδύσεων χαμηλής εκπομπής, επιτυγχάνεται βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών του ανοίγματος σε βαθμό που να συγκρίνεται με τοίχο 5 cm. Το καλύτερο υλικό για πλαίσια παραθύρων είναι ξύλο

επενδεδυμένο με αλουμίνιο, το οποίο συνδυάζει μικρή θερμική αγωγιμότητα και ευκολία συντήρησης.

Σημαντικό στοιχείο ενός ενεργειακά αποδοτικού κελύφους είναι η μεγάλη θερμική μάζα, που εξασφαλίζει αυξημένη δυνατότητα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας και βελτιώνει το μικροκλίμα εντός του κτιρίου καθώς λόγω της μεγάλης θερμικής αδράνειας μειώνονται οι ακρότατες τιμές της θερμοκρασίας. Υπο το πρίσμα αυτό ενδείκνυται εξωτερική μόνωση.

Τα υπόλοιπα επιθυμητά χαρακτηριστικά του κελύφους είναι, αεροστεγής δομή, αποφυγή θερμογεφυρών και σε υγρούς χώρους αποφυγή εφαρμογής μόνωσης στην κρύα πλευρά της δομής.

Γενικώς θα πρέπει να αποφεύγονται εκκεντρικές μορφές κτιρίων, που αυξάνουν την επιφάνεια και προκαλούν ανεπιθύμητες θερμικές απώλειες, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πρώτο στρώμα της μόνωσης είναι το πιο σημαντικό, και επικρατεί ο νόμος των ελαττούμενων ανταποδόσεων.

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στη χρήση εναλλακτικών μονωτικών υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον, που παράγονται από αγροτικά ή από ανακυκλωμένα προϊόντα.

Από εκπαιδευτικής απόψεως συνδυασμός μπορεί να γίνει με μαθήματα Φυσικής (Θερμοδυναμική). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η πειραματική διερεύνηση θεμάτων, όπως αυτό της επίδρασης της αύξησης της θερμοχωρητικότητας στη θερμική συμπεριφορά ενός χώρου, καθώς και η μελέτη της θερμοπερατότητας διαφόρων επιφανειών.

Ηλεκτροφωτισμός : Τα βασικά στοιχεία, που αφορούν στο σχεδιασμό του τεχνητού φωτισμού είναι η συμπληρωματική χρήση του ως προς το φυσικό φωτισμό, η ενεργειακή αποδοτικότητα, η κάλυψη των ποιοτικών και ποσοτικών απαιτήσεων φωτισμού, η οικονομικότητα και η ενσωμάτωση στο γενικότερο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Γενικώς προτείνεται ο διαχωρισμός των κυκλωμάτων φωτισμού σε ζώνες, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων φθορισμού, καθώς και διατάξεων αυτοματισμού, που ελέγχουν την ένταση φωτισμού ανάλογα με τον παρεχόμενο φυσικό φωτισμό.

Σχετικά με τα ποσοτικοποιημένα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού, ο ελάχιστος απαιτούμενος διατηρούμενος φωτισμός στο επίπεδο εργασίας εξαρτάται από τη χρήση του χώρου, ενώ πρέπει να εξασφαλισθεί λόγος ομοιομορφίας μεγαλύτερος του 0.8, αντίθεση φωτισμού μικρότερη του 3:1, και δείκτης θάμβωσης ≤ 19 .

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αποφυγή της διακύμανσης της έντασης του φωτός (flicker), καθώς μπορεί να προκαλέσει από απλούς πονοκεφάλους μέχρι και

επιληπτική κρίση σε ευαίσθητες ομάδες ανθρώπων. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να ελαττωθεί με τη σύνδεση των γειτονικών λαμπτήρων σε ειδικό κύκλωμα, ώστε να υπάρχει διαφορά φάσης 180 μοιρών μεταξύ των διακυμάνσεων ή με τη σύνδεση γειτονικών λαμπτήρων σε διαφορετικές φάσεις του τριφασικού ρεύματος.

Επιπλέον πρέπει να ληφθεί μέριμνα για υποβοήθηση ατόμων με ελαττωμένη όραση, με χρήση τεχνικών φωτισμού, όπως πρόκληση έντονων αντιθέσεων, παροχή πρόσθετου φωτισμού, εξασφάλιση ευκολιών χρήσης οπτικών βοηθημάτων και αποφυγή θαμβώσεων.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί, ότι οι λαμπτήρες φθορισμού μετά τη χρήση τους απαιτούν ιδιαίτερη μεταχείριση και απόθεση σε ειδικούς χώρους απορριμμάτων, καθώς περιέχουν ποσότητα Hg. Προτείνεται η ανακύκλωσή τους ή έστω η χρήση λαμπτήρων φθορισμού χαμηλής περιεκτικότητας σε Hg χωρίς σημαντική πτώση της αποδοτικότητας. Ιδιαίτερα συναφές με τον τομέα αυτό του κτιρίου είναι τα μαθήματα της Φυσικής και της Ηλεκτρολογίας. Υπάρχει η δυνατότητα διδασκαλίας των μαθητών σε θέματα σχετικά με τα εγκατεστημένα κυκλώματα φωτισμού και την κατανάλωση ενέργειας εκ μέρους των ηλεκτρικών συσκευών. Διασύνδεση του τομέα αυτού θα μπορούσε να γίνει με αυτόν του ενεργειακού σχεδιασμού σε περίπτωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σχολείο με τη βοήθεια Φ/Β συστήματος ή άλλου είδους ΑΠΕ.

Συστήματα HVAC :Σχετικά τώρα με τα συστήματα θέρμανσης αερισμού και κλιματισμού (HVAC) είναι γνωστό, ότι πρέπει να εξασφαλίζουν στους κατοίκους του κτιρίου θερμική άνεση και καλής ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων.

Η θερμική άνεση δεν εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία του χώρου αλλά και από την υγρασία, την ταχύτητα του αέρα και την θερμοκρασία των παρακείμενων επιφανειών. Το τελευταίο εξηγεί το αίσθημα θερμικής άνεσης σε σπήλαια παρά τη σχετικά χαμηλή θερμοκρασία του αέρα και επιβεβαιώνει το συγκριτικό πλεονέκτημα, ως προς την παράμετρο αυτή, της χρήσης υποδαπέδιας θέρμανσης. Σημαντικό για το είδος αυτό θέρμανσης είναι και το στοιχείο της σχετικά μεγάλης θερμικής μάζας του δαπέδου. Επίσης η κίνηση του αέρα εξασφαλίζει αύξηση ανώτερου ορίου θερμικής άνεσης το καλοκαίρι.

Έμφαση θα πρέπει να δοθεί στη χρήση φυσικού αερισμού τόσο για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα όσο και για τον επιτυγχανόμενο φυσικό δροσισμό. Ας σημειωθεί εδώ ότι με τον φυσικό αερισμό εκτός της εξοικονόμησης ενέργειας αποτρέπονται προβλήματα συνδεδεμένα με τον τεχνικό αερισμό, όπως το «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου»

Εκτός των δυνατοτήτων θέρμανσης με παθητικά ή ενεργητικά ηλιακά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας , βιομάζα ή υβριδικά βιομάζας ηλιακής μπορεί σε ένα

σχολικό κτίριο να εφαρμοσθεί και ηλιακός κλιματισμός. Για όλα τα προαναφερθέντα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα και να διερευνηθεί δυνατότητα εφαρμογής τους για παιδαγωγικούς σκοπούς.

Μέσα στις «αρμοδιότητες» ενός αποδοτικού συστήματος εξασφάλισης ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου αποτελεί και η μέριμνα για την απομάκρυνση χημικών ουσιών επιβλαβών για τους κατοίκους του (αμίαντος , PCB κλπ). Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνει μέσω ενός συγκεκριμένου προγράμματος διαχείρισης, που θα περιλαμβάνει, ιστορικό των εργασιών απομάκρυνσής των ουσιών αυτών, καταγραφή των σημείων όπου παραμένει ακόμη, καθώς και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και ανατροφοδότηση της διαδικασίας απομάκρυνσης.

Γενικώς ενδείκνυται εφαρμογή μόνιμων συστημάτων (εσχάρες , σήτες κλπ) για κατακράτηση ρύπων και σωματιδίων πριν την είσοδό τους καθ' όλο το ύψος του κτιρίου. Επίσης κατά τη διάρκεια της δόμησης πρέπει να εφαρμοσθεί ένα σχέδιο προστασίας του συστήματος HVAC, ελέγχου των πηγών ρύπανσης και διακοπής πρόσβασης μολυσματικών παραγόντων.

Όπου γίνεται χρήση χημικών, πρέπει να εξασφαλισθεί διαχωρισμός της περιοχής με ιδιαίτερο αγωγό εξαερισμού χωρίς ανακυκλοφορία του αέρα και διατήρηση αρνητικής πίεσης 7 PA τουλάχιστον. Μέριμνα θα πρέπει να ληφθεί για την επιλογή υλικών δόμησης χαμηλής περιεκτικότητας σε Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC) , πληρούντων τις προδιαγραφές. Ένας ενδιαφέρων φυσικός τρόπος απομάκρυνσης χημικών ουσιών σε κάποιο βαθμό είναι μέσω της χρήσης φυτών εσωτερικών χώρων.

Για την εξασφάλιση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές ρυθμού ανανέωσής του ανάλογα και με την πυκνότητα των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας. Αν και στον αέρα υπάρχουν δυνητικά 3000 χημικές ενώσεις, ο πιο αντιπροσωπευτικός παράγοντας περιγραφής της ποιότητάς του είναι το CO₂. Η τακτή μέτρηση αυτής ακριβώς της χημικής ένωσης μέσω ενός αισθητήρα συνιστάται για το σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου το οποίο θα ανατροφοδοτεί το σύστημα αερισμού έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός ανανέωσης του αέρα.

Προτείνεται η εγκατάσταση μόνιμου συστήματος παρακολούθησης θερμοκρασίας υγρασίας και επιπέδων CO₂ , σχεδιασμένου για να εξασφαλίζει έλεγχο της αποδοτικότητας θερμικής άνεσης και της αποτελεσματικότητας των συστημάτων αερισμού του κτιρίου.

Συνδυασμός θα μπορούσε να γίνει με το μάθημα της Βιολογίας, με παραλληλισμό του συστήματος ελέγχου θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού με τη λειτουργία ενός ανθρώπινου ομοιοστατικού μηχανισμού.

Επίσης με το μάθημα της Φυσικής (Ρευστά, Θερμοδυναμική, Κινητική των αερίων)

Ενεργειακός σχεδιασμός: Επειδή ο ρόλος του αειφόρου σχολείου είναι να λειτουργεί σαν εκπαιδευτικό εργαλείο με σεβασμό στους τρόπους με τους οποίους η ενέργεια ,το νερό και τα υλικά παρέχονται από το περιβάλλον και γίνονται προσιτά και χρήσιμα, θα πρέπει, να επιδιωχθεί να γίνει η όλη αυτή διαδικασία ευκρινώς ορατή από τους μαθητές. Θα πρέπει να καταδειχθεί σαφώς και δια παραδείγματος, ποιοι είναι οι καλύτεροι τρόποι παραγωγής, χρήσης και ανάκτησης της ενέργειας.

Συνδυασμός μπορεί να γίνει με το μάθημα της Φυσικής και της Ηλεκτρολογίας.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα, για το ρόλο που καλείται να παίξει ένα αειφόρο σχολείο, η ανάπτυξη στο σχολείο διάφορων τεχνολογιών ΑΠΕ ανάλογα και με τη διαθεσιμότητα πόρων κατά τόπους. Απλή σχετικά είναι η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος. Θα πρέπει να σημειωθεί παρεμπιπτόντως ότι ενώ τα Φ/Β θεωρούνται ακριβά, με χρόνο απόσβεσης περί τα 30 χρόνια, σε περίπτωση που απαιτείται μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας πέραν των 500m είναι οικονομικότερα της συμβατικής λύσης. Οι τεχνολογίες ΑΠΕ θα ήταν αρκετά πιο συμφέρουσες αν ενσωματώνονταν στην τιμή των συμβατικών το περιβαλλοντικό και το κοινωνικό κόστος.

Σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα και την εν γένει κατάσταση των κτιρίων στην Ελλάδα μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

Είναι γεγονός ότι, ενώ υπάρχει ανά τον κόσμο μια τάση για ανανέωση της μεθοδολογίας και του τρόπου προσέγγισης των όρων ενεργειακής χρήσης, στη χώρα μας η έννοια του ενεργειακού σχεδιασμού ταυτίζεται με την εφαρμογή αυτονομίας στην κεντρική θέρμανση και την εγκατάσταση κλιματιστικών. Ακόμη και στις περιπτώσεις, που ενσωματώνονται στο κτίριο στοιχεία θεωρούμενα ως «βιοκλιματικά», αυτό γίνεται συνήθως αποσπασματικά και με αμφίβολα αποτελέσματα. Βέβαια αν και εκ των πραγμάτων έτοιμες συνταγές για εφαρμογή σε κάθε περίπτωση δεν υπάρχουν, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα πλαίσιο κριτηρίων το οποίο θα σκιαγραφεί την συνολική προσδοκώμενη εικόνα του κτιρίου. Σημαντικό ρόλο θα πρέπει να παίζει προς την κατεύθυνση αυτή ο αναμενόμενος ΚΟΧΕΕ, καθώς το θεσμικό πλαίσιο ενεργειακών υπηρεσιών είναι ανεπαρκές. Γενικώς για τα κτίρια αλλά ειδικότερα για τα σχολικά πρέπει να αναπτυχθεί, όπως συμβαίνει σε άλλες χώρες, ένα σύστημα βαθμολόγησης βασισμένο σε πολυκριτηριακή ανάλυση.

Σχετικά με το σχεδιασμό και την οργάνωση της λειτουργίας ενός κτιρίου το μοντέλο, που προβάλλεται από τη γενική εικόνα της βιβλιογραφίας, είναι το εξής:

- Όλοι οι παράμετροι που αφορούν στα διάφορα επί μέρους στοιχεία του κτιρίου κτίριο οργανώνονται με ολιστική προσέγγιση (integration).
- Υπάρχει ένας αριθμός αισθητήρων εντός και εκτός του κτιρίου (για μέτρηση θερμοκρασίας, υγρασίας, CO₂)
- Στη διαδικασία έλεγχου της λειτουργίας του κτιρίου ενσωματώνονται δείκτες των κριτηρίων ποιότητας ζωής των εσωτερικών χώρων.
- Χρησιμοποιούνται υπολογιστικά προγράμματα τόσο για την προσομοίωση της λειτουργίας επί μέρους στοιχείων του κτιρίου όσο και για την ανάλυση και την ολιστική διαχείρισή τους.

Σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων στην Ελλάδα παρατηρούμε τα εξής:

- Υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης της αποδοτικότητας του σχεδιασμού των κτιρίων
- Υπάρχει μεγάλη ποικιλία ενεργειακών τεχνολογιών και δομικών συστημάτων στη διεθνή αγορά
- Υπάρχει δυνατότητα συνεργασίας μηχανικών διαφόρων ειδικοτήτων.
- Η σχετική τεχνογνωσία στη χώρα μας είναι περιορισμένη .
- Άγνοια σε γενικές γραμμές εκ μέρους των θεσμικών φορέων, που σε συνδυασμό με την περιορισμένη τεχνογνωσία αυξάνει το κόστος και τις ενεργειακές απαιτήσεις

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. « Building Energy Efficiency in Schools:Guide to a Whole School Approach » BRESCU, Building Research Establishment, Watford, United Kingdom, 1996
2. «A guide to: Sustainable energy technologies for schools», Resources Research Unit, School of Environment and Development, Sheffield Hallam University, Energie-Cites, July 2000
3. G.Lohnert, A.Dalkowski, W.Sutter, « Integrated Design Process », A Guideline for Sustainable and Solar –Optimised Building Design, Task 23-IEA, Version 1.1,Berlin / Zug, April 2003.
4. «Guidelines for Environmental Design in Schools», Department for Department for Education and Skills, BB87, 2nd Version, May 2003.
5. H.V. Weenen, Introduction : Workshop «Passive Solar Schools», Castricum, Netherlands, March 2000
6. C.Grindley, Lessons from Passive Solar: Principals and experiences, Workshop «Passive Solar Schools», Castricum, Netherlands, March 2000
7. K.Buvik, Sun, light, and air- New school building design incorporates innovative low energy features, Workshop «Passive Solar Schools», Castricum, Netherlands, March 2000
8. S.Lo, B.Norton, Sustainable Passive Solar Schools, Workshop «Passive Solar Schools», Castricum, Netherlands, March 2000
9. J.O.Hansen, MEDUCA- Model EDUCAtional building for Integrated Energy Efficiency, Workshop «Passive Solar Schools», Castricum, Netherlands, March 2000.
10. «Energy Design Guidelines for High Performance Schools», US DOE, www.energysmartschools.gov
11. National Best Practises Manual for Building High Performance Schools, US DOE, www.energysmartschools.gov
12. T.M.Mroz, Subtask A: Overview of Retrofitting Measures, IEA ECBCS Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings-Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures, Poznan, Poland, September 2003.

13. F.Schmidt et al.,Subtask C:Calculation Tools for the Energy Concept Adviser, IEA ECBCS Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings- Software Development and Analysis Methods, July 2004
14. H.Kluttig, H. Erhornet, O.Morck,25 Case Study Reports from 10 different Countries, IEA ECBCS Annex 36: Retrofitting in Educational Buildings, 2002/03
15. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα, ΚΑΠΕ, RES Dissemination-ALTENER. <http://www.cres.gr>.
16. Ι.Καλδέλλης, Κ.Καββαδίας, Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας, Εκδόσεις Αθ.Σταμούλη, Αθήνα, 2001.
17. M.Nicklas, G.Bailey, «Texas Sustainable School Design Guideline» Innovative Design Inc., Padia consulting Inc., E Build Inc., Texas, 1999.
18. UB High Performance Building Guidelines, 2004,
<http://wings.buffalo.edu/ubgreen/guidelines>
19. S.J.Bosch LEED KPITHPIA
20. Ν.Χρυσομαλλίδου, « Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα», Εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.
21. «Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ» ΚΑΠΕ, Αθήνα,Αύγουστος 2001 . <http://www.cres.gr>.
22. «High Performance Schools Best Practices Manual», vol.III- Criteria, 2002, Collaborative for High Performance Schools, www.chps.net
23. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα; Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής»2002, ΚΑΠΕ, RES Dissemination-ALTENER. <http://www.cres.gr>.
24. High performance Building Guidelines, Department of Design and Construction. New York, 1999.
25. Washington sustainable schools: Planning Workbook for High Performance School Facilities, 2004, www.k12.wa.us/SchFacilities/default.aspx
26. «High Performance Schools Best Practices Manual», vol.II, 2002, Collaborative for High Performance Schools, www.chps.net
27. «Green Building Rating System for Existing Buildings-Upgrades Operation and Maintenance», Version 2, LEED-EB,US.Green Building Council, July 2005.
28. «Green Building Rating System for New Construction and Major Renovations», Version 2.1, LEED-NC,US.Green Building Council, Mar 2003.
29. «Daylighting Systems» www.squil.com

30. «Lighting Systems» www.schorsch.com/kbase/prod/redir/interior.html
31. [www.fsec.ucf.edu/.../ images/GlazingSystem.png](http://www.fsec.ucf.edu/.../images/GlazingSystem.png)
32. «Συστήματα Σκίασης» www.glasscon.gr/
33. Π.Γιαννούλη, Γ.Λευθεριώτη, Εφαρμογή νέων τεχνολογιών για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, Τεχνική Επιθεώρηση, Ιούλιος 2003.
34. «Οπτική Μετάδοση Πληροφοριών»
www.tex.unipi.gr/undergraduate/notes/ergonomia/KEFAL7
35. Ε.Πολυχρόνη, «Νέες τάσεις στην απόδοση δομικών υλικών – Έργο SAVE - “Green Catalogue” , Ημερίδα 30/11/04 «Βελτιστοποίηση Δομικών Προϊόντων και Συστημάτων στα πλαίσια των νέων θεσμικών απαιτήσεων για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» ΚΑΠΕ. <http://www.cres.gr>.
36. «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης», ΚΑΠΕ, 1999
37. www.greencatalogue.com
38. Α.Κορωναίος, Γ.Σαργέντης, «Δομικά Υλικά και Οικολογία », Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών, Αρχιτεκτονική Σχολή, ΕΜΠ, Αθήνα 2005.
39. A.Delsante, T.A.Vik, Hybrid Ventilation, IEA –ECBCS Annex 35,
40. «Οδηγός Ηλιακού Κλιματισμού» ΚΑΠΕ
41. « Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Συστήματα HVAC» ΚΑΠΕ
42. Κ.Σ. Τσίππρας, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων», Εκδόσεις Psystems, Αθήνα 2000.
43. « Ongoing Research Relevant for Solar Assisted Air Conditioning Systems », IEA Solar Heating and Cooling, Task 25, October 2002,
www.iea-sch-task25.org
44. Ε.Λάζαρη, « Ενέργεια και κτίριο στην Ελλάδα: Υφιστάμενη Κατάσταση, Τάσεις και Τεχνολογικές Προοπτικές», Τμήμα Κτιρίων , Διεύθυνση Εξοικονόμησης Ενέργειας , ΚΑΠΕ, Αθήνα, Οκτώβριος 2004.
45. Α.Κορωναίος, Γ.-Φ.Σαργέντης, « Δομικά Υλικά και Οικολογία», Σχολή Αρχιτεκτόνων, ΕΜΠ, Αθήνα 2005.
46. Δ.Βάμβουκα – Καλουμένου, « Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιομάζας: Η περίπτωση της Κρήτης», Πολυτεχνείο Κρήτης,
47. Θ.Τσούτσος, Ι.Μαυρογιάννης,«Τεχνικός οδηγός: Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας», ΚΑΠΕ,
48. «Συνδυασμένα θερμικά ηλιακά συστήματα για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης», ΚΑΠΕ , Ευρωπαϊκό Δίκτυο Sollet, Αθήνα, Απρίλιος 2005.

49. «Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων»
Υ.Α. Αριθ. 21475/4707/98 (ΦΕΚ 880 Β').
50. «Daylighting in Buildings», Thermie programme action, School of architecture, University College Dublin, 1994.
51. «Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας, η μόνη λύση»
<http://ape.chania.teicrete.gr/ape/general/simboulinf.htm>
52. «Ενέργεια και Περιβάλλον», Εργασία του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς.
53. Ι.Βλάχος, Γ.Γραμματικάκης, Β.Καραπαναγιώτης, Π.Κόκκοτας, Π.Περιστερόπουλος, Γ.Τιμοθέου, Φυσική Γενικής Παιδείας Α΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
54. Π.Γεωργακάκου, Α.Σκαλωμένου, Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2005.
55. Α.Ιωάννου, Γ.Ντάνου, Α.Πήττας, Σ.Ράπτης, Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Γ΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2005.
56. Α.Βιδιαδάκη, Χ.Κανελλοπούλου, Α.Μπινιάρη, Γ.Χατζαράκη, Ηλεκτρολογία Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Γ΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2005.
57. Α.Ιωάννου, Γ.Ντάνου, Α.Πήττας, Σ.Ράπτης, Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Β΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2005.
58. Σ.Αδαμαντιάδου κ.ά., Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ΄ Τάξης Ενιαίου Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

