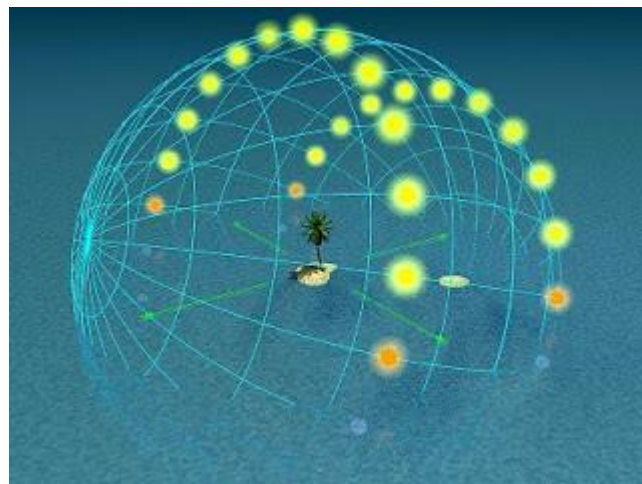


Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**“ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ
ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΧΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ & Φ/Β ”**



Επιβλέπων Καθηγητής:
Σπουδαστής:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ
ΜΑΚΡΙΔΗΣ ΝΙΚΗΤΑΣ

ΑΜ: 27232

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Ιωαννίδη κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων. Καθώς και όλους τους συνάδελφους μηχανικούς διαφόρων ειδικοτήτων που μοιραστήκαν τις γνώσεις τους και την εμπειρία τους μαζί μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	iii
Περιεχόμενα	iv
Λίστα σχημάτων	vii
Λίστα πινάκων	ix
Summary	xi
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	xii
1 ^ο Κεφάλαιο “ Βιοκλιματική αρχιτεκτονική ”	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Ηλιακή γεωμετρία	3
1.2.1 Ηλιακή τροχιά.....	5
1.2.2 Ηλίου ανάλημμα	7
1.3 Ηλιακοί χάρτες.....	8
1.3.1 Προσδιορισμός του ηλιασμού.....	10
1.3.2 Προσδιορισμός σκιασμού	11
1.4 Βασικές αρχές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.....	13
1.4.1 Λειτουργία κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης	13
1.4.1.1 Χωροθέτηση στο οικόπεδο	14
1.4.1.2 Προσανατολισμός.....	15
1.4.1.3 Μορφή κτιρίου.....	16
1.4.1.4 Σχήμα κτιρίου.....	16
1.4.1.5 Διάταξη χώρων	17
1.4.1.6 Ανοίγματα.....	18
1.4.1.7 Εξωτερικός χρωματισμός.....	18
1.4.2 Λειτουργία κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας	18
1.4.2.1 Λειτουργία κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας (Χειμώνας).....	20
1.4.2.2 Λειτουργία κτιρίου ως παγίδα φυσικού δροσισμού (Καλοκαίρι)	21
1.5 Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	22
1.5.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους	23
1.5.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους.....	29
1.5.2.1 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης.....	29
1.5.2.1.1 Ο τοίχος Trombe.....	30
1.5.2.1.2 Θερμοσιφωνικό πάνελο.	33
1.5.2.1.3 Απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελο.	33
1.5.2.1.4 Τοίχος νερού.....	35
1.5.2.2 Μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου	35
1.5.2.3 Πάχος του τοίχου και Υλικά κατασκευής	36
1.5.2.4 Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας	37
1.5.2.5 Ηλιακοί χώροι – Θερμοκήπια	37
1.5.2.6 Ηλιακό Αίθριο	41
1.6 Παθητικά συστήματα δροσισμού.....	41
1.6.1 Συστήματα ηλιοπροστασίας	42
1.6.1.1 Σκιασμός κτιρίου και ανοιγμάτων με βλάστηση.	42
1.6.1.2 Σκιασμός κτιρίου και ανοιγμάτων με σκιάστρα	42
1.6.1.2.1 Οριζόντια εξωτερικά σκιάστρα	43
1.6.1.2.2 Κατακόρυφα σκιάστρα.....	46
1.6.1.3 Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων	48
1.6.1.4 Ανακλαστικά επιχρίσματα.....	48
1.6.1.5 Φράγμα ακτινοβολίας.....	49
1.6.1.6 Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους	49
1.6.1.7 Φυτεμένο δώμα	49
1.6.2 Συστήματα φυσικού αερισμού	50

1.6.3	Ψύξη μέσω εδάφους	57
1.6.4	Ανεμοπροστασία – Διοχέτευση ανεμών	61
1.7	Φωτισμός.....	62
1.7.1	Αρχές, Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού.....	62
1.7.2	Τεχνητός Φωτισμός.....	67
1.8	Κατασκευή κτιρίου - προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων.....	74
1.8.1	Γενικά	74
1.8.2	Συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας U.....	75
1.8.3	Σχεδιασμός κτιρίου και θερμομόνωση	75
1.8.4	Θερμομόνωση ανοιγμάτων	77
1.8.5	Απώλειες θερμότητας κάτω από την επιφάνεια του εδάφους	79
2 ^ο	Κεφάλαιο “Ηλιακή ενεργεία”	80
2.1	Γενικά	80
2.2	Φωτοβολταϊκά	81
2.2.1	Ηλιακές κυψέλες.....	81
2.2.2	Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	84
2.3	Αντιστροφείς	85
2.3.1	Κριτήρια επιλογής αντιστροφέα	86
2.4	Συσσωρευτές.....	90
2.4.1	Συσσωρευτές μολύβδου - θεικού οξέος	90
2.4.1.1	Φόρτιση και εκφόρτιση.....	92
2.4.1.2	Χωρητικότητα μπαταρίας	92
2.4.1.3	Ρυθμός φορτίσεως.....	93
2.5	Υπολογισμός μέσης Ηλιακής ροής.....	93
2.5.1	Η μέση μηνιαία ακτινοβολία	95
2.5.2	Βέλτιστη θέση του συλλέκτη	97
3 ^ο	Κεφάλαιο “Σχεδιασμός / μελέτη κτιρίου γραφείων”	100
3.1	Σχεδιασμός	100
3.1.1	Σχεδιαγράμματα κτιρίου γραφείων	101
3.1.2	Μελέτη φωτισμού.....	102
3.1.3	Μελέτη θερμικών απωλειών.....	105
3.1.4	Μελέτη θερμικών φορτίων	105
3.1.5	Εκλογή κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (Κ.Κ.Μ.).....	106
3.1.6	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.....	108
3.2	Ενεργειακή μελέτη κτιρίου γραφείων	109
3.2.1	Γενική περιγραφή κτιρίου	109
3.2.2	Θερμικές ζώνες	110
3.2.3	Γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους.....	110
3.2.3.1	Δεδομένα επιφανειών κτιρίου.....	110
3.2.3.2	Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.....	111
3.2.3.3	Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους.....	112
3.2.4	Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος.....	113
3.2.5	Διαφανή δομικά στοιχεία	113
3.2.6	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους κουφωμάτων	114
3.2.7	Θερμογέφυρες.....	116
3.2.8	Θερμομονωτική επάρκεια.....	118
3.2.9	Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας.....	119
3.2.10	θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων	119
3.2.11	Συντελεστής σκίασης	120
3.2.12	Αερισμός.....	121
3.2.13	Φωτισμός.....	122
3.2.14	Ζεστό νερό χρήσης.....	123
3.2.15	Κλιματισμός – Αερισμός κτιρίου	124
3.2.15.1	Συστήματα θέρμανσης χώρων	124

3.3	Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου	127
	Βιβλιογραφία.....	
	Παράρτημα 1.....	
	Παράρτημα 2.....	
	Παράρτημα 3.....	

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Βιοκλιματικό κελύφος.....	2
Σχήμα 1.2 Γωνία ύψους – αζιμούθιο	3
Σχήμα 1.3 Στερεά γωνία	4
Σχήμα 1.4 Οι φαινόμενες από τη γη τροχιές του ήλιου.....	4
Σχήμα 1.5 Λόξωση	5
Σχήμα 1.6 Αφήλιο-Περιήλιο.....	6
Σχήμα 1.7 Θέση της ανατολής του Ήλιου σε διάφορες εποχές του χρόνου	6
Σχήμα 1.8 Ανάλημμα (Τουρκία αριστερά- Ελλάδα δεξιά 12 μ.μ).....	7
Σχήμα 1.9 Διάγραμμα του αναλήμματος σε σχέση με τις εποχές του χρόνου.....	7
Σχήμα 1.10 Ορθή Προβολή των τροχιών του ήλιου –Ηλιακός χάρτης.....	8
Σχήμα 1.11 Προσδιορισμός γωνιών του Ήλιου	10
Σχήμα 1.12 Καμπύλη σκιασμού	11
Σχήμα 1.13 Μετρητής σκιασμού	12
Σχήμα 1.14 Ταύτιση ηλιακού χάρτη και μετρητή σκιασμού.....	12
Σχήμα 1.16 Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας	15
Σχήμα 1.17 Διαστάσεις κτιρίων σε σχέση με το ηλιακό κέρδος.....	15
Σχήμα 1.18 Διαγραμματική κάτοψη και τομή βιοκλιματικού κελύφους	17
Σχήμα 1.19 Σχηματική παράσταση των βασικών ηλιακών παθητικών συστημάτων	22
Σχήμα 1.20 Ταξινόμηση των παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	23
Σχήμα 1.21 Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια νότια με διαφορετική κλίση.....	24
Σχήμα 1.22 Μέγεθος ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό.....	25
Σχήμα 1.23 Σχέση επιφάνειας ανοίγματος και της επιφάνειας κάτοψης που αυτό επηρεάζει.....	25
Σχήμα 1.24 Σχέση βάθους χώρου – ύψος ανοίγματος $L < 2,5H$	25
Σχήμα 1.25 Αποθήκευση θερμότητας στα εσωτερικά δομικά υλικά	26
Σχήμα 1.27 Είσοδος της ακτινοβολίας στο χώρο σε σχέση με το τύπο γυαλιού.....	27
Σχήμα 1.28 Αρχή λειτουργίας τοίχου Trombe - Michel.....	31
Σχήμα 1.29 Ορθή και ανάστροφη λειτουργία του τοίχου Trombe - Michel.....	31
Σχήμα 1.30 Όψη του τοίχου Trombe – Michel και λειτουργία του σε ένα κτίριο.....	31
Σχήμα 1.31 Ηλιακοί τοίχοι και θερμική άνεση	32
Σχήμα 1.32 Απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελ	33
Σχήμα 1.33 Τομή στον τοίχο νερού κατοικίας	34
Σχήμα 1.34 Οροφή νερού	34
Σχήμα 1.35 Η λειτουργία του ηλιακού χώρου χειμώνα –καλοκαίρι. Ημέρα - νύχτα.....	34
Σχήμα 1.36 Το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου	38
Σχήμα 1.38 Μέγεθος θερμοκηπίου σε σχέση με το μέγεθος των κλιματιζόμενων χωρών	39
Σχήμα 1.39 Κατοικία στους Αμπελόκηπους – Αθήνα	40
Σχήμα 1.40 Ηλιακό Αίθριο	41
Σχήμα 1.41 Σκίαση με δέντρα	42
Σχήμα 1.42 Οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα.....	44
Σχήμα 1.43 Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών (α) ή (β).....	44
Σχήμα 1.44 Προβολή της μάσκας σκιασμού στον αντίστοιχο μετρητή σκιασμού	44
Σχήμα 1.45 Περσίδες κεκλιμένες, διακοπτόμενες-Οριζόντιες προεξοχές για σκίαση όψης.....	45
Σχήμα 1.46 Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών (α) και (β).....	45
Σχήμα 1.47 Προβολή της μάσκας σκιασμού στον αντίστοιχο μετρητή σκιασμού	45
Σχήμα 1.48 Μορφές περσίδων για Ν.Δ. και Ν.Α. όψη.....	47
Σχήμα 1.49 Προβολή της μάσκας σκιασμού στον αντίστοιχο μετρητή σκιασμού	47

Σχήμα 1.50 Σκιασμός σε συνάρτηση με την κατακόρυφη γωνία α	48
Σχήμα 1.51 Φράγμα ακτινοβολίας.....	49
Σχήμα 1.52 Φυσικός αερισμός.....	51
Σχήμα 1.53 Διαφορετικές θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα.....	53
Σχήμα 1.54 Πύργος αερισμού.....	54
Σχήμα 1.55 Ηλιακή καμινάδα.....	55
Σχήμα 1.56 Ανεμιστήρες εξαερισμού.....	56
Σχήμα 1.57 Δροσισμός υπόσκαφου κτιρίου.....	57
Σχήμα 1.58 Εναλλάκτης εδάφους αέρος.....	58
Σχήμα 1.59 Ροή αέρα στον εξατμιστικό δροσισμό.....	59
Σχήμα 1.60 Α.Φυσική ψύξη με τη χρήση νερού. Β. Ύγρανση του ζεστού εξωτερικού αέρα..	59
Σχήμα 1.61 Σύστημα δροσίσου οροφής με ακτινοβολητή.....	60
Σχήμα 1.62 Δροσισμός δια ακτινοβολίας.....	61
Σχήμα 1.63.....	62
Σχήμα 1.64 Ανοίγματα οροφής.....	64
Σχήμα 1.65 Αίθριο.....	65
Σχήμα 1.66 Φωτοσωληνας.....	66
Σχήμα 1.67 Ράφι φωτισμού.....	67
Σχήμα 1.68 Ανακλαστήρες, περσίδες.....	67
Σχήμα 1.69 Ψηφιακός Προγραμματιστής.....	70
Σχήμα 1.70 Σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό.....	74
Σχήμα 1.71 Επιδράσεις πάνω στο εξωτερικό τοίχωμα.....	76
Σχήμα 2.1 Τα μέρη ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος.....	80
Σχήμα 2.2 Τα μέρη ενός αυτονόμου φωτοβολταϊκού συστήματος.....	80
Σχήμα 2.3 Λειτουργία της ηλιακής κυψέλης.....	81
Σχήμα 2.5 Τεχνολογίες Φ/Β κυψελών.....	84
Σχήμα 2.6 Φωτοβολταϊκή κυψέλη με αγωγούς.....	84
Σχήμα 2.7 Παράλληλη και εν σειρά σύνδεση κυψελών.....	85
Σχήμα 2.9 Αναστροφείς.....	85
Σχήμα 2.10 Συσσωρευτές.....	90
Σχήμα 2.11 Τομή μπαταρίας μολυβδου.....	91
Σχήμα 2.12 Χωρισμός της χώρας σε ζώνες.....	94
Σχήμα 2.13 Προσανατολισμός συλλέκτη.....	96
Σχήμα 2.14 Μέση Ηλιακή ακτινοβολία.....	98
Σχήμα 2.15 Βέλτιστη θέση του συλλέκτη.....	99
Σχήμα 3.16 Καλλιτεχνική απεικόνιση νοτιοανατολικής όψης.....	101
Σχήμα 3.17 Καλλιτεχνική απεικόνιση βορειοδυτικής όψης.....	101
Σχήμα 3.18 Κάτοψη τυπικού ορόφου.....	102
Σχήμα 3.20 Απεικόνιση της χωροθέτησης των Φ/β πάνελ στο δάμα του κτιρίου.....	108
Σχήμα 3.21 Απεικόνιση της εσωτερικής διαμόρφωσης τυπικού ορόφου ενεργός.....	110
Σχήμα 3.23 Απεικόνιση των θερμογεφυρών στην ανατολική όψη τυπικού ορόφου.....	118
Σχήμα 3.24 Γωνία σκίασης β νότιας όψης λόγω οριζοντίου προβόλου.....	120

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Γεωγραφικά πλάτη ανά πολη/περιοχή.....	9
Πίνακας 1.2 Προτεινόμενες χρονικές καθυστερήσεις ανα προσανατολισμό.....	20
Πίνακας 1.3 Μέγεθος ανοιγμάτων Νότιου προσανατολισμού για 38 Β.Γ.Π.....	27
Πίνακας 1.4 Τύποι παραθύρων.....	28
Πίνακας 1.5 Συμβολή του τύπου παραθύρων στην κατανάλωση ενεργείας	28
Πίνακας 1.6 Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου Νότιου προσανατολισμού για 38° Β.Γ.Π.	36
Πίνακας 1.7 Μέγεθος θερμοκηπίου σε σχέση με το μέγεθος των κλιματιζόμενων χώρων ...	40
Πίνακας 1.8 Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό.....	68
Πίνακας 1.9 Τύπος τζαμιού και θερμομόνωση που προσφέρει στο κούφωμα.	77
Πίνακας 2.1 Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών.....	83
Πίνακας 2.2 Τεχνολογίες συσσωρευτών.....	90
<i>Πίνακας 2.3 Χωρισμός της χώρας σε ζώνες.....</i>	<i>94</i>
Πίνακας 2.4 Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (MJ/m ² mo).....	94
Πίνακας 2.5 Μεσοι συντελεστες ` R	95
Πίνακας 3.6 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.....	103
Πίνακας 3.7 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.....	103
Πίνακας 3.8 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.....	104
Πίνακας 3.9 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.....	104
Πίνακας 3.10 Θερμικές απώλειες ανά όροφο.....	105
Πίνακας 3.11 Κλιματιστικά φορτία ανά όροφο	105
Πίνακας 3.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά της ΚΚΜ	107
Πίνακας 3.13 Τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας (Α.Θ.)	107
Πίνακας 3.14 Τεχνικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας	107
Πίνακας 3.15 Γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου	109
Πίνακας 3.16 Γενικά στοιχεία λειτουργίας κτιρίου αναφοράς.....	109
Πίνακας 3.17 Επιμέρους χρήσεις χώρων του κτηρίου και επιφάνειες αυτών.....	110
Πίνακας 3.18 Συγκεντρωτικά στοιχεία των επιφανειών των δομικών στοιχείων.....	111
Πίνακας 3.19 Ανάλυση θερμοπερατότητας τοιχοποιίας.....	111
Πίνακας 3.20 Ανάλυση θερμοπερατότητας φέροντος οργανισμού.....	112
Πίνακας 3.21 Ανάλυση θερμοπερατότητας πλάκας δώματος.....	112
Πίνακας 3.22 Ανάλυση θερμοπερατότητας πλάκας δαπέδου.....	113
Πίνακας 3.23 Ανοίγματα τύπου Α στην δυτική και ανατολική όψη.....	115
Πίνακας 3.24 Ανοίγματα τύπου Β στην βόρεια όψη.....	115
Πίνακας 3.25 Ανοίγματα τύπου Γ στην βόρεια όψη.....	115
Πίνακας 3.26 Ανοίγματα τύπου Δ στη νότια όψη.....	116
Πίνακας 3.27 Είσοδος στη βόρεια όψη.....	116
<i>Πίνακας 3.28 Ανάλυση θερμογεφυρών κτιρίου.....</i>	<i>117</i>
Πίνακας 3.29 Έλεγχος θερμομονώτικης επάρκειας.....	118
Πίνακας 3.30 Ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα.....	119
Πίνακας 3.31 Συντελεστής σκίασης προβόλου.....	121
Πίνακας 3.32 Αερισμός λόγω χαραμάδων.....	122
Πίνακας 3.33 Παράμετροι συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	122
Πίνακας 3.34 Παράμετροι συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	123
Πίνακας 3.35 Παράμετροι συστήματος τεχνητού φωτισμού.....	123
Πίνακας 3.36 Στοιχεία κεντρικής μονάδας αντλίας θερμότητας.....	125
Πίνακας 3.37 Στοιχεία κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.....	126
Πίνακας 3.38 Απώλειες δικτύου διανομής (%).....	126

SUMMARY

This assignment began as an implementation study of photovoltaic systems and their adaptation to office buildings. Soon however, I realized that the use of photovoltaic systems is unreliable and of low energy significance if they are not accompanied by energy saving techniques. Also, due to low energy yield an annexed photovoltaic system can cover a very small percentage of an energy imprint of a building system.

Therefore, the design of a building actively efficient with the use of bioclimatic architecture was considered necessary, with methods that have been used for decades as well as proper and targeted studies and management of the energy consuming systems of buildings, which have also evolved rapidly over the last years. The combination of the legacy and evolution can lead us to a sustainable energy efficiency which is a “green building”.

Choosing a building for offices isn't random as it constitutes a large percentage of energy consumption in Greece. Furthermore, we shouldn't forget that offices are living systems with many hours of function a year. Their green design does not only benefit in saving energy, but at the same time creates a friendlier, more efficient and healthier work environment for the employees, increasing their production. In my opinion an investment such as that is energy efficient and financially sustainable.

To prove the energy efficiency of a building system, at the end of my assignment there is an energy study according to the new regulation KENAK, where at the beginning there is an introduction of the theory of the basic principles of bioclimatic architecture and of the photovoltaic systems.

I hope this assignment works as an inspiration for my colleagues who want to deal with energy saving and its renewable sources.

Finally, the purpose of this assignment is to give a general idea of energy-saving techniques and does not delve into a detailed analysis or information that would be excessive and that is why many of these techniques involve specific knowledge related to other specialties.

Keywords: Bioclimatic design, PV, Photovoltaic's systems, Energy saving , natural lighting, day lighting, energy certificates, natural ventilation, office buildings.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εργασία αυτή ξεκίνησε ως μια εφαρμογή μελέτης Φωτοβολταϊκού συστήματος και προσαρμογή αυτού σε ένα κτίριο γραφείων. Σύντομα όμως μου έγινε αντιληπτό ότι η χρήση των Φ/β είναι ενεργειακά ανεύθυνα και μικρής ενεργειακής σημασίας αν δεν συνοδεύεται με τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας. Λόγο χαμηλής ακόμη ενεργειακής απόδοσης ένα προσαρτημένο φ/β σύστημα καλύπτει ένα πολύ μικρό ποσοστό του ενεργειακού αποτυπώματος ενός κτιριακού συστήματος.

Οπότε κρίθηκε αναγκαίο η σχεδίαση ενός κτιρίου ενεργά αποδοτικού με χρήση των τεχνικών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, αρχές που είναι γνωστές εδώ και δεκαετίες. καθώς και με σωστή στοχευόμενη μελέτη και διαχείριση των συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου, αρχές με ραγδαία εξέλιξη τα τελευταία χρόνια, Το πάντρεμα λοιπόν της κληρονομιάς και της εξέλιξης μπορεί να μας οδηγήσει σε ένα βιώσιμο ενεργειακά αποδοτικό και κατ' επέκταση "πράσινο κτίριο".

Η επιλογή της χρήσης του κτιρίου ως κτιρίου γραφείων δεν είναι τυχαία καθώς αποτελεί μια μεγάλη μερίδα της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, Επίσης να μην ξεχνούμε ότι τα γραφεία είναι ένα ζωντανό σύστημα με πολλές ώρες λειτουργίας το χρόνο. Η πράσινη σχεδίαση του δεν ωφέλει μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά ταυτόχρονα δημιουργεί ένα φιλικότερο αποδοτικότερο και πιο υγιεινό περιβάλλον εργασίας για τους απασχολούμενους μέσα σε αυτό αυξάνοντας ταυτόχρονα την απόδοσή του, Κατά την άποψή μου λοιπόν είναι ενεργειακά αποδοτική, οικονομικά βιώσιμη και ελκυστική μια τέτοια επένδυση.

Για την απόδειξη της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού συστήματος μας παρουσιάζεται στο τέλος της εργασίας μια ενεργειακή μελέτη αυτού σύμφωνα με τον νέο κανονισμό KENAK καθώς γίνεται στην αρχή της μια εισαγωγή στη θεωρία των βασικών αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αλλά και των Φ/β συστημάτων.

Ελπίζω η εργασία αυτή να λειτουργήσει ως μοχλός και έμπνευση για συναδέλφους που θέλουν να ενασχοληθούν με την εξοικονόμηση ενέργειας και τις ανανεώσιμες πηγές αυτής.

Τέλος να σημειωθεί ότι ο σκοπός της εργασίας είναι να δοθεί μια γενική αίσθηση των τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας και δεν εμβαθύνει σε λεπτομερέστερες αναλύσεις μιας και όγκος πληροφοριών θα ήταν πολύ μεγάλος αλλά και λόγω του ότι πολλές από αυτές τις τεχνικές αφορούν σε εξειδικευμένες γνώσεις.

Λέξεις κλειδιά: Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Φωτοβολταϊκά, εξοικονόμηση ενέργειας, φυσικός φωτισμός, Ενεργειακό πιστοποιητικό, Μελέτη σκιασμού, Φυσικός αερισμός, κτίριο γραφείων.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ”

1.1 Εισαγωγή

Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων ή ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ή η ορθολογική χρήση της ενέργειας, έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, έχουν ένα και μοναδικό στόχο να διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου - χειμώνα καλοκαίρι - και συνεπώς να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, περιβαλλοντικά με τη μείωση των εκπομπών CO₂, ποιότητα ζωής κ.λπ. Ο παραπάνω στόχος στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας μ' αυτόν τον τρόπο την εξάρτηση από το μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

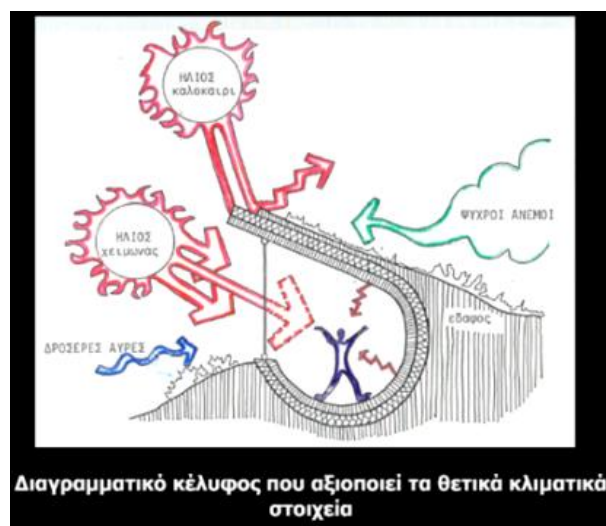
Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται από το τοπικό κλίμα και έχει τους παρακάτω στόχους:

- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) και την διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν «φυσικά» συστήματα θέρμανσης, αλλά και φωτισμού.
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.

- Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός, κυρίως τις νυχτερινές ώρες.
- Βελτίωση - ρύθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στους χώρους
- Εξασφάλιση επαρκούς ηλιασμού και ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας για φυσικό φωτισμό των κτιρίων, ο οποίος θα πρέπει να εξασφαλίζει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.
- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια, ακολουθώντας τις παρακάτω αρχές.

Βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι

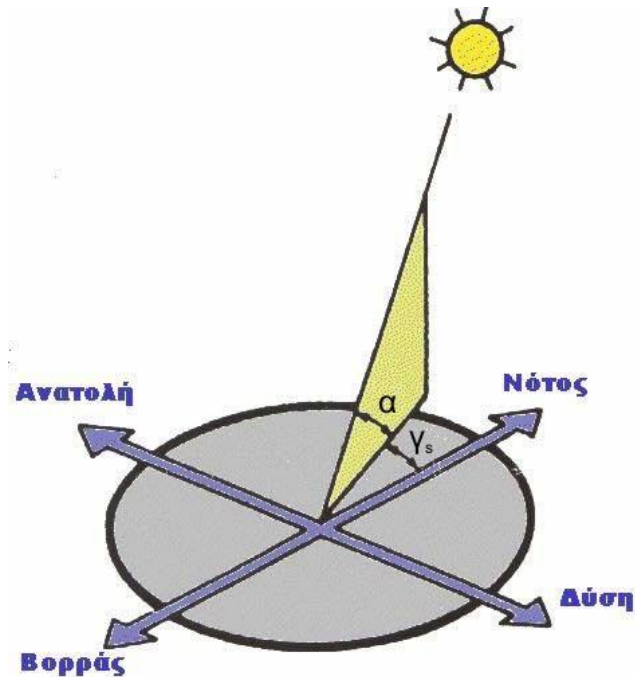
1. το κτίριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης το χειμώνα.
2. το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας το χειμώνα
4. το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι.



Σχήμα 1.1 Βιοκλιματικό κέλυφος

Ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας σε ένα βιοκλιματικό σύστημα. Είναι λοιπόν σημαντικό να μελετήσουμε την συμπεριφορά αυτής της εισόδου που εξαρτάται, από την θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο του χώρου που βρίσκεται αυτό.

Αυτή η θέση αποκωδικοποιείται σε χρονικά και σε γεωμετρικά μέτρα χρησιμοποιώντας την ηλιακή γεωμετρία (βλέπε σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2 Γωνία ύψους – αζιμούθιο

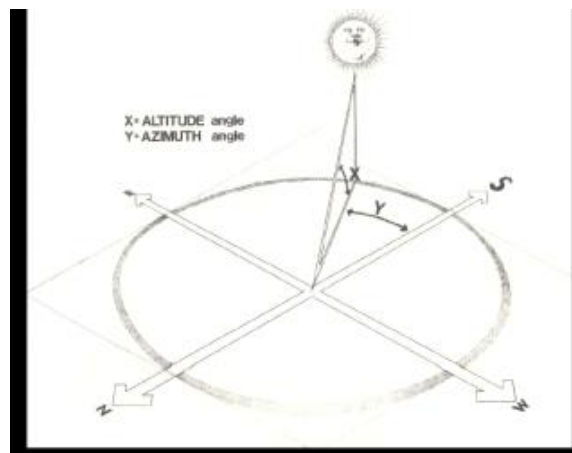
1.2 Ηλιακή γεωμετρία

Η θέση του ήλιου στον ουρανό ενός τόπου περιγράφεται συνήθως με δύο γωνίες, το ύψος και το αζιμούθιο. Το ύψος του ήλιου (α) είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στον ορίζοντα (0-90 από το επίπεδο του ορίζοντα προς το Ζενίθ) (σχήμα 1.2). Αντί για το ύψος, χρησιμοποιείται επίσης συχνά η συμπληρωματική της γωνίας, δηλαδή η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στην κατακόρυφο, που ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση Z (ή ζενιθιακή γωνία) του ήλιου. ($Z=90^\circ - \alpha$ και μετριέται επίσης στον κατακόρυφο του ήλιου από 0-180° με αρχή το Ζενίθ του παρατηρητή) Ζενίθ είναι το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου, και ο όρος προέρχεται από την αραβική λέξη **Senit** που σημαίνει ευθεία οδός.

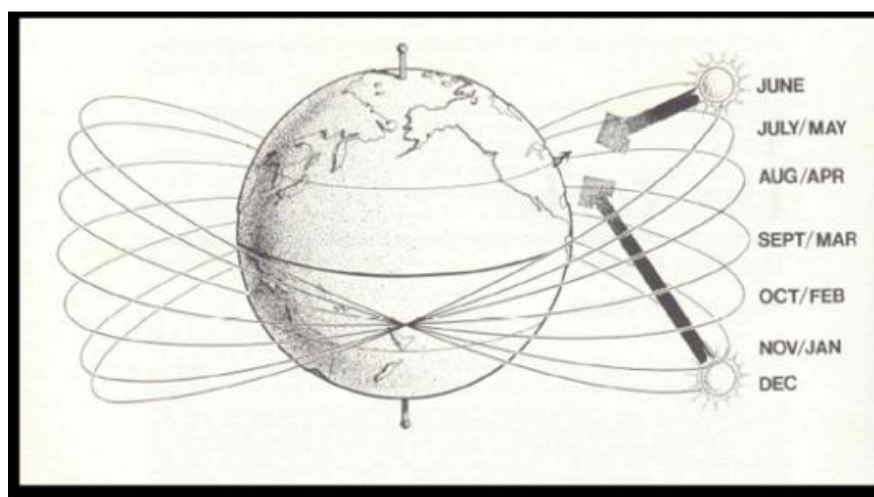
Η δεύτερη χαρακτηριστική γωνία του ήλιου, το ηλιακό αζιμούθιο (θ), είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στη προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά - νότου. ο όρος προέρχεται από την αραβική λέξη **as summut**, που σημαίνει κατεύθυνση.

Προς τα δεξιά από τον νότο, το ηλιακό αζιμούθιο παίρνει θετικές τιμές, και προς τα αριστερά αρνητικές τιμές. Κατά την διάρκεια της ημέρας, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο μεταβάλλονται συνεχώς καθώς ο ήλιος διατρέχει τον ουρανό.

Η θέση του ήλιου λοιπόν ορίζεται από την στερεά γωνία, η οποία αναλύεται στην γωνία ύψους που ορίζεται από τη θέση του ήλιου στον ουρανό ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τη γωνία αζιμούθιου στο οριζόντιο επίπεδο σε σχέση με τον νότο (σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3 Στερεά γωνία



Σχήμα 1.4 Οι φαινόμενες από τη γή τροχιές του ήλιου

1.2.1 Ηλιακή τροχιά

Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο σε ελλειπτική τροχιά. Η διάμετρος που είναι κάθετη, ως προς τη τροχιά αυτή, ονομάζεται **άξονας της ελλειπτικής τροχιάς** και σχηματίζει γωνία 23.45 μοιρών με τον άξονα περιστροφής της γης (**λόξωση**).



Σχήμα 1.5 Λόξωση

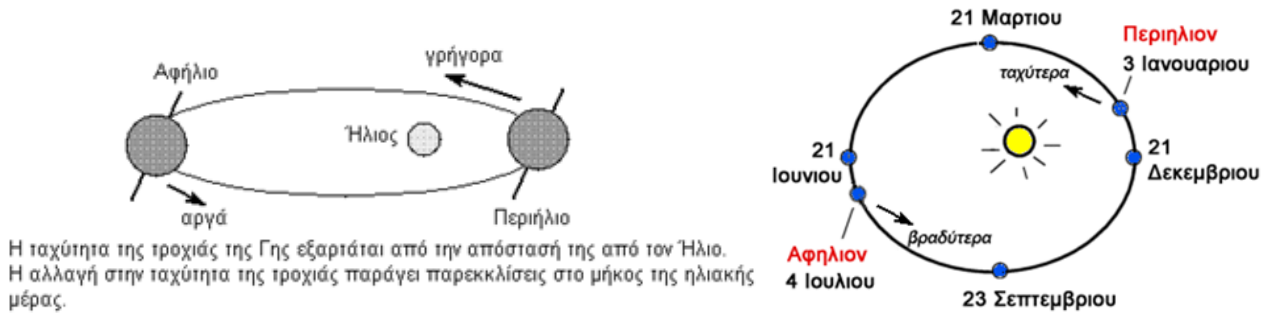
Κατά την μικρότερη τιμή της ακτίνας της τροχιάς αυτής έχουμε το **περιήλιον** και την μικρότερη γωνιακή ταχύτητα της Γης (2 Ιανουαρίου).

Κατά την μικρότερη φαινόμενη τροχιά του ήλιου (σχήμα 1.6) έχουμε το **Χειμερινό Ηλιοστάσιο**. Την μικρότερη μέρα του χρόνου για το βόρειο ημισφαίριο (21 Δεκεμβρίου, λόγω της μικρής ακτίνας και της λόξωσης οι γωνίες ύψους και αζιμούθιου του ήλιου παίρνουν της μικρότερες τιμές).

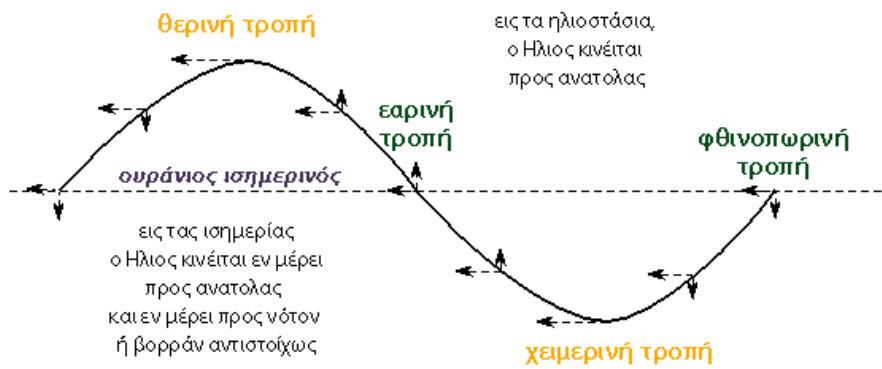
Κατά την μεγαλύτερη τιμή της ακτίνας της τροχιάς αυτής έχουμε το **αφήλιον** και την μεγαλύτερη γωνιακή ταχύτητα της Γης (2 Ιουλίου).

Κατά την μεγαλύτερη φαινόμενη τροχιά του ήλιου (σχήμα 1.6) έχουμε το **Καλοκαιρινό Ηλιοστάσιο**. Την μεγαλύτερη μέρα του χρόνου για το βόρειο ημισφαίριο (21 Ιουνίου, λόγω της μεγάλης ακτίνας και της λόξωσης οι γωνίες ύψους και αζιμούθιου του ήλιου παίρνουν της μεγαλύτερες τιμές).

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται γραφικά στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 1.6 Αφήλιο-Περιήλιο



Μολάει...

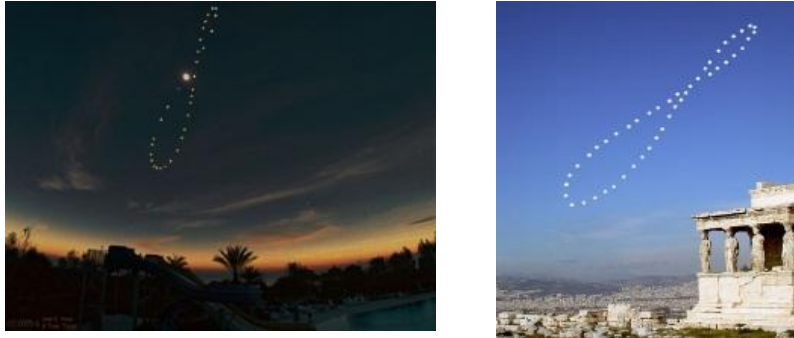


ΘΕΡΙΝΟ ΗΛΙΟΣΤΑΣΙΟ - ΙΣΗΜΕΡΙΑ - ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΗΛΙΟΣΤΑΣΙΟ

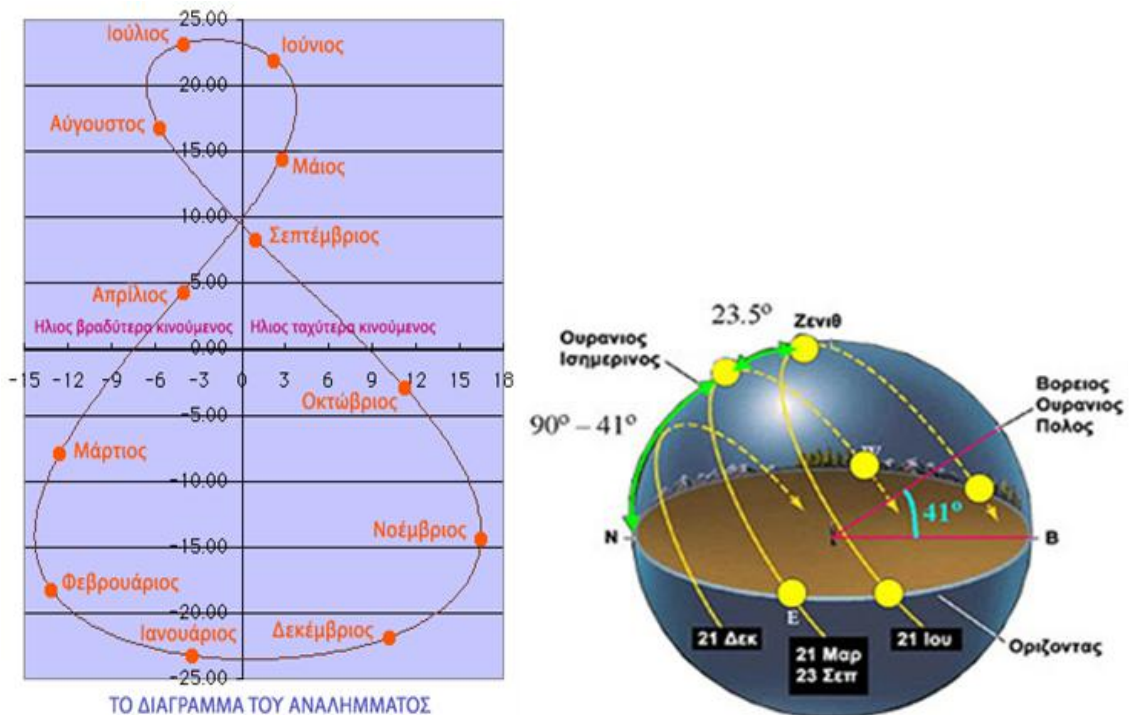
Σχήμα 1.7 Θέση της ανατολής του Ήλιου σε διάφορες εποχές του χρόνου

1.2.2 Ηλίου ανάλημμα

Εάν επιχειρήσουμε να φωτογραφίζαμε κάθε μέρα τον ήλιο από το ίδιο σημείο και την ίδια ώρα, ο ήλιος θα εμφανιζόταν να έχει διαφορετική θέση κάθε ημέρα, σχηματίζοντας μια πορεία που μοιάζει με τον αριθμό 8. Αυτή η πορεία καλείται **ανάλημμα**.

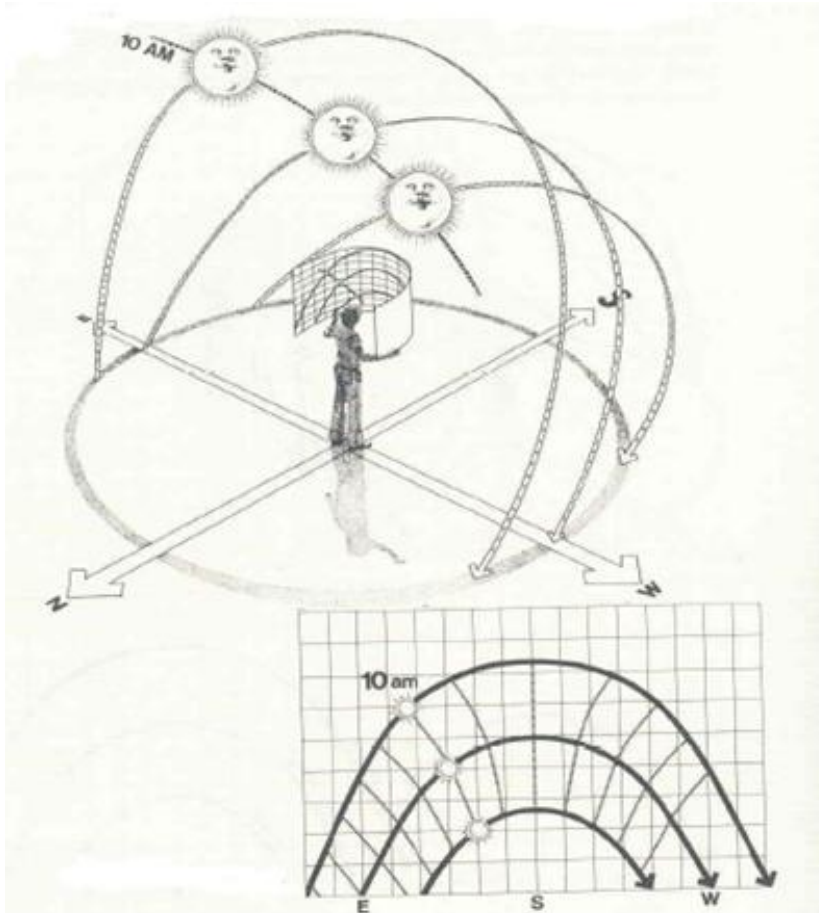


Σχήμα 1.8 Ανάλημμα (Τουρκία αριστερά- Ελλάδα δεξιά 12 μ.μ)



Σχήμα 1.9 Διάγραμμα του αναλήμματος σε σχέση με τις εποχές του χρόνου.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι κάθε μέρα η θέση του ήλιου την ίδια ώρα είναι διαφορετική όπως και η απόσταση του ήλιου σε σχέση με την γη και το σημείο ανατολής και δύσης. Τα παραπάνω μπορούμε να τα παρακολουθήσουμε συνδυασμένα χρησιμοποιώντας την ηλιακή γεωμετρία στις φαινόμενες τροχιές (σχήμα 1.9) του ήλιου ως προς τη Γη. Η ορθή προβολή αυτών (σχήμα 1.10) ονομάζεται **ηλιακός χάρτης** (κεφ. 1.3).



Σχήμα 1.10 Ορθή Προβολή των τροχιών του ήλιου –Ηλιακός χάρτης

1.3 Ηλιακοί χάρτες

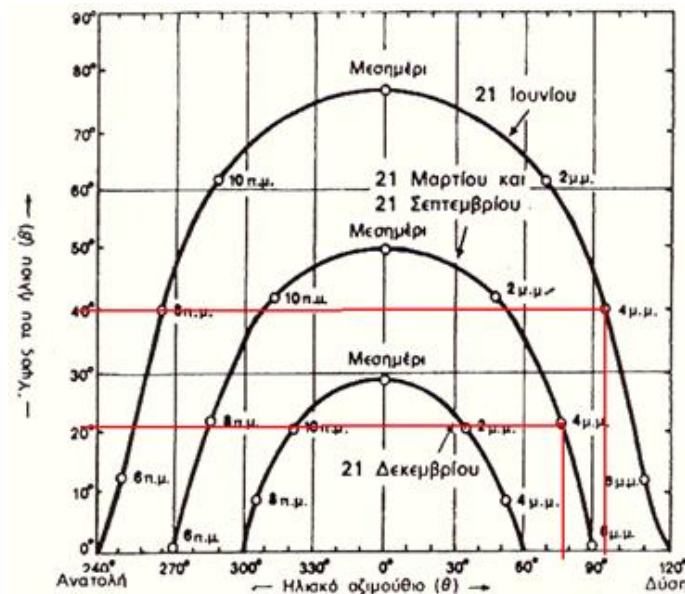
Η ορθή προβολή της τροχιάς του ήλιου στη διάρκεια ενός έτους όπως φαίνεται από τη Γη, ονομάζεται ηλιακός χάρτης. Ο χάρτης αυτός προσδιορίζει τη θέση του ήλιου οποιαδήποτε ώρα της ημέρας κάθε μήνα (συνήθως στην 21^η του μήνα), στο συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος φ του τόπου (σημείο μελέτης).

Τα γεωγραφικά πλάτη των περιοχών της Ελλάδας παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα 1.1

Πίνακας 1.1 Γεωγραφικά πλάτη ανά πόλη /περιοχή

Πόλη ή περιοχή	Γεωγραφικό πλάτος
Σιδηρόκαστρο, Διδυμότειχο, Ορεστιάδα, Φλώρινα, , Έδεσσα, Γιαννιτσά, Κιλκίς, Σέρρες, Δράμα, Καβάλα	41°30'
Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη	41°
Καστοριά, Πτολεμαίδα, Κοζάνη, Νάουσα, Βέροια, Κατερίνη, Θεσσαλονίκη, Πολύγυρος, Σαμοθράκη	40°30'
Κόνιτσα, Γρεβενά, Λιτόχωρο, Κασσάνδρα, Λήμνος	40°
Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Μέτσοβο, Τρίκαλα, Καρδίτσα, Λάρισα, Βόλος -	39°30'
Λευκάδα, Πρέβεζα, Άρτα, Καρπενήσι, Λαμία, Σκύρος, Μυτιλήνη	39°
Κεφαλληνία, Ιθάκη, Αγρίνιο, Μεσολόγγι, Πάτρα, Άμφιλοχία, Λιβαδειά, Θήβα, Χαλκίδα, Χίος	38° 30'
Ζάκυνθος, Αμαλιάδα, Καλάβρυτα, Κόρινθος, Μέγαρα, Ελευσίνα, Αθήνα, Ραφήνα, Κάρυστος, Άνδρος, Ικαρία, Σάμος	38°
Πύργος, Μεγαλόπολη, Τρίπολη, Άργος, Ναύπλιο, Πόρος, Σύρος, Πάτμος	37° 30'
Πύλος, Καλαμάτα, Σπάρτη, Πάρος, Νάξος, Κάλυμνος, Κως	37°
Γύθειο, Μήλος, Σαντορίνη, Ρόδος	36° 30'
Κύθηρα, Καστελόριζο	36°
Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Κάσσος, Κάρπαθος	35° 30'
Χώρα Σφακιών, Ιεράπετρα, Αγ.Νικόλαος Κρήτης ,	35°

Προσδιορισμός γωνιών του ήλιου



Σχήμα 1.11 Προσδιορισμός γωνιών του Ήλιου

Αν, λοιπόν θέλουμε να προσδιορίσουμε τα γεωμετρικά μέτρα του ήλιου για την 21^η Ιουνίου στις 4μ.μ. σε ένα σημείο με Β.Γ.Π.=38° τότε:

-Βρίσκουμε την τροχιά του ήλιου της 21^{ης} Ιουνίου στον ηλιακό χάρτη για 38° Β.Γ.Π.

-Βρίσκουμε το σημείο που βρίσκεται ο ήλιος στις 4μ.μ., και από το σημείο αυτό χαράζουμε κάθετη ευθεία προς στην τεταγμένη. Προκύπτει αζιμούθιο ήλιου $\theta=95$ μοίρες.

-Από το ίδιο σημείο χαράζουμε κάθετη προς την τεταγμένη. Προκύπτει γωνία ύψους $\beta=40$ μοίρες.

1.3.1 Προσδιορισμός του ηλιασμού

Ο προσδιορισμός του ηλιασμού βασίζεται στη συσχέτιση των γεωμετρικών δεδομένων του κτιρίου με τα γεωμετρικά δεδομένα της εκάστοτε θέσης του ήλιου. Δηλαδή επιχειρείται, με βάση τις φαινόμενες τροχιές του ήλιου, να καθορισθεί ο ηλιασμός ενός χώρου ή κτιρίου σε όλη την διάρκεια του χρόνου.

1.3.2 Προσδιορισμός σκιασμού

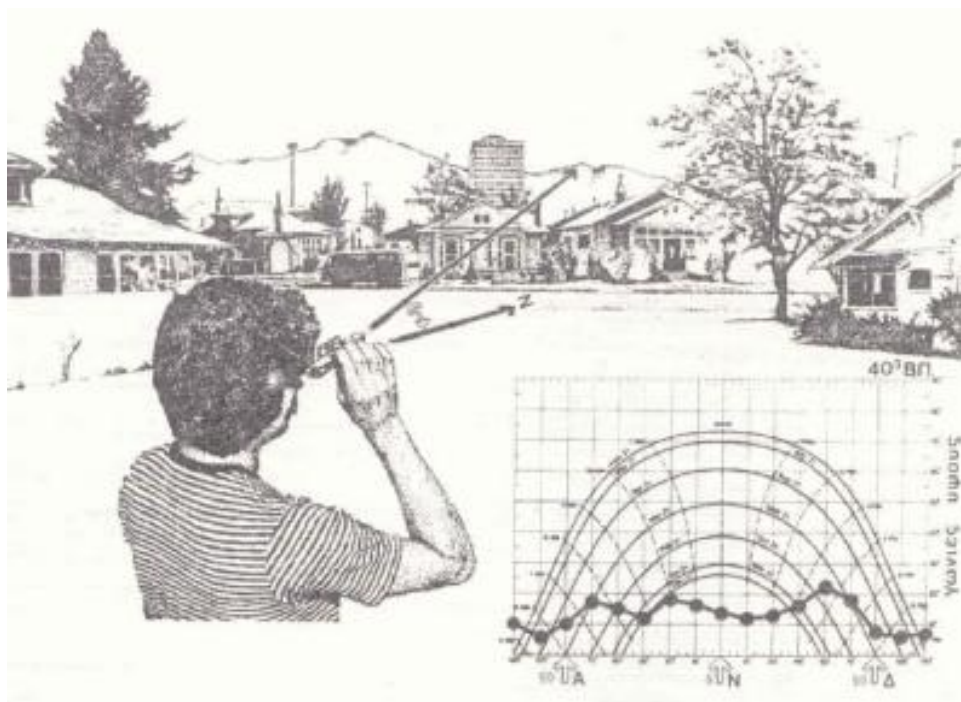
Για να προσδιορίσουμε το σκιασμό από το περιβάλλοντα χώρο πράττουμε ως εξής:

-Προσανατολίζουμε το οικοπέδο ή το κτίριο (π.χ. αν είναι νότιο η γωνία αζιμούθιου του οικοπέδου είναι 0) και σημειώνουμε με ένα βέλος την ακριβή γωνία πάνω στον ηλιακό χάρτη.

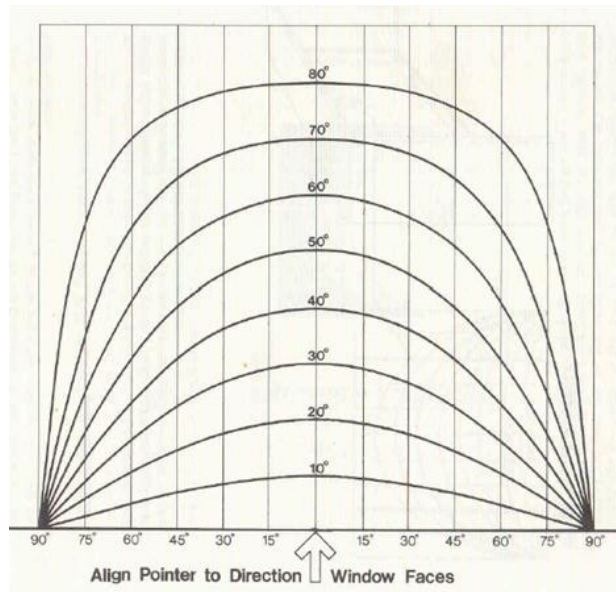
-Προσανατολίζουμε και ορίζουμε τα αζιμούθια των εμποδίων που βρίσκονται ανάμεσα στις τιμές 90 και -90 μοιρών. Από τα σημεία αυτά τα έχουμε τώρα σημειώσει στην ηλιακό χάρτη υψώνουμε κάθετες ως προς τα σημεία των γωνιών ύψους του εκάστοτε εμποδίου (σχήμα 1.12).

-Ενώνουμε όλα τα σημεία των γωνιών ύψους των εμποδίων και σχηματίζεται μια καμπύλη που περιγράφει τον σκιασμό από το περιβάλλοντα χώρο.

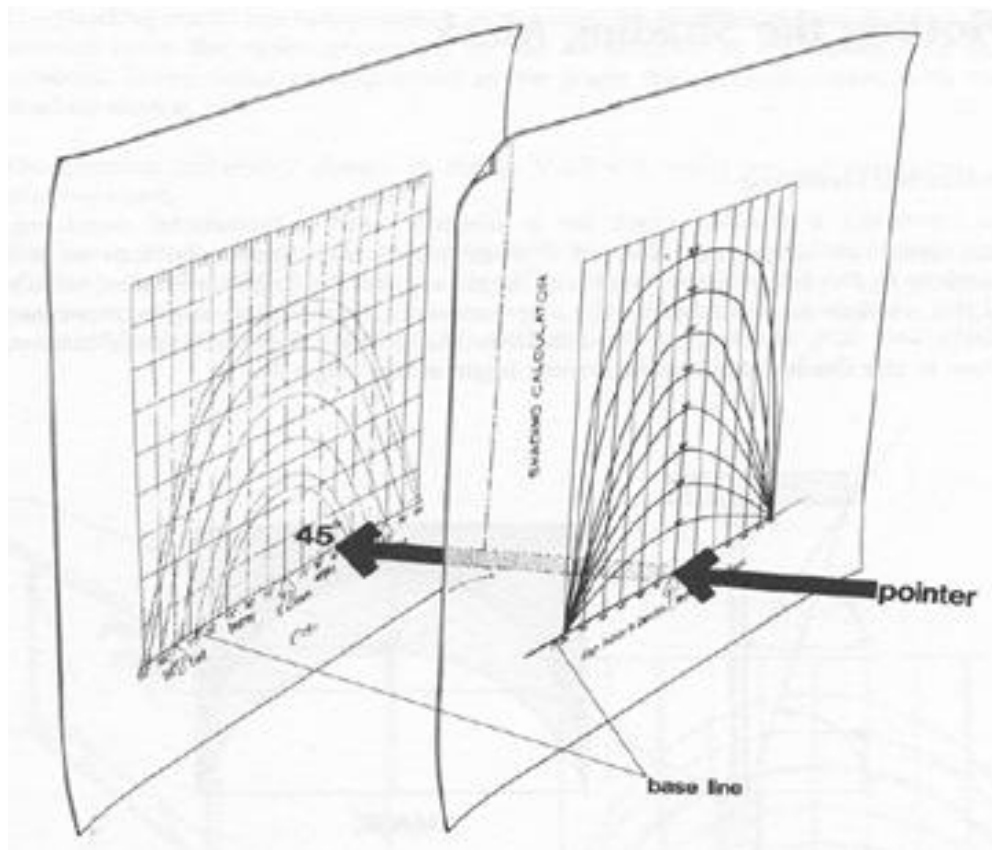
-Εάν έχουμε ένα ισοϋψή εμπόδιο, όπως ένα κτίριο, τότε χρησιμοποιούμε τον μετρητή σκιασμού (σχήμα 1.13) έχοντας γνωστό το αζιμούθιο και τη γωνία ύψους του εμποδίου (σχήματα 1.13-1.14).



Σχήμα 1.12 Καμπύλη σκιασμού



Σχήμα 1.13 Μετρητής σκιασμού



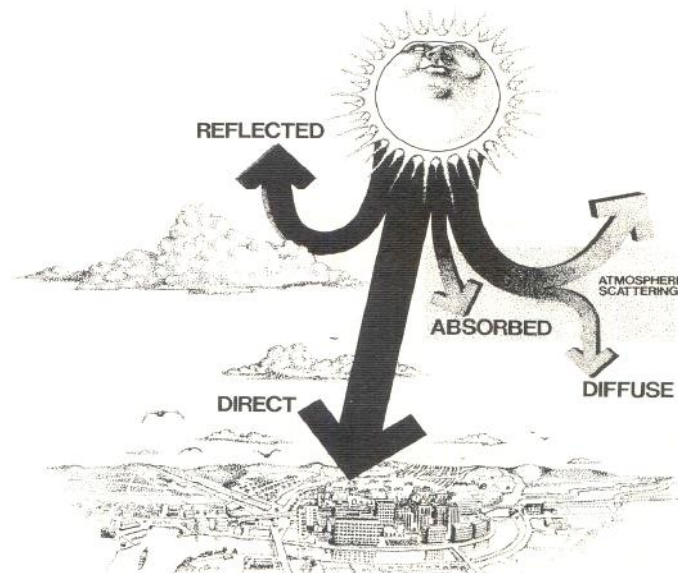
Σχήμα 1.14 Ταύτιση ηλιακού χάρτη και μετρητή σκιασμού

1.4 Βασικές αρχές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Συνεχίζοντας από την εισαγωγή παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι βασικές αρχές σχεδίασης ενός βιοκλιματικού συστήματος.

1.4.1 Λειτουργία κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης

Από τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία (1.2 kW/m^2) ένα ποσοστό περίπου 35% ανακλάται από τα σύννεφα και την ατμοσφαιρική σκόνη πίσω προς το διάστημα. Το υπόλοιπο τμήμα φτάνει στη γη υπό μορφή άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας. Η άμεση ακτινοβολία αντιστοιχεί στο 46% της συνολικής και είναι αρκετή για να καλύψει αρκετές ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου. Για αυτό σχεδιάζουμε το σύστημα με γνώμονα την **εκμετάλλευση της δωρεάν** αυτής ενέργειας.

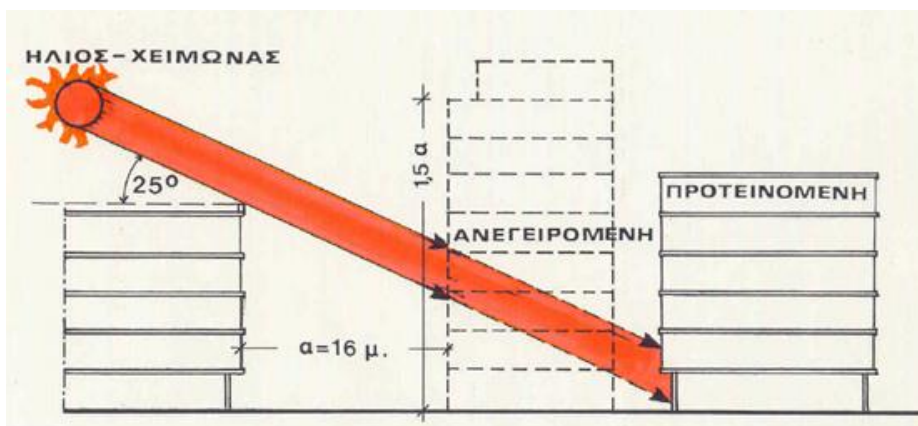
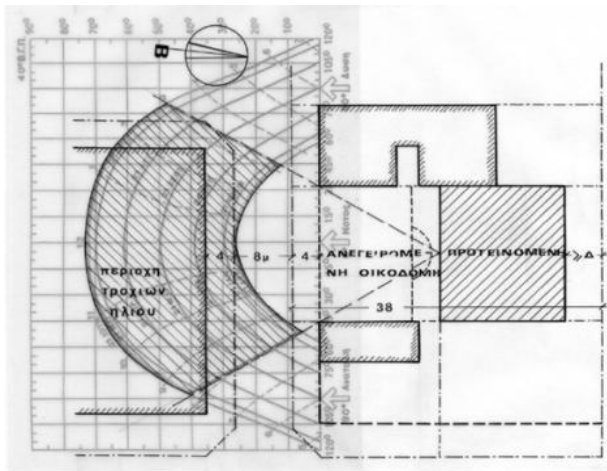


Η λειτουργία ενός κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Χωροθέτηση στο οικόπεδο
- Προσανατολισμός
- Μορφή κτιρίου
- Σχήμα κτιρίου
- Διάταξη χώρων
- Ανοίγματα
- Εξωτερικός χρωματισμός

1.4.1.1 Χωροθέτηση στο οικόπεδο

Επιλέγοντας τον κατάλληλο ηλιακό χάρτη (παρ. 1.3) καταγράφουμε τον σκιασμό του περιβάλλοντος χώρου πάνω στο οικόπεδο που θα λειτουργήσει το Βιοκλιματικό σύστημα. Οριοθετούμε το χώρο στον οποίο έχουμε ελεύθερο ηλιασμό κυρίως κατά την διάρκεια του Χειμώνα από της 9 π.μ. έως της 3π.μ.

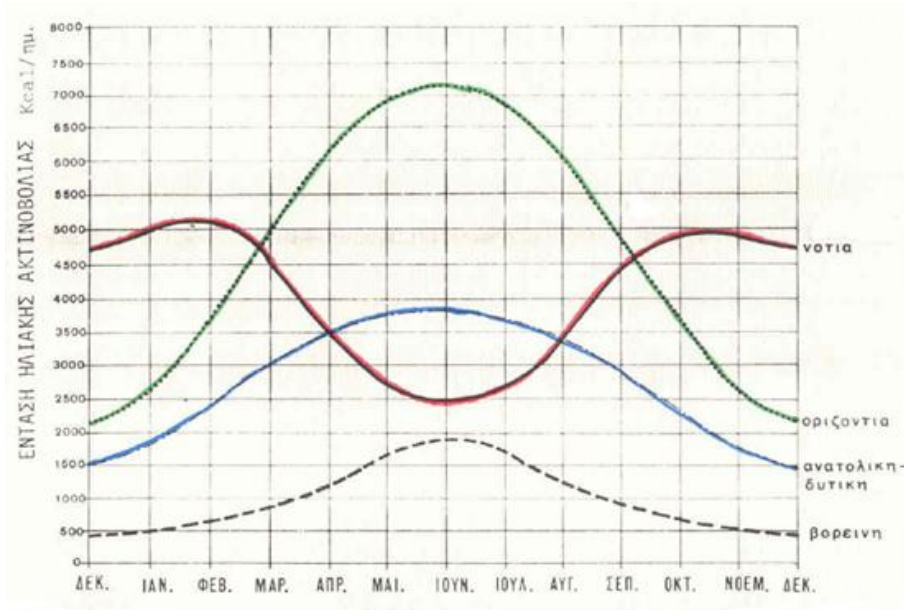


Σχήμα 1.15 Ηλιασμός οικοδομής το χειμώνα: στην περίπτωση υποχώρησης στο οικόπεδο

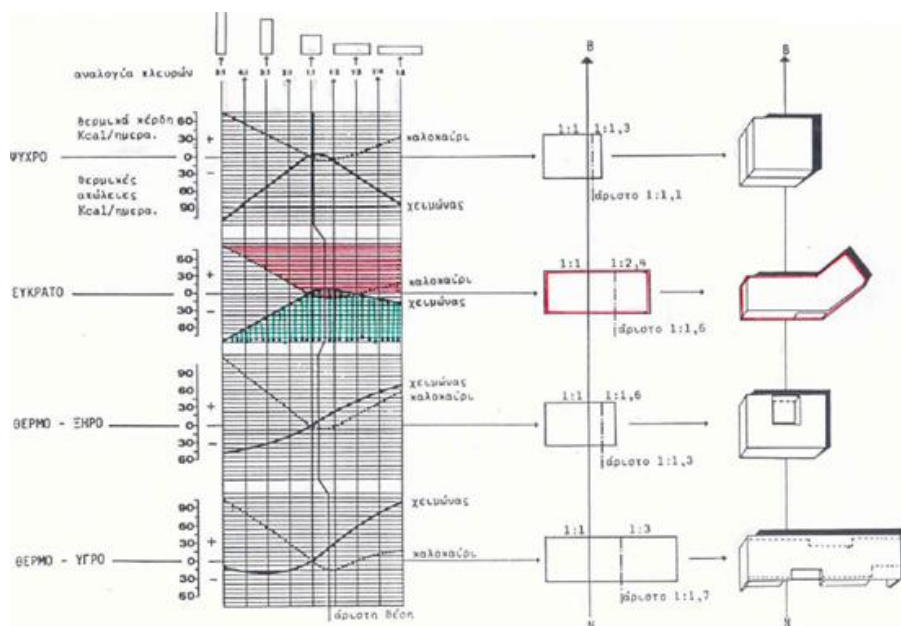
Η χωροθέτηση του κτιρίου στην πίσω βορινή πλευρά του οικοπέδου, ώστε να αυξηθεί η απόσταση από τα απέναντι κτίρια και να αποφευχθεί κατά το δυνατόν περισσότερο το ρίσκο του σκιασμού, (σχήμα 1.15).

1.4.1.2 Προσανατολισμός

Αξιοποιούνται κατάλληλα όλες οι πλευρές του οικοπέδου, με έμφαση τον νότο στον οποίο πρέπει να είναι στραμμένο το σπίτι ώστε να εξασφαλίζει τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Ο βορράς δεν πρέπει να υποτιμάται, αφού είναι πολύτιμος για τους θερινούς μήνες. Στις άλλες δύο διευθύνσεις, την ανατολή και τη δύση, χρειάζεται να μπουν πετάσματα ώστε ο ήλιος να φθάνει στο εσωτερικό του σπιτιού τον χειμώνα και να μένει εκτός το καλοκαίρι.



Σχήμα 1.16 Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνειες με διαφορετικούς προσανατολισμούς, για 40 μοίρες βόρειο γεωγραφικό πλάτος και συνθήκες ανέφελου ουρανού.



Σχήμα 1.17 Διαστάσεις κτιρίων σε σχέση με το ηλιακό κέρδος

Από το σχήμα 1.16 προκύπτει ότι ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδανικότερος με μια απόκλιση ± 30 μοίρες. Αυτός ο προσανατολισμός δίνει το μεγαλύτερο θερμικό κέρδος το χειμώνα, σε αντίθεση με τον ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό που παρουσιάζουν αυξημένη θερμική επιβάρυνση το καλοκαίρι.

1.4.1.3 Μορφή κτιρίου

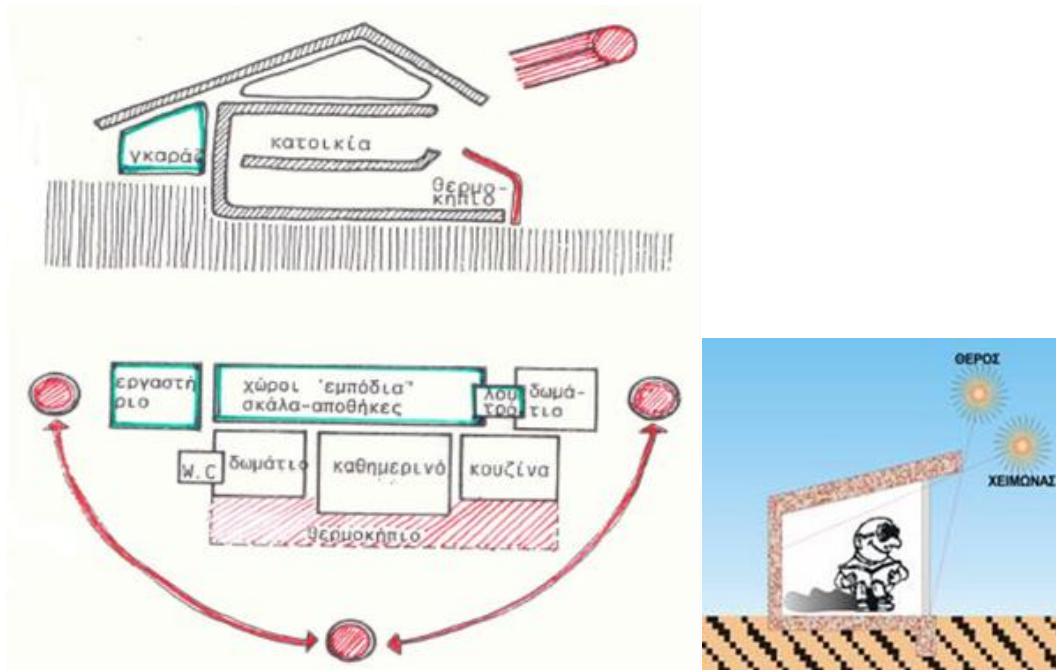
Μία απόφαση του μελετητή για τη δημιουργία «ανοικτής» ή «κλειστής» μορφής κτιρίου, επιθετικής ή αμυντικής, με την έννοια του ανοικτού με μεγάλα ανοίγματα κτιρίου ή αντίστοιχα κλειστού με μικρά ανοίγματα, θα ήταν ενεργειακά σκόπιμο να παρθεί κάτω από ορισμένα κριτήρια, όπως ο προσανατολισμός των όψεων, οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, η χρήση του κτιρίου (γραφεία, κατοικία, εμπορικά καταστήματα, σχολεία, κτλ.) και άλλα κριτήρια σχεδιασμού, όπως θέα, ασφάλεια, θόρυβος, κόστος κατασκευής κ.ά.

Ενεργειακά και οι δύο γενικές περιπτώσεις μορφής θα μπορούσαν να οδηγήσουν στα ίδια αποτελέσματα, κάτω φυσικά από ορισμένες προϋποθέσεις.

Συγκεκριμένα, μία ανοικτή μορφή θα μπορούσε να επιλεγεί μόνο στις περιπτώσεις που είναι διασφαλισμένος ο νότιος προσανατολισμός και επιπλέον δεν παρουσιάζεται σκίαση των όψεων από παρακείμενα κτίρια ή άλλα εμπόδια.

1.4.1.4 Σχήμα κτιρίου

Ένα κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα Ανατολής – Δύσης προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το Νότο για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα. Για το μεσογειακό κλίμα, η άριστη αναλογία στις διαστάσεις του κτιρίου είναι 1/1.8. Τέλος, τα κτίρια με πυλωτή έχουν 5% μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό, αφού το έδαφος λόγω της μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας από τον αέρα είναι πιο ζεστό το χειμώνα και πιο δροσερό το καλοκαίρι (σχήμα 1.17).



Σχήμα 1.18 Διαγραμματική κάτοψη και τομή βιοκλιματικού κελύφους

1.4.1.5 Διάταξη χώρων

Πολύ σημαντική και από άποψη φυσικού φωτισμού αλλά και θερμικών κερδών στους στοχευόμενους χώρους του σχεδιασμού. Δηλαδή οι κυρίως χρησιμοποιούμενοι χώροι του κτιρίου – συστήματος θα βρίσκονται στη Νότια πλευρά ενώ οι βοηθητικοί θα βρίσκονται στην Βόρεια ως χώροι εμπόδια (σχήμα 1.18).

Αναλυτικότερα κατά το σχεδιασμό της κάτοψης οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να οργανωθούν και να ομαδοποιηθούν έτσι, ώστε αυτοί με μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες (καθιστικό, τραπεζαρία, γραφείο) να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτιρίου. Αντίθετα οι χώροι με περιορισμένο χρόνο χρήσης που απαιτούν συγκριτικά και χαμηλότερες θερμοκρασίες (W.C., υπνοδωμάτια) θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη. Οι υπόλοιποι βοηθητικοί χώροι εάν υπάρχουν στη μελέτη (garage, αποθήκες κ.λπ. θα πρέπει να προβλεφθούν στη βορινή πλευρά, ώστε να λειτουργούν ως ζώνη θερμικής ανάσχεσης ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται στην πραγματικότητα οι θερμικές απώλειες των βασικών κύριων χώρων.

1.4.1.6 Ανοίγματα

Το πιο σημαντικό στοιχείο στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα (αλλά και για αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι) είναι ο σωστός προσανατολισμός των ανοιγμάτων.

Νότια ανοίγματα δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και, με το κατάλληλο οριζόντιο σκιάστρο, ελάχιστη το καλοκαίρι. Ανοίγματα στο βορρά βοηθούν στην καλύτερη ποιότητα φωτισμού στο χώρο γιατί δέχονται μόνο διάχυτο και όχι άμεσο φως, συνιστώνται για το καλοκαίρι, αλλά πρέπει να είναι περιορισμένης επιφάνειας γιατί παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες και ελάχιστα κέρδη το χειμώνα (σχήμα 1.19). Ανατολικά και δυτικά ανοίγματα έχουν τη χειρότερη συμπεριφορά όλο το χρόνο, γι' αυτό συνιστώνται μόνο όπου είναι απαραίτητα για λόγους φωτισμού ή θέας. Ιδιαίτερα τα δυτικά ανοίγματα είναι πολύ δυσμενή το καλοκαίρι, καθώς δέχονται άμεσα ήλιο μετά το μεσημέρι.

Γενικά στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα πρέπει να προβλέπεται σκίαση κατά προτίμηση εξωτερική και κατακόρυφου τύπου (βλέπε παρ. 1.5.1).

1.4.1.7 Εξωτερικός χρωματισμός

Ο εξωτερικός χρωματισμός του κτιρίου επηρεάζει την συλλογή ηλιακού φορτίου. Σε μια επιφάνεια χρώματος γκρι η διάφορα θερμοκρασίας σε διάφορους προσανατολισμούς φθάνει τους 23 βαθμούς Κέλσιου, ενώ στην αντιστοιχεί άσπρη δεν ξεπερνά τους 3. Συνεπώς σε θερμά κλίματα χρησιμοποιούμε ανοιχτά πάματα με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας,

1.4.2 Λειτουργία κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας

Το στιγμιαίο θερμικό κέρδος συνίσταται από το ηλιακό κέρδος αλλά και από τα φώτα, τα άτομα, τη μεταβίβαση θερμότητας από τους τοίχους, την οροφή και τζαμιά, από τη διείσδυση αέρα, τον αερισμό (παρ. 1.6) και από μηχανές και ηλεκτρικές συσκευές.

Για να μπορεί να λειτουργεί το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας, να μπορεί δηλαδή να αποθηκεύει στα δομικά του στοιχεία θερμότητα που θα αποδίδει στον εσωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια της νύκτας, πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη μάζα και θερμοχωρητικότητα (μεγάλου βάρους τοίχοι από μπετόν ή τούβλα). Αυτή η ιδιότητα είναι χρήσιμη για το χειμώνα όπου η νύκτα είναι κρύα και έτσι η θερμότητα που αποθηκεύεται το μεσημέρι αποδίδεται τη νύκτα. Είναι όμως και χρήσιμη το καλοκαίρι, όπου η μεγάλη θερμότητα που συλλέγεται το μεσημέρι δεν αποδίδεται στο χώρο την ώρα αυτή, αλλά αργότερα που αρχίζουν να πνέουν πιο δροσεροί άνεμοι και έτσι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου και η ανάγκη για κλιματιστικές συσκευές.

Όλα τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, η ποσότητα της οποίας εξαρτάται από την **θερμοχωρητικότητα C** του υλικού

Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού είναι ανάλογη της μάζας ή της πυκνότητας και της ειδικής θερμότητας του υλικού και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C = m \times c = p \times V \times c \text{ [kcal/ C] ή [kJ/K]} \quad (1.1)$$

Όπου:

m [kg]	μάζα υλικού
c [kcal/kg C] [kJ/kg K]	ειδική θερμότητα υλικού
*p [kg/m ³]	πυκνότητα υλικού
V [m ³]	όγκος υλικού

*το πόσο της θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία της μάζας 1 κιλού του υλικού κατά 1 C°.

Επειδή η ειδική θερμότητα (specific heat) των περισσοτέρων υλικών κατασκευών είναι περίπου 0,20 Btu/(lb) (F) ,η θερμοχωρητικότητα είναι άμεσα ανάλογη με το βάρος του υλικού.

Ο προσδιορισμός της χρονικής καθυστέρησης για κάθε εξωτερικό τοίχο ή την οροφή γίνεται με την ακόλουθη μέθοδο:

1. Προσδιορίζουμε τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας για μια χαρακτηριστική ημερομηνία της συγκεκριμένης περιοχής και σχεδιάζουμε την καμπύλη σε συνάρτηση με το χρόνο.

2. Καθορίζουμε τα όρια της ζώνης άνεσης.

3. Υπολογίζουμε το προσθετό θερμικό φορτίο από την ηλιακή ακτινοβολία και το απεικονίζουμε στο προηγούμενο διάγραμμα.

Η χρονική καθυστέρηση τ σε ώρες είναι ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία και τη στιγμή που η εσωτερική θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από τη ζώνη άνεσης.

Γνωρίζοντας τη χρονική καθυστέρηση καθορίζουμε τα υλικά κατασκευής σε συνάρτηση με το πάχος τους.

Προτείνονται οι παρακάτω χρονικές καθυστερήσεις:

Πίνακας 1.2 Προτεινόμενες χρονικές καθυστερήσεις ανα προσανατολισμό.

-Δυτική και νότια πλευρά	8 ώρες
-Ανατολική πλευρά	14 ώρες
-Βορινοί πλευρά	Δεν υπάρχει ανάγκη – αμελητέο θερμικό κέρδος
-Οροφή	9,5 – 13 ώρες

1.4.2.1 Λειτουργία κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας (Χειμώνας)

Το κτίριο πρέπει να αποθηκεύει τα θερμικά κέρδη που δέχεται. Δηλαδή να περιορίσει τις θερμικές απώλειες, οι οποίες προκύπτουν με :

- A. Με αγωγιμότητα μέσω των δομικών υλικών.
- B. Με μετάβαση μέσω του αέρα που διαφεύγει.
- Γ. Με ακτινοβολία από το κέλυφος ,όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εξωτερική.

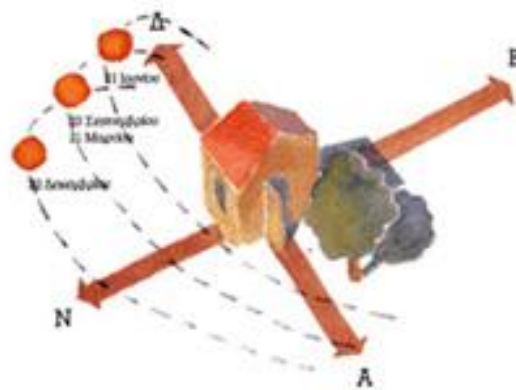
Αυτό επιτυγχάνεται με:

- Μείωση των εκτεθειμένων πλευρών προς το Βορά.
- Προστασία των παραπάνω πλευρών από τους ψυχρούς ανέμους με βλάστηση και δέντρα (Φυλλοβόλα).
- Διπλοί υαλοπίνακες στα βορινά ανοίγματα και μείωση τους στο ελάχιστο (χρησιμότητα μόνο για έμμεσο φωτισμό).
- Νυχτερινή προστασία των περισσότερων ανοιγμάτων με ρολλά ή πατζούρια.
- Στεφάνωση των αρμών στα πλαίσια των ανοιγμάτων.

1.4.2.2 Λειτουργία κτιρίου ως παγίδα φυσικού δροσισμού (Καλοκαίρι).

Το κτίριο πρέπει να αποθηκεύει την νυχτερινή δροσιά και να αποβάλει την περίσσια θερμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με:

- Θερμική αδράνεια.
- Ηλιοπροστασία ανοιγμάτων
- Φυσικός αερισμός



1.5 Παθητικά ηλιακά συστήματα

Στο κέλυφος του κτιρίου λαμβάνουν χώρα ανταλλαγές θερμότητας, ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον του. Τα κύρια αρχιτεκτονικά στοιχεία τα οποία ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι:

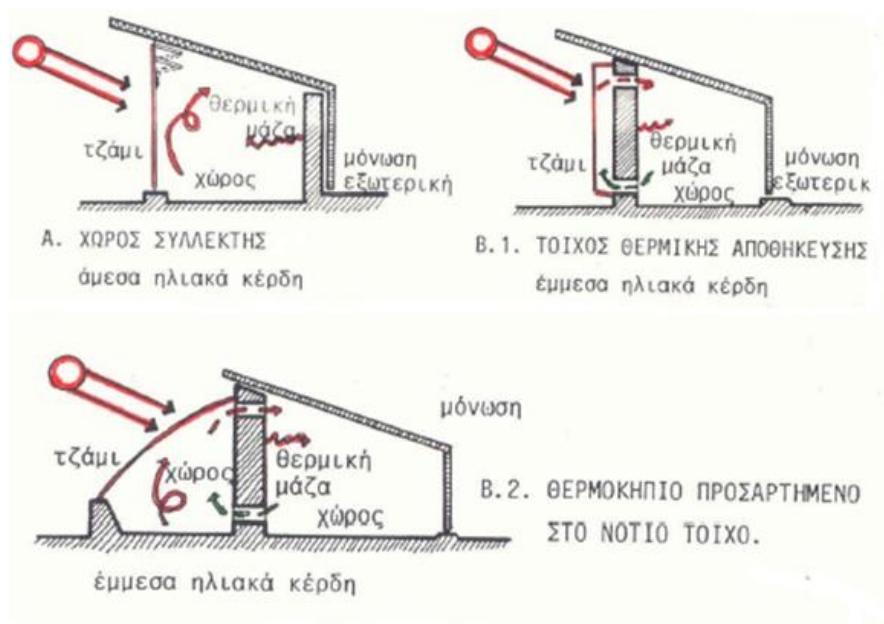
-τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους.

-οι τοίχοι συλλογής και αποθήκευσης θερμότητας.

-οι ενταγμένοι στο κέλυφος ηλιακοί χώροι.

Τα χαρακτηριστικά αυτά στοιχεία του κελύφους, τα οποία έχουν ονομαστεί **"παθητικά ηλιακά συστήματα"**, διαδραματίζουν ένα ρόλο σημαντικό στην διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας.

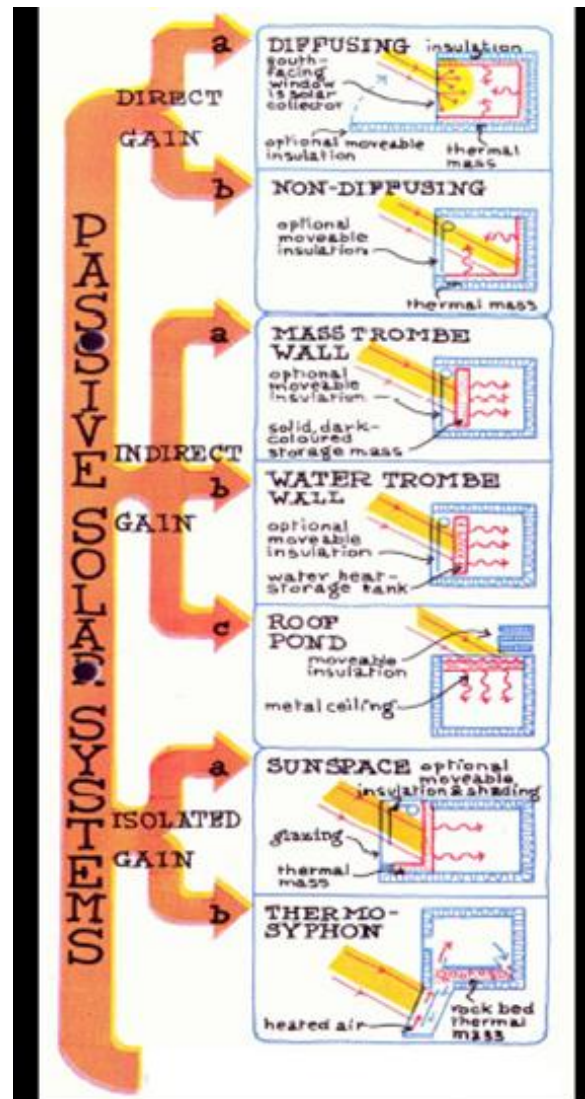
Τα συστήματα αυτά αποτελούν "ήπιες" τεχνικές και τεχνολογίες, στην ουσία κατασκευές ενταγμένες στο κέλυφος, οι οποίες επαυξάνουν τη δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας.



Σχήμα 1.19 Σχηματική παράσταση των βασικών ηλιακών παθητικών συστημάτων

Σχήμα 1.20 Ταξινόμηση των παθητικών ηλιακών συστημάτων.

1. Σε συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν τα ανοίγματα, τα προσανατολισμένα στο νότο.
2. Σε συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι, και οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης.
3. Σε συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί χώροι ή θερμοκήπια, καθώς και τα λεγόμενα "υβριδικά" συστήματα



1.5.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Το γυάλινο άνοιγμα αποτελεί το απλούστερο σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας, αρκεί να είναι προσανατολισμένο προς το νότο (με απόκλιση $\pm 30^\circ$ ανατολικά ή δυτικά του νότου). Τα νότια ανοίγματα συμμετέχουν πάντα θετικά στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου, ανεξάρτητα εάν ο σχεδιασμός τους ανταποκρίνεται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Η διαφορά βρίσκεται στο γεγονός ότι ένα συμβατικό κτίριο δεν μπορεί να αποθηκεύσει τη συλλέγουσα θερμότητα, συνεπώς η δυνατότητα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι περιορισμένη.

Το γυαλί είναι ένα υλικό με κακές Θερμομονωτικές ιδιότητες. Για παράδειγμα όταν η εσωτερική θερμοκρασία ενός χώρου είναι 20 βαθμούς Κέλσιου και η εξωτερική 0, έχουμε τις παρακάτω θερμικές απώλειες:

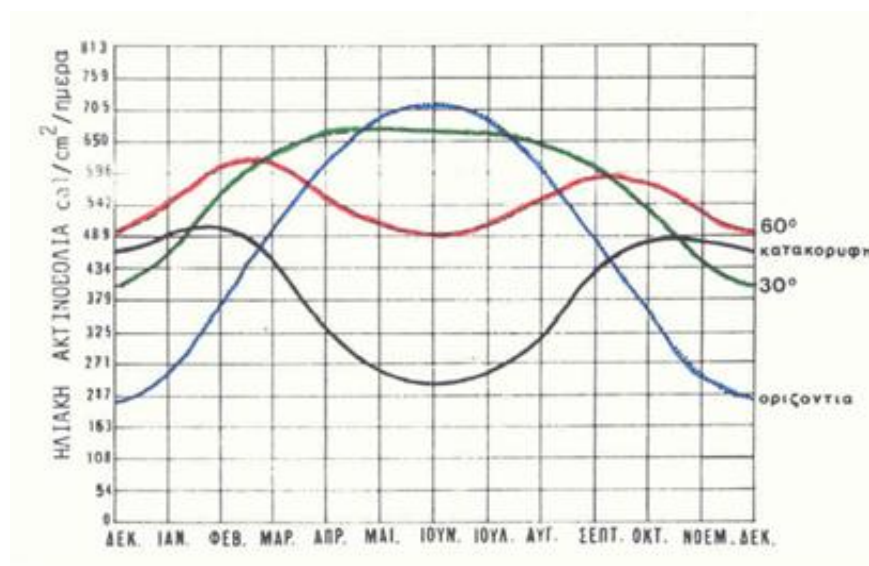
-7 W/cm² για καλά θερμομονωμένη τοιχοποιία

-60 W/cm² για διπλό υαλοπίνακα

-116 w/cm² για μόνο υαλοπίνακα

Το γυαλί όμως είναι μια εξαιρετική πηγή θερμικών πηγών. Τηρώντας τις παρακάτω συνθήκες συλλέγουμε σημαντικά ηλιακά κέρδη τον χειμώνα και μικρά το καλοκαίρι.

α. **Ο προσανατολισμός** των ανοιγμάτων να είναι νότιος, γιατί έτσι δεσμεύεται το 90% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα (σχήμα 1.16).

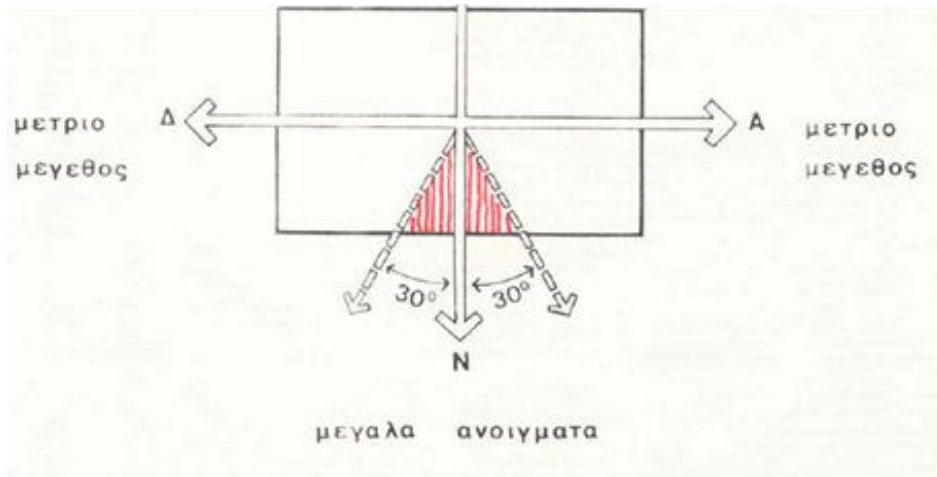


Σχήμα 1.21 Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια νότια με διαφορετική κλίση.

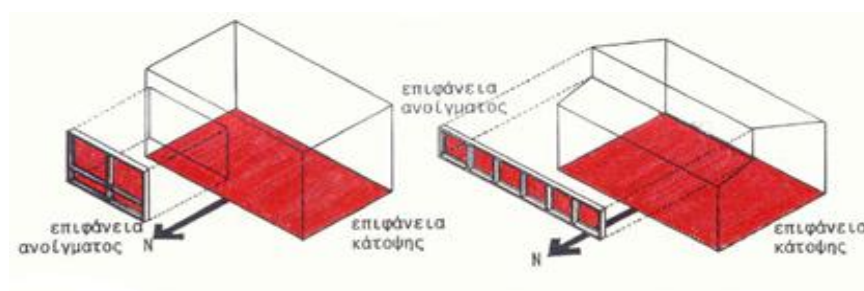
β. **Η κλίση του ανοίγματος ως προς τον ορίζοντα:** η κατακόρυφη θέση είναι προτιμότερη, γιατί δέχεται τον περισσότερο ήλιο το χειμώνα, ενώ προστατεύεται εύκολα το καλοκαίρι (σχήμα 1.22).

γ. **Το μέγεθος και η θέση του ανοίγματος:** Το μέγεθος σχετίζεται άμεσα με το κλίμα της περιοχής και διαφοροποιείται ανάλογα με τον βαθμό θερμομόνωσης του κελύφους (βλέπε σχήμα 1.23 και πίνακα 1.3).

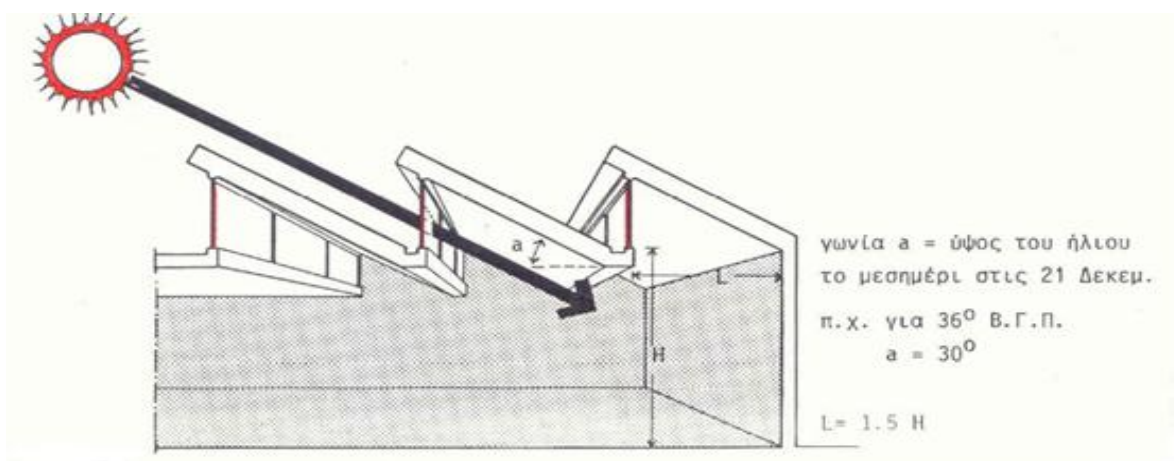
δ. Η θέση του ανοίγματος σχετίζεται με το βάθος του χώρου, έτσι ώστε η διανομή της θερμότητας να είναι πιο ομοιόμορφη. Γενικά το βάθος του χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει την διάσταση που ισούται με 2,5 φορές το ύψος του ανοίγματος, το οποίο μετράται από το δάπεδο (σχήμα 1.25).



Σχήμα 1.22 Μέγεθος ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό.

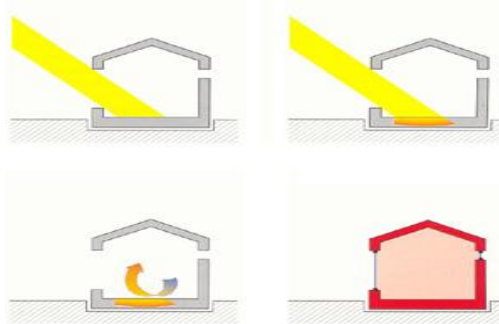


Σχήμα 1.23 Σχέση επιφάνειας ανοίγματος και της επιφάνειας κάτοψης που αυτό επηρεάζει.



Σχήμα 1.24 Σχέση βάθους χώρου – ύψος ανοίγματος $L < 2,5H$.

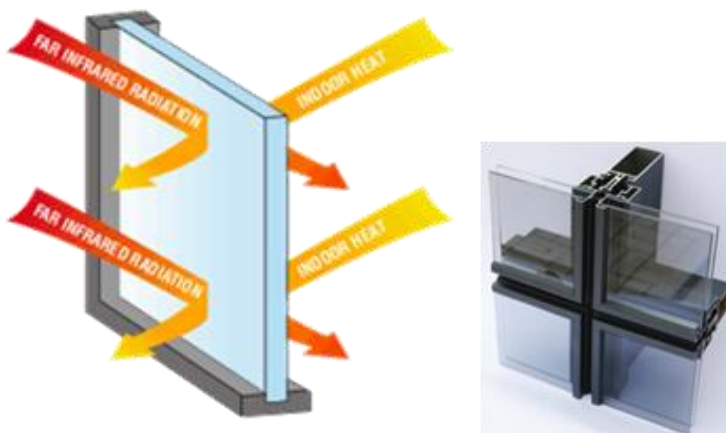
ε. Την άμεση πρόσπτωση του ήλιου στα συμπαγή δομικά στοιχεία του κτιρίου - δάπεδο, τοίχους ή οροφή- γιατί έτσι αποθηκεύεται άμεσα η θερμότητα που συλλέγεται και επομένως το σύστημα λειτουργεί πιο αποδοτικά (σχήμα 1.25).



Σχήμα 1.25 Αποθήκευση θερμότητας στα εσωτερικά δομικά υλικά, προερχόμενη από τα ανοίγματα ως ηλιακή ακτινοβολία, και διοχέτευση της στο χώρο.

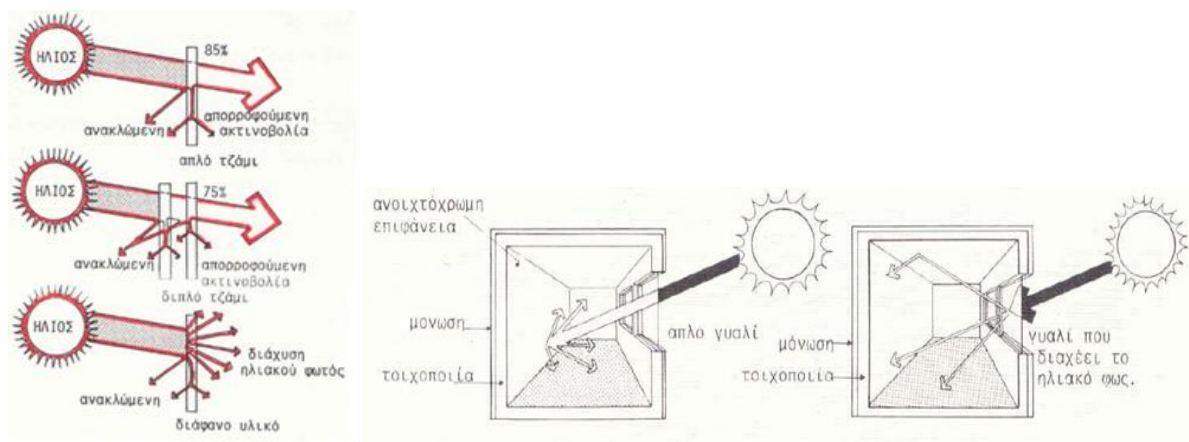
στ. **Τον τύπο του γυαλιού.** Απλό διάφανο γυαλί ή γυαλί που διαχέει το φως προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου- το οποίο συντελεί στην αποφυγή της θάμβωσης που προκαλείται από την άμεση πρόσπτωση των ακτινών του ήλιου στο επίπεδο εργασίας. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου γυαλιού συναρτάται με τη χρήση του χώρου (σχήμα 1.27).

Διπλοί υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e) με θερμοδιακοπή για βέλτιστα θερμικά αποτελέσματα και προστασία κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Στα πλαίσια παραθύρων προτιμώνται ξύλινα κουφώματα ή ξύλου-αλουμινίου, αντί των πλαισίων από PVC.



Σχήμα 1.26 Διπλοί υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e).

Για παράδειγμα αναφέρεται ότι τζάμι επιφανειακής θερμοκρασίας 38 °C με επιφάνεια που έχει συντελεστή ε=1 ανακλά θερμότητα 530 W/m² ενώ άλλο τζάμι της ίδιας θερμοκρασίας με συντελεστή ε=0,1 ανακλά θερμότητα που έχει τιμή 53 W/m.



Σχήμα 1.27 Είσοδος της ακτινοβολίας στο χώρο σε σχέση με το τύπο γυαλιού.










Z. Σκίαση ανοιγμάτων. Έτσι ώστε να εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία τον χειμώνα ενώ το καλοκαίρι τα ανοίγματα να είναι σκιασμένα (σχήμα 1.19).Ο σκιασμός των ανοιγμάτων εμπίπτει στα συστήματα παθητικού δροσισμού (παρ. 1.5.3)

Πίνακας 1.3 Μέγεθος ανοιγμάτων Νότιου προσανατολισμού για 38° Βόρειο γεωγραφικό πλάτος.

Πηγή: Σταμάτης Δ.Περδίας - "Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας τόμος Α" Αθήνα 2007

Μέγεθος ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες	
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το Χειμώνα (C°)	Εμβαδόν απαιτούμενου ανοίγματος για την μοναδιαία επιφάνεια του χώρου (τ.μ.
Κλίμα ψυχρό	
- 9.4	0.27 - 0.42 (με νυχτερινή μόνωση)
- 6.7	
- 3.9	0.24 - 0.38 (με νυχτερινή μόνωση)
- 1.1	0.21 - 0.33 0,19 - 0.29
Κλίμα εύκρατο	
+ 1.7	0.16 - 0.25
+ 4.5	0.13 - 0.21
+ 7.2	0.11 - 1.17

Πίνακας 1.4 Τύποι παραθύρων, πηγή: Greenpeace

ΤΥΠΟΙ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ		
Π1		Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
Π2		Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π3		Απλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
Π4		Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
Π5		Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π6		Διπλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
Π7		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low-e) Πλαίσιο αλουμινίου
Π8		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low-e) Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π9		Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμπιμότητας (Low-e) Ξύλινο πλαίσιο

Πίνακας 1.5 Συμβολή του τύπου παραθύρων στην κατανάλωση ενέργειας πηγή: Greenpeace

Συμβολή του τύπου των παραθύρων στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση-δροσισμό (συμβατικό παράθυρο με απλό υαλοστάσιο = 100)									
	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7	Π8	Π9
Παλιά κτίρια (χωρίς μόνωση)	100	96	92	88	84	79,5	83,5	80,5	75
Εξοικονόμηση	-	4%	8%	12%	16%	20,5%	16,5%	19,5%	25%
Νέα κτίρια (με μόνωση)	100	95	90	86	81	75	80	76	70
Εξοικονόμηση	-	5%	10%	14%	19%	25%	20%	24%	30%
Αξιολόγηση	9	8	7	6	5	2	4	3	1

Το σύστημα του άμεσου ηλιακού κέρδους συνδέεται αφενός με την απόδοση του συστήματος και αφετέρου τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας άρα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Τα κριτήρια που ρυθμίζουν την αποθηκευτική ικανότητα των δομικών στοιχείων της κατασκευής είναι τα εξής:

- Η θέση της μάζας αποθήκευσης,
- το μέγεθός της,
- η κατανομή της στον εσωτερικό χώρο.

Τα υλικά πρέπει να έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα. Θεωρείται ότι ένας τοίχος πάχους 10 εκ. αποθηκεύει επαρκή θερμότητα, ενώ το πάχος μεγαλύτερο από 20 εκ. δεν προσφέρει καλύτερη απόδοση στο σύστημα.

1.5.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικής λειτουργίας:

- ήλιος .
- συλλογή (γυάλινη επιφάνεια) .
- αποθήκευση (θερμική μάζα).
- θέρμανση εσωτερικού χώρου.

1.5.2.1 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης.

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης αποτελούνται από τοίχο κατασκευασμένο από υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας όπως σκυρόδεμα, πέτρα, συμπαγή τούβλα, ή δοχεία που περιέχουν νερό ή άλλο υλικό.

Από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις βιοκλιματικών κτιρίων σε διάφορες περιοχές της χώρας, προκύπτει ότι μπορούν να συνεισφέρουν σε **εξοικονόμηση ενέργειας** για θέρμανση κατοικιών σε ποσοστό **10-40%** (μεγαλύτερη συνεισφορά εξοικονόμησης σε περιοχές με σχετικά ήπιο κλίμα).

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι:

A. Τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe - Michel).

B. Απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) είτε συμπαγούς κατασκευής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία νερού ή με υλικά αλλαγής φάσης

1.5.2.1.1 Ο τοίχος Trombe

Ο τοίχος Trombe πήρε το όνομα του από τον καθηγητή Trombe και τον Αρχιτέκτονα Jacques Michel. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για θέρμανση του ηλιακού οικισμού του Solar Energy Laboratory του CARS στα Πυρηναία Όρη της Γαλλίας.

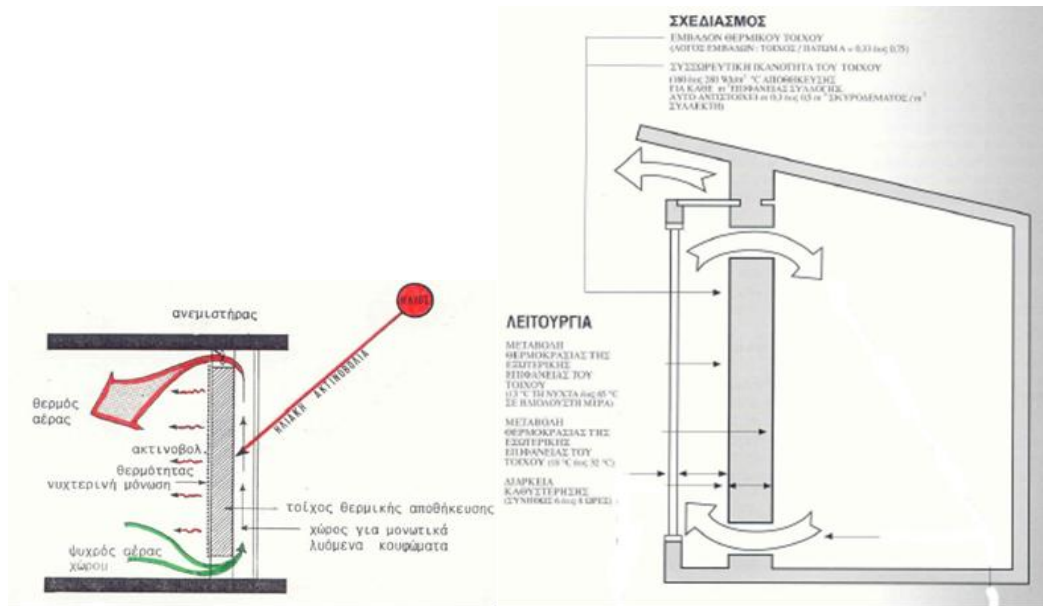
Στην περίπτωση του τοίχου Trombe - Michel, μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας σ το διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα μεταφέρεται μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο.

Το σύστημα του τοίχου Trombe αποτελείται επίσης από ένα τοίχο μάζας, ο οποίος συνδυάζεται με γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση περίπου 4 εκ. και με θυρίδες στο επάνω και κάτω μέρος του, που διευκολύνουν την είσοδο του ψυχρού αέρα από κάτω και την έξοδο του ζεστού αέρα από πάνω.

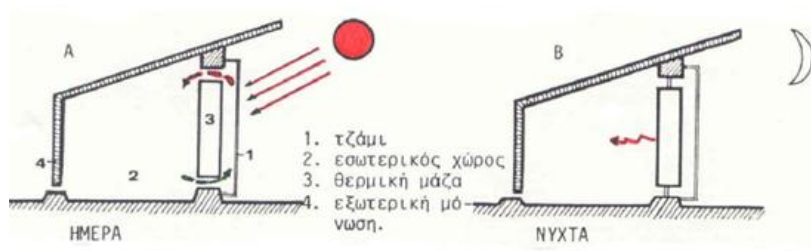
Η λειτουργία του τοίχου Trombe βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα (σχήμα 1.28 – 1.30).

Οι θυρίδες του τοίχου βρίσκονται στο άνω και κάτω τμήμα του και κατά τη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα παραμένουν ανοικτές. Έτσι, μέρος της θερμικής ενέργειας που συσσωρεύεται στο διάκενο (μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου) μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από τις θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, ο ψυχρός αέρας του χώρου μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο κάτω μέρος του τοίχου στο διάκενο, όπου και θερμαίνεται και ανέρχεται, δημιουργώντας συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο. Κατά τη διάρκεια της νύκτας (σχήμα 1.30) και τις νεφοσκεπείς ημέρες οι θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου μπορούν να παραμένουν κλειστές, ώστε να εμποδίζεται η αντίστροφη κίνηση του θερμού αέρα από το χώρο προς την εξωτερική ψυχρή επιφάνεια του υαλοπίνακα. Οπότε η θέρμανση του χώρου συνεχίζεται μέσω της ακτινοβολούμενης θερμότητας από τον ζεστό τοίχο.

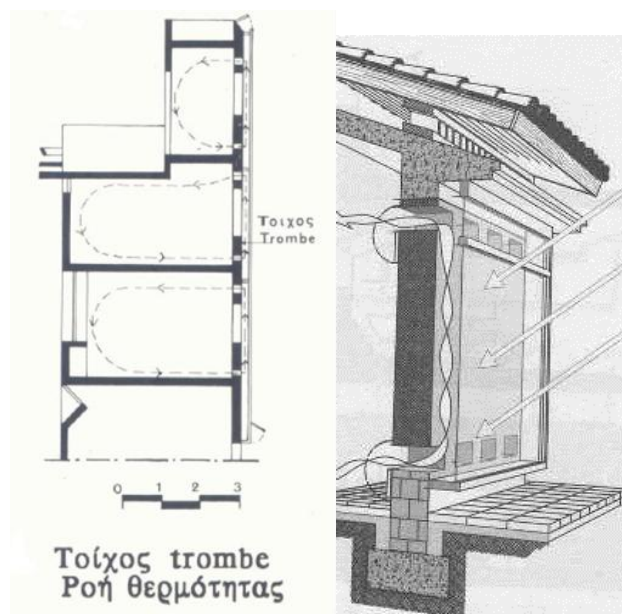
ΨΥΞΗ: Το καλοκαίρι η ροή του αέρα μπορεί να αντιστραφεί ανοίγοντας τις θυρίδες έτσι ώστε το "φαινόμενο της καμινάδας" που θα παρατηρηθεί στο κενό μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου να παρασύρει τον αέρα του δωματίου δημιουργώντας ρεύμα από τον βορινό τοίχο προς τον νότιο. έτσι είναι απαραίτητη η ύπαρξη ανοίγματος στο βορινό τοίχο (σχήμα 1.29).



Σχήμα 1.28 Αρχή λειτουργίας τοίχου Trombe - Michel



Σχήμα 1.29 Ορθή και ανάστροφη λειτουργία του τοίχου Trombe - Michel



Σχήμα 1.30 Όψη του τοίχου Trombe - Michel και λειτουργία του σε ένα σύστημα - κτίριο.

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα.

Το σύστημα του ηλιακού τοίχου Trombe παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, λόγω του απλού τρόπου κατασκευής του και της σχετικά σημαντικής απόδοσής του. Το γεγονός ότι μπορεί να θερμαίνει το χώρο άμεσα μέσω των θυρίδων τις πρωινές ώρες που παρατηρούνται και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ παράλληλα διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα της αποθήκευσης θερμότητας, άρα και της χρονικής υστέρησης, τον καθιστά πολύ αποτελεσματικό.

Το μειονέκτημα του τοίχου Trombe είναι ότι μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης όταν η επιφάνειά του είναι πολύ μεγάλη. Επίσης, παρά το γεγονός ότι εξωτερικά εμφανίζεται ως γυάλινη επιφάνεια, δεν επιτρέπει την διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία.

Θερμική άνεση.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης και ο τοίχος Trombe εγγυώνται, σε μεγάλο βαθμό, την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης. Η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής τους επιφάνειας, στην αρχή της νύχτας, φτάνει περίπου τους 25 °C ενώ η αντίστοιχη ελάχιστη μπορεί να φτάσει ακόμη και στους 15 °C . Στην πράξη έχει διαπιστωθεί ότι, συνήθως, η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου κυμαίνεται από 18- 22 °C , θερμοκρασίες οι οποίες βρίσκονται στα όρια της θερμικής άνεσης (σχήμα 1.31).

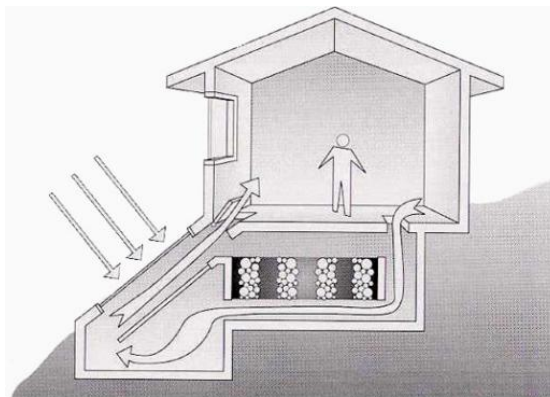


Σχήμα 1.31 Ηλιακοί τοίχοι και θερμική άνεση

1.5.2.1.2 Θερμοσιφωνικό πάνελο.

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe - Michel , χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας.

Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του πάνελου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών.

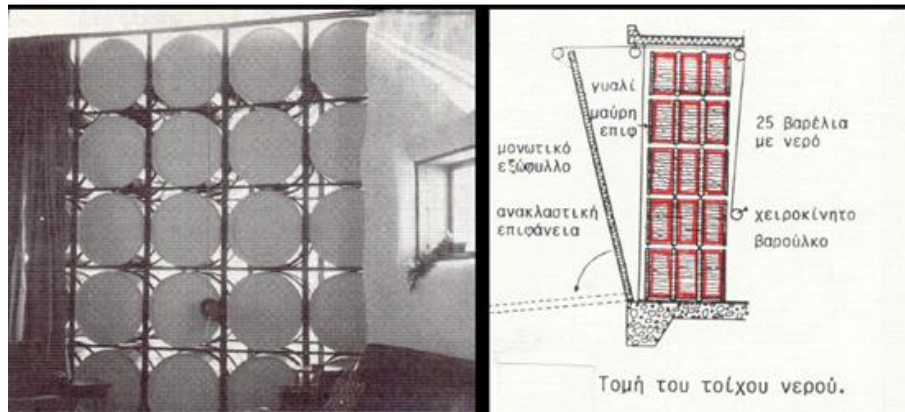


Σχήμα 1.32 Απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελ

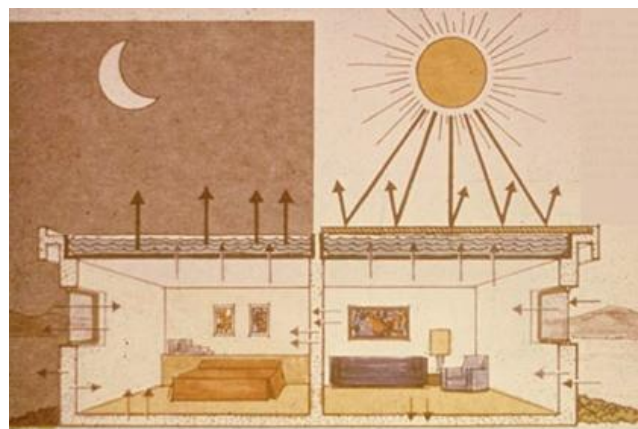
1.5.2.1.3 Απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελο.

Το απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελο λειτουργεί όπως και το θερμοσιφωνικό πάνελο που είναι προσαρτημένο στη όψη του κτιρίου, βρίσκεται όμως εκτός του κτιριακού περιβλήματος. Αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια, που φέρει μόνωση εξωτερικά. Τοποθετείται εν γένει χαμηλότερα από τους κύριους χώρους του κτιρίου με κλίση 40° περίπου.

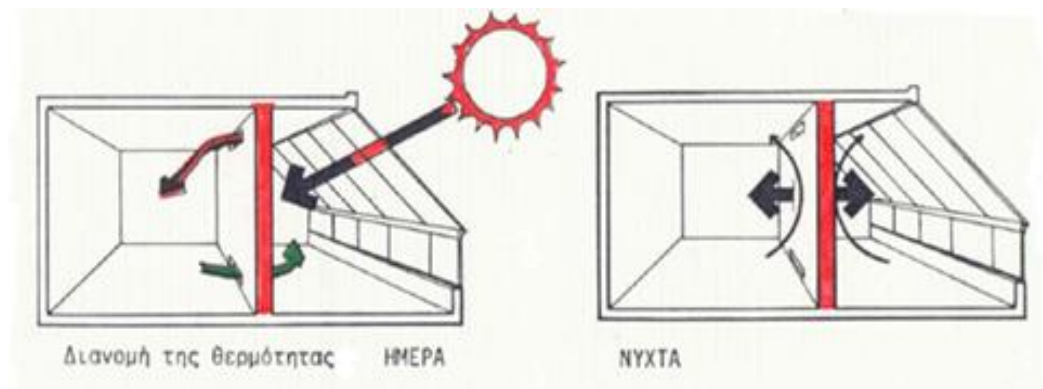
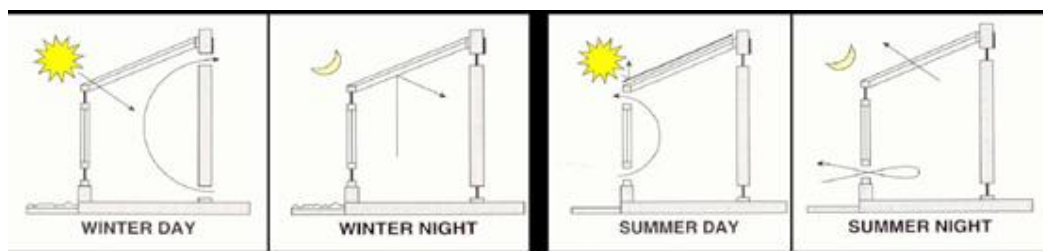
Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα, μεταφέρεται μέσω αγωγών με θερμοσιφωνική ροή είτε απ' ευθείας στους χώρους του κτιρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας (rock bed) (σχήμα 1.32).



Σχήμα 1.33 Τομή στον τοίχο νερού κατοικίας



Σχήμα 1.34 Οροφή νερού



Σχήμα 1.35 Η λειτουργία του ηλιακού χώρου χειμώνα –καλοκαίρι. Ημέρα - νύχτα

1.5.2.1.4 Τοίχος νερού

Ο τοίχος νερού είναι ένας τοίχος κατασκευασμένος από ένα πλαστικό ή μεταλλικό στεγανό δοχείο, σκούρου χρώματος, που περιέχει νερό (σχήματα 1.33 -1.34). Τοποθετείται στη θέση του τοίχου μάζας ή του τοίχου Trombe και λειτουργεί κατά τον ίδιο τρόπο. Παρόμοια λειτουργία είναι και αυτή της οροφής νερού (σχήμα 1.35).

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

Το νερό έχει την μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από οποιαδήποτε άλλο υλικό γ' αυτό και ο τοίχος νερού έχει μικρότερη επιφάνεια από το τοίχο Trombe.

Το νερό θερμαίνεται ομοιόμορφα όποτε της νυκτερινές ώρες ο τοίχος νερού έχει μια τάση αποβολής θερμότητας προς το περιβάλλον, πράγμα που καθιστά απαραίτητη την νυχτερινή εξωτερική μόνωση του.

1.5.2.2 Μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου

Το μέγεθος της επιφάνειας του ηλιακού τοίχου καθορίζεται από τα εξής:

- το κλίμα της περιοχής, και κυρίως τις θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα. Όσο η διαφορά αυτή μεγαλώνει τόσο πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, δηλαδή η δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης.

- το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το οποίο καθορίζει την ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο το γεωγραφικό πλάτος μεγαλώνει τόσο μειώνεται η ένταση της ακτινοβολίας και συνεπώς πρέπει να αυξάνεται το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου συλλογής.

- τον βαθμό θερμομόνωσης του κτιρίου, γιατί ένας χώρος καλά θερμομονωμένος έχει μικρότερες θερμικές απώλειες, άρα και λιγότερες απαιτήσεις σε θερμότητα για να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα, επομένως μικρότερη επιφάνεια συλλογής θερμότητας.

1.5.2.3 Πάχος του τοίχου και Υλικά κατασκευής

Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας εξαρτάται και από το πάχος και τα υλικά κατασκευής του ηλιακού τοίχου. Όσο μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας έχει το υλικό κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται, για το λόγο ότι η θερμότητα διαπερνά ταχύτερα τη συλλεκτική επιφάνεια και συνεπώς η χρονική υστέρηση μειώνεται. Από την πρακτική των εφαρμογών έχει προκύψει ότι:

- Για τοίχους κατασκευασμένους από μπετόν το βέλτιστο πάχος κυμαίνεται από 25-40 εκ., με χρονική υστέρηση 7-12 ώρες.
- Για τοίχους νερού το βέλτιστο πάχος προσδιορίζεται ανάμεσα στα 20-50 εκ..

Πίνακας 1.6 Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου Νότιου προσανατολισμού για 38° Βόρειο γεωγραφικό πλάτος.

Πηγή: Σταμάτης Δ.Πέρδιος - "Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας τόμος Α" Αθήνα 2007

Απαιτούμενη επιφάνεια τοίχου θερμικής αποθήκευσης για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα (°C)	Επιφάνεια τοίχου για την μοναδιαία επιφάνεια του χώρου (τ.μ)	
Κλίμα ψυχρό	Τοιχοποιία	Τοίχος νερού
- 9.5	0.72 - 1.0	0.55 - 1.0
- 6.7	0.60 - 1.0	0.45 - 0.85
- 4.0	0.53 - 0.93	0.38 - 0.70
- 1.0	0.43 - 0.78	0.31 - 0.55
Κλίμα εύκρατο		
+ 1.5	0.35 - 0.60	0.25 - 0.43
+ 4.5	0.28 - 0.46	0.20 - 0.34
+ 7.2	0.22 - 0.35	0.16 - 0.25

1.5.2.4 Χρώμα εξωτερικής επιφανείας

Η ικανότητα απορρόφησης της θερμότητας από τον τοίχο-συλλέκτη επηρεάζεται και από το χρώμα της εξωτερικής του επιφάνειας. Τα σκούρα χρώματα απορροφούν γενικά περισσότερη θερμότητα. Το μαύρο χρώμα χρησιμοποιήθηκε στις πρώτες εφαρμογές. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκαν και άλλα χρώματα: γκρι σκούρο, κόκκινο.

1.5.2.5 Ηλιακοί χώροι – Θερμοκήπια

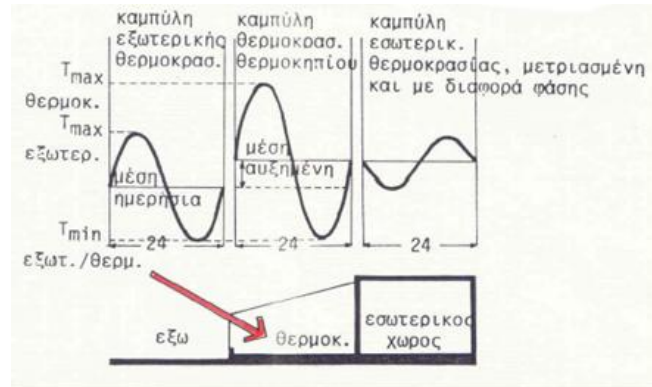
Οι ηλιακοί χώροι έκαναν την εμφάνισή τους τον 19ο αιώνα, κυρίως στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη, υπό μορφή ημιυπαίθριων ή/και κλειστών χώρων, ως συνέχεια της κατοικίας.

Οι χώροι αυτοί, με πλούσια συνήθως βλάστηση, αποτελούσαν για το ψυχρό κλίμα της Β. Ευρώπης υποκατάστατο των υπαίθριων χώρων. Σήμερα επανέρχονται στην αρχιτεκτονική, υπό μορφή ηλιακών χώρων ή θερμοκηπίων, συμβάλλοντας αποτελεσματικά στη συλλογή θερμότητας από τον ήλιο. Πρόκειται για χώρους λειτουργικά ενταγμένους στο κτίριο, για παράδειγμα στην κατοικία μπορεί να είναι συνέχεια και επέκταση του καθιστικού- και χρησιμοποιούνται ακόμη και το χειμώνα.

Ο ηλιακός χώρος αποτελεί, κατά κάποιο τρόπο, ένα συνδυασμό παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχου θερμικής αποθήκευσης, ο οποίος μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον κατοικημένο χώρο. Στην διάρκεια της ημέρας, όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, ο ηλιακός χώρος αφήνει την ηλιακή ακτινοβολία να περνά στο χώρο, να μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, η οποία απορροφάται από το δάπεδο ή τους διαχωριστικούς τοίχους. Το θερμικό ισοζύγιο την ημέρα είναι θετικό, δηλαδή τα κέρδη είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες. Τη νύχτα, όμως, ο ηλιακός χώρος αποβάλλει συνεχώς θερμότητα.

Το συνολικό ημερήσιο θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου εκφράζεται από μία διακύμανση της θερμοκρασίας όπου η μέγιστη είναι αρκετά υψηλότερη, ενώ η ελάχιστη είναι πολύ κοντά στην εξωτερική.

Εάν μάλιστα παρθεί υπόψη ότι το χειμώνα ο χρόνος ηλιοφάνειας αντιστοιχεί περίπου στο 1/3 της διάρκειας του 24ωρου, τότε παρατηρείται συχνά το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου να είναι αρνητικό, κυρίως όταν δεν προβλέπεται καμία νυχτερινή προστασία.



Σχήμα 1.36 Το θερμικό ισοζύγιο του θερμοκηπίου

Το καλοκαίρι η λειτουργία του θερμοκηπίου αντιστρέφεται. Το εσωτερικό του περνά από συνθήκες υπερθέρμανσης την ημέρα σε μια ανεπαρκή ψύξη τη νύχτα, διατηρώντας όλο το 24ωρο θετικό θερμικό ισοζύγιο, το οποίο επιβαρύνει και το κτίριο.

Με προσαρτημένες κατάλληλες ρυθμίσεις στο κέλυφος του θερμοκηπίου, όπως νυχτερινή προστασία το χειμώνα και ηλιοπροστασία συνδυασμένη με αερισμό το καλοκαίρι, ο ηλιακός χώρος αποδεικνύεται ένα σύστημα παθητικό αρκετά χρήσιμο και αποδοτικό ως προς τη συνεισφορά του σε ηλιακά κέρδη, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα ενδιαφέρον αρχιτεκτονικό στοιχείο, τόσο ως προς την κάλυψη λειτουργικών αναγκών, όσο και ως προς την αισθητική.



Η ΥΠΑΡΞΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΙ Η ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΟΥ ΣΚΙΑΣΗ ΣΥΝΙΣΤΩΝΤΑΙ ΘΕΡΜΑ ΣΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΚΛΙΜΑ

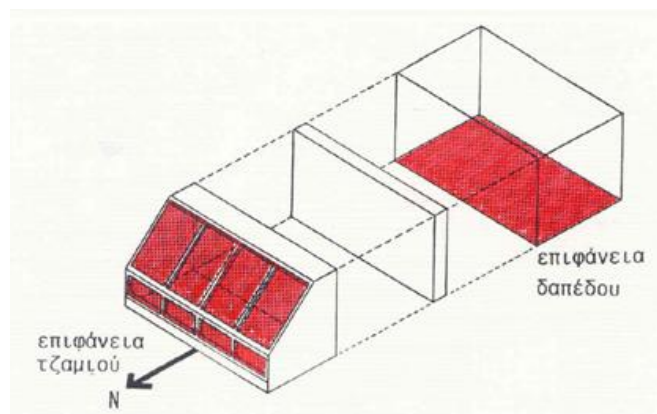
Σχήμα 1.37 Σκιασμός και εξαερισμός (αερισμός) θερμοκηπίου

Προσανατολισμός και Σύνδεση με το κτίριο

Το θερμοκήπιο προσαρτάται στη νότια πλευρά του κτιρίου, καλύτερα σε σχήμα επίμηκες, με βάθος σχετικά μικρό (μικρότερο των 2,50 μ.). Η λειτουργία του καθίσταται πιο αποτελεσματική όταν συνδέεται άμεσα με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης, ο οποίος μπορεί να αποτελεί και τον διαχωριστικό τοίχο ανάμεσα στο θερμοκήπιο και το κυρίως κτίριο.

Επειδή ο χώρος του θερμοκηπίου λειτουργεί και ως χώρος παραμονής από τους χρήστες, απαιτούνται ανοίγματα για την επικοινωνία του με το εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι ο διαχωριστικός τοίχος διακόπτεται από μπαλκονόπορτα ή παράθυρο, από τα οποία μπορεί να μεταφέρεται η ζέστη μέσα πιο άμεσα.

Το καλοκαίρι εφόσον δεν προβλέπεται ηλιοπροστασία, ο ηλιακός χώρος πρέπει να ανοίγει και να αποδεσμεύεται από το υπόλοιπο κτίριο. Δηλαδή πρέπει να προβλέπονται ανοίγματα-φεγγίτες ψηλά και χαμηλά στο χώρο του θερμοκηπίου, έτσι ώστε να διασφαλίζεται μια διαρκής απομάκρυνση του ζεστού αέρα (σχήμα 1.37).



Σχήμα 1.38 Μέγεθος θερμοκηπίου σε σχέση με το μέγεθος των κλιματιζόμενων χώρων

Μέγεθος θερμοκηπίου

Το μέγεθος του χώρου αποτελεί συνάρτηση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση και των τοπικών κλιματικών συνθηκών (πίνακας 1.7)

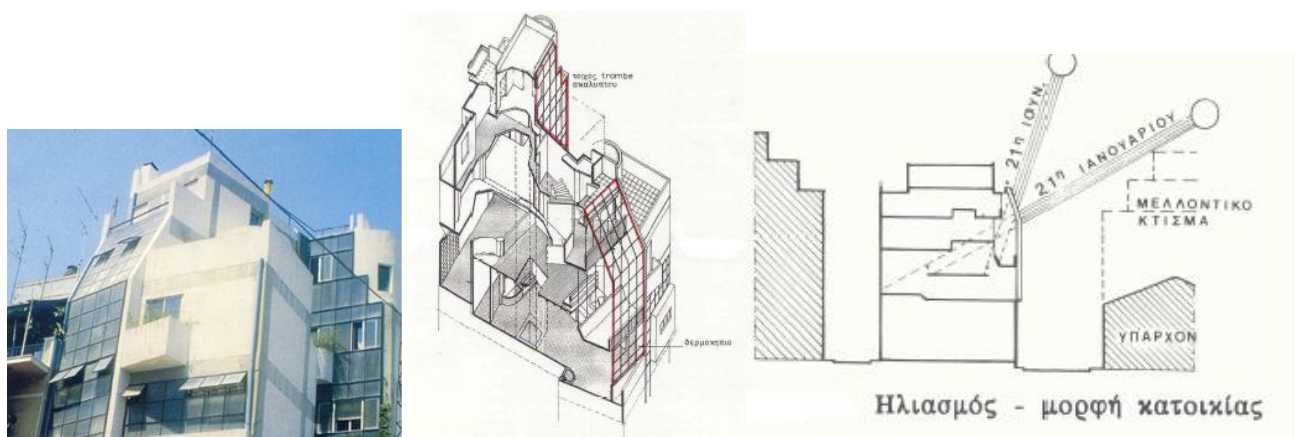
Υλικά και Κλίση υαλοστασίου

Τα υλικά κατασκευής του ηλιακού χώρου πρέπει να είναι από καθαρό γυαλί, με διπλό τζάμι για καλύτερη θερμική προστασία. Τα στοιχεία στήριξης των τζαμιών μπορούν να είναι από ξύλο ή μέταλλο ανάλογα με τις επιλογές που έχουν γίνει. Η κλίση του υαλοστασίου επηρεάζει την απόδοση του συστήματος, γιατί καθορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη γυάλινη επιφάνεια και την διαπερνά. Η καλύτερη κλίση είναι από 40-70°, ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Ωστόσο η κλίση αυτή δημιουργεί δυσκολίες για τη σκίαση των τζαμιών το καλοκαίρι.

Πίνακας 1.7 Μέγεθος θερμοκηπίου σε σχέση με το μέγεθος των κλιματιζόμενων χώρων Νότιου προσανατολισμού για 38° βόρειο γεωγραφικό πλάτος.

Πηγή: Σταμάτης Δ.Πέρδιος - Έπεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας τόμος Α΄ Αθήνα 2007

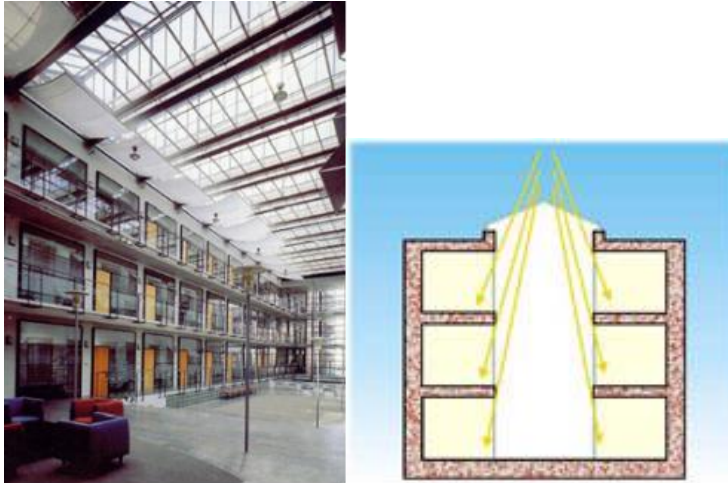
Μέγεθος θερμοκηπίου , προσαρτημένο στη νότια πλευρά του κτιρίου για διάφορες κλιματικές συνθήκες		
Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα (C°)	Απαιτούμενη επιφάνεια ηλιοστασίου στο θερμοκήπιο ανά μονάδα επιφάνειας των θερμαινόμενων χωρών (τ.μ)	
Κλίμα ψυχρό	Για τοίχο από βαριά υλικά	Για τοίχο νερού
- 6.7	0.90 - 1.5	0.68 - 1.7
- 3.9	0.78 - 1.3	0.57 - 1.05
- 1.1	0.65 - 1.7	0.47 - 0.82
Κλίμα εύκρατο		
- 1.7	0.53 - 0.90	0.38 - 0.65
- 4.4	0.42 - 0.69	0.30 - 0.51
- 7.2	0.33 - 0.53	0,24 - 0.38



Σχήμα 1.39 Κατοικία στους Αμπελόκηπους – Αθήνα

1.5.2.6 Ηλιακό Αίθριο

Πρόκειται για ενδιάμεσο χώρο ο οποίος καλύπτεται με γυάλινη οροφή. Μπορεί να περιβάλλεται από κτίρια, οπότε καθίσταται κλειστός χώρος που επικοινωνεί μόνο μέσα από αυτά, ή μπορεί να αποτελεί και μεταβατικό χώρο, ανάμεσα στο ύπαιθρο και τα κτίρια, όπως συμβαίνει συχνά σε εμπορικές στοές ή διαδρομές σε δημόσιους χώρους.



Σχήμα 1.40 Ηλιακό Αίθριο

1.6 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Τα συστήματα δροσισμού, που αξιοποιούν τον άνεμο για την απαγωγή της θερμότητας (δηλαδή την ψύξη) ενός συστήματος χωρίς την χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων για την παραγωγή ψυχρού αέρα, ονομάζονται παθητικά συστήματα δροσίμου. Αναλυτικότερα προσπαθούμε να απορρίψουμε την πλεονάζουσα θερμότητα σε μια περιβαλλοντική δεξαμενή, με θερμοκρασία μικρότερη από αυτή του συστήματος μας. Αυτό επιτυγχάνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- Φυσικός αερισμός
- Δροσισμός από το έδαφος
- Δροσισμός με εξάτμιση
- Δροσισμός με ακτινοβολία

Εν αρχή ο σκιασμός .Εάν θέλουμε να διώξουμε θερμότητα από ένα σύστημα, πρώτα πρέπει να εμποδίσουμε την ποσότητα αυτής που λαμβάνει από το περιβάλλον Στην περίπτωση μας από τον ήλιο χρησιμοποιώντας τις τεχνικές της ηλιοπροστασίας.

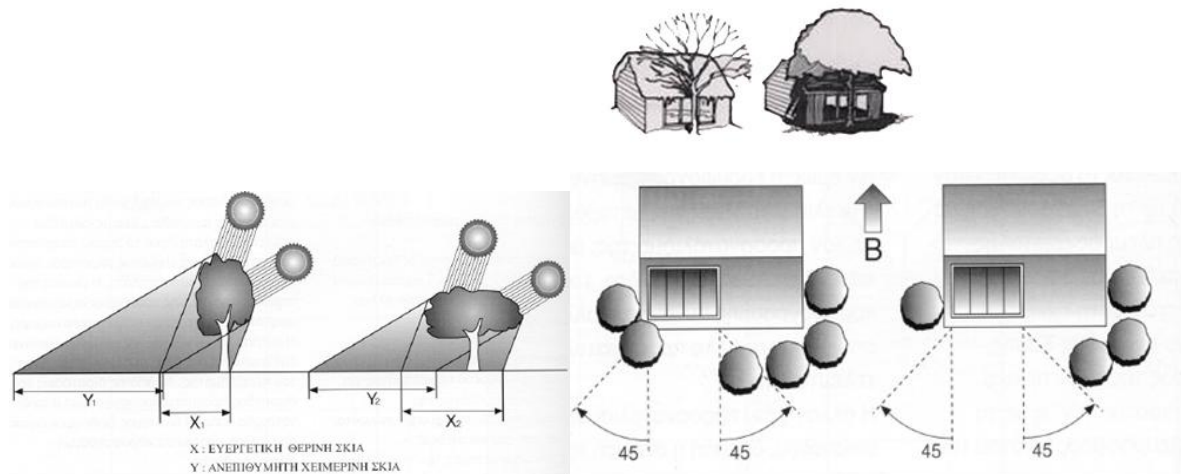
1.6.1 Συστήματα ηλιοπροστασίας

1.6.1.1 Σκιασμός κτιρίου και ανοιγμάτων με βλάστηση.

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

Κυρίως φύτεμα δέντρων σε μικρή απόσταση από το κτίριο στη νότια πλευρά του με ύψος που, μπορούμε να υπολογίσουμε από τον κατάλληλο ηλιακό χάρτη και τον μετρητή σκιασμού, τέτοιο ώστε να έχουμε πλήρη σκιασμό του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, με αποτέλεσμα την απορρόφηση του 70-85% της ηλιακής ακτινοβολίας την μέρα .

Προτιμούνται τα φυλλοβόλα δέντρα ώστε να έχουμε ανεμπόδιστα ηλιακά κέρδη τον χειμώνα.



Σχήμα 1.41 Σκίαση με δέντρα

1.6.1.2 Σκιασμός κτιρίου και ανοιγμάτων με σκίαστρα

Εξασφαλίζεται με την χρήση σκαστών, αποδοτικότερα εξωτερικών αφού σταματούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία πριν εισέλθει και παγιδευτεί μέσα στο χώρο.

Τα βασικότερα είδη εξωτερικών σκιάστρων είναι:

- Οριζόντια εξωτερικά σκιάστρα
- Κατακόρυφα σκιάστρα
- Συνδυασμός κατακόρυφων και οριζόντιων σκιάστρων

1.6.1.2.1 Οριζόντια εξωτερικά σκιάστρα

Για το νότιο προσανατολισμό, τα πιο κατάλληλα συστήματα σκίασης είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής των περσίδων, έτσι ώστε το καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκίασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα να επιτρέπεται η διέλευση του ήλιου μέσα στο χώρο

Για να προσδιορίσουμε τον σκιασμό κάνουμε τα παρακάτω

-Ορίζουμε την γωνία α , που σχηματίζει η βάση του ανοίγματος με την άκρη του σκιάστρου ως προς τον ορίζοντα. Η γωνία α αντιστοιχεί σε πλήρη σκίασμό του ανοίγματος

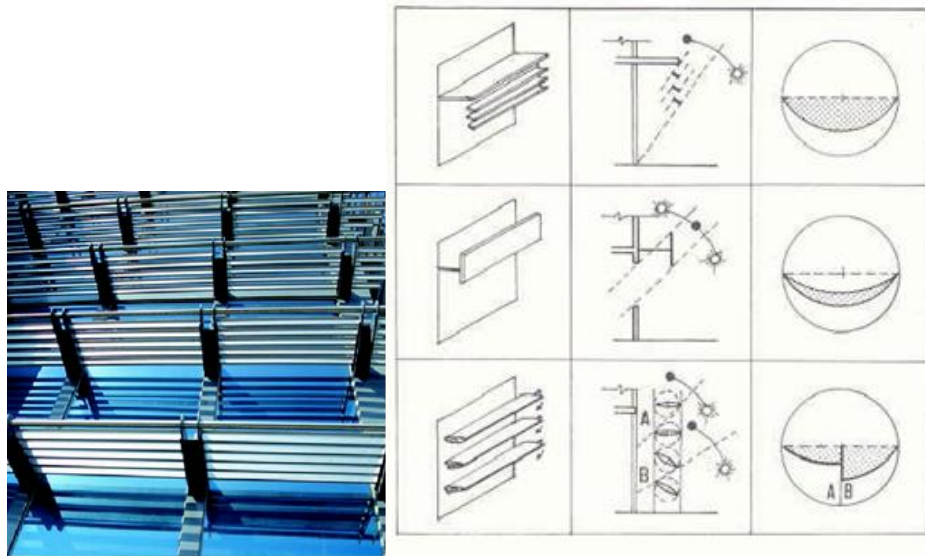
-Ορίζουμε την κατακόρυφη γωνία β , που σχηματίζεται συνδέοντας το μέσον του ανοίγματος με την άκρη του σκιάστρου. Η γωνία β αντιστοιχεί σε σκίασμό κατά το ήμισυ του ανοίγματος

-Βρίσκουμε τις καμπύλες στον μετρητή σκίασμού (παρ. 1.3.3) που αντιστοιχούν στις κατακόρυφες γωνίες α, β και έχουμε την μάσκα σκίασμού του ανοίγματος (σχήμα 1.43)

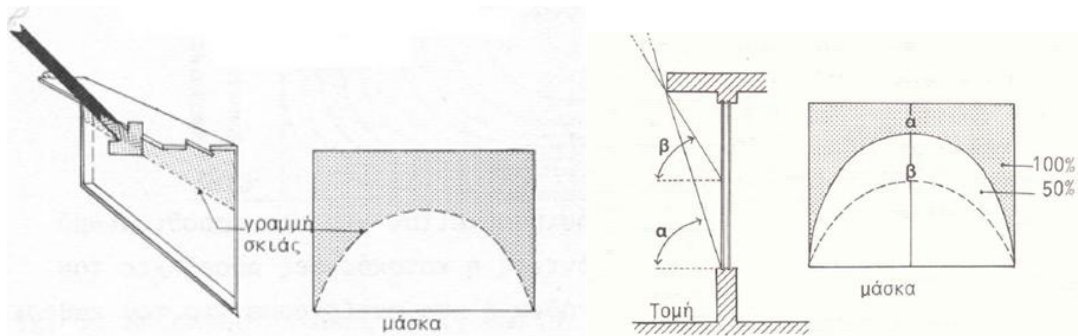
-Τοποθετούμε την μάσκα σκίασμού πάνω στον κατάλληλο ηλιακό χάρτη ώστε να ταυτίζονται οι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες και προσδιορίζουμε ποιες ώρες και ημέρες έχουμε σκίασμό του ανοίγματος (σχήμα 1.44).

Από μελέτες έχει προκύψει ότι για να σκιάζονται πλήρως τα ανοίγματα τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα:

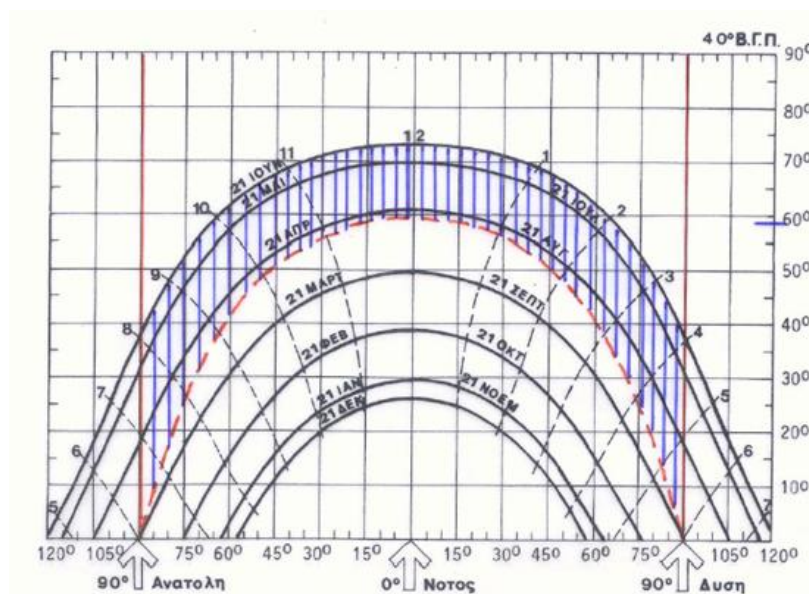
- για 32° και 36° γεωγραφικό παράλληλο η κατακόρυφη γωνία (α) να είναι ίση με 60°
- για 40° γεωγραφικό παράλληλο η κατακόρυφη γωνία (α) να είναι ίση με 55°



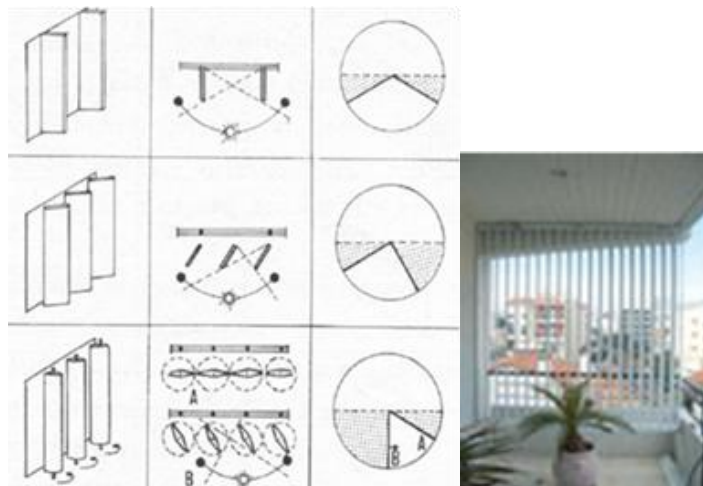
Σχήμα 1.42 Οριζόντια εξωτερικά σκίαστρα



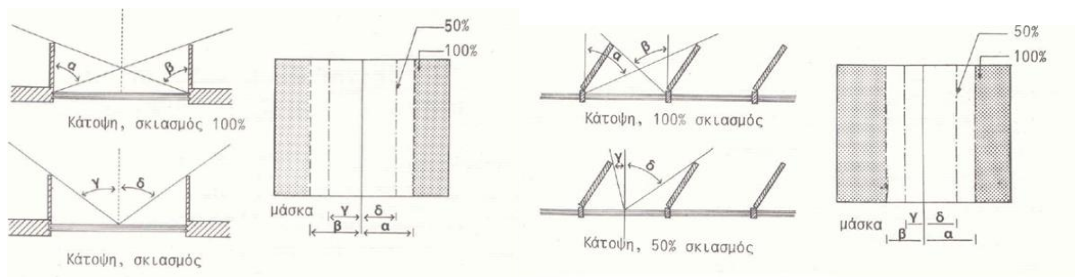
Σχήμα 1.43 Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών (α) ή (β)



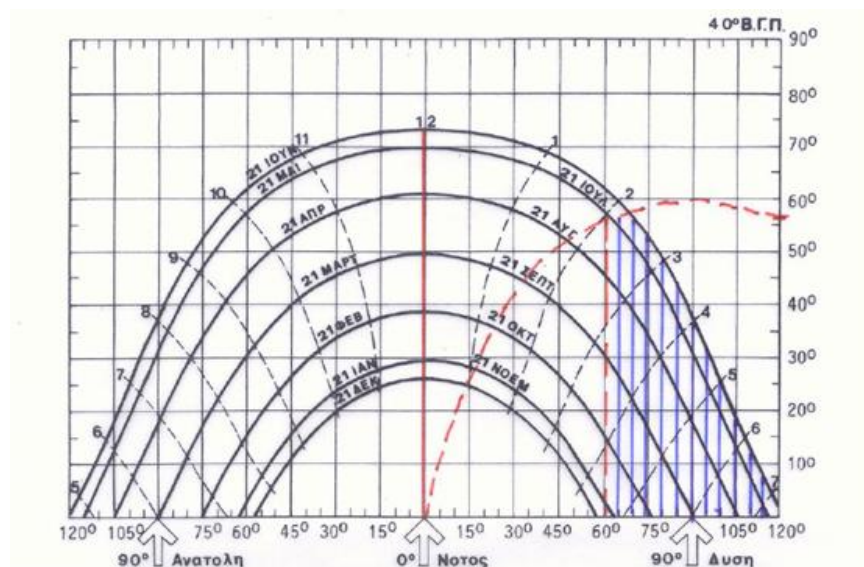
Σχήμα 1.44 Προβολή της μάσκας σκιασμού στον αντίστοιχο μετρητή σκιασμού



Σχήμα 1.45 Περίσδες κεκλιμένες, διακοπτόμενες - Οριζόντιες προεξοχές για σκίαση όψης



Σχήμα 1.46 Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών (α) και (β).



Σχήμα 1.47 Προβολή της μάσκας σκιασμού στον αντίστοιχο μετρητή σκιασμού για την Ν.Δ. όψη για κατακόρυφα σκιάστρα

1.6.1.2.2 Κατακόρυφα σκιάστρα

Για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα. Η σταθερή όμως σκίαση παρεμποδίζει και τον ηλιασμό του χώρου το χειμώνα. Για το λόγο αυτό η κινητή ηλιοπροστασία είναι προτιμότερη.

Για να προσδιορίσουμε τον σκιασμό κάνουμε τα παρακάτω

-Ορίζουμε τις οριζόντιες γωνίες α , β συνδέοντας τους παραστάδες του ανοίγματος (σε κάτοψη) με τις άκρες των κατακόρυφων σκιάστρων. Οι γωνίες α και β αντιστοιχούν σε πλήρη σκιασμό του ανοίγματος.

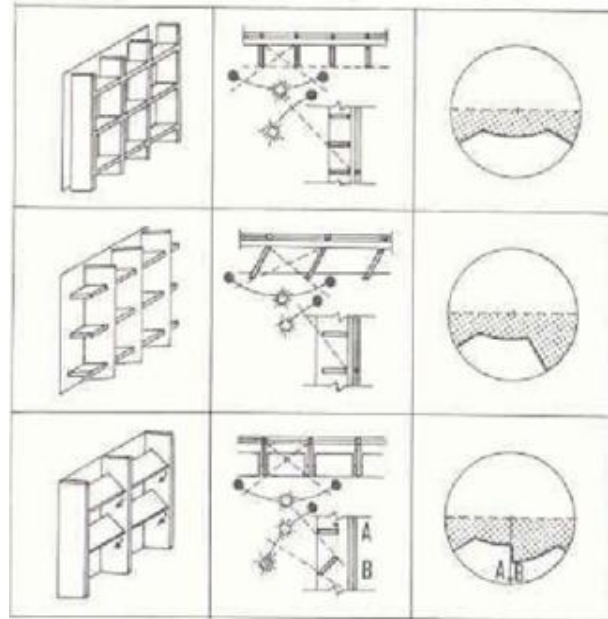
-Ορίζουμε τις οριζόντιες γωνίες γ και δ , συνδέοντας το μέσον του ανοίγματος (σε κάτοψη) με τις άκρες των κατακόρυφων σκιάστρων. Οι γωνίες γ, δ αντιστοιχούν στον ήμισυ σκιασμό του ανοίγματος.

-Μεταφέρουμε στο μετρητή σκιασμού (παρ. 1.3.3) τις οριζόντιες γωνίες $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ και χαράζουμε τις κάθετες ευθείες, που αντιστοιχούν σε αυτές ώστε να προκύψει η μάσκα σκιασμού (σχήματα 1.46).

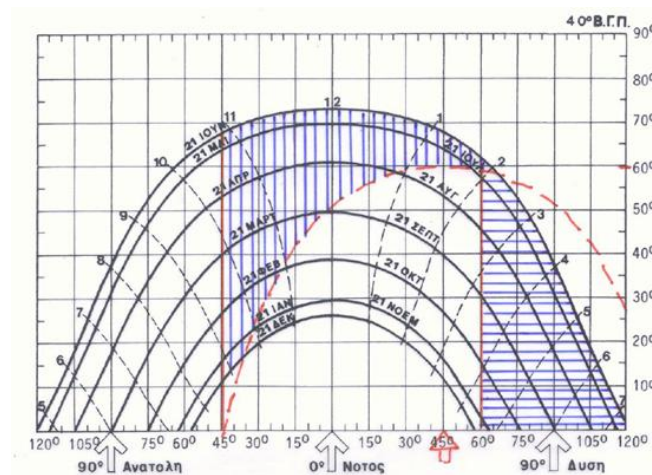
-Τοποθετούμε την μάσκα σκιασμού πάνω στον κατάλληλο ηλιακό χάρτη ώστε να ταυτίζονται οι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες και προσδιορίζουμε ποιες ώρες και μέρας έχουμε σκιασμό του ανοίγματος (σχήματα 1.47).

Συνδυασμός κατακόρυφων και οριζόντιων σκιάστρων

Χρησιμοποιούνται σε Ν.Δ. ή Ν.Α. όψεις και αποτελούν συνδυασμό των παραπάνω τρόπων σκιάσεις των ανοιγμάτων (σχήματα 1.48-1.49).



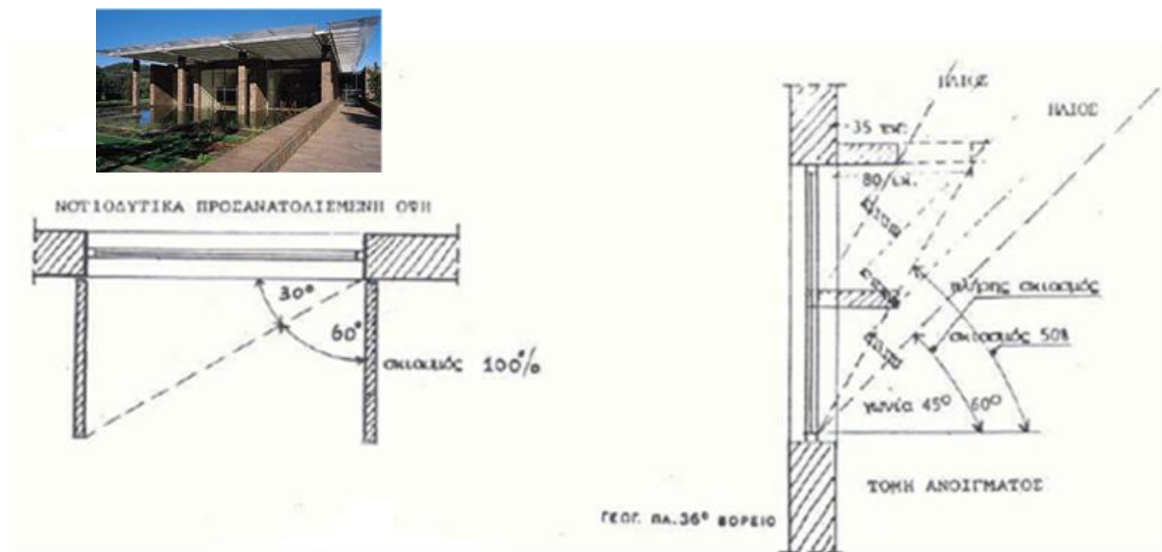
Σχήμα 1.48 Μορφές περσίδων για Ν.Δ. και Ν.Α. όψη



Σχήμα 1.49 Προβολή της μάσκας σκιασμού στον αντίστοιχο μετρητή σκιασμού για συνδυασμό κατακόρυφων και οριζώντιων σκιάστρων. Σκίαση ανοιγμάτων νοτιοδυτικής όψη.

Για τα γεωγραφικά πλάτη του Ελληνικού χώρου έχει προκύψει από μελέτες ότι οι γωνίες α και β πρέπει να αντιστοιχούν σε 55° - 60° περίπου, προκειμένου να εξασφαλίζεται πλήρης σκιά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο. Υπάρχει ένας κανόνας εμπειρικός για τον σχεδιασμό της ηλιοπροστασίας στη δύση και ανατολή.

Αφού οριστεί ο ακριβής προσανατολισμός του ανοίγματος, χαράζουμε την κατεύθυνση των ακτίνων του ήλιου και στη συνέχεια σχεδιάζουμε προεξοχές κάθετες ή κεκλιμένες, έτσι ώστε η αρχή της μιας προεξοχής και το τέλος της προηγούμενης να ορίζουν ευθείες παράλληλες προς την κατεύθυνση των ακτίνων.



Σχήμα 1.50 Σκιασμός σε συνάρτηση με την κατακόρυφη γωνία α

Η επιλογή του συστήματος ηλιοπροστασίας καθορίζεται και από κριτήρια αισθητικά. Το "παιχνίδι" με το φως, η σχέση του εσωτερικού με τον εξωτερικό χώρο, η διαφάνεια του κελύφους αποτελούν ζητήματα συνθετικής οργάνωσης.

1.6.1.3 Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων

Τα παράθυρα των κτιρίων συντελούν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον.

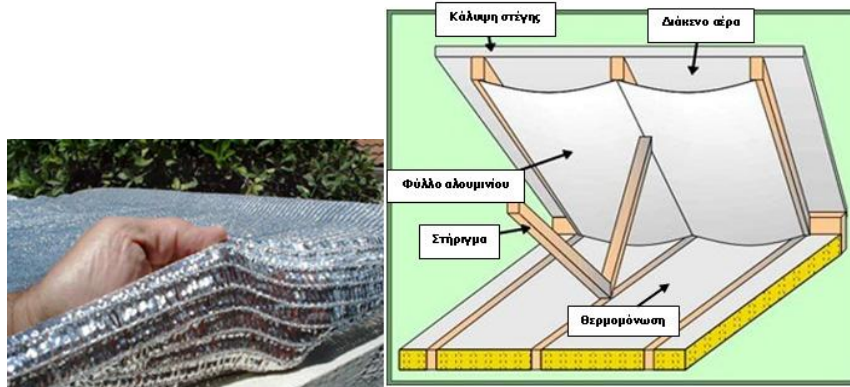
Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων. (κεφ 1.4.1.6)

1.6.1.4 Ανακλαστικά επιχρίσματα

Βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτιριακού κελύφους είναι, εκτός της σκίασης, η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, η οποία μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το κτιριακό κέλυφος και συνεπώς, τη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου τους θερμούς μήνες.

1.6.1.5 Φράγμα ακτινοβολίας

Το φράγμα ακτινοβολίας (radiant barrier) είναι τεχνική που μειώνει την ηλιακή ενέργεια η οποία διαπερνά την οροφή, με αποτέλεσμα να συνεισφέρει στη θερμική προστασία του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες. Αποτελείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου τα οποία τοποθετούνται κάτω από τη στέγη. Τα φύλλα αυτά έχουν υψηλό συντελεστή εκπομπής και ανακλαστικότητας με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας. Έτσι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο (σχήμα 1.51). Όταν εξασφαλίζεται διαμπερής αερισμός της στέγης, η θερμότητα του φράγματος ακτινοβολίας μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα την αποφυγή της υπερθέρμανσης του αλουμινίου και την πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος.



Σχήμα 1.51 Φράγμα ακτινοβολίας

1.6.1.6 Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους

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

1.6.1.7 Φυτεμένο δώμα

Οι φυτεμένες οροφές αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα). Το φυτεμένο δώμα αποτελεί, εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων του, και τεχνική θερμικής προστασίας του κτιρίου τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι.

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών). Θα πρέπει, βέβαια, να συνδυάζεται με κατάλληλα θερμομονωμένη και υγρομονωμένη κατασκευή της οροφής.



Το καλοκαίρι το φυτεμένο δώμα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτιριακό κέλυφος, μέσω της σκίασης που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνειά του. Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι μηδενίζει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτιρίου, η οποία αποτελεί σημαντική πηγή θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου. Τέλος, τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους (εξατμισοδιαπνοή) στην εξατμιστική ψύξη της οροφής.

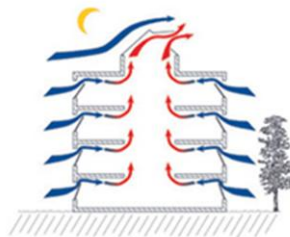
1.6.2 Συστήματα φυσικού αερισμού

Σε συμβατικά κτίρια, αλλά ακόμη περισσότερο σε Βιοκλιματικά κτίρια, όλες οι εφαρμοζόμενες στρατηγικές για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αναβάθμιση της ποιότητας αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος, μπορεί να αναιρεθούν στην περίπτωση αυξημένων θερμικών απωλειών, λόγω εκτεταμένου αερισμού ή διαφυγών αέρα από τους αρμούς των ανοιγμάτων. Έτσι θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα αεροστεγανό περίβλημα και γενικότερα να περιοριστεί και να ελεγχθεί ο αερισμός των χώρων, ανάλογα με τη χρήση των κτιρίων, χωρίς να γίνεται υπέρβαση των ορίων εναλλαγών αέρα ανά ώρα, όπως αυτές καθορίζονται από διάφορους διεθνείς κανονισμούς που παίρνουν υπόψη τους την υγεία και την ευεξία. Ανεξέλεγκτος ή εκτεταμένος χωρίς λόγο αερισμός λόγω άστοχης ενεργειακής συμπεριφοράς των ενοίκων, επιδρά αρνητικά στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου σε βαθμό που μπορεί να υπερβεί ακόμη και το 100% της ενεργειακής κατανάλωσης.

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Αποτελεί τη σημαντικότερη και συνηθέστερη μέθοδο φυσικού δροσίσμου, εφόσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο.

Με το φυσικό δρόσιση επιτυγχάνονται τα παρακάτω :

- 1- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν
- 2- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα)
- 3- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα 1.52 Φυσικός αερισμός

- Ο άνεμος

Ο άνεμος είναι το μέσο που απορροφά την πλεονάζουσα θερμότητα του κτιρίου, έχοντας μικρότερη θερμοκρασία από αυτό. Ο άνεμος προσπίπτει κάθετα στο κτίριο δημιουργώντας υπερπίεση (+). Στην συνέχεια χωρίζεται στα δυο. Η ροή του αέρα κατά μήκος των πλευρών του κτιρίου και στο χώρο πίσω από την υπήνεμη όψη του είναι τυρβώδης και οι στρόβιλοι που εμφανίζονται δημιουργούν υποπίεση (-). Η ροή του αέρα έχει κατεύθυνση από τις ζώνες υπερπίεσης στις ζώνες υποπίεσης.

Η καλή γνώση του μοντέλου ροής του αέρα γύρω από το κτίριο, καθώς και των επιδράσεων που δέχεται από τα γειτονικά εμπόδια είναι απαραίτητη για τον επιτυχή σχεδιασμό του φυσικού αερισμού αυτού, ο οποίος εξαρτάται από

- 1-Θερμοκρασία και υγρασία του αέρα
- 2-Ταχύτητα του άνεμου
- 3- Προσανατολισμός και μέγεθος ανοιγμάτων

-Θερμοκρασία και υγρασία του αέρα

Ο αέρας που διέρχεται στη κτίριο πρέπει να έχει μικρότερη θερμοκρασία από αυτή του εσωτερικού αέρα. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας έχει αρνητική επίδραση. Σε κλίμα με χαμηλές θερμοκρασίες με υγρασία τον χειμώνα Ο αερισμός πρέπει να γίνεται περιορισμένα τις μεσημβρινές ώρες. Το καλοκαίρι όμως οι δροσεροί άνεμοι απομακρύνουν την υγρασία και την θερμότητα, όποτε προτιμάται εκτεταμένος αερισμός τις πρωινές και νυχτερινές ώρες. Σε αρκετά ζεστά κλίματα ο αερισμός πρέπει γίνεται μόνο την νύχτα, ενώ σε ζεστές περιοχές με μεγάλη υγρασία ο αερισμός πρέπει να αποφεύγετε όλο το 24ωρο.

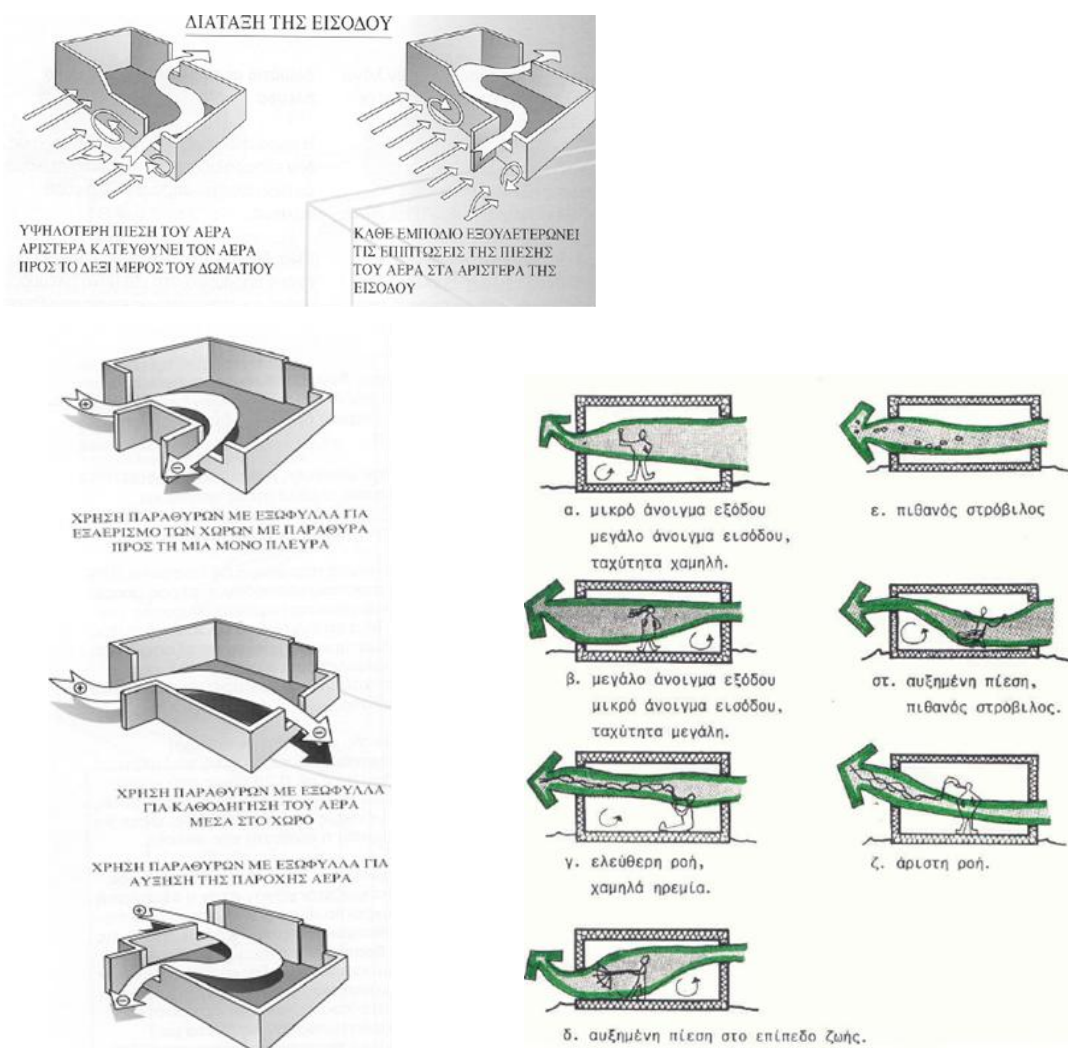
-Ταχύτητα του άνεμου

Η ταχύτητα του άνεμου αυξάνει βαθμιαία από τις πρώτες πρωινές ώρες μέχρι τη μέγιστη τιμή της τις απογευματινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Ακόμα εξαρτάται και από το ανάγλυφο της περιοχής

- Προσανατολισμός και μέγεθος ανοιγμάτων

Τα ανοίγματα εισόδου πρέπει να είναι αντιμέτωπα στον άνεμο σε κάθετη διεύθυνση γιατί οποιαδήποτε κλίση μειώνει την ταχύτητα της ροής του αέρα. Τα ανοίγματα εξόδου βρίσκονται στην υπήνεμη όψη και πρέπει να είναι μεγαλύτερου ή ίσου μεγέθους με αυτά της εισόδου (σχήμα 1.53).

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος.



Σχήμα 1.53 Διαφορετικές θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα και αντίστοιχη κατανομή της ροής του

Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα.

Εν γένει ο αερισμός, μπορεί να επιτυγχάνεται με τις παρακάτω μεθόδους:

- 1-Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- 2-Καμινάδα ή πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός)
- 3-Ηλιακή καμινάδα
- 4-Υβριδικός αερισμός
- 5-Εξαναγκασμένος αερισμός

-Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων

Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας

-Καμινάδα ή πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός)

Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.

Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων.

Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.



Σχήμα 1.54 Πύργος αερισμού

-Ηλιακή καμινάδα

Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της ($\pm 30^\circ$ N) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς.

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο



Σχήμα 1.55 Ηλιακή καμινάδα

-Υβριδικός αερισμός

Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθεις (περίπου 2-3 °C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Πρακτικά, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για πολλές ώρες το χρόνο.

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

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

-Εξαναγκασμένος αερισμός

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

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



Σχήμα 1.56 Ανεμιστήρες εξαερισμού

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

1.6.3 Ψύξη μέσω εδάφους

-Υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια

Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον τοπογραφικές και άλλες συνθήκες το συνιστούν, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Κατά τους θερμούς μήνες, το έδαφος βρίσκεται σε αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον και, ερχόμενο σε επαφή με το κτιριακό κέλυφος, βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο. Το χειμώνα, η επαφή του κτιρίου με το έδαφος μειώνει τις θερμικές απώλειες προς το ψυχρό περιβάλλον.



Σχήμα 1.57 Δροσισμός υπόσκαφου κτιρίου

Σε περιοχές με πολύ ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος, ενώ σε περιοχές με θερμά καλοκαίρια συνιστάται να παραμένει αμόνωτο ώστε να διευκολύνεται η μετάδοση της θερμότητας με αγωγή προς το έδαφος.

Στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία που πλησιάζει αυτή του εξωτερικού αέρα, συνιστάται περιμετρική θερμομόνωση για παρεμπόδιση της μετάδοσης της θερμότητας στο κτίριο (κεφ. 1.8).

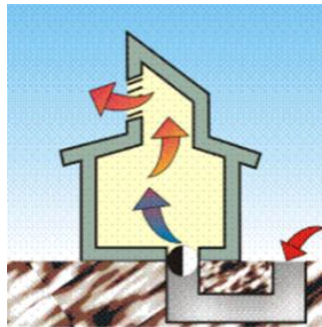
- Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους - αέρα)

Είναι σύστημα μεταλλικών αγωγών (ή PVC) που τοποθετούνται σε βάθος 1-3μ. Το σύστημα χρησιμοποιείται για την ψύξη των κτιρίων το καλοκαίρι, οπότε και αξιοποιεί το έδαφος - του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη κάτω από την επιφάνεια - ως απαγωγέα της θερμότητας.

Ο αέρας εισάγεται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, κυκλοφορεί στο δίκτυο αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτίριο ψυχρότερος

Παράλληλα, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα. (1.5.2 Θερμοσιφωνικό πινέλο)

Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με σύστημα κλιματισμού, συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου, καθώς μειώνει την θερμοκρασιακή διαφορά εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα από το σύστημα, και συνεπώς μειώνει την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος και την ενέργεια που αυτό καταναλώνει.

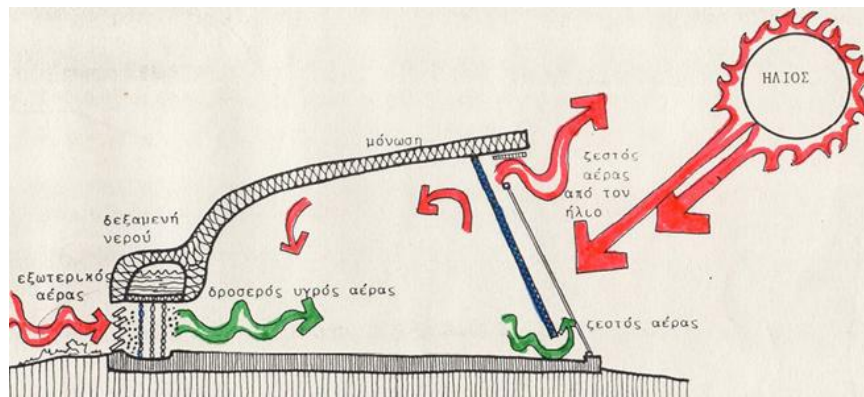


Σχήμα 1.58 Εναλλάκτης εδάφους αέρος

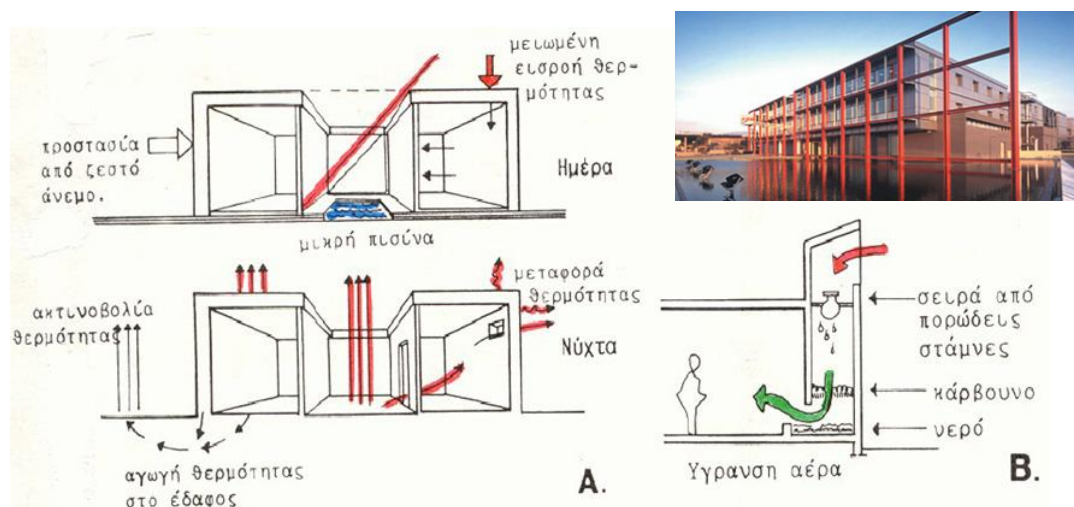
1.6.4 Εξατμιστικός δροσισμός

Σε περιοχές με σχετικά χαμηλή υγρασία, μπορεί να επιτευχθεί δροσισμός με την εξάτμιση νερού. Ο αέρας, διερχόμενος από κάποιο σώμα νερού και προκαλώντας την εξάτμισή του, ψύχεται, ενώ εμπλουτίζεται με υδρατμούς (σχήμα 1.59).

Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου ή εναλλάκτη, τότε έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό. Τεχνικές άμεσου φυσικού δροσισμού περιλαμβάνουν τη χρήση σωμάτων νερού (όπως λίμνες ή σιντριβάνια) σε εσωτερικές αυλές και αίθρια ή σε πύργους δροσισμού (σχήμα 1.60). Τεχνικές έμμεσου φυσικού δροσισμού είναι οι ανοιχτές λίμνες οροφής και ο ψεκασμός των δωματίων με νερό. Επί πλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης).



Σχήμα 1.59 Ροή αέρα στον εξατμιστικό δροσισμό.



Σχήμα 1.60 Α. Φυσική ψύξη με τη χρήση νερού. Β. Ύγρανση του ζεστού εξωτερικού αέρα.

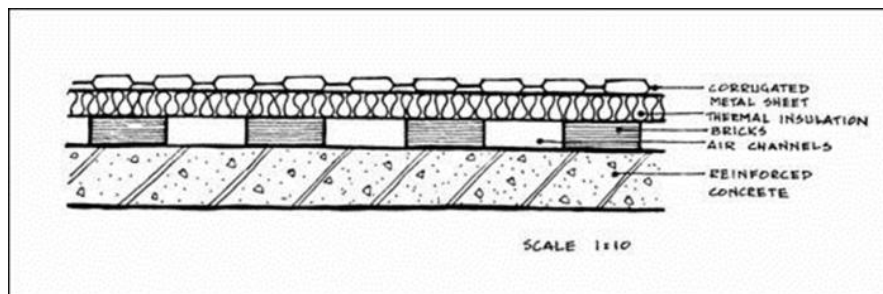
1.6.5 Νυκτερινή ακτινοβολία

Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας προς τον ουρανό, ο οποίος λειτουργεί ως «μέλανο σώμα». Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός (χωρίς σύννεφα) και όσο χαμηλότερη είναι η υγρασία που περιέχει ο αέρας, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό ακτινοβολίας που εκπέμπεται.

Για να είναι αποτελεσματική η νυκτερινή ακτινοβολία θα πρέπει οι επιφάνειες που ακτινοβολούν να έχουν «θέα» τον ουρανό. Κατά συνέπεια, οι οροφές των κτιρίων ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας. Επί πλέον, θα πρέπει η επιφάνεια ακτινοβολίας να είναι έτσι κατασκευασμένη, ώστε η συσσωρευμένη κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα να έχει τη δυνατότητα να διοχετευθεί, μέσω κατάλληλης κατασκευής, προς την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους.

Επειδή πρακτικά η νυχτερινή ακτινοβολία μεγάλης ποσότητας θερμικής ενέργειας από το κτίριο προϋποθέτει οροφή χωρίς μόνωση, ενώ η μόνωση της οροφής είναι απαραίτητη για την προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας, το σύστημα δροσίσιμου μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας αποτελεί πάντα μια ειδική κατασκευή.

Τα συνηθέστερα συστήματα νυχτερινής ακτινοβολίας είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και η λίμνη οροφής.



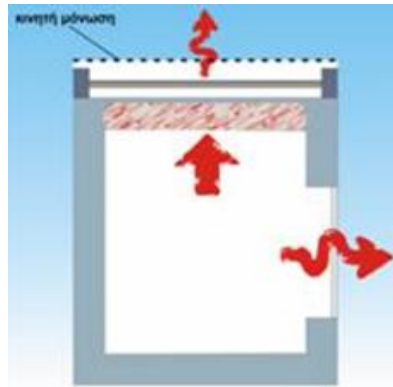
Σχήμα 1.61 Σύστημα δροσίσιμου οροφής με ακτινοβολητή

Μεταλλικός ακτινοβολητής

Το σύστημα αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Η μεταλλική πλάκα ακτινοβολεί προς το νυχτερινό ουρανό μεγάλη ποσότητα θερμικής ενέργειας. Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή διοχετεύεται θερμός αέρας από το κτίριο, ο οποίος διέρχεται μέσα από το σύστημα, ψύχεται καθώς έρχεται σε επαφή με την ψυχρή εξωτερική πλευρά και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου.

Το σύστημα λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία.

Σε περιοχές με έντονα ρεύματα αέρα, το σύστημα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου (σε απόσταση 5 εκ.) - διαπερατό από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το πολυαιθυλένιο επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας, ενώ περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στον ακτινοβολητή (σχήμα 1.61).



Σχήμα 1.62 Δροσισμός δια ακτινοβολίας

Λίμνες οροφής

Μπορεί να διαμορφωθεί στην οροφή ενός κτιρίου αβαθής δεξαμενή νερού (1..5.2 οροφή νερού). Για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας αυτό το σύστημα δεν είναι αρκετά αποδοτικό σαν παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης, λόγω του οριζόντιου προσανατολισμού της συλλεκτικής επιφάνειας, επίσης τεχνικοί/κατασκευαστικοί και λειτουργικοί λόγοι το καθιστούν ασύμφορο.

1.6.4 Ανεμοπροστασία – Διοχέτευση ανεμών

Η ανεμοπροστασία των κτιρίων γίνεται με δέντρα, θάμνους οι περιφράξεις που ονομάζονται ανεμοφράκτες. Τα βασικά στοιχεία αυτών είναι οι διαστάσεις και η πυκνότητα. Όσο μικρότερο είναι το πλάτος τους (δεν υπερβαίνει το 10% του ύψους), τόσο μεγαλύτερη είναι η ζώνη προστασίας. Αν το πλάτος είναι υπερβολικό θα πρέπει να τροποποιηθεί το σχήμα τους στο πάνω μέρος. Οι πλήρες περιφράξεις εξασφαλίζουν ζώνη μεγάλης ηρεμίας σε πολύ μικρή απόσταση, γιατί μετά το εμπόδιο ο άνεμος επανακτά γρήγορα τα χαρακτηριστικά του.

Τα δέντρα και οι θάμνοι θεωρούνται πορώδη εμπόδια γιατί επιτρέπουν τη διέλευση ενός μέρους του άνεμου, περιορίζοντας τους στροβιλισμούς και δημιουργώντας μια ευρύτερη ζώνη προστασίας.

Έτσι μειώνουν την ταχύτητα του άνεμου κατά 50% σε απόσταση ίση με το πενταπλάσιο του ύψους τους. Από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του άνεμου, υπερτερούν οι ανεμοφράκτες με πορώδες υλικά κατά 50-60%. Το μέγιστο μήκος προστασίας ενός ανεμοφράκτη είναι τουλάχιστον ίσο με το ενδεκαπλάσιο του ύψους του.

κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα).

Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

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

-Ανοίγματα οροφής

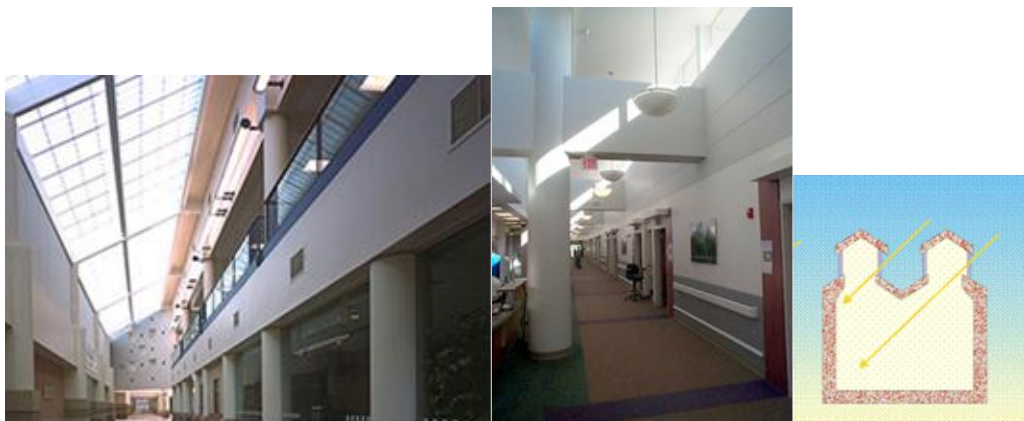
Τα ανοίγματα οροφής αποτελούν ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού, καθώς παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην τοιχοποιία. Πιο συγκεκριμένα :

- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φως από τον ουράνιο θόλο.
- Λόγω της θέσης τους, συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός μέσα στους χώρους.
- Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να φέρουν είτε διαφανείς, είτε ημιδιαφανείς (διαχυτικούς) υαλοπίνακες.

Στα ανοίγματα οροφής συνιστάται εν γένει να υπάρχει σύστημα ηλιοπροστασίας εκτροπής του άμεσου φωτός, όπως ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα.

Τα συστήματα αυτά, ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά. Η τελική επιλογή ενός τέτοιου συστήματος γίνεται με κριτήρια που αφορούν τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και την οικονομικότητά τους (βλ. ηλιοπροστασία / σκιασμός ανοιγμάτων).

Τα οριζόντια ανοίγματα οροφής έχουν το μειονέκτημα ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα και για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού (σχήμα 1.64).



Σχήμα 1.64 Ανοίγματα οροφής.

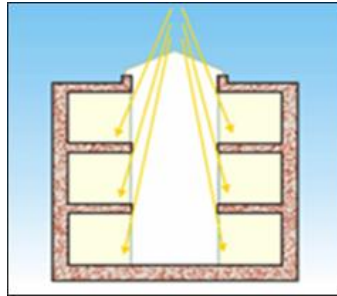
-Αίθρια

Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς:

-Επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου.

-Βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα).

Ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αιθρίου και τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών του (ανακλαστικότητα των τοίχων και του δαπέδου, οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και στην οροφή), επηρεάζεται και η στάθμη φωτισμού των χώρων. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό των αιθρίων να συνυπολογίζονται οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών αυτών στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων, πάντα σε συνδυασμό με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.



Σχήμα 1.65 Αίθριο.

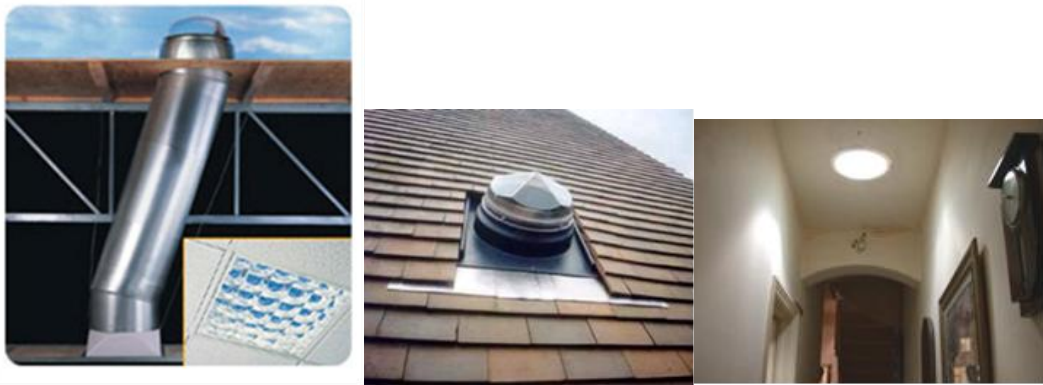
-Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Εν γένει οι φωταγωγοί θα πρέπει να έχουν επιφάνειες ανακλαστικές. Τα δε ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς συνιστάται να έχουν στην ποδιά τους ανακλαστήρα, ώστε να διοχετεύεται το φως στους εσωτερικούς χώρους.

Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων.

Η απόδοσή των φωταγωγών μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ανακλαστήρα στην κορυφή τους (είσοδο του φωτός), ο οποίος να εκτρέπει τις ηλιακές ακτίνες προς τα κάτω. Για ακόμα μεγαλύτερη απόδοση μπορεί να συνοδεύονται από ηλιοστάτη (συσκευή η οποία φέρει καθρέπτη και η οποία ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια τις ημέρας).

Για το φωτισμό ενός ή και περισσότερων ορόφων μπορεί να χρησιμοποιηθούν σωλήνες-φωταγωγοί (Φώτο-σωλήνες). Σε πολλές περιπτώσεις οι φωταγωγοί μπορεί να συνεισφέρουν και στον φυσικό αερισμό ενός χώρου.



Σχήμα 1.66 Φωτοσωλήνας.

-Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και, αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής, μπορούν να αποκλείσουν πλήρως την είσοδο ή να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Εν γένει είναι ημιδιαφανή και άρα δεν συνιστώνται εκεί που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω.

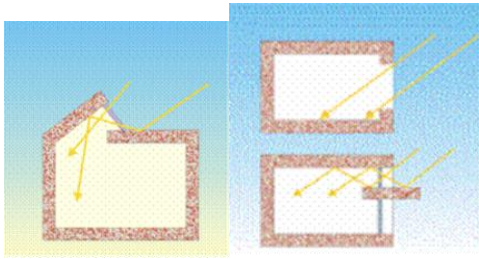
Τα πρισματικά στοιχεία τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου είτε σαν αυτόνομα στοιχεία είτε μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.

-Ράφια φωτισμού

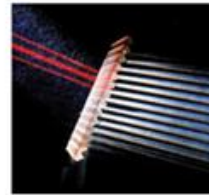
Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.

Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων (σχήμα 1.67).

Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους, όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.



Σχήμα 1.67 Ράφια φωτισμού.



Σχήμα 1.68 Ανακλαστήρες, περσίδες.

-Ανακλαστικές περσίδες

Είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία, μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή).

Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Τόσο τα ράφια φωτισμού, όσο και οι περσίδες μπορούν και πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη, για λόγους θερμικής προστασίας, σκίαση των χώρων, αλλά και τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.

1.7.2 Τεχνητός Φωτισμός

Ο φωτισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση βιολογικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Στόχος του συστημάτων είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, μέσω:

- της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από Διεθνή προτύπων, βάσει της χρήσης και των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου,

- της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και χρώμα φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων contrast κ.λπ.

Ωστόσο, στα σύγχρονα κτίρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες (ή και παντελή έλλειψη μελέτης).

Αυτό το φαινόμενο, σε συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων του τεχνητού φωτισμού, με "πενιχρά" αποτελέσματα ως προς την ποιότητα και την οπτική άνεση. Είναι λοιπόν εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων και τεχνικών.

Τέτοια μέτρα είναι:

A-ο σωστός σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού,

B-η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού,

Γ-η χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης,

Δ-η επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων,

E- η χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων,

Z- η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου,

H-η σωστή συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων

Πίνακας 1.8 Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό.

Χρήση	Κατανάλωση για φωτισμό (% συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης)
Κτίρια Γραφείων	30-50
Καταστήματα	25-50
Νοσοκομεία	10-20
Ξενοδοχεία	10-25

1.7.3 Συστήματα ελέγχου

Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού είναι συσκευές που ρυθμίζουν τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε συνάρτηση με ένα εξωτερικό σήμα (χειροκίνητη επαφή, ανίχνευση παρουσίας, χρονοδιακόπτης, στάθμη φωτισμού).

Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου είναι:

-Τοπικοί διακόπτες έναυσης

Οι τοπικοί διακόπτες έναυσης ελέγχουν τη λειτουργία των φωτιστικών κατά ομάδες και ρυθμίζουν το φωτισμό σε συγκεκριμένες ζώνες του χώρου, π.χ. ζώνες στις οποίες εκτελείται κάποια εργασία.

Με τους τοπικούς διακόπτες εξασφαλίζεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου ελέγχεται με ένα διακόπτη. Μελέτες σε γραφεία ‘ελεύθερης διάταξης’ έχουν δείξει μεγάλες διαφορές στις προτιμήσεις των εργαζομένων ως προς το φωτισμό (άλλοι προτιμούν αναμένα φώτα σε συνεχή βάση και άλλοι όχι). Οι τοπικοί διακόπτες παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στους χώρους εργασίας, σε σχέση με τις σειρές διακοπών που είναι συγκεντρωμένες πλησίον της κύριας εισόδου του χώρου. Ο τοπικός έλεγχος κατά ομάδες φωτιστικών είναι σημαντικός στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μόνο κάποια τμήματα του χώρου απαιτούν τεχνητό φωτισμό, είτε γιατί στα άλλα τμήματα δεν υπάρχουν εργαζόμενοι (π.χ. μετά τη λήξη του εργασιακού ωραρίου) είτε γιατί στα άλλα τμήματα υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός.

Γενικά, οι ζώνες που ο φωτισμός τους ελέγχεται από τοπικούς διακόπτες θα πρέπει να έχουν παρόμοια στάθμη φυσικού φωτισμού σε όλη τους την επιφάνεια. Επίσης, θα πρέπει η ομαδοποίηση των φωτιστικών να σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης του χώρου. Ως γενική αρχή, οι τοπικοί διακόπτες δεν θα πρέπει να απέχουν περισσότερο από 8.00 μ. από το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό ή 3 x (ύψος χώρου) μ.

**Χρόνου**

1 ή 2εξόδων, προγραμματισμός ημέρας/εβδομάδας/μήνα/έτους

Χρόνου - Φωτός

ρύθμιση φωτισμού βάση χρόνου και φυσικού φωτός, με Lx-μετρή

Χρόνου - Θερμοκρασίας

ψηφιακός θερμοστάτης 6 λειτουργιών με χρονοπρογραμματιστή ημέρας / εβδομάδα

Σχήμα 1.69 Ψηφιακός Προγραμματιστής Εξοικονόμησης

-Χρονοπρογραμματισμός

Με αυτό το σύστημα ελέγχου, τα φωτιστικά σώματα σβήνουν από ένα κεντρικό πίνακα, την ίδια ώρα κάθε ημέρα (συνήθως την ώρα των διαλειμμάτων εργασίας και στη λήξη του εργασιακού ωραρίου). Είναι σημαντικό να προβλέπεται στο σύστημα και τοπικός έλεγχος έτσι ώστε να είναι δυνατή η έναυση των φωτιστικών όταν τα χρειάζονται οι χρήστες. Χρονικά σήματα μπορούν να δίνονται από διάφορα συστήματα από απλά ηλεκτρομηχανολογικά έως πολύπλοκους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Μπορούν επίσης να δίνονται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του κτιρίου.

Τα σήματα αυτά πρέπει να μεταφερθούν μέχρι τα φωτιστικά. Αυτό γίνεται είτε μέσω του ίδιου του ηλεκτρικού δικτύου, ή μέσω bus χαμηλής τάσης, συνδεδεμένου με κάθε φωτιστικό ή ομάδα φωτιστικών.

-Έλεγχος παρουσίας

Επιτυγχάνεται με αισθητήρες παρουσίας οι οποίοι σβήνουν τα φώτα όταν δεν ανιχνεύσουν κίνηση στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση συνήθως επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία. Σε μερικές περιπτώσεις (μόνο off-συστήματα) τα φώτα παραμένουν σβηστά.

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

-Είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτοί ήταν οι πρώτοι τύποι ανιχνευτών παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλείς. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή

του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρική παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων (στις περιπτώσεις ανακαινίσεων)

-Είτε να υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαίνισης, με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν περιορισμένη ευελιξία δεδομένου ότι η θέση του πίνακα είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110 εκ. από τη στάθμη του δαπέδου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλεια του. Ωστόσο, σε κατάλληλους χώρους (μικρά γραφεία και αίθουσες συνεδριάσεων που έχουν επίτοιχους διακόπτες) οι πίνακες είναι πολύ οικονομικοί δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και το κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν αμελητέο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλει αναλόγως του μεγέθους του χώρου και του τρόπου χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 35% και 45%. Είναι σημαντικό να έχει προβλεφθεί κάποια χρονική υστέρηση στο σύστημα, καθώς ο χρήστης μπορεί να παραμείνει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα ενώ συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο χώρο και δεν επιθυμεί να σβήνουν τα φώτα πριν την έξοδό του από το χώρο. Απαιτείται προσοχή στην επιλογή των ανιχνευτών καθώς ο βαθμός ευαισθησίας τους ποικίλει.

Κριτήριο για την επιλογή ενός συστήματος ελέγχου παρουσίας είναι η χρήση του χώρου. Οι ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι. Στους αισθητήρες παρουσίας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης (εκτός ειδικών περιπτώσεων), καθώς λαμπτήρες αυτοί απαιτούν κάποιο χρόνο έως την πλήρη έναυσή τους και επομένως αρκετά λεπτά για να επανέλθουν σε πλήρη λειτουργία.

-Σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό

Το σύστημα λειτουργεί με φωτοκύτταρο το οποίο τοποθετείται είτε εξωτερικά είτε σε θέση που να βλέπει έξω από το παράθυρο, ώστε να δέχεται μόνο φυσικό φώς. Μπορεί να τοποθετηθεί και μέσα στο χώρο ώστε να μετρά τον συνολικό φωτισμό (φυσικό και τεχνητό).

Σ' αυτή την περίπτωση ένας φωτοηλεκτρικός αισθητήρας μπορεί να ελέγχει ομάδα φωτιστικών ή να είναι τοποθετημένος σε μεμονωμένο φωτιστικό και να ελέγχει μόνο αυτό. Τα πιο κοινά συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού είναι:

1-Συστήματα έναυσης / σβέσης: ένα τέτοιο σύστημα το οποίο προκαλεί ξαφνικές και έντονες αλλαγές της στάθμης φωτισμού μπορεί να προκαλεί δυσαρέσκεια στους χρήστες. Αυτός ο τύπος ενδείκνυται για χώρους που δέχονται άπλετο φυσικό φώς και η συχνότητα έναυσης / σβέσης είναι περιορισμένη. Επίσης, είναι σημαντικό να προβλέπεται χρονική υστέρηση στο σύστημα ελέγχου ώστε να αποφεύγεται επαναλαμβανόμενη συχνή έναυση / σβέση, που μπορεί να προκαλείται π.χ. από κινούμενη νέφωση.

2-Βηματικά συστήματα: είναι ίδια με τα προηγούμενα αλλά με μία ή δύο ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ των θέσεων έναυσης και σβέσης.

3-Συστήματα ρύθμισης φωτεινής ροής: Αυτά εξασφαλίζουν ότι η συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού φτάνει πάντοτε τη στάθμη στην οποία έχει ρυθμιστεί το σύστημα. Εάν η απαιτούμενη στάθμη εξασφαλίζεται μόνο με φυσικό φώς τότε η ροή του τεχνητού συστήματος μηδενίζεται. Σε αντίθεση με το σύστημα έναυσης / σβέσης, το σύστημα ελέγχου φωτεινής ροής δεν ενοχλεί τους χρήστες και η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγαλύτερη. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων επέτρεψε τη χρήση των συστημάτων αυτών και στο φωτισμό φθορισμού, ιδιαίτερα σε εμπορικούς χώρους.

Γενικά, εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού για μεγάλο διάστημα της ημέρας, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Έρευνες έχουν δείξει ότι η πιθανότητα έναυσης του τεχνητού συστήματος, από τους εργαζόμενους όταν εισέρχονται στο χώρο εργασίας, έχει άμεση σχέση με την παροχή φυσικού φωτισμού και επίσης όταν οι χρήστες ανάψουν το τεχνητό σύστημα κατά την είσοδό τους στο χώρο, σπανίως το σβήνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

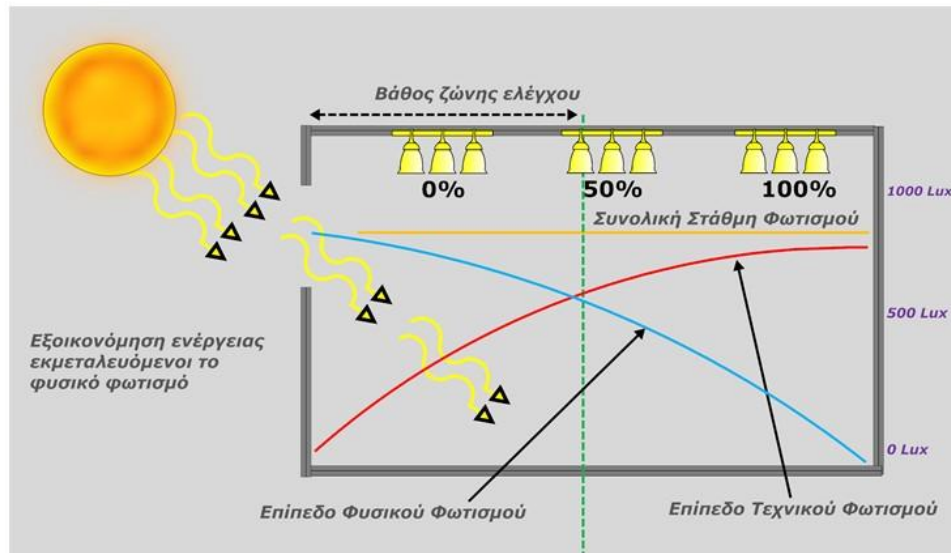
Το κριτήριο για την επιλογή συστήματος σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού είναι η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα σύζευξης είναι οι χώροι με άπλετο φυσικό φώς.

Η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου του φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Σε κτίρια γραφείων η κατανάλωση ενέργειας, στατιστικά, μπορεί να μειωθεί κατά 30% έως 50%. Η απόσβεση του κόστους εφαρμογής μπορεί συχνά να επιτευχθεί σε 2-3 έτη.

Τόσο η αυτόματη, όσο και η χειροκίνητη έναυση και σβέση των λαμπτήρων έχει επιπτώσεις στο χρόνο ζωής των λαμπτήρων. Εντούτοις, αυτή η επίδραση είναι ελάχιστη, ενώ το ενεργειακό όφελος από το σβήσιμο των λαμπτήρων καλύπτει το κόστος μείωσης του χρόνου ζωής τους. Υπό την προϋπόθεση ότι οι λαμπτήρες πρόκειται να παραμένουν σβηστοί για χρονικό διάστημα περισσότερο των δύο ή τριών λεπτών, είναι πάντα οικονομικά αποδοτικότερο να σβήνουν.

Στα συστήματα ελέγχου φωτισμού μπορούν να συνδυαστούν διάφορες στρατηγικές. Για παράδειγμα, επιτυχείς εγκαταστάσεις για διαδρόμους γραφείων ή ξενοδοχείων μπορεί να συνδυάσουν α) κεντρικό χρονικό προγραμματισμό έναυσης/σβέσης των φωτιστικών, β) σβήσιμο των φωτιστικών σωμάτων κατά την διάρκεια του μεσημεριανού γεύματος έτσι ώστε να μειωθεί η κατανάλωση, γ) σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό στα φωτιστικά σώματα κοντά στα παράθυρα και δ) τοποθέτηση τοπικών διακοπών, έτσι ώστε μόνο οι χώροι που χρησιμοποιούνται εκείνη τη χρονική διάρκεια να είναι φωτισμένοι. Οι ανιχνευτές παρουσίας που εγκαθίστανται σε κάθε φωτιστικό μπορούν επίσης να περιλάβουν αισθητήρες φυσικού φωτισμού.

Αυτός ο τύπος ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου μπορεί να λύσει το πρόβλημα που δημιουργείται σε χώρους ιδιόμορφου σχήματος ή όπου η σύνδεση με άλλο σύστημα ελέγχου είναι δύσκολη.



Σχήμα 1.70 Σύζευξη με τον φυσικό φωτισμό.

Οι μόνιμοι χρήστες ενός χώρου πρέπει να είναι ενήμεροι για την ύπαρξη του συστήματος ελέγχου φωτισμού, τον τρόπο λειτουργίας του και πώς μπορούν να αλληλεπιδράσουν με αυτό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις ανακαινίσεις εγκαταστάσεων, όπου μπορεί να παρουσιαστεί αντίδραση στην εγκατάσταση των συστημάτων ελέγχου φωτισμού εάν οι χρήστες του κτιρίου δεν ενημερωθούν πλήρως για το νέο σύστημα.

1.8 Κατασκευή κτιρίου - Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κελύφους

1.8.1 Γενικά

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος, συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων. Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη).

1.8.2 Συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας U

Η θερμική αντίσταση και, συνεπώς, η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Ο συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας U είναι ο βαθμός με τον οποίο η θερμότητα μεταβιβάζεται μέσα από μια κτιριακή κατασκευή σε W/m^2K . Το αντίστροφο $1/U$ κάθε τοίχου είναι η αντίσταση αυτού στη ροή θερμότητας.

1.8.3 Σχεδιασμός κτιρίου και θερμομόνωση

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

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

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

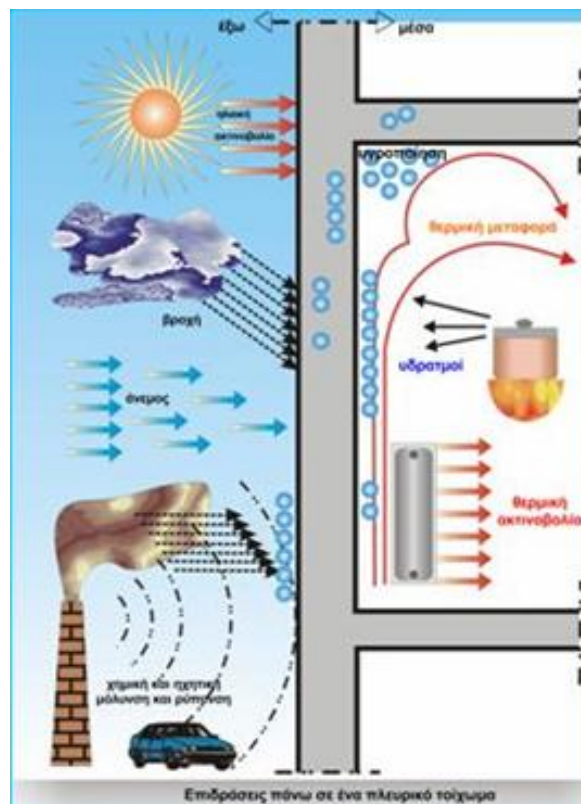
Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.

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 και οι μονώσεις του περιβλήματός του, έτσι ώστε να αντισταθμιστούν και οι αυξημένες θερμικές απώλειες συγκριτικά με άλλα κτίρια συμπαγούς μορφής και να επιτευχθεί ένα άνετο εσωκλίμα με περιορισμένες καταναλώσεις.

Σε ό,τι αφορά στα ανοίγματα, συνιστάται η ελαχιστοποίησή τους στις ανατολικές και δυτικές όψεις για την αποφυγή υπερθερμάνσεων τη θερινή περίοδο, όπως επίσης και στη βορινή για τον έλεγχο των θερμικών απωλειών.

Στις τελευταίες περιπτώσεις οι διαστάσεις των ανοιγμάτων θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτήσεις των χώρων σε φυσικό φωτισμό και αερισμό (κεφ. 1.5).

Στις νότιες όψεις μία κάλυψη της επιφάνειας με 60% ανοίγματα αποτελεί μία ενεργειακά αποτελεσματική πρόταση για τη θέρμανση των χώρων με φυσικό τρόπο μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 1.71 Επιδράσεις πάνω στο εξωτερικό τοίχωμα.

1.8.4 Θερμομόνωση ανοιγμάτων

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός κουφώματος καθορίζονται τόσο από την ικανότητά του να εμποδίζει το πέρασμα ζεστού ή κρύου αέρα μέσω των αρθρώσεων του (ιδιότητα που αναφέρεται στην αεροστεγανότητα) όσο και από την ικανότητά του να εμποδίζει την διάδοση της θερμότητας μέσω των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο.

Η θερμική μόνωση ενός κουφώματος εξαρτάται από :

-τον βαθμό αεροδιαπερατότητας της επιφάνειας του κουφώματος: Αν ένα παράθυρο επιτρέπει την διέλευση μεγάλης ποσότητας αέρα μέσα από τις αρθρώσεις του, θα προκαλέσει την έξοδο ζεστού αέρα ή την είσοδο κρύου αέρα (ανάλογα με τις διαφορετικές πιέσεις), με αποτέλεσμα την ψύξη του χώρου και επομένως αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου.

-τον τύπο του τζαμιού: Οι θερμικές απώλειες, λόγω μετάδοσης βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την επιφάνεια, οπότε το γυαλί, που αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος ενός κουφώματος, παίζει σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση των θερμικών απωλειών.

- τον τύπο του πλαισίου : Θερμικές απώλειες έχουμε όχι μόνο μέσω του γυαλιού, αλλά επίσης και από το πλαίσιο του κουφώματος. Επομένως ένα προφίλ με μικρότερη θερμική αγωγιμότητα θα μειώσει τις απώλειες μέσα από το πλαίσιο.

Πίνακας 1.9 Τύπος τζαμιού και θερμομόνωση που προσφέρει στο κούφωμα.

Τύπος τζαμιού	U (W/m ² K)
Απλό 4 mm	5,8
Απλό 6 mm	5,7
Απλό 10 mm	5,6
Απλό 12 mm	5,5
Διπλό 4-12-4	2,9
Διπλό 6-12-6	2,8
Διπλό 10-12-6	2,8
Διπλό 12-12-6	2,8

Σαν θερμομονωτικό ορίζεται ένα προφίλ του οποίου το εσωτερικό μέρος και το εξωτερικό μέρος της τομής του χωρίζονται με την παρεμβολή ενός υλικού διαφορετικής υφής και που χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές θερμικής αγωγιμότητας. Αυτός ο τύπος του προφίλ εμποδίζει την άμεση μεταβίβαση της θερμότητας λόγω αγωγιμότητας από το εσωτερικό περιβάλλον προς τα έξω και αντιστρόφως. (θερμοδιακοπή)

Τα θερμομονωτικά προφίλ αλουμινίου προσφέρουν επίσης και άλλα πλεονεκτήματα:

-Μείωση (και κάτω από ορισμένες συνθήκες, εξαφάνιση) του φαινομένου της υγροποίησης. Αυτή η διαδικασία γίνεται όταν ο αέρας που περιέχει υγρασία ψύχεται ξαφνικά, γι' αυτό ο ατμός συμπυκνώνεται και εμφανίζεται με τη μορφή πολλών και μικρών σταγόνων πάνω στην κρύα επιφάνεια. Είναι σαφές ότι διατηρώντας πιο ψηλά τη θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια ενός προφίλ μειώνεται αυτή η πιθανότητα.

-Μικρότερη αίσθηση του κρύου ή της ζέστης που προκύπτει ακουμπώντας το εσωτερικό αυτών των προφίλ ή του "κρύου ρεύματος" που γίνεται αισθητό κοντά στα κουφώματα κατά την χειμερινή περίοδο ή του ζεστού ρεύματος κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Κατά γενική εκτίμηση οι μεγαλύτερες θερμικές απώλειες δια μέσου ενός κουφώματος αλουμινίου, γίνονται λόγω της κακής αεροστεγανότητας, ακολουθεί ο τύπος του τζαμιού και τέλος ο τύπος του προφίλ.

Θεωρώντας ότι ο αλουμινοκατασκευαστής έχει επιμεληθεί της κατασκευής (καλή συναρμολόγηση, τοποθέτηση όλων των απαραίτητων εξαρτημάτων και στεγανοποιητικών υλικών) και τοποθέτησης του κουφώματος στην οικοδομή με τον καλύτερο τρόπο και αγνοώντας προς το παρόν την επίδραση του προφίλ αλουμινίου (απλό ή θερμομονωτικό) που έχει μικρή σχετικά συμμετοχή, τότε το κύριο βάρος για την επίτευξη της θερμομόνωσης πέφτει στον τύπο του τζαμιού.

Η θερμομόνωση που επιτυγχάνεται με τα τζάμια του κουφώματος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το διάκενο που υπάρχει μεταξύ τους. Το πάχος των τζαμιών πρακτικά δεν επηρεάζει την θερμομόνωση. Για παράδειγμα στον πίνακα 18 δίνονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας για κοινά απλά τζάμια και για κοινά διπλά τζάμια με διάκενο 12mm (Pilkington). Όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής U τόσο καλύτερη θερμομόνωση επιτυγχάνεται. Παρατηρούμε ότι με διάκενο 12mm (που συνήθως χρησιμοποιούμε στην πράξη) οι θερμικές απώλειες του τζαμιού μειώνονται στο μισό.

1.8.5 Απώλειες θερμότητας σε τοίχους και δάπεδα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους

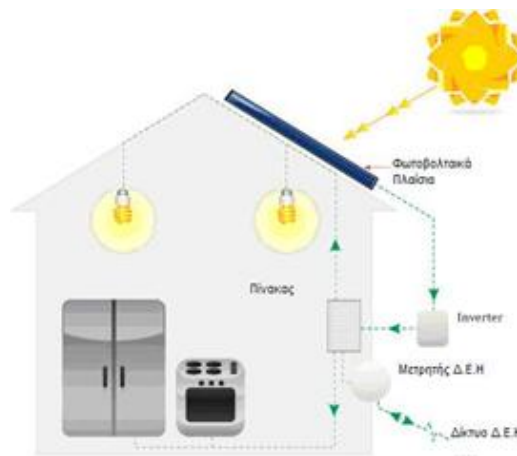
Οι απώλειες δαπέδων είναι σχετικά μικρές και περίπου σταθερές για όλο το έτος, αφού η θερμοκρασία εδάφους είναι πρακτικά σταθερή. Το έδαφος είναι πολύ καλή "καταβόθρα θερμότητας" και μπορεί να απορροφήσει ή να αποδώσει μεγάλα ποσά θερμότητας, χωρίς αξιοσημείωτη αλλαγή στη θερμοκρασία, κάτω από τα 2 μέτρα. Πάνω από τα 2 μέτρα, η θερμοκρασία μεταβάλλεται σύμφωνα με την εξωτερική θερμοκρασία, με μέγιστο στην επιφάνεια και ελάχιστο στα 2 μέτρα βάθος, για αυτό και οι απώλειες θερμότητας είναι δύσκολο να υπολογιστούν.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

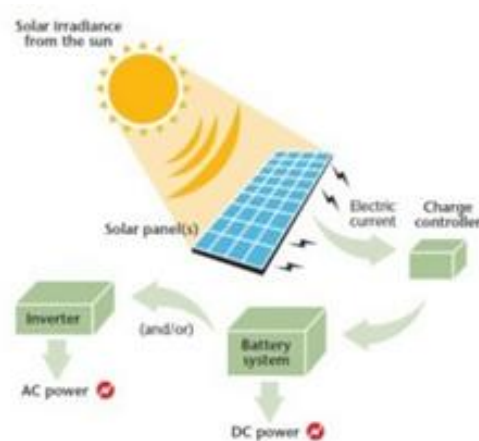
“ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ”

2.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η αρχή λειτουργίας, οι τύποι και οι κατηγορίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και οι υπολογισμοί των παραμέτρων τους.



Σχήμα 2.1 Τα μέρη ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος (Είσοδος Ήλιος> Φ/Β πλαίσιο>Inverter>Μετρητής της Δ.Ε.Η.>Εξοδος δίκτυο).

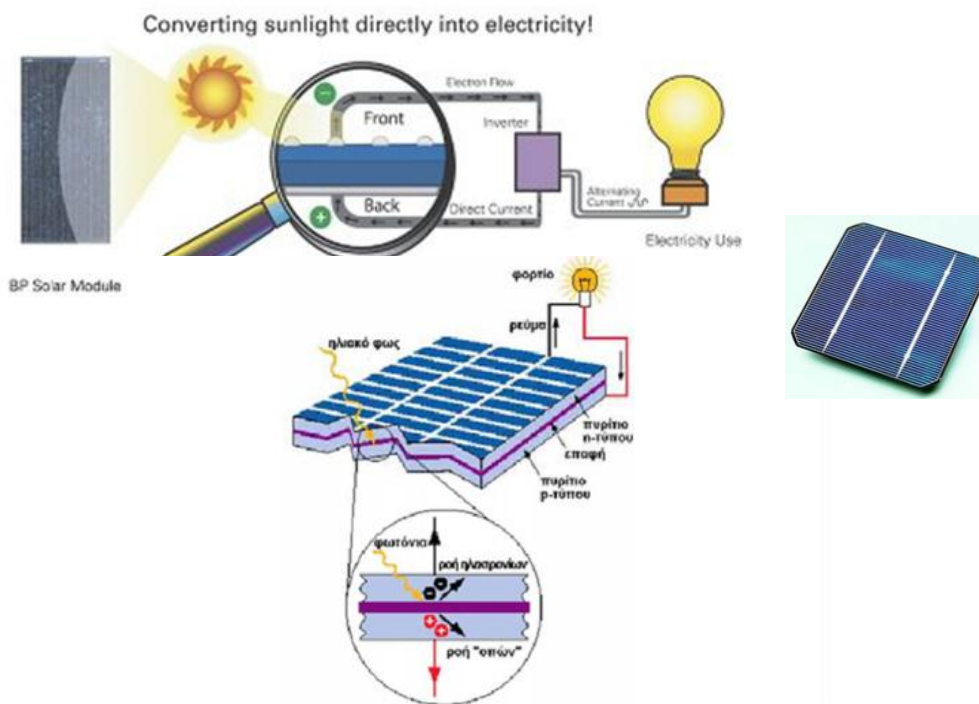


Σχήμα 2.2 Τα μέρη ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος (Είσοδος Ήλιος > Φ/Β πλαίσιο> ρυθμιστής φόρτισης > μπαταρίες DC έξοδος > Inverter AC έξοδος.

2.2 Φωτοβολταϊκά

2.2.1 Ηλιακές κυψέλες

Οι ηλιακές κυψέλες μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, κατά το οποίο το φως προσπίπτοντας σε μία ημιαγωγική διάταξη δύο στρωμάτων παράγει διαφορά δυναμικού μεταξύ των στρωμάτων.



Σχήμα 2.3 Λειτουργία της ηλιακής κυψέλης

Η ποσότητα της διαθέσιμης ισχύος από μια Φ/Β κυψέλη καθορίζεται από:

- τον τύπο και την επιφάνεια του υλικού,
- την ένταση του ηλιακού φωτός

Ο λόγος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από μια ηλιακή κυψέλη προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι γνωστός ως αποδοτικότητα της κυψέλης.

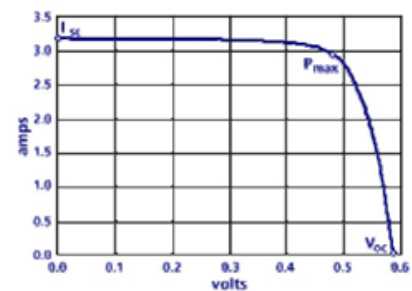
Για την ποσοτικοποίηση των επιδόσεων των ηλιακών κυψελών έχει διεξαχθεί πλήθος εργαστηριακών δοκιμών και έχουν καθιερωθεί κάποιες συνθήκες ως βιομηχανικά πρότυπα για τις δοκιμές, οι Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών (ΠΣΔ), συγκεκριμένα:

- Θερμοκρασία 25°C ,
- Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας " 1000 W/m^2 .
- Αέρια μάζα =AM 1,5.

Η αέρια μάζα αναφέρεται στο πάχος της ατμόσφαιρας το οποίο διαπερνά το ηλιακό φως και αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη των χαρακτηριστικών του διαθέσιμου φωτός, αφού οι ηλιακές κυψέλες αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Εάν ο ήλιος βρίσκεται κατ' ευθείαν από πάνω, η αέρια μάζα ισούται με 1.

Η ποσότητα του παραγόμενου ρεύματος εξαρτάται από την τάση, και η σχέση αυτή απεικονίζεται στην καμπύλη I-V της κυψέλης. Αυτή χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η απόδοση της κυψέλης και για τη σύγκριση μεταξύ τους κυψελών υπό ορισμένες συνθήκες. Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η καμπύλη I-V μίας κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου στις ΠΣΔ. Παρατηρείται ότι, αριστερά του γόνατος της καμπύλης το ρεύμα μεταβάλλεται ελάχιστα με μεγάλες μεταβολές της τάσης, ενώ στα δεξιά μεταβάλλεται σημαντικά με μικρές μεταβολές αυτής. Γι' αυτόν τον τύπο κυψέλης εν γένει ισχύουν:

- I_{sc} (ρεύμα βραχυκυκλώματος) =3,36 A,
- V_{oc} (τάση ανοιχτού κυκλώματος) =0,6 V,
- P_{max} (σημείο μέγιστης ισχύος) =1,5 W,
- I_{max} (ρεύμα στο P_{max}) =3 A,
- V_{max} (τάση στο P_{max}) =0,5 v.



Σχήμα 2.4 V-I Χαρακτηριστική κυψέλης


Η παραγόμενη ισχύς από την κυψέλη είναι σχεδόν ευθέως ανάλογη προς την ένταση του ηλιακού φωτός (για παράδειγμα, εάν υποδιπλασιαστεί η ένταση του ηλιακού φωτός θα υποδιπλασιαστεί και η παραγόμενη ισχύς). Ένα σημαντικό γνώρισμα των Φ/Β κυψελών είναι ότι η τάση της κυψέλης δεν εξαρτάται από το μέγεθός της, και παραμένει σχετικά σταθερή με

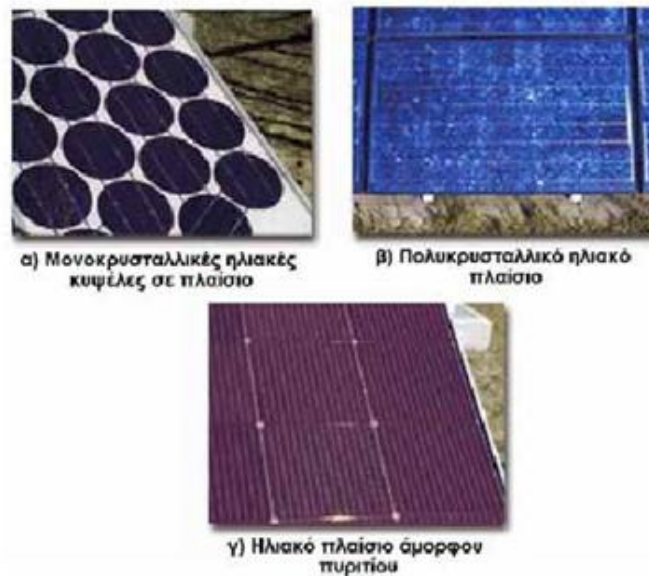
τη μεταβολή της έντασης του φωτός. Εντούτοις, το ρεύμα σε μια διάταξη είναι σχεδόν ευθέως ανάλογο προς την ένταση του φωτός και το μέγεθός της.

Η παραγωγή ρεύματος είναι σχετικά σταθερή σε υψηλότερες θερμοκρασίες αλλά η τάση μειώνεται (κατά 23 miliVolts περίπου για κάθε αύξηση ενός βαθμού Κελσίου), προκαλώντας έτσι τη μείωση της ισχύος με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Υπάρχει μια σειρά τεχνολογιών Φ/Β κυψελών που έχουν διαφορετικά ποσοστά μετατροπής: Άμορφο πυρίτιο (Tandem) 5% - 7%, λεπτού υμενίου τελλουριούχου καδμίου (CdTe) 7%-10%, πολυκρυσταλλικό πυρίτιο 11%-14%, μονοκρυσταλλικό πυρίτιο (SiN) 13%-16%.

Πίνακας 2.1 Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών

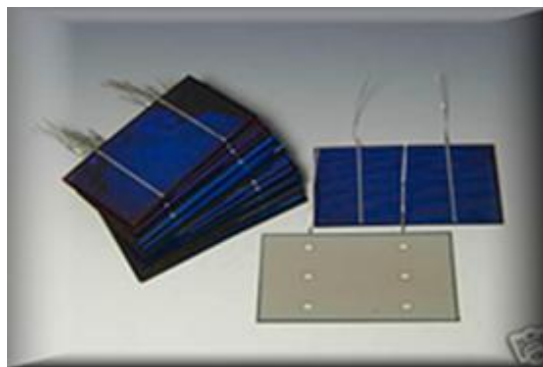
Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών				
ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	'Υβριδικά'
Εμφάνιση				
Απόδοση	Άμορφα: 5-7% CIS: 7-10%	11-14%	13-16%	16-17%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m ²	8-10 m ²	7-8 m ²	6-7 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) (μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)	1.300-1.400	1.300	1.300	1.350
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²) (μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)	65-140	130-160	160-185	190-225
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.380-1.485	1.380	1.380	1.435



Σχήμα 2.5 Τεχνολογίες Φ/Β κυψελών

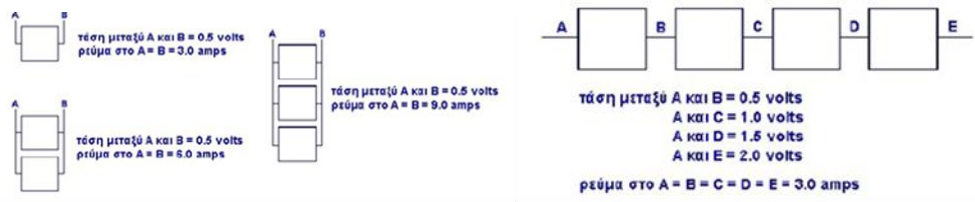
2.2.2 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Αποτελούνται από κυψέλες ηλεκτρικά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η θετική πλευρά του πλαισίου (πάνω όψη) συνδέεται μέσω ειδικού ηλεκτρικού αγωγού με την αρνητική πλευρά (κάτω όψη).



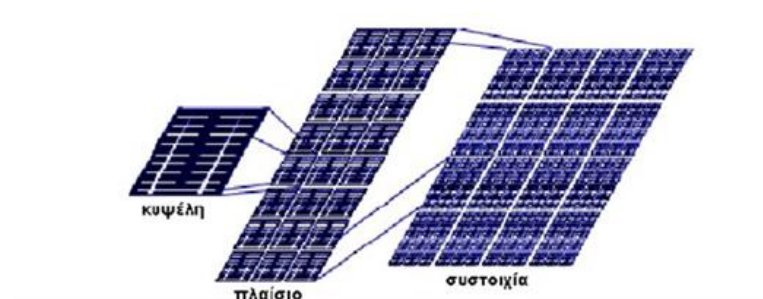
Σχήμα 2.6 Φωτοβολταϊκή κυψέλη με αγωγούς

Συνδέοντας τις κυψέλες εν σειρά, αυξάνουμε την τάση φθάνοντας στην ηλεκτρική επιθυμητή έξοδο που καλύπτει τις ανάγκες της εφαρμογής μας, προσθέτοντας κυψέλες παράλληλα αυξάνουμε το ρεύμα στην έξοδο του πλαισίου.



Σχήμα 2.7 Παράλληλη και εν σειρά σύνδεση κυψελών

Οι κυψέλες ομαδοποιούνται σε πλαίσια και τα πλαίσια συναθροίζονται για να διαμορφώσουν μια συστοιχία, όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.7. Ανάλογα με την εφαρμογή, η συστοιχία μπορεί να αποτελείται από μία κυψέλη, ένα πλαίσιο, ή πολλά πλαίσια.



Σχήμα 2.8

2.3 Αντιστροφείς

Ο αναστοφέας (inverter) είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές (DC) ρεύμα του φωτοβολταϊκού συστήματος σε εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα 230V/50Hz.



Σχήμα 2.9 Αναστροφείς.

Επιπλέον ένας αναστοφέας πρέπει να είναι ιδιαίτερα αποδοτικός στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η απόδοση ενός αναστοφέα ορίζεται ως το ποσοστό της εξαγόμενης ενέργειας προς την εισαγόμενη. Ένας αναστοφέας με χαμηλή απόδοση θα ήταν καταστροφικός για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Στις μέρες μας όμως, χάρη στην τεχνολογική εξέλιξη και την έρευνα πάνω σε αναστροφείς, η απόδοση του τυπικά κυμαίνεται από 92% με 96% αλλά υπάρχουν και εταιρίες που παρουσίασαν τελευταία μοντέλα με απόδοση που πλησιάζει το 98%.

Οι αναστοφέας για τα αυτόνομα συστήματα διακρίνονται σε inverter τροποποιημένου ημίτονου (modified sine-wave) και σε αναστοφέα καθαρού ημίτονου (pure / true sine-wave).

Ένας μετατροπέας με τροποποιημένο ημίτονο, είναι φθηνότερος από έναν με καθαρό ημίτονο και είναι κατάλληλος για τις περισσότερες συσκευές. Καταναλώνει όμως έως και 20% περισσότερη ενέργεια από τη μπαταρία σε σχέση με έναν μετατροπέα καθαρού ημίτονου. Επίσης, σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα μέτριας ποιότητας θα ακούγεται ένα ελαφρύ βουητό. Από την άλλη μεριά, το μοναδικό μειονέκτημα που έχουν οι inverter καθαρού ημίτονου είναι η τιμή τους, αφού είναι τρεις έως τέσσερις φορές ακριβότεροι από έναν αντίστοιχο με τροποποιημένο ημίτονο. Αν έχουμε ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές, καλό είναι να χρησιμοποιούμε για αυτές inverter με καθαρό ημίτονο.

Υπάρχουν ακόμη και οι μετατροπείς δικτύου. Μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα DC που παράγουν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε εναλλασσόμενο AC, κατάλληλο σε συχνότητα και τάση να το διοχετεύσουν στο δίκτυο της ΔΕΗ.

2.3.1 Κριτήρια επιλογής αντιστροφέα

Ο αναστοφέας επιλέγεται βάση εξέτασης των παρακάτω κριτηρίων

Αυτόματη έναρξη λειτουργίας το πρωί.

Μετά την ανατολή, ο αντιστροφέας πρέπει να αναγνωρίζει πότε η ισχύ της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι αρκετά υψηλή ώστε να εξασφαλίζει σύνδεση και ηλεκτρική παροχή στο δίκτυο.

Υψηλή απόδοση υπό φορτίο μικρότερο του ονομαστικού.

Η ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά συστήματα καθώς είναι πολύτιμη και δαπανηρή πρέπει να μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα στον αντιστροφέα με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες. Επειδή ο καιρός δεν είναι πάντοτε ηλιόλουστος, το σύστημα συχνά λειτουργεί με μερικό φορτίο. Η εσωτερική κατανάλωση του αντιστροφέα συνεπώς έχει σημαντική επίδραση στην καμπύλη απόδοσης. Στους καλούς αντιστροφείς η εσωτερική κατανάλωση του αντιστροφέα είναι μικρότερη από 1% της ισχύος.

Λειτουργία ορισμένης υπερφόρτισης

Όταν η ισχύς ξεπεράσει το όριο της στη πλευρά του συνεχούς ρεύματος, πρέπει να ληφθούν μέτρα που να εξασφαλίζουν ότι ο αντιστροφέας δεν θα απενεργοποιείται και θα παραμένει ανενεργός μέχρι το επόμενο πρωί. Θα είναι προτιμότερο εάν ο αντιστροφέας μπορεί να διατηρεί τη λειτουργία του διαθέτοντας ένα όριο ισχύος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μετακινώντας το σημείο λειτουργίας μακριά από το σημείο μέγιστης ισχύος προς τις υψηλότερες τιμές τάσης.

Λειτουργία στο σημείο μέγιστης ισχύος από τη πλευρά της ηλιακής γεννήτριας.

Οι ηλιακές κυψέλες έχουν μια χαρακτηριστική καμπύλη με ένα προφανές μέγιστο. Για τα κρυσταλλικά πανέλα το καλύτερο σημείο λειτουργίας είναι συνήθως σε μια τάση λειτουργίας, η οποία είναι περίπου 20% χαμηλότερη από τη τάση ανοιχτοκύκλωσης. Καθώς η πυκνότητα της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή, η τάση της ηλιακής γεννήτριας που αντιστοιχεί στο μέγιστο σημείο ισχύος (VMPP) εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία της ηλιακής κυψέλης. Η τάση VMPP πέφτει περίπου 0.4% για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας σε Κ. Καθώς η θερμική χρονική σταθερά για το ηλιακό πάνελ είναι εννιά με δέκα λεπτά, η προσαρμογή στο σημείο μέγιστης λειτουργίας δεν χρειάζεται να επαναλαμβάνεται πολύ συχνά, περίπου κάθε τρία λεπτά.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο αντιστροφέας δεν πρέπει να καταναλώνει οποιοδήποτε ποσό ισχύος από το δίκτυο. Τα ηλεκτρονικά ισχύος ελέγχου δεν πρέπει να θέτονται σε λειτουργία έως ότου η τάση της ηλιακής γεννήτριας να ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο το πρωί.

Αντοχή του αντιστροφέα σε συνθήκες βραχυκύκλωσης και ανοιχτοκύκλωσης.

Ο αντιστροφέας δεν πρέπει να καταστρέφεται εάν το δίκτυο αποσυνδεθεί ενώ υφίσταται η τάση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Το αίτημα αυτό είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί, επειδή όταν το δίκτυο ξαφνικά αποσυνδεθεί, η αποθηκευμένη ενέργεια στα πηνία και τις χωρητικότητες δεν μπορεί πλέον να διαχυθεί στο δίκτυο αλλά να διασκορπιστεί εσωτερικώς. Αυτή η κατάσταση δύναται να συμβεί εάν ο διακόπτης κλείσει αμέσως στον αντιστροφέα κατά τη διάρκεια λειτουργίας πλήρους φορτίου.

Διηλεκτρική αντοχή

Τόσο η είσοδος όσο και η έξοδος του αντιστροφέα πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικές στην υπέρταση.

Ακουστικός θόρυβος

Ο ακουστικός θόρυβος πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός.

Αυτόματη αποσύνδεση από το δίκτυο σε απόκλιση τάσης ή συχνότητας.

Τα ηλεκτρονικά στοιχεία του αντιστροφέα πρέπει να αναγνωρίζουν τα σφάλματα του δικτύου. Εάν υπάρχουν αποκλίσεις από τη συχνότητα ή την τάση του δικτύου, ή διακοπή της μιας φάσης, ο αντιστροφέας πρέπει να αποκόπτεται από το δίκτυο εντός ενός δεδομένου χρονικού πλαισίου. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από τον τύπο του εναλλασσόμενου δικτύου.

Συντελεστής ισχύος $\cos \varphi > 0.9$

Ο συντελεστής ισχύος του συστήματος του πελάτη πρέπει να είναι κοντά στη μονάδα. Αυτό εμποδίζει να απορροφάται από το δίκτυο μεγάλη ποσότητα άεργου ισχύος. Αντιστροφεείς με αυτόματη διαμόρφωση πλάτους έχουν συντελεστή ισχύος, $\cos \varphi = 1$.

Χαμηλό αρμονικό περιεχόμενο στην παροχή εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο.

Σε έναν ιδανικό αντιστροφέα, η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο θα συνίσταται μόνο από τη θεμελιώδη συχνότητα των 50 Hz. Στους πραγματικούς αντιστροφείς, η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια διαθέτει ένα δεδομένο περιεχόμενων αρμονικών. Παρόλα αυτά, οι ηλεκτρονικές συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης πρέπει να συμμορφώνονται με τους γενικούς κανονισμούς για τις αρμονικές.

Σήματα χρονισμού

Οι διασυνδεδεμένοι στο δίκτυο αντιστροφείς δεν πρέπει να ενοχλούνται από χαμηλής συχνότητας σήματα χρονισμού. Τα σήματα συγχρονισμού επιβάλλονται από την τάση του δικτύου των 50Hz και δεν πρέπει να προκαλούν καμία σημαντική διακοπή του αντιστροφέα. Αντιθέτως, οι αντιστροφείς δεν πρέπει να μειώνουν τα σήματα συγχρονισμού πάρα πολύ έντονα, π.χ. με εσωτερικά φίλτρα.

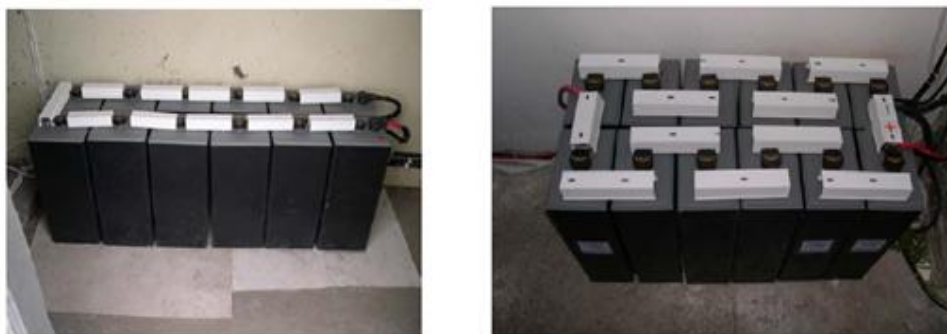
Επαρκής πληροφόρηση, απλός χειρισμός από το χρήστη

Ο χειριστής του διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να μπορεί να αποφαινεται εάν το σύστημα λειτουργεί σωστά με μια γρήγορη ματιά. Η επίδειξη των ακολούθων τιμών είναι χρήσιμη για το σκοπό αυτό.

- τάση της ηλιακής γεννήτριας
- ένταση της ηλιακής γεννήτριας
- ένταση του δικτύου
- κατάσταση μόνωσης της ηλιακής γεννήτριας- πληροφορίες κατάστασης λειτουργίας

2.4 Συσσωρευτές

Είναι η αποθήκη ενεργείας ενός υβριδικού η αυτόνομου φ/β συστήματος. Η διαστασιολόγηση του συστήματος είναι άμεσα και αμφίδρομα συνδεδεμένη με την εκλογή του τύπου αλλά και της χωρητικότητας αυτών.



Παραδείγματα συστοιχίας
συσσωρευτών σε εγκατάσταση Φ/Β

Σχήμα 2.10 Συσσωρευτές.

Οι τύποι των συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται σε μια φ/β εφαρμογή είναι:

- 1-Συσσωρευτές μολύβδου - θειικού οξέος,(π.χ. μπαταριές αυτοκινήτων)
- 2- νικελίου - καδμίου, χρησιμοποιούνται κυρίως, λόγω της υψηλής τους αντοχής σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες.
- 3- Συσσωρευτές υδράργυρου.

Πίνακας 2.2 Τεχνολογίες συσσωρευτών.

Τύπος	Θερμοκρασίες Λειτουργίας	Ειδική ενέργεια (Wh/kg)	Αριθμός κύκλων επανα- φόρτισης	Ειδική ισχύς (W/kg) διαρκής/30s	Αποδοτι- κότητα (φόρτιση – εκφόρτιση)	Κόστος (€/kWh)
Pb/acid/PbO ₂	-20°C - +50°C	25 - 45	300 –1500	80 / 150	0,75 – 0,85	110 - 230
NiCd – NiMH	-40°C - +40°C	25 - 65	1000 – 2000	75 / 250	0,60 – 0,75	400 –1200
Zn-Br	Περιβάλλοντος	60 - 70	500	90 / 110	0,65 – 0,70	300

2.4.1 Συσσωρευτές μολύβδου - θειικού οξέος

Διακρίνονται σε ανοιχτού και κλειστού τύπου(VRLA).Οι διαφορές τους είναι ότι οι μπαταρίες κλειστού τύπου (VRLA) χρησιμοποιούν έναν αραιό ηλεκτρολύτη θειικού οξέος που είναι στερεοποιημένος ώστε να αποφευχθούν οι κίνδυνοι των διαρροών.

Η μπαταρία αυτού του τύπου δεν έχει την ανάγκη προσθήκης υγρών καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής της βελτιώνοντας έτσι την ασφάλεια λειτουργίας της. Η μπαταρία (VRLA) διαθέτει επίσης μία ανεπίστροφη βαλβίδα που αποτρέπει τη συγκέντρωση υπερβολικής πίεσης στα στοιχεία της, έχουν όμως λιγότερη μηχανική αντοχή και διάρκεια ζωής καθώς και μεγαλύτερο κόστος κτήσης από τις ανοικτού τύπου. Ο τρόπος όμως λειτουργίας τους και διαστασιολόγησή τους είναι ο ίδιος. Μια κοινή μπαταρία μολυβδού αποτελείται από έξι στοιχεία των 2 Volt, συνδεδεμένες σε σειρά έτσι ώστε στους ακροδέκτες της να έχει διαφορά δυναμικού 12 Volt.

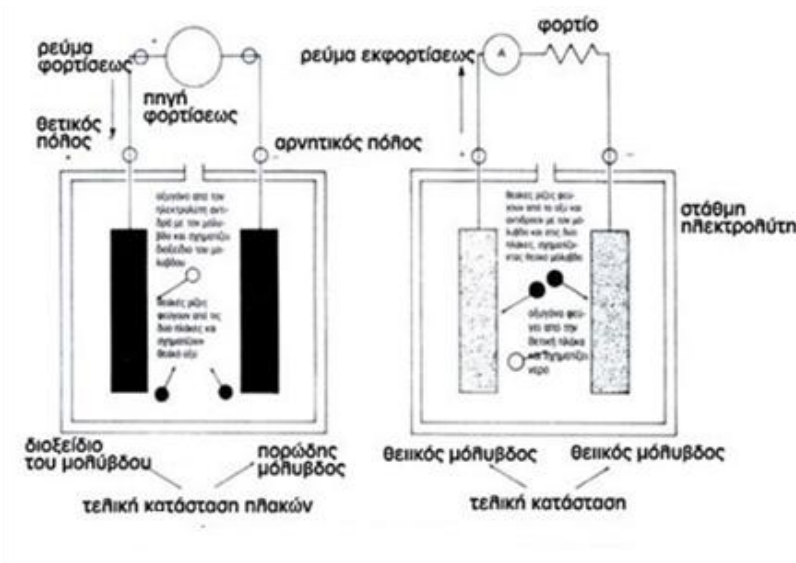
Η πραγματική τάση της μπαταρίας δεν είναι πάντα η ονομαστική των 12V. Κυμαίνεται από 14,5 V αμέσως μετά από μία πλήρη φόρτιση μέχρι τα 10,8 V αν είναι τελείως αφορτιστή.

Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας μπαταρίας μολυβδού είναι τα εξής:

A. Μπορεί να επαναφορτιστεί εφ' όσον έχει δώσει κάποια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας.

B. Έχει χαμηλή εσωτερική αντίσταση και έτσι μπορεί να δίνει υψηλά ρεύματα για την εκκίνηση χωρίς να προκαλείται σημαντική πτώση τάσεως.

Γ. Κατά την φόρτιση ο ηλεκτρολύτης παράγει υδρογόνο και οξυγόνο. Αυτό το μίγμα αερίων είναι εκρηκτικό και πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή έτσι ώστε να αποφεύγουμε σπινθήρες, τσιγάρα ή φλόγες στην περιοχή όπου φορτίζεται μπαταρία.



Σχήμα 2.11 Τομή μπαταρίας μολυβδού.

2.4.1.1 Φόρτιση και εκφόρτιση.

Όταν η μπαταρία φορτίζεται ρεύμα με αντίθετη πολικότητα από αυτό που παρέχει η μπαταρία περνάει διαμέσου της (Σχ. 2.11).

Η μπαταρία έχει σταθερή πολικότητα και για να την φορτίσουμε χρειάζεται ρεύμα σταθερής πολικότητας. Μπορεί να μην είναι συνεχές αλλά διακοπτόμενο, ποτέ όμως εναλλασόμενο. Αν η ηλεκτρεγερτική δύναμη (δηλαδή η τάση χωρίς φορτίο) της μπαταρίας είναι 12V τότε για να την φορτίσουμε χρειαζόμαστε ρεύμα της τάξεως των 14 - 16 V ανάλογα με τον ρυθμό φορτίσεως που θέλουμε αλλά και με την εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας (δηλαδή η τάση στα άκρα του φορτιστή πρέπει να ξεπερνά την ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας αλλά και την πτώση τάσεως στο εσωτερικό της μπαταρίας λόγω της εσωτερικής της αντιστάσεως).

2.4.1.2 Χωρητικότητα μπαταρίας

Η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας είναι το μέτρο της ποσότητας του ηλεκτρικού φορτίου το οποίο μπορεί να προσφερθεί από μία μπαταρία όταν αυτή εκφορτιστεί από κατάσταση πλήρους φορτίσεως στην ελάχιστη επιτρεπτή τάση (1,8 V ανά στοιχείο ή 10,8 V για μια δωδεκάβολτη μπαταρία). Συνήθως η χωρητικότητα που αναγράφεται στην μπαταρία, είναι για εκφόρτιση σε 10 ώρες και θερμοκρασία 25° C. Τότε θεωρούμε ότι η εκφόρτιση γίνεται με σταθερό ρυθμό και με ένα ρεύμα το οποίο θα φέρει την μπαταρία από την αρχική της στην τελική της κατάσταση (όπως ορίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο) σε 10 ώρες. Αν ο ρυθμός εκφορτίσεως είναι ταχύτερος τότε η χωρητικότητα της μπαταρίας μειώνεται. Σαν παράδειγμα μπορούμε να πάρουμε την περίπτωση μιας μπαταρίας 36 Ah (αμπερωρίων) η οποία πρέπει να μπορεί να δώσει 3,6 A για 10 ώρες ή 7,2 A για 5 ώρες κλπ. Στην πραγματικότητα αν την εκφορτίσουμε με 7,2 A θα φτάσει σε τελική κατάσταση σε κάτι λιγότερο από 5 ώρες, αλλά η διαφορά θα είναι μικρή για μια μπαταρία σε καλή κατάσταση. Η χωρητικότητα της μπαταρίας μας δείχνει πόση ώρα θα πρέπει να τη φορτίσουμε. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε μια πλήρως εκφορτισμένη μπαταρία, το θεωρητικό φορτίο είναι:

$$6A \text{ επί } 6 \text{ ώρες} = 36Ah \text{ ή}$$

$$3A \text{ επί } 12 \text{ ώρες} = 36Ah \text{ κ.λπ.}$$

Λόγω του ότι η μπαταρία δεν έχει απόδοση 100% για να φτάσει σε πλήρη φόρτιση πρέπει να της δώσουμε φορτίο 1,3 φορές του ονομαστικού. Έτσι για την μπαταρία του παραδείγματος πρέπει να της δώσουμε.

$$36 \times 1,3 = 46,8 \text{ Ah}$$

Έτσι αν θέλουμε να την φορτίσουμε σε 6 ώρες το ρεύμα φορτίσεως πρέπει να είναι:

$$46,8 / 6 = 7,8 \text{ A}$$

2.4.1.3 Ρυθμός φορτίσεως

Εξαρτάται από τη στάθμη φορτίσεως της μπαταρίας η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τα πρόσφατα φορτία στα οποία έχει υποβληθεί η μπαταρία, αλλά και από την ηλικία και την κατάστασή της.

Πάντως αν θέλουμε να φορτίσουμε μια μπαταρία με φορτιστή, τότε, αν δεν υπάρχει ανάγκη ταχείας φορτίσεως καλό είναι να την φορτίζουμε με ρεύμα 1/10 έως 1/30 της χωρητικότητάς της. Στο παράδειγμα μας, αν η μπαταρία των 36 Ah ήταν τελείως αφόρτιστη, τότε θα χρειαζόταν 46,8 Ah για να φορτιστεί (36 x 1,3) και αν την φορτίσαμε με ρυθμό 1/10 θα έπρεπε να φορτιστεί με ρεύμα 1/10 x 46,8 = 4,68 δηλ. περίπου 5A (για δέκα ώρες). Καλό είναι να μην φορτίζουμε τις μπαταρίες με πιο γρήγορο ρυθμό από 1/10 γιατί καταπονούνται, υπερθερμαίνονται, μπορεί να βραχυκυκλώσουν στοιχεία τους, μπορεί να πέσει η στάθμη του ηλεκτρολύτη κ.λπ.

2.5 Υπολογισμός μέσης Ηλιακής ροής

Οι περισσότεροι σταθμοί μετεωρολογικών μετρήσεων συνήθως καταγράφουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο οριζόντιο ή το ποσό ηλιοφάνειας. Η μονάδες μέτρησης της ακτινοβολίας είναι Joule/m². Ο Angstrom το 1956 διατύπωσε προσεγγιστικές μέθοδοι, με τις οποίες μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο συναρτήσει της ακτινοβολίας στο όριο της ατμόσφαιρας και της ηλιοφάνειας.

Τα δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα για τους υπολογισμούς όταν η ακρίβεια δεν είναι πρωτεύων μέγεθος δίνονται στους κάτωθι πίνακες. Προκειμένου να περιορίσουμε τον αριθμό των πινάκων, η χώρα έχει χωριστεί σε έξι ζώνες ανάλογα με ποιες πόλεις έχουν παρόμοια μετεωρολογικά δεδομένα.



Σχήμα 2.12 Χωρισμός της χώρας σε ζώνες.

Πίνακας 2.3 Χωρισμός της χώρας σε ζώνες.

1	2	3	4	5	6
Ηράκλειο	Αθήνα	Αργοστόλι	Άρτα	Θεσ/νικη	Ιωάννινα
Ιεράπετρα	Καλαμάτα	Κόρινθος	Κέρκυρα	Καβάλα	Κομοτηνή
Ρόδος	Νάξος	Μυτιλήνη	Λαμία	Κατερίνη	Κόνιτσα
Σητεία	Σάμος	Πάτρα	Λήμνος	Λάρισα	Σέρρες
Χανιά	Σύρος	Χίος			

Πίνακας 2.4 Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (MJ/m² mo)

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο	ΣΥΝΟΛΟ
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	421	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	536	382	270	198	478	5738
3	220	259	400	493	684	745	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	727	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968

Πίνακας 2.5 Μέσοι συντελεστές `R

ΖΩΝΗ 2										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I	1.00	1.19	1.36	1.49	1.59	1.65	1.67	1.65	1.59	1.49
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.36	1.38	1.37	1.32	1.24	1.13
M	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.14	1.10	1.02	0.93	0.81
A	1.00	1.03	1.03	1.02	0.99	0.93	0.86	0.77	0.66	0.55
M	1.00	0.99	0.97	0.93	0.88	0.80	0.71	0.61	0.51	0.40
I	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.74	0.65	0.54	0.44	0.33
I	1.00	0.99	0.96	0.91	0.85	0.77	0.67	0.57	0.46	0.35
A	1.00	1.02	1.01	0.99	0.95	0.88	0.80	0.70	0.58	0.46
Σ	1.00	1.06	1.11	1.12	1.11	1.08	1.02	0.93	0.83	0.71
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.06
N	1.00	1.19	1.35	1.49	1.58	1.64	1.66	1.63	1.56	1.46
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

2.5.1 Η μέση μηνιαία ακτινοβολία

Η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο `HT εκφράζεται ως εξής:

$$HT = R' H' \quad (2.1)$$

όπου :

H': η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

R' :ο συντελεστής μετατροπής που δίνεται από τον τύπο:

$$R' = (1 - H' d / H') R' b + H' d / H' (1 + \text{coss}) / 2 + r (1 - \text{coss}) / 2 \quad (2.2)$$

όπου:

$H'd$: η μέση μηνιαία έμμεση ακτινοβολία

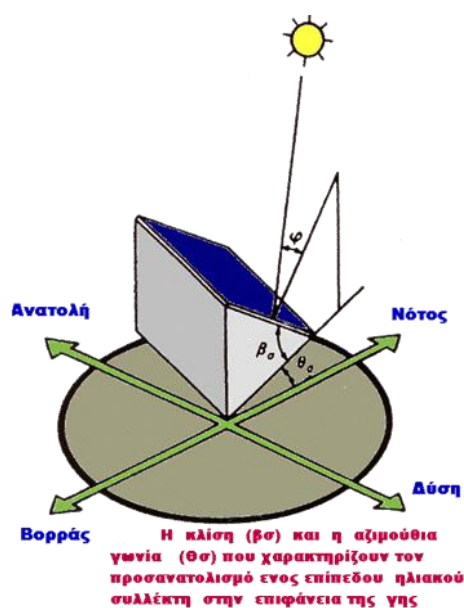
$R'b$: ο λόγος της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο.

s : η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

r : ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0,2 μέχρι 0,7 (η τιμή 0,7 για κάλυψη του εδάφους με χιόνι).

Στην παραπάνω εξίσωση ο πρώτος όρος εκφράζει τη συμμετοχή της άμεσης ακτινοβολίας, ο δεύτερος όρος τη συμμετοχή της έμμεσης ακτινοβολίας και ο τρίτος όρος τη συμμετοχή της ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος πάνω στον συλλέκτη.

Το κλάσμα $H'd / H$ εκφράζεται σαν συνάρτηση του συντελεστή αιθριότητας K_T , που είναι ο λόγος της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα. Ο υπολογισμός της ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο είναι επίπονος και απαιτεί αρκετούς υπολογισμούς. Τα πράγματα απλοποιούνται με την χρησιμοποίηση των παραπάνω πινάκων, που δίνουν μέσους συντελεστές R για τις διάφορες ζώνες.



Σχήμα 2.13 Προσανατολισμός συλλέκτη.

2.5.2 Βέλτιστη θέση του συλλέκτη

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επίπεδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες : την κλίση και την αζιμούθια γωνία (κεφ1.2). Η κλίση του συλλέκτη (β) είναι η διεδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα, δείχνει πόσο γέρνει ο συλλέκτης και μπορεί να πάρει τιμές από 0° μέχρι 180° . Για γωνίες $\beta > 90^\circ$ το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω.

Η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη (Θ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου.

Παίρνει τιμές από -180° μέχρι $+180^\circ$. Η γωνία -180° (που συμπίπτει με την $+180^\circ$) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία -90° προς την ανατολή, η γωνία 0° προς το νότο και η γωνία $+90^\circ$ προς τη δύση.

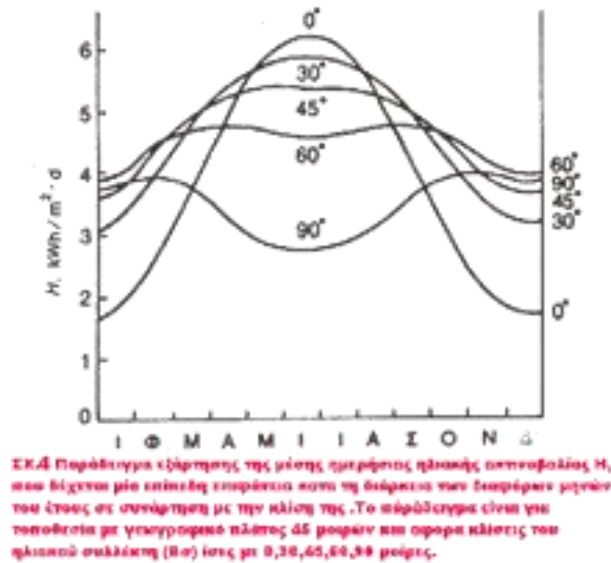
Προφανώς, η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σε ένα επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης (φ) είναι 0° .

Η συνθήκη όμως αυτή δεν είναι εύκολο να εξασφαλιστεί καθώς ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις (trackers) που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη (π.χ. με τη βοήθεια υπολογιστή ή φωτοκυττάρων) ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές. Έτσι, η χρήση τους δικαιολογείται μόνον σε περιπτώσεις εφαρμογών, όπως στα συστήματα συγκεντρωμένης ακτινοβολίας με φακούς ή κάτοπτρα. Χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους μπορεί να υπολογιστεί η μακροχρόνια απόδοση ενός ηλιακού συστήματος για διάφορες

θέσεις του συλλέκτη και να βρεθεί η βέλτιστη θέση, αυτή δηλαδή που το ηλιακό σύστημα καλύπτει το μέγιστο ποσοστό του ετήσιου θερμικού φορτίου.

Αυτή η θέση του συλλέκτη δεν αντιστοιχεί οπωσδήποτε με τη θέση που η προσπίπτουσα ετήσια ακτινοβολία στον συλλέκτη είναι μέγιστη. Αυτό οφείλεται στο ότι η κατανομή του φορτίου μέσα στο χρόνο δεν συμπίπτει με την κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.



Σχήμα 2.14 Μέση Ηλιακή ακτινοβολία.

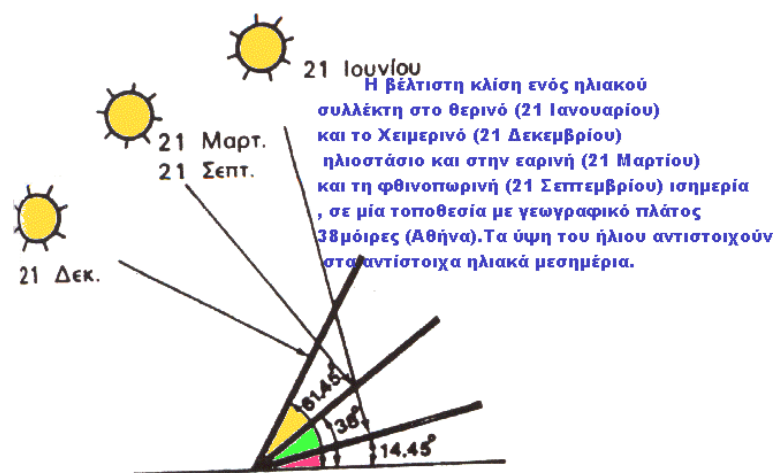
Στις συνηθισμένες περιπτώσεις οι συλλέκτες τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, κατά τη διάρκεια του έτους .

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη, για τη διάρκεια του έτους, είναι ίση με τον γεωγραφικό παράλληλο του τόπου, και η αζιμούθια γωνία είναι 0°. Αλλά λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη είναι διαφορετική για κάθε εποχή. Έτσι, αν επιδιώκεται να παράγει το σύστημα όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια στη διάρκεια του καλοκαιριού, η κλίση του συλλέκτη επιλέγεται περίπου 10° ως 15° μικρότερη από την παράλληλο του τόπου, ενώ για τον χειμώνα η κλίση επιλέγεται περίπου 10 ως 15 μεγαλύτερη από την παράλληλο του τόπου. Στο σχήμα 2.14 δίνεται ένα παράδειγμα της βέλτιστης κλίσης για τον ηλιακό συλλέκτη στις χαρακτηριστικές ημερομηνίες του έτους.

Επίσης, στον πίνακα 1.1 δίνονται τα γεωγραφικά πλάτη διαφόρων ελληνικών περιοχών, για την επιλογή της σωστής κλίσης του ηλιακού συλλέκτη. Υπάρχουν και εφαρμογές, όπου κρίνεται σκόπιμη η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη δύο ή περισσότερες φορές στη διάρκεια του έτους ώστε να παρακολουθεί κάπως την απόκλιση του ήλιου.

Τα παραπάνω ισχύουν για τη συλλογή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που έρχεται σαν δέσμη από τον ήλιο. Για τις άλλες, από ενεργειακή άποψη λιγότερο σημαντικές, μορφές της ηλιακής ακτινοβολίας, ο κυριότερος παράγοντας είναι η απόλυτη τιμή της κλίσης του συλλέκτη, ανεξάρτητα από τη θέση του ήλιου. Έτσι, όσο η κλίση απέχει περισσότερο από το οριζόντιο, τόσο μεγαλύτερο ποσό ανακλώμενης ακτινοβολίας από το έδαφος δέχεται ο συλλέκτης, αλλά και τόσο μικρότερο ποσό διάχυτης ακτινοβολίας από τον ουρανό. Για παράδειγμα, σε περιοχές με υγρό κλίμα, όπου λόγω των σταγονιδίων του νερού στην ατμόσφαιρα, ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται στον ουρανό, η βέλτιστη κλίση του ηλιακού συλλέκτη για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους είναι περίπου 10 - 15% μικρότερη από τη γωνία του τοπικού γεωγραφικού πλάτους. Έτσι, ο συλλέκτης αντικρίζει περισσότερο τον ουρανό και δέχεται αφθονότερα τη διάχυτη ακτινοβολία.

Η ποσότητα της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υλικό που καλύπτει την επιφάνεια που δέχεται την ακτινοβολία. Η ικανότητα της ανάκλασης εκφράζεται από ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0, για πλήρη απορρόφηση της ακτινοβολίας, μέχρι 1, για πλήρη ανάκλαση.



Σχήμα 2.15 Βέλτιστη θέση του συλλέκτη.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

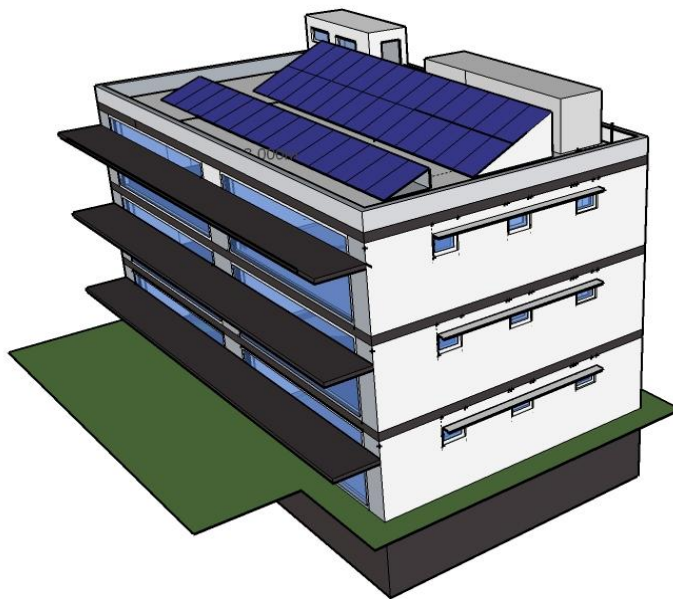
“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ / ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ”

3.1 Σχεδιασμός

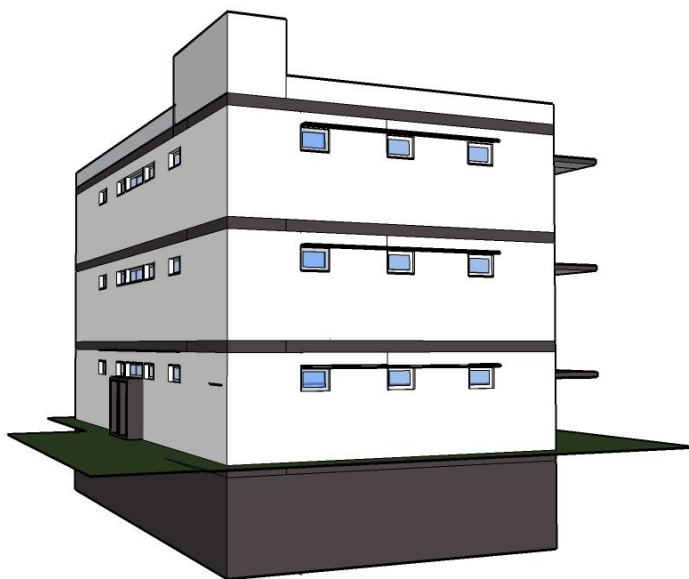
Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχτεί η μελέτη (φωτισμού, Θερμικών φορτίων, Θερμικών απωλειών, Επιλογή κεντρικής μονάδας κλιματισμού) και ο σχεδιασμός ενός κτιρίου γραφείων, το οποίο θα είναι ενεργειακά αποδοτικό, υιοθετώντας ρεαλιστικές λύσεις και τεχνικές. Για να το πετύχουμε αυτό το κτίριο σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις αρχές τις βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και των τεχνικών οδηγιών και προδιαγραφών που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και πραγματοποιήθηκε ενεργειακή μελέτη και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου βάση αυτών. Τέλος η προσθήκη ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος κρίθηκε ωφέλιμη βελτιώνοντας το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Αναλυτικότερα ο σχεδιασμός του κτιρίου ακλούθησε τα παρακάτω βήματα :

- 1-Νότιο προσανατολισμό της πρόσοψης του κτιρίου. Ανάπτυξη του κτιρίου στον άξονα ανατολής δύσης
- 2-Τοποθέτηση μεγάλων ανοιγμάτων στο Νότο αναγκαίων ανοιγμάτων για φωτισμό στην Ανατολή και Δύση και στο Βορά
- 3-Τοποθέτηση των ενεργών χώρων του κτιρίου (χώροι γραφείων) στο Νότο και των βοηθητικών (κλιμακοστάσιο/τουαλέτες/διάδρομος) στο Βορά
- 4-Σχεδιασμός σωστής θερμομόνωσης του κελύφους
- 5-Σχεδιασμός σωστής ηλιοπροστασίας
- 6-Σχεδιασμός αποδοτικού συστήματος κλιματισμού/αερισμού
- 7-Σχεδιασμός αποδοτικού συστήματος φωτισμού/εκμετάλλευση φυσικού φωτός

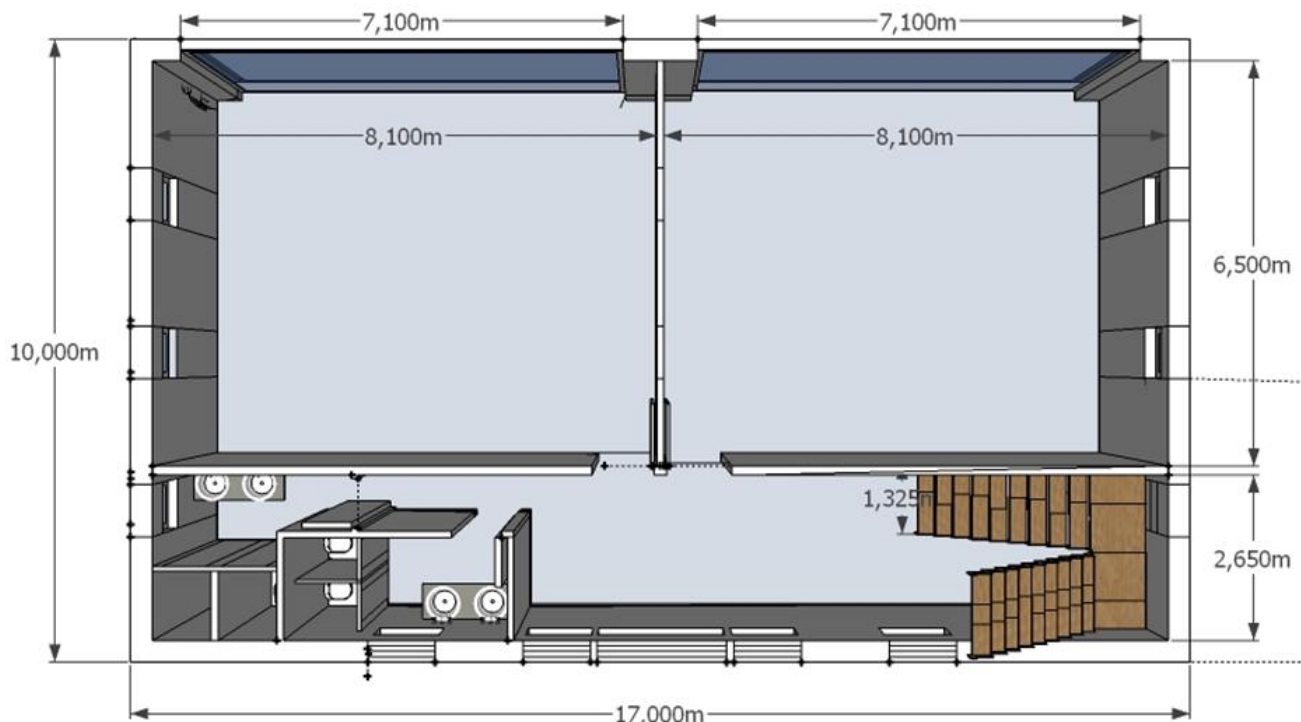
3.1.1 Σχεδιαγράμματα κτιρίου γραφείων



Σχήμα 3.16 Καλλιτεχνική απεικόνιση νοτιοανατολικής όψης



Σχήμα 3.17 Καλλιτεχνική απεικόνιση βορειοδυτικής όψης



Σχήμα 3.18 Κάτοψη τυπικού ορόφου


3.1.2 Μελέτη φωτισμού

Για τις ανάγκες της μελέτης φωτισμού χωρίζουμε το κτίριο στις ακόλουθες ζώνες φωτισμού:


- Υπόγειο
- Τυπικός χώρος γραφείου
- Διάδρομος
- Τουαλέτες

Οι παραπάνω χώροι εκτός του υπογείου λαμβάνονται ως όμοια στοιχεία του κάθε ορόφου. Το επίπεδο φωτισμού της κάθε ζώνης ανάλογα με την χρήση αυτής ορίζεται από διεθνή πρότυπα. Σύμφωνα με αυτά τα επίπεδα φωτισμού υπολογίστηκαν τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά της κάθε ζώνης με τη βοήθεια του λογισμικού Dialux και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες :


Πίνακας 3.6 Ανάλυση ζώνης φωτισμού

Ζώνη φωτισμού / χρήση	Υπόγειο/αποθήκες
Επίπεδο φωτισμού (lux)	150
Εμβαδόν χώρου (m ²)	144
Επίπεδο εργασίας (m)	0,8
E _{min} /E _m στο επίπεδο εργασίας	0,6
Είδος φωτιστικού	Εξωτερικά φθορίσμου
Εικόνα φωτιστικού	
Lumens φωτιστικού	7406
Lumens Λαμπτήρων//θερμοκρασία χρώματος/Δείκτης χρωματικής απόδοσης	10400 / T _c = 3000°K / Ra=90
Ισχύς φωτιστικού (W) με ballast	116
Συνολική ισχύ φωτισμού ζώνης (W)	928
Φορτίο φωτισμού ανά επιφάνεια χώρου (W/m ²)	6,44


Πίνακας 3.7 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.

Ζώνη φωτισμού	κλιμακοστάσιο
Επίπεδο φωτισμού (lux)	150
Εμβαδόν χώρου (m ²)	22
E _{min} /E _m στο επίπεδο εργασίας	0,58
Επίπεδο εργασίας (m)	0,2
Είδος φωτιστικού	Χωνευτά
Εικόνα φωτιστικού	
Lumens φωτιστικού	1674
Lumens Λαμπτήρων/θερμοκρασία χρώματος/Δείκτης χρωματικής απόδοσης	3400 /T _c = 3500°K / Ra=90
Ισχύς φωτιστικού (W)	38
Συνολική ισχύ φωτισμού ζώνης (W)	114
Φορτίο φωτισμού ανά επιφάνεια χώρου (W/m ²)	5,25

Πίνακας 3.8 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.

Ζώνη φωτισμού	Χώρος γραφείων
Επίπεδο φωτισμού (lux)	500
Εμβαδόν χώρου (m ²)	57
E _{min} /E _m στο επίπεδο εργασίας	
Επίπεδο εργασίας (m)	0,8
Είδος φωτιστικού	Χωνευτά φθορισμού
Εικόνα φωτιστικού	
Lumens φωτιστικού	3174
Lumens Λαμπτήρων / /θερμοκρασία χρώματος/Δείκτης χρωματικής απόδοσης	5200 / T _c = 3000°K / Ra=90
Ισχύς φωτιστικού (W)	65
Συνολική ισχύ φωτισμού ζώνης (W)	780
Φορτίο φωτισμού ανά επιφάνεια χώρου (W/m ²)	14,81

Πίνακας 3.9 Ανάλυση ζώνης φωτισμού.

Ζώνη φωτισμού	τουαλέτες
Επίπεδο φωτισμού (lux)	150
Είδος φωτιστικού	Χωνευτό
Εικόνα φωτιστικού	
Lumens φωτιστικού	1673
Lumens Λαμπτήρων / /θερμοκρασία χρώματος/Δείκτης χρωματικής απόδοσης	3400/ T _c = 3500°K / Ra=90
Ισχύς φωτιστικού (W)	2×38
Συνολική ισχύ φωτισμού ζώνης (W)	76

3.1.3 Μελέτη θερμικών απωλειών

Υπολογίζουμε τις θερμικές απώλειες του κελύφους του κτιριακού μας συστήματος ανά ζώνη με βάση την θερμοκρασιακή διαφορά εξωτερικού με εσωτερικού αέρα την περίοδο του Χειμώνα τον μήνα με την χαμηλότερη θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, αλλά και τις απώλειες λόγω αερισμού και διείσδυσης αέρα μέσω χαραμάδων. Να σημειώσουμε ότι ανά όροφο το κτίριο χωρίζεται στον λειτουργικό χώρο στο νότιο τμήμα (χώρος γραφείων) και στον βοηθητικό χώρο στο βόρειο τμήμα (Τουαλέτες, διάδρομος, κλιμακοστάσιο) θεωρούνται όμως ως μέρος μιας θερμική ζώνη (κεφ. 3.2.2).

Ο παρακάτω πίνακας μας δίνει αναλυτικά στοιχεία για τις θερμικές απώλειες του κελύφους για κάθε θερμική ζώνη ανά όροφο (με τη βοήθεια του λογισμικού 4M).

Πίνακας 3.10 Θερμικές απώλειες ανά όροφο.

Συνολικές θερμικές απώλειες	21,6 (kW)	18612 (Kcal/h)
-----------------------------	-----------	----------------

3.1.4 Μελέτη θερμικών φορτίων

Υπολογίζουμε το θερμικό αισθητό φορτίο του κτιριακού μας συστήματος ανά ζώνη με βάση την θερμοκρασιακή διαφορά εξωτερικού με εσωτερικού αέρα την περίοδο του καλοκαιριού για τον μήνα με την υψηλότερη θερμοκρασία αέρα αλλά και το φορτίο οφειλόμενο στα άτομα, τον αερισμό και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό σύμφωνα με τις τιμές των πινάκων της TOTEE 20701-1

Τα κλιματιστικά φορτία δίδονται αναλυτικότερα στο παρακάτω πίνακα για τη κάθε ζώνη (με τη βοήθεια του λογισμικού 4M).

Πίνακας 3.11 Κλιματιστικά φορτία ανά όροφο

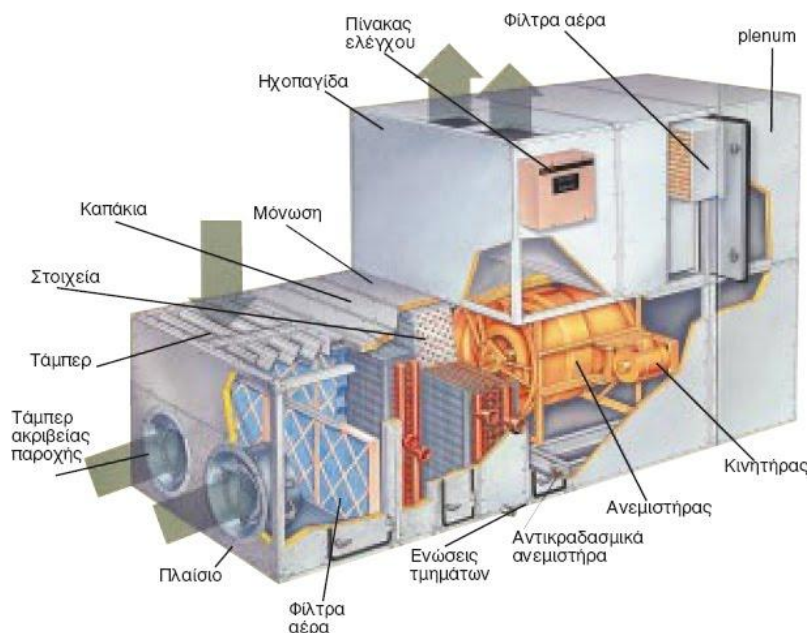
Συνολικό κλιματιστικό φορτίο	14,6 (kW)	40 (Kbtu/h)
------------------------------	-----------	-------------

3.1.5 Εκλογή κεντρικής κλιματιστικής μονάδας (Κ.Κ.Μ.)

Η διαδικασία εκλογής της ΚΚΜ ακόλουθη τα παρακάτω βήματα:

-Προσδιορισμός του αναγκαίου κλιματιζόμενου όγκου αέρα (m^3/h) που δεν πρέπει να συγγέεται με τις ανάγκες του κτιρίου σε νωπό αέρα και υπολογίζεται με τον αριθμό των απαιτούμενων αλλαγών αέρα επί των όγκο του κλιματιζόμενου χώρου .

-Με βάση τον όγκο του κλιματιζόμενου αέρα επιλεγούμε την κατάλληλη ΚΚΜ και με βάση το κλιματιστικό φορτίο αυτής (όγκος αέρα) το ποσοστό ανάκτησης θερμότητας και τις θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη του κτιρίου επιλεγούμε την κατάλληλη ισχύ του κλιματιστικού μας συστήματος .



Μεσαίου μεγέθους Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα

Σχήμα 3.19 Τομή κλιματιστικής μονάδας

Στο υπό μελέτη κτίριο θα χρησιμοποιηθεί μια αντλία θερμότητας για τη θέρμανση-ψύξη του κλιματιζόμενου αέρα και μια ΚΚΜ που βρίσκονται στο δώμα του κτιρίου και 3 εναλλάκτες θερμότητας αέρα –αέρα έναν για κάθε όροφο.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ΚΚΜ.

Πίνακας 3.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά της ΚΚΜ

Μοντέλο	Sysduct hp -7
Παροχή αέρα	9230 m ³ /h
Μέγιστη ισχύ	2,6 kW
Μέγιστο ρεύμα	11,5 A
Επίπεδο θορύβου	81 dB(A)
Μήκος	1900mm
Πλάτος	832mm
Ύψος	675 mm
Βάρος	191mm


Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας (Α.Θ.).

Πίνακας 3.13 Τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας (Α.Θ.).

Μοντέλο	AQH 60 - SIF
Μήκος	2200 mm
Πλάτος	1100mm
Ύψος	1580mm
Βάρος	490 kg
Λειτουργία ψύξης	
Ψυκτική ισχύ	60 kW
Ηλεκτρική ισχύ	17,7 kW
EER	2,98
SEER	4,13
Λειτουργία θέρμανσης	
Θερμική ισχύς	65,5 kW
Ηλεκτρική ισχύ	19,5 kW
COP	2,96

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας

Πίνακας 3.14 Τεχνικά χαρακτηριστικά του εναλλάκτη θερμότητας

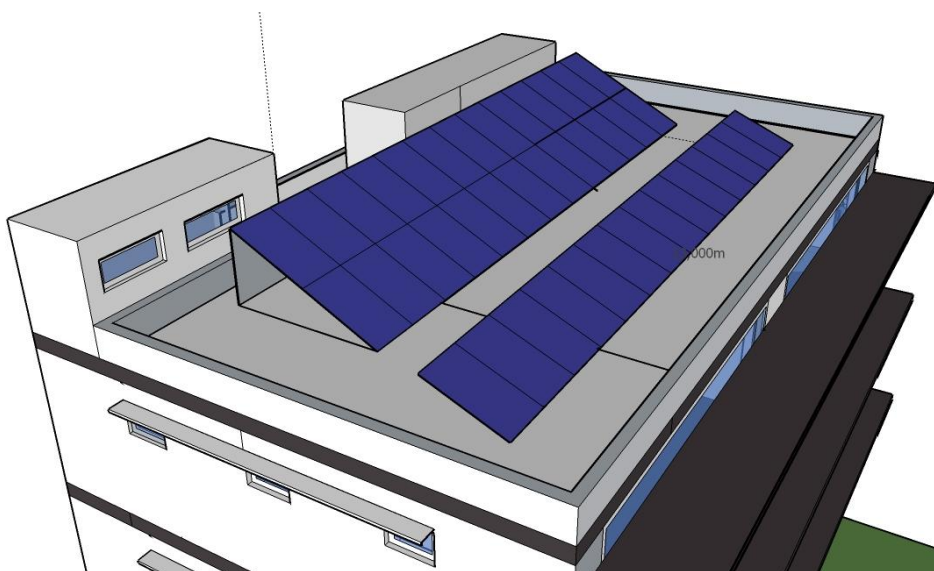
Μοντέλο/ Απεικόνιση	IGH- 3000 
Παροχή αέρα	3000 m ³ /h
Μέγιστη ισχύ	1,1 kW
Απόδοση	0,6

3.1.6 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος διασυνδεδεμένο με το δίκτυο (Δ.Ε.Η) ισχύος 10KWp. Η εγκατάσταση αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία :

- 40 Πάνελ ισχύος 250 Wp συνολικού εμβαδού 65 m²
- 1 τριφασικό αναστροφέα
- Dc/Ac καλωδίωση
- Ηλεκτρολογικοί πίνακες Dc/Ac συμπεριλαμβανόμενων στοιχείων αντικεραυνικής προστασίας τύπου 2 (έμμεσο πλήγμα)

Η εγκατάσταση των πάνελ μας βάση της ισχύουσας νομοθεσίας έχει μέγιστο ύψος 2.5 μέτρα Και απόσταση από τις άκρες του κτιρίου μεγαλύτερης του ενός μέτρου, Στην συγκεκριμένη εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν δυο ενιαίες κατασκευές, η πρώτη με κλίση 25μοιρων και η δεύτερη με κλίση 30. Η εκτίμηση ετήσιας παράγωγης ενεργείας ανέρχεται στις 15,5 KWhr .(Η μελέτη της εγκατάστασης έγινε με την βοήθεια του λογισμικού PV-SYST)



Σχήμα 3.20 Απεικόνιση της χωροθέτησης των Φ/β πάνελ στο δάμα του κτιρίου

3.2 Ενεργειακή μελέτη κτιρίου γραφείων

3.2.1 Γενική περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο είναι ιδεατό και βρίσκεται στην περιοχή της Αθηνάς. Θεωρούμε ότι όλες οι πλευρές του είναι ανεμπόδιστες και ελεύθερες από παρακείμενα κτίρια

Αποτελείται από 2 ορόφους, το ισόγειο και το υπόγειο. Ο μεγάλος άξονας του κτιρίου είναι προσανατολισμένος κατά τον άξονα Ανατολής – Δύσης, η πρόσοψη του προς τον Νότο ενώ η κυρία είσοδος προς τον Βορρά. Το κτίριο χρησιμοποιείται ως κτίριο γραφείων. Το υπόγειο χρησιμοποιείται ως αποθήκη. Το κτίριο είναι θερμομονωμένο σε όλες τις εξωτερικές του πλευρές. Στον πίνακα 3.15 δίδονται τα γενικά στοιχεία του εξωτερικού κελύφους του (επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα).

Πίνακας 3.15 Γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου

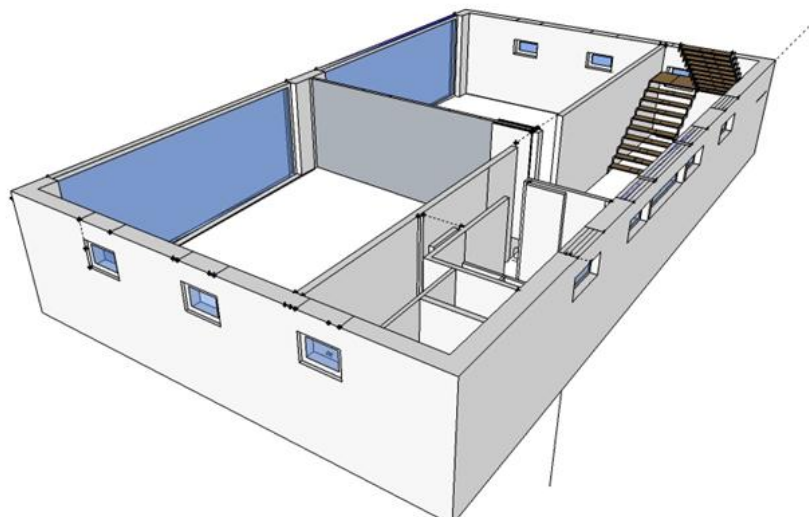
Χρήση κτιρίου:	Κτίριο γραφείων		
Προσανατολισμός κτιρίου:	Νότιος	Λόγος	1:7
Συνολική επιφάνεια κτιρίου(m ²):	680	Συνολικός όγκος κτιρίου(m ²):	2040
Θερμαινόμενη επιφάνεια(m ²):	510	Θερμαινόμενος όγκος(m ²):	1530
Ψυχομένη επιφάνεια(m ²):	510	Ψυχαμένος όγκος(m ²):	1530
Μέσο ύψος τυπικού ορόφου(m):	3	Αριθμός επίπεδων :	3

Πίνακας 3.16 Γενικά στοιχεία λειτουργίας κτιρίου αναφοράς

Ωράριο λειτουργίας	10hrs/day
Ημέρες λειτουργίας	5days/week
Μήνες λειτουργίας	12months/year
Περίοδος θέρμανσης	15/11 – 15/4
Περίοδος ψύξης	15/5 – 15/9
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης	20c°
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης	26c°
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα	35%
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους	45%
Απαιτούμενος νωπός αέρας	3 m ² /h/m ³
Στάθμη γενικού φωτισμού	500 lux
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας	16 W/m ²
Ημερησία κατανάλωση ζεστού νερού	0lt/day
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού	45 c°
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου	17,7 c°
Εκλυόμενη θερμότητα από χρήστες	8 W/m ²
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0,30
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές	4,5 W/m ²
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0,30

3.2.2 Θερμικές ζώνες

Για την μελέτη του κτιρίου απαιτείται ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Το κλιμακοστάσιο, τα W.C. και ο διάδρομος του κάθε ορόφου, θεωρούνται ως βοηθητικοί χώροι ενώ οι χώροι των γραφείων του κάθε ορόφου θεωρούνται ως κύριας χρήσης. Σύμφωνα με την TOTEE 20701-1 θεωρούμε για την ενεργειακή μελέτη τους θερμαινόμενους χώρους ως μια θερμική ζώνη γιατί έρχονται σε επαφή με μη θερμομονωμένο εσωτερικό χώρισμα, είναι μικρό το ποσοστό επιφάνειας των βοηθητικών χώρων επί του συνολικού εμβαδού και τέλος έχουν μικρή διαφορά στην θερμοκρασία λειτουργίας. Το υπόγειο θεωρείται ως μη θερμαινόμενος χώρος.



Σχήμα 3.21 Απεικόνιση της εσωτερικής διαμόρφωσης τυπικού ορόφου ενεργός χώρος του κτιρίου βρίσκεται μπροστά στη νότια όψη και οι βοηθητικοί χώροι (τουαλέτες, διάδρομος, κλιμακοστάσιο) πίσω στη βόρεια.

3.2.3 Γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους

3.2.3.1 Δεδομένα επιφανειών κτιρίου

Οι επιφάνειες των εσωτερικών χώρων (ωφέλιμο Εμβαδόν) του κτιρίου ανά όροφο δίδονται στον πίνακα 3.12

Πίνακας 3.17 Επιμέρους χρήσεις χώρων του κτιρίου και επιφάνειες αυτών

Επιφάνειες επιμέρους χώρων κτηρίου σε m ²			
	Χώρος γραφείων	Βοηθητικοί χώροι	Λεβητοστάσιο και αποθήκες
Υπόγειο			170
Ισόγειο	119	51	
A όροφος	119	51	
B όροφος	119	51	

Στον πίνακα 3.13 δίδονται συγκεντρωτικά στοιχεία των επιφανειών των δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα του κτιρίου (Δεν περιλαμβάνονται οι επιφάνειες του υπογείου) για τους υπολογισμούς της εγκατάστασης κλιματισμού (θέρμανσης – ψύξης).

Πίνακας 3.18 Συγκεντρωτικά στοιχεία των επιφανειών των δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα του κτιρίου

	Ολική επιφάνεια (m ²)	Ποσοστό επί Συνόλου(%)	Χώρος γραφείων	Βοηθητικοί χώροι
Τοιχοποιίες πλήρωσης	240	50	90	150
Φέρον οργανισμός	119	26	65	54
Ανοίγματα	130	24	116	14
Σύνολο	489	100	271	218

3.2.3.2 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

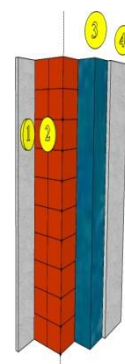
Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων υπολογίζονται με βάση την μεθοδολογία που περιγράφεται στην τεχνική οδηγία "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και Έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας κτιρίων".

Στους παρακάτω πίνακες δίδονται τα επιμέρους στοιχεία των δομικών υλικών σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτών καθώς και η σύγκριση αυτού με τις ελάχιστες τιμές για την κλιματική ζώνη σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

Πίνακας 3.19 Ανάλυση θερμοπερατότητας τοιχοποιίας.

Τοιχοποιίες πλήρωσης (οπτοπλινθοδομή)				
	Πάχος (m)	Λ (W/m)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Εσωτερική επιφάνεια αντίσταση			0,136	
Επίχρισμα (1)	0,04	0,8700	0,046	
Οπτοπλινθοδομή (2)	0,18	0,4500	0,4	
Πολυστερίνη (3)	0,08	0,0390	2,051	
Επίχρισμα (4)	0,04	0,8700	0,046	
Εξωτερική επιφάνεια Αντίσταση			0,040	
Σύνολο	0,30		2,719	0,36

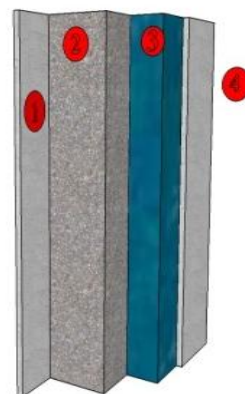
U_{max}=50



Πίνακας 3.20 Ανάλυση θερμοπερατότητας φέροντος οργανισμού.

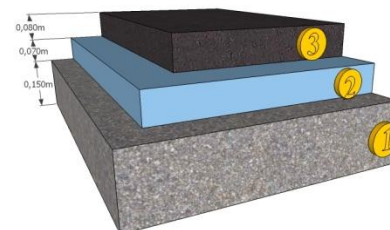
Φέρον οργανισμός (δοκοί, υποστυλώματα ,τοιχώματα)				
	Πάχος (m)	Λ (W/m)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Εσωτερική επιφάνεια Αντίσταση			0,136	
Επίχρισμα (1)	0,04	0,8700	0,046	
Οπλισμένο Σκυρόδεμα (2)	0,18	2,500	0	
Πολυστερίνη (3)	0,08	0,0340	2,051	
Επίχρισμα (4)	0,04	0,8700	0,046	
Εξωτερική επιφάνεια			0,040	
Σύνολο	0,35		2,320	0,43

U_{max}=50



Πίνακας 3.21 Ανάλυση θερμοπερατότητας πλάκας δώματος.

Δώμα				
	Πάχος (m)	Λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Εσωτερική επιφαν. Αντίσταση			0,136	
Οπλισμένο σκυρόδεμα (1)	0,15	2,500	0,06	
Πολυστερίνη (2)	0,07	0,0340	1,795	
Κισσηρόδεμα (3)	0,08	0,8700	0,092	
Στέγνωση				
Εξωτερική επιφαν Αντίσταση			0,040	
Σύνολο	0,30		2,087	0,48

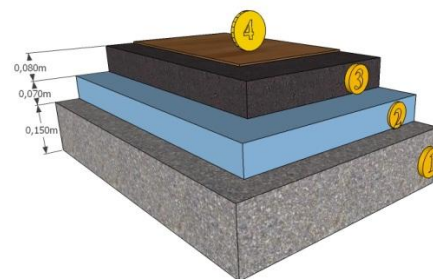


3.2.3.3 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους

Στους παρακάτω πίνακες δίδονται τα επιμέρους στοιχεία των δομικών υλικών σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους και ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτών καθώς και η σύγκριση αυτού με τις ελάχιστες τιμές για την κλιματική ζώνη σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

Πίνακας 3.22 Ανάλυση θερμοπερατότητας πλάκας δαπέδου.

Δάπεδο ισόγειου				
	Πάχος (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Εσωτερική επαφών. Αντίσταση			0,136	
Πλακίδιο (4)	0,005	1	0,005	
Οπλισμένο σκυρόδεμα (1)	0,15	2,500	0,06	
Πολυστερίνη (2)	0,07	0,0340	1,795	
Κισηρόδεμα (3)	0,08	0,870	0,092	
Εξωτερική επιφαν.αντίσταση			0,136	
Σύνολο	0,3		2,3	0,43



$U_{max}=0,75$

3.2.4 Αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος

Ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο με αυτόν που υπολογίζεται για δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, λαμβάνοντας όμως μηδενική θερμική αντίσταση αέρα στην εξωτερική παρειά του.

3.2.5 Διαφανή δομικά στοιχεία

Συντελεστής θερμοπερατότητας

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος (U_w) εξαρτάται τόσο από το είδος του υαλοπίνακα και του πλαισίου αλλά και από το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος για αυτό υπολογίζουμε το U_w για κάθε κούφωμα ξεχωριστά με την ακόλουθη σχέση:

$$U_w = (A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + L_g \cdot \Psi_g) / A_w \quad (3.3)$$

Όπου:

U_w [W/(m²K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος

U_f [W/(m ² K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου
U_g [W/(m ² K)]	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα
A_f (m ²)	η επιφάνεια του πλαισίου
A_g (m ²)	η επιφάνεια του υαλοπίνακα
I_g (m)	περίμετρος του υαλοπίνακα
Ψ_g [W/(m·K)]	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα
A_w (m ²)	η επιφάνεια του κουφώματος

Στο κτίριο υπάρχουν τρία διαφορετικά μεγέθη κουφωμάτων στην ανατολική, δυτική και βόρεια επιφάνεια του κτιρίου.

Τα παρακάτω κουφώματα αποτελούνται από διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12mm, με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπομπής ($\epsilon = 0,10$) με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_g = 1,80$ και μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm και συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f = 2,80$ και συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας $\Psi_g = 0,11$.

3.2.6 Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους κουφωμάτων

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό και υπολογίζεται για κάθε τύπο κουφώματος διαφορετικά από τον τύπο:

$$g_w = g_{gl} (1 - F_f) \quad (3.2)$$

Όπου:

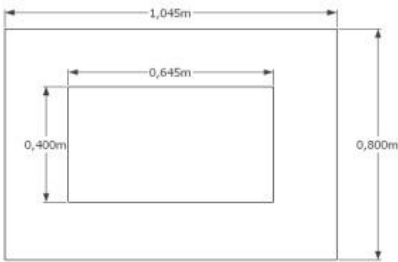
F_f το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα

g_{gl} ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα

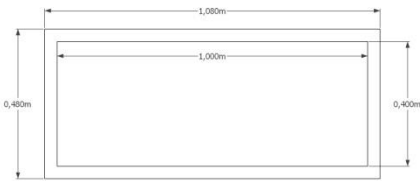
Το $g_{gl} = 0,75$ για διπλό υαλοπίνακα

Στους παρακάτω πίνακες δίδονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διαφόρων κουφωμάτων του κτιρίου καθώς και ο συντελεστής θερμοπερατότητας και ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους αυτών

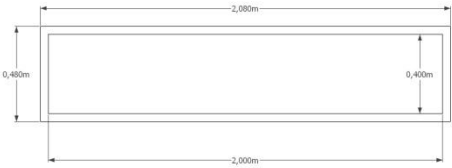
Πίνακας 3.23 Ανοίγματα τύπου Α στην δυτική και ανατολική όψη.

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία	Συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού κέρδους
	<p> $A_w = 0,5 \text{ m}^2$ $A_g = 0,26 \text{ m}^2$ $A_f = 0,25 \text{ m}^2$ $F_f = 0,5$ $L_g = 2,1 \text{ m}$ </p>	<p> $U_w = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ $G_w = 0,67$ </p>

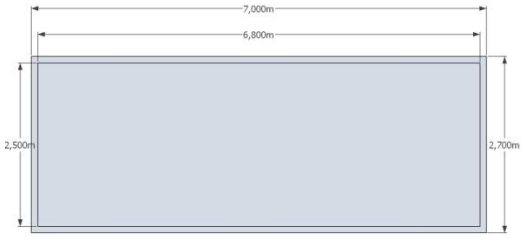
Πίνακας 3.24 Ανοίγματα τύπου Β στην βόρεια όψη.

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία	Συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού κέρδους
	<p> $A_w = 0,5 \text{ m}^2$ $A_g = 0,4 \text{ m}^2$ $A_f = 0,1 \text{ m}^2$ $F_f = 0,2$ $L_g = 2,8 \text{ m}$ </p>	<p> $U_w = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ $G_w = 0,48$ </p>


Πίνακας 3.25 Ανοίγματα τύπου Γ στην βόρεια όψη.

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία	Συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού κέρδους
	<p> $A_w = 1 \text{ m}^2$ $A_g = 0,8 \text{ m}^2$ $A_f = 0,2 \text{ m}^2$ $F_f = 0,2$ $L_g = \text{ m}$ </p>	<p> $U_w = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ $G_w = 0,48$ </p>

Πίνακας 3.26 Ανοίγματα τύπου Δ στη νότια όψη.

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία	Συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού κέρδους
	<p> $A_w = 19 \text{ m}^2$ $A_g = 17,7 \text{ m}^2$ $A_f = 2 \text{ m}^2$ $F_f = 0,1$ $L_g = 19,4 \text{ m}$ </p>	<p> $U_w = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $G_w = 0,48$ </p>

Πίνακας 3.27 Είσοδος στη βόρεια όψη.

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία	Συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού κέρδους
	<p> $A_w = 4 \text{ m}^2$ $A_g = 3,2 \text{ m}^2$ $A_f = 0,8 \text{ m}^2$ $F_f = 0,2$ $L_g = 8 \text{ m}$ </p>	<p> $U_w = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $G_w = 0,48$ </p>

3.2.7 Θερμογέφυρες

Οι θερμογέφυρες εκφράζουν τις απώλειες ενός δομικού στοιχείου του κτιριακού κελύφους που εμφανίζονται κυρίως σε κενά της θερμομόνωσης (π.χ. τοιχοποιία μονωμένη στο πυρήνα με φέρον οργανισμό μονωμένο εξωτερικά) ή σε συναρμογές δομικών στοιχείων διαφορετικής θερμοπερατότητας (π.χ. τοίχος με κούφωμα) ή στις γωνίες που σχηματίζουν τα δομικά στοιχεία του κελύφους.

Στους πίνακες 15 και 16 της ΤΟΤΕΕ 20701-2 δίδονται αναλυτικά οι κατηγορίες θερμογεφυρών και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας αυτών.

Οι θερμικές απώλειες από τις θερμογέφυρες του κτιριακού μας κελύφους ανά κατηγορία υπολογίζεται από το γινόμενο:

$$\Psi \times L \tag{3.3}$$

Όπου:

Ψ w/(mK) γραμμική θερμοπερατότητας θερμογέφυρας

L (m) Μήκος θερμογέφυρας



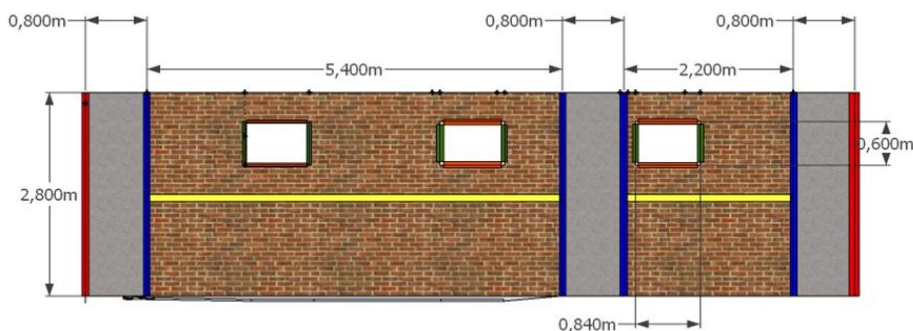
Σχήμα 3.22 Απεικόνιση των θερμογεφυρών στη κάτοψη τυπικού ορόφου

Οι τιμές των θερμογεφυρών του κτιρίου δίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.28 Ανάλυση θερμογεφυρών κτιρίου.

Είδος θερμογέφυρας	Γραμμική θερμοπερατότητα Ψ {W/(mK)}	Μήκος θερμογέφυρας L (m)	Τιμή θερμογέφυρας
Εξωτερικές γωνίες	-0,10	33,6	-3,66
Δώμα /οροφή σε προεξοχή	-0,05	34	-1,7
Ενώσεις δομικών στοιχείων	0,00	25,2	0
Δάπεδο σε προεξοχή/πυλωτή	0,55	34	18,7
Ενδιάμεσο δάπεδο	0,00	34	0
Περίδεσμος ενίσχυσης	0,00	24,4	0
Λαμπάς κουφώματος	+0,05	81	4
Ανωκάσι/κατωκάσι κουφώματος	+0,05	151	7,5

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται ενδεικτικά οι θερμογέφυρες που σχηματίζονται στην Ανατολική όψη του κτιρίου. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι θερμογέφυρες εξωτερικής γωνιάς με μπλε οι θερμογέφυρες στις ενώσεις δομικών στοιχείων με κίτρινο οι θερμογέφυρες στον περίδεσμο ενίσχυσης με πορτοκαλί και πράσινο οι θερμογέφυρες στο ανωκάσι, στο κατωκάσι και στους λαμπάδες των κουφωμάτων



Σχήμα 3.23 Απεικόνιση των θερμογεφυρών στην ανατολική όψη τυπικού ορόφου

3.2.8 Θερμομονωτική επάρκεια

Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου υπολογίζεται πρώτα ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύσσεται στην παράγραφο 2.6 της TOTEE 20701-2 .

Μετά υπολογίζουμε τον λόγο του εμβαδού όλων των εξωτερικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους των θερμαινόμενων χώρων προς τον όγκο των χώρων αυτών A/V (σύμφωνα με την παράγραφο 2.5 της TOTEE 20701-2).

Πίνακας 3.29 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας.

A/V	0,73
U _m	1,03
Μεγίστη επιτρεπτή τιμή U _m	1,03

(Η μέγιστη επιτρεπτή τιμή U_m καθορίζεται από τον πίνακα 7 της TOTEE 20701-2)

3.2.9 Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας

Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού που απορροφάται ισούται με την μονάδα

$$\rho + \alpha = 1$$

όπου

ρ ο συντελεστής ανακλαστικότητας

α ο συντελεστής απορροφητικότητας

Το υπό μελέτη κτίριο έχει για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία $\rho=0,70$ και για τα οριζόντια δομικά της στοιχεία (οροφή) $\alpha=0,35$ ενώ για τους προβόλους σκιασμού $\rho=0,80$, (Σύμφωνα με τον πίνακα 3.14 TOTEE 20701-1).

3.2.10 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης C_m (kJ/K) υπολογίζεται με βάση τη θερμοχωρητικότητα και την επιφάνεια των δομικών στοιχείων που περικλείουν τη θερμική ζώνη και υπολογίζεται από τη σχέση

$$C_m = \sum (K_j \cdot A_m) \quad (3.4)$$

Όπου

C_m (kJ/K) η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης

A_j (m²) η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου

K_j [kJ/(m²K)] η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται η τιμή της ανοιγμένης θερμοχωρητικότητας για τις συνολικές εξωτερικές επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

(Σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα 3.13 της TOTEE 20701-1)

Πίνακας 3.30 Ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα.

Ανοιγμένη θερμοχωρητικότητα	[kJ/(m ² K)]	260
-----------------------------	-------------------------	-----

3.2.11 Συντελεστής σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτιρίου, οι παραπάνω σκιάσεις μετατρέπονται σε συντελεστές ανάλογα με το είδος του μέσου σκίασης ξεχωριστά για την χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο. Όλοι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας τιμή ίση με την μονάδα για μηδενική σκίαση και τιμή ίση με το μηδέν για πλήρη σκίαση

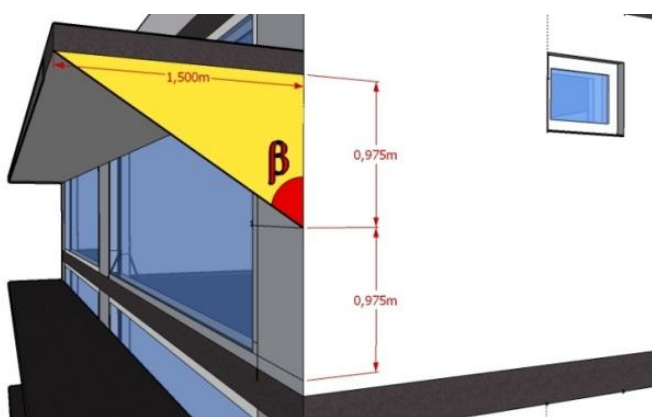
Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{or}

Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφανείες του κτιρίου από την ύπαρξη εμποδίων περιμετρικά του κτιρίου. Στο υπό μελέτη κτίριο θεωρούμε ότι δεν επηρεάζεται περιμετρικά από κάποιο εμπόδιο οπότε $F_{hor} = 1$

Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}

Ο συντελεστής σκίασης οριζοντίων προστεγασμάτων προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου λόγω ύπαρξης οριζοντίων προεξοχών.

Για την εκτίμηση του συντελεστή είναι η απαραίτητη η εύρεση της γωνιάς β του προβόλου με την μεθοδολογία που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 3.24 Γωνία σκίασης β νότιας όψης λόγω οριζοντίου προβόλου

Βάση της γωνιάς β εκλέγουμε τους αντίστοιχους συντελεστές σκίασης ανά προσανατολισμό σύμφωνα με τον πίνακα 3.19 της TOTEE-20701-1.

Στο υπό μελέτη κτίριο προκύπτουν σκίασης από προβόλους στα διαφανή δομικά στοιχεία με νότιο ,ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό και οι συντελεστές σκίασης αυτών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.31 Συντελεστής σκίασης προβόλου.

Νότιες όψεις		
Γωνιά β	Fov_heating	Fov_cooling
57°	0,55	0,41
Ανατολικές – δυτικές όψεις		
Γωνιά β	Fov_heating	Fov_cooling
45°	0,70	0,63

3.2.12 Αερισμός

Για τον υπολογισμό του αερισμού του κτιρίου (θερμαινόμενων χώρων) λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά ο ελεγχόμενος φυσικός ή τεχνητός αερισμός από τον αερισμό μέσω των χαραμάδων.

Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης αέρα)

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτιρίου πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων, των θυρίδων αερισμού και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών. Οι τελευταίες θεωρούνται αμελητέες. Τώρα ειδικότερα ο αερισμός μέσω χαραμάδων των κουφωμάτων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_{\text{inf}} = \Sigma(l_a) \cdot R \cdot H \quad (3.5)$$

Όπου:

L (m) το συνολικό μήκος των χαραμάδων του κουφώματος.

A[m³/h·m] ο συντελεστής αεροδιαπερατότητας του κουφώματος.

R ο συντελεστής διεισδυτικότητας που εξαρτάται από το λόγο επιφάνειας των εξωτερικών προς των εσωτερικών κουφωμάτων.

H ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος.

Στο υπό μελέτη κτίριο έχουμε αερισμό $6,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ λόγο χαραμάδων ανά επιφάνεια ανοιγμάτων και $4,8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ λόγο χαραμάδων ανά επιφάνεια πόρτας. (Σύμφωνα με πίνακα 3.36 της ΤΟΤΕΕ 20701-1).

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι τιμές διείσδυσης αέρα συνολικά από όλα τα κουφώματα του κτιρικού κελύφους.

Πίνακας 3.32 Αερισμός λόγο χαραμάδων.

	Αερισμός λόγο χαραμάδων (m^3/h)
Χώρος γραφείων	37,2
Βοηθητικοί χώροι	65,4
Σύνολο	102,6

Αερισμός μη θερμαινόμενων χώρων

Για μη θερμαινόμενους χώρους δηλαδή το υπόγειο (σύμφωνα με τον πίνακα 3.27 της ΤΟΤΕΕ 20701-1) για το υπό μελέτη κτίριο ισούται με $51 \text{ (m}^3/\text{h)}$.

3.2.13 Φωτισμός

Τεχνητός φωτισμός

Στον πίνακα δίνονται οι βασικές παράμετροι του συστήματος τεχνητού φωτισμού του υπό μελέτη κτιρίου για κάθε χώρο του κάθε ορόφου ξεχωριστά.

Πίνακας 3.33 Παράμετροι συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Χώρος γραφείων	500 lux
Εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών του χώρου	1560 W
Φωτεινή δραστηριότητα των λαμπτήρων	80 lm/W
Τύπος λαμπτήρων	φθορισμού
Σύστημα Έλενου φωτισμού	Χειροκίνητος / συνολική σβέση
Μήκος ζώνης φυσικού φωτισμού ($L_{z\phi\phi}$)	6,75
Ύψος ζώνης φυσικού φωτισμού ($h_{z\phi\phi}$)	2,7
Πλάτος ζώνης φυσικού φωτισμού ($W_{z\phi\phi}$)	17,3
Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού (F_D)	0.9
Συντελεστής επίδρασης χρηστών (F_o)	0.95

Πίνακας 3.34 Παράμετροι συστήματος τεχνητού φωτισμού

Διάδρομος κλιμακοστάσιο	150 lux
Εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών του χώρου	114 W
Φωτεινή δραστηριότητα των λαμπτήρων	90 lm/W
Τύπος λαμπτήρων	φθορισμού
Σύστημα Έλενου φωτισμού	Αυτόματος /Έλενος παρουσίας
Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού (F_0)	1.0
Συντελεστής επίδρασης χρηστών (F_0)	0.9

Πίνακας 3.35 Παράμετροι συστήματος τεχνητού φωτισμού

Τουαλέτες	150 lux
Εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών του χώρου	76 W
Φωτεινή δραστηριότητα των λαμπτήρων	90 lm/W
Τύπος λαμπτήρων	φθορισμού
Σύστημα Έλενου φωτισμού	Χειροκίνητος
Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού (F_0)	1.0
Συντελεστής επίδρασης χρηστών (F_0)	1.0

3.2.14 Ζεστό νερό χρήσης

Για κάθε εγκατάσταση Ζ.Ν.Χ. που χρησιμοποιείται σε ένα κτήριο ή σε μια θερμική ζώνη πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα για τους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για Ζ.Ν.Χ. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την εγκατάσταση Ζ.Ν.Χ. είναι η απόδοση των μονάδων παραγωγής Ζ.Ν.Χ., οι απώλειες των δικτύων διανομής Ζ.Ν.Χ. και των τερματικών μονάδων (π.χ. θερμαντήρων με εναλλάκτες θερμότητας ή ηλεκτρικών αντιστάσεων κ.ά.). Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται τοπικές συσκευές άμεσης παραγωγής Ζ.Ν.Χ. (π.χ. θερμαντήρες ροής, ταχυθερμοσίφωνες), οι απώλειες δικτύων διανομής και τερματικών μονάδων στους ενεργειακούς υπολογισμούς λαμβάνονται ως μηδενικές.

Στο κτίριο αναφοράς επιτρέπεται η χρήση αποκεντρωμένων συστημάτων μόνο σε εμπορικά καταστήματα ή σε χώρους με παρόμοιες χρήσεις, με περιορισμένη κατανάλωση Z.N.X. μικρότερη από 10 [ℓ/άτομο/ημέρα]. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η παραγωγή Z.N.X. μπορεί να γίνεται τοπικά με ταχυθερμοσίφωνα αερίου. Εάν το φυσικό αέριο δεν είναι διαθέσιμο, η παραγωγή Z.N.X. μπορεί να γίνεται με ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, ή ταχυθερμοσίφωνα με συνολικό μήκος σωλήνων έως 6 m. Στο υπό μελέτη κτίριο σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 της TOTEE 20701-1 η κατανάλωση ζεστού νερού θεωρείται μηδενική

3.2.15 Κλιματισμός – Αερισμός κτιρίου

3.2.15.1 Συστήματα θέρμανσης χώρων

Το σύστημα ή τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης που εξυπηρετούν ένα κτίριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις κλιματισμού στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος, όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές»). Κατά την πραγματική περίοδο θέρμανσης/ψύξης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα θέρμανσης/ψύξης (κλιματισμού) να λειτουργεί για το μεγαλύτερο διάστημα σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσής του σε σχέση με την ονομαστική.

Ο σωστή διαστασιολόγηση λοιπόν του συστήματος κλιματισμού πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν και να δίνει λύση στο παραπάνω πρόβλημα ώστε να πετύχει την μέγιστη απόδοση αυτού. Δηλαδή επιλέγουμε ένα σύστημα που θα μπορεί να μας καλύπτει κυρίως τις ανάγκες που έχουμε κατά το μεγαλύτερο διάστημα κλιματισμού με την καλύτερη δυνατή απόδοση αλλά θα έχει και την δυνατότητα να καλύψει και για μερικές μέρες του χρόνου ακραία φορτία. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα κλιματισμού αποκτά μέγιστη τεχνοοικονομική απόδοση. (π.χ. Επιλογή αντλίας θερμότητας για κάλυψη της μεγαλύτερης περιόδου κλιματισμού και συνδυαστική παρουσία λέβητα πετρελαίου για την κάλυψη των πρόσθετων απαιτήσεων κατά των ακραίων κλιματικά λίγων ημερών του χρόνου).

Κεντρική κλιματιστική μονάδα – Αντλία θερμότητας

Το υπό μελέτη κτίριο καλύπτει τις ανάγκες του σε θέρμανση, ψύξης και μηχανικού αερισμού μέσω μονάδας κεντρικού κλιματισμού (ΚΚΜ) σε συνεργασία με κεντρική μονάδα αντλίας θερμότητας εξωτερικού αέρα.

Ορισμός απόδοσης αντλίας θερμότητας για θέρμανση (COP)

Για τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση χώρων, η απόδοση καθορίζεται από το συντελεστή επίδοσης (COP) ή αλλιώς συντελεστή συμπεριφοράς των αντλιών θερμότητας στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για θέρμανση), όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Ορισμός απόδοσης αντλίας θερμότητας για ψύξη (EER)

Για τους ψύκτες και τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για την ψύξη χώρων η απόδοση καθορίζεται από τον ονομαστικό δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (EER) στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για ψύξη), όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Κεντρική Μονάδα Αντλίας Θερμότητας

Η κεντρική μονάδα αντλίας θερμότητας βρίσκεται στο δώμα του κτιρίου αναλαμβάνει να τροφοδοτεί την ΚΚΜ με το απαραίτητο κλιματιστικό φορτίο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του αέρα προσαγωγής. Τα στοιχεία της ΚΜΑΘ δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 3.36 Στοιχεία κεντρικής μονάδας αντλίας θερμότητας

Κεντρική μονάδα αντλίας θερμότητας	
Θερμική ισχύς (KW)	65,5
Ψυκτική ισχύς (KW)	60,8
Συντελεστής θερμικής απόδοσης (COP)	2,96
Συντελεστής ψυκτικής απόδοσης (EER)	2,98
Ηλεκτρική ισχύς (kW)	18,7

(– πηγή System air hellas)

Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα (Κ.Κ.Μ.)

Η εγκατάσταση μας αποτελείται από μια κεντρική κλιματιστική μονάδα που βρίσκεται στο Δώμα δίπλα στην αντλία θερμότητας (Για αυτό το λόγο θεωρούμε το μήκος του δικτύου διανομής θυμικού μέσου μεταξύ της ΚΚΜ και της αντλίας θερμότητας αμελητέο) και αναλαμβάνει τον μηχανικό αερισμό του κάθε ορόφου (Προσαγωγή/Απαγωγή νεπού αέρα), τον κλιματισμό του μέσο του αέρα προσαγωγής μέσο του κλιματιστικού κέρδους από την αντλία θερμότητας και τέλος τον έλεγχο της υγρασίας του κτιρίου με τον έλεγχο της υγρασίας του αέρα προσαγωγής με ειδικές διατάξεις.

Αναλυτικά τα στοιχεία της ΚΚΜ δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.37 Στοιχεία κεντρικής κλιματιστικής μονάδας

Κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ)	
θέρμανση	ΝΑΙ
ψύξη	ΝΑΙ
ύγρανη	ΝΑΙ
Παροχή αέρα (m ³ /h)	9320
Ηλεκτρική κατανάλωση (KW)	2,6
Θερμοκρασία αέρα προσαγωγής (C°)	
Χειμώνα	-3
Καλοκαίρι	40
Ειδική απορρόφηση ισχύος(kWs/m ³)	2,5
Ειδικά φίλτρα	ΟΧΙ

(– πηγη System air hellas)

Απώλειες δικτυου διανομης

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.11 της TOTEE 20701-1 οι απώλειες του δικτυού διανομής με την προβλεπόμενη μόνωση και διέλευση τουλάχιστον του 20% αυτού σε εσωτερικούς χώρους δίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.38 Απώλειες δικτύου διανομής (%)

Απώλειες δικτυού διανομής (%)	Λειτουργία
3,5	θέρμανσης
2,0	Ψύξης

3.3 Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου .

Το κτίριο σχεδιάστηκε με γνώμονα την τήρηση των ελαχίστων προδιαγραφών που θέτει ο ΚΕΝΑΚ. Ενώ στον τομέα του κελύφους και των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου με τα υλικά της αγοράς μπορούν να επιτεχθούν σχετικά εύκολα δεν συμβαίνει το ίδιο και με τα συστήματα ψύξης θέρμανσης. Οι προδιαγραφές της απόδοσης ιδιαίτερα συστημάτων κεντρικού κλιματισμού με Κ.Κ.Μ. και αντλία θερμότητας είναι αυστηρές.

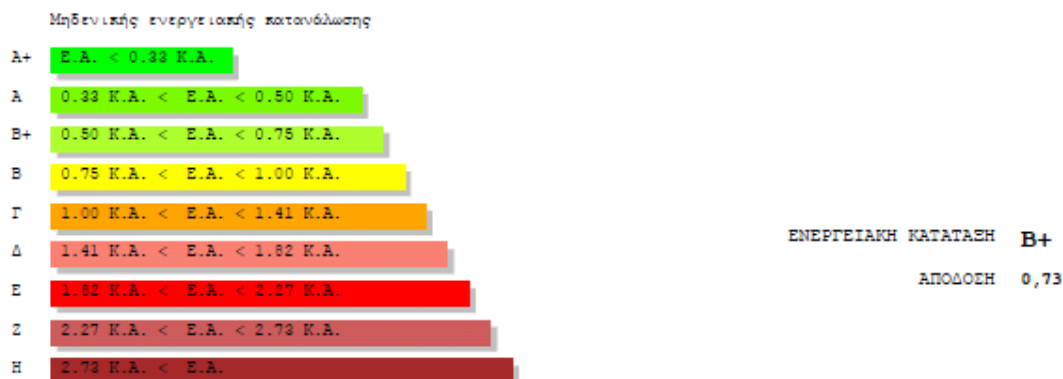
Ακόμα να σημειώσουμε ότι ο ΚΕΝΑΚ εμπεριέχει αρκετές απλοποιήσεις και δεν υπολογίζει ακόμη τα κέρδη από βιοκλιματικές διατάξεις εξαιρώντας τον σωστό προσανατολισμό των όψεων του κτιρίου και τα άμεσα κέρδη από Νότια ανοίγματα. Για αυτό και οι παραπάνω διατάξεις είναι οι μόνες που προσαρτήθηκαν στο υπό μελέτη κτίριο από πλευράς βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Επιλεχτήκαν λοιπόν ρεαλιστικές λύσεις πολύ κοντά σε μια συμβατική κατασκευή κτιρίου ,καθώς το βάρος δόθηκε στον σωστό σχεδιασμό. Λόγο αυτού υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου’

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό του ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ v.1.9

Το κτίριο κατατάχθηκε στην ενεργειακή κατηγορία B+ αποδεκτή από τον ΚΕΝΑΚ.

Υπό μελέτη κτίριο

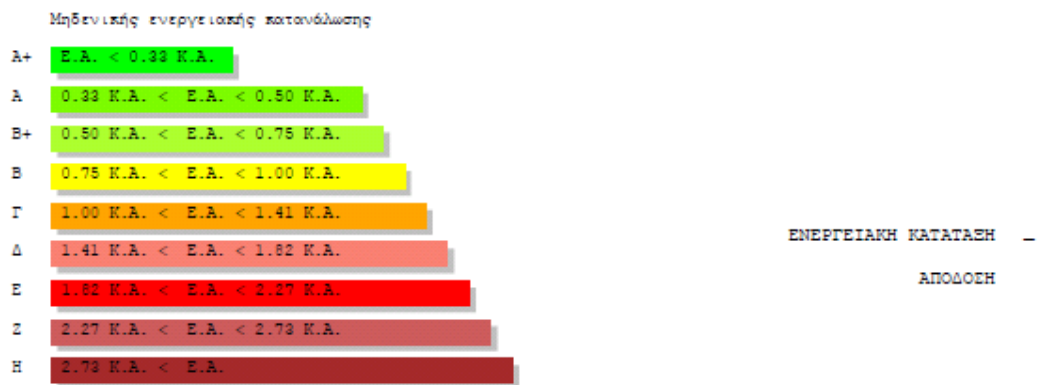


Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ					ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΚ	±ΣΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΚ	ΥΓΡΑΝΣΗ	
	(kWh/m ²)				(kWh/m ²)				
ΙΑΝ	2.7	0.0	0.0	7.4	1.3	0.0	0.0	0.0	
ΦΕΒ	2.3	0.0	0.0	6.7	1.0	0.0	0.0	0.0	
ΜΑΡ	2.0	0.0	0.0	7.4	0.6	0.0	0.0	0.0	
ΑΠΡ	1.3	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
ΜΑΙ	0.0	3.2	0.0	7.4	0.0	1.9	0.0	0.0	
ΙΟΥΝ	0.0	9.8	0.0	7.1	0.0	8.2	0.0	0.0	
ΙΟΥΛ	0.0	17.7	0.0	7.4	0.0	16.0	0.0	0.0	
ΑΥΓ	0.0	17.6	0.0	7.4	0.0	15.9	0.0	0.0	
ΣΕΠ	0.0	4.8	0.0	7.1	0.0	3.5	0.0	0.0	
ΟΚΤ	1.3	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
ΝΟΕ	1.4	0.0	0.0	7.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
ΔΕΚ	2.2	0.0	0.0	7.4	0.8	0.0	0.0	0.0	
ΣΥΝ	13.2	53.2	0.0	86.8	4.0	45.6	0.0	0.0	

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΚ	±ΣΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m ²)			
ΙΑΝ	0.9	0.0	0.0	2.5
ΦΕΒ	0.8	0.0	0.0	2.3
ΜΑΡ	0.7	0.0	0.0	2.5
ΑΠΡ	0.5	0.0	0.0	2.5
ΜΑΙ	0.0	1.1	0.0	2.5
ΙΟΥΝ	0.0	3.4	0.0	2.5
ΙΟΥΛ	0.0	6.1	0.0	2.5
ΑΥΓ	0.0	6.1	0.0	2.5
ΣΕΠ	0.0	1.7	0.0	2.5
ΟΚΤ	0.5	0.0	0.0	2.5
ΝΟΕ	0.5	0.0	0.0	2.5
ΔΕΚ	0.7	0.0	0.0	2.5
ΣΥΝ	4.5	18.4	0.0	29.9

Κτίριο αναφοράς



Ενεργειακά μη αποδοτικό

	ΠΡΩΤΟΤΥΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ				ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	2.2	0.0	0.0	10.5	1.3	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	1.8	0.0	0.0	9.5	1.0	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	1.5	0.0	0.0	10.5	0.6	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	4.7	0.0	10.5	0.0	3.5	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	14.0	0.0	10.2	0.0	11.8	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	25.0	0.0	10.5	0.0	21.6	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	25.5	0.0	10.5	0.0	22.0	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	7.0	0.0	10.2	0.0	5.6	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.8	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	0.9	0.0	0.0	10.2	0.1	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	1.7	0.0	0.0	10.5	0.8	0.0	0.0	0.0
ΕΥΝ	9.6	76.2	0.0	123.5	3.8	64.5	0.0	0.0

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	0.7	0.0	0.0	3.6
ΦΕΒ	0.6	0.0	0.0	3.3
ΜΑΡ	0.5	0.0	0.0	3.6
ΑΠΡ	0.3	0.0	0.0	3.5
ΜΑΙ	0.0	1.6	0.0	3.6
ΙΟΥΝ	0.0	4.8	0.0	3.5
ΙΟΥΛ	0.0	8.6	0.0	3.6
ΑΥΓ	0.0	8.8	0.0	3.6
ΣΕΠ	0.0	2.4	0.0	3.5
ΟΚΤ	0.3	0.0	0.0	3.6
ΝΟΕ	0.3	0.0	0.0	3.5
ΔΕΚ	0.6	0.0	0.0	3.6
ΕΥΝ	3.3	26.3	0.0	42.6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κώστας Τσίππρας - " Το οικολογικό σπίτι " - Αθήνα 1996
- [2] Ιωάννης Καλδέλης , Γεώργιος Σπυρόπουλος , Κοσμάς Καββαδίας - " Υπολογιστικές εφαρμογές ηπίων μορφών ενέργειας – Αθήνα 2007
- [3] Ιωάννης Καλδέλης, Κοσμάς Καββαδίας - "Εργαστηριακές εφαρμογές ηπίων μορφών ενέργειας" - Αθήνα 2001
- [4] Σταμάτης Πέρδιος - "Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας τόμος Α,Β –Αθήνα 2007
- [5] Carrier - "Εγχειρίδιο κλιματισμού τόμος 1"
- [6] Τσακίρης - "Φωτοτεχνία"
- [7] Γεώργιος Ιωαννίδης - "Σημειώσεις εργαστηρίου φωτοτεχνίας" - Αιγάλεω 2006
- [8] Γεώργιος Ιωαννίδης - "Ηλεκτροτεχνικές εφαρμογές"
- [9] Ετήσια έκδοση Κτίριο - "Εφαρμογές, υλικά με προδιαγραφές, οδηγίες κατασκευών" - Αθήνα 2007
- [10] ΤΕΕ – Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 – Αθήνα 2010
- [11] ΤΕΕ – Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-2/2010 – Αθήνα 2010
- [12] ΤΕΕ – Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20703-2/2010 – Αθήνα 2010
- [13] ΤΕΕ – Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20704-2/2010 – Αθήνα 2010
- [14] ΤΕΕ – Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-5/2010 – Αθήνα 2010
- [15] ΤΕΕ – Αθηνά Γαγγλία, Κωνσταντίνος Λάσκος – Μελέτη ενεργειακής απόδοσης, τεύχος αναλογικών υπολογισμών – Αθήνα 2010
- [16] ΤΕΕ – Αθηνά Γαγγλία, Κωνσταντίνος Λάσκος – Παράδειγμα ενεργειακής μελέτης "Πολυώροφη οικοδομή με έξι ορόφους ,χρήση κατοικίας ,καταντήματα στο ισόγειο και υπόγεια με χώρους στάθμευσης και αποθήκες" – Αθήνα 2010
- [17] Δημήτρης Αραβαντινός – Η θερμομονωτική επάρκεια των κτιρίων – Εργαστήριο οικοδομικής και φυσικής των κτιρίων ,τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.- Θεσσαλονίκη 2009
- [18] Δημήτρης Αραβαντινός – Οικοδομικές επεμβάσεις για την αποφυγή θερμογεφυρών – Εργαστήριο οικοδομικής και φυσικής των κτιρίων ,τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.- Θεσσαλονίκη 2009
- [19] Κοσμίδης Αλέξης, Πούλιος Γεώργιος – Πτυχιακή εργασία , "Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίων, μελέτη και εφαρμογή – ΤΕΙ Πειραιά Στεφ. Τμήμα Ηλεκτρολογίας– Αιγάλεω 2006

- [20] Ζαφειρόπουλος Αναστάσιος – Διπλωματική εργασία “Ενεργειακή μελέτη κτιρίων με βιοκλιματικά κριτήρια” - Πανεπιστήμιο Πατρών τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και τεχνολογίας υπολογιστών
- [21] Αραπογιάννη Αθανασία – Διπλωματική εργασία “Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο τεχνολογικό πάρκο Λαυρίου” - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- [22] Διαδικτυακές πηγές :
- <http://www.greekarchitects.gr> - Αρχιτεκτονικές ματιές
 - <http://www.cres.gr> - **e-βιβλιοθήκη**
 - <http://medsos.gr>
 - <http://www.helapco.gr> - Τεχνικές οδηγίες

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

1 Δεδομένα διάφανων επιφανειών κτιρίου – κουφώματα

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τα κουφώματα του κτιρίου ανά επίπεδο

Πίνακας Π1.1. κουφώματα ισόγειου

ισόγειο						
κούφωμα	Γ (°)	A(m ²)	U	g _w	Fov heat	Fov cool
Δ1	180	19	2,8		0,55	0,41
Δ2	180	19	2,8		0,55	0,41
A1	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A2	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A3	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A4	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A5	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A6	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A7	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A8	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
Γ1	0	1	2,6	0,48	1	1
B1	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B2	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B3	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B4	0	0,5	2,7	0,48	1	1
Π1	0	4			1	1

Πίνακας Π1.2. κουφώματα 1^{ου} οροφου.

1 ^{ος} όροφος						
κούφωμα	Γ (°)	A(m ²)	U	g _w	Fov heat	Fov cool
Δ1	180	19	2,8		0,55	0,41
Δ2	180	19	2,8		0,55	0,41
A1	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A2	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A3	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A4	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A5	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A6	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A7	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A8	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
Γ1	0	1	2,6	0,48	1	1
B1	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B2	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B3	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B4	0	0,5	2,7	0,48	1	1

Πίνακας Π1.3. κουφώματα 2^{ου} οροφου.

2 ^{ος} όροφος						
κούφωμα	Γ (°)	A(m ²)	U	g _w	Fov heat	Fov cool
Δ1	180	19	2,8		0,55	0,41
Δ2	180	19	2,8		0,55	0,41
A1	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A2	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A3	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A4	270	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A5	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A6	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A7	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
A8	90	0,5	2,7	0,67	0,75	0,63
Γ1	0	1	2,6	0,48	1	1
B1	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B2	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B3	0	0,5	2,7	0,48	1	1
B4	0	0,5	2,7	0,48	1	1

2 Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων κτιρίου

Στους παρακάτω πίνακες δίδονται αναλυτικά οι εξωτερικές επιφάνειες των τοιχοποιιών πλήρωσης (οπλιθοδομή), του φέροντος οργανισμού (δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα) και των ανοιγμάτων του κτιρίου ανά όροφο και ανά προσανατολισμό

Πίνακας Π2.1. Υπόγειο

Υπόγειο	Νότια (m ²)	Βόρεια (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Σύνολο (m ²)
Φέρον οργανισμός	46	46	28	28	148

Πίνακας Π2.2. Ισόγειο

	Χώρος γραφείων			Βοηθητικός χώρος			Σύνολο (m ²)
	Νότια (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Βόρεια (m ²)	
Τοιχοποιίες πλήρωσης	-	15	15	7,3	7,3	32,2	76,6
Φέρον οργανισμός	13,2	4	4	3	3	12,3	40
ανοίγματα	37,8	0,5	0,5	0,2	0,2	6,4	46

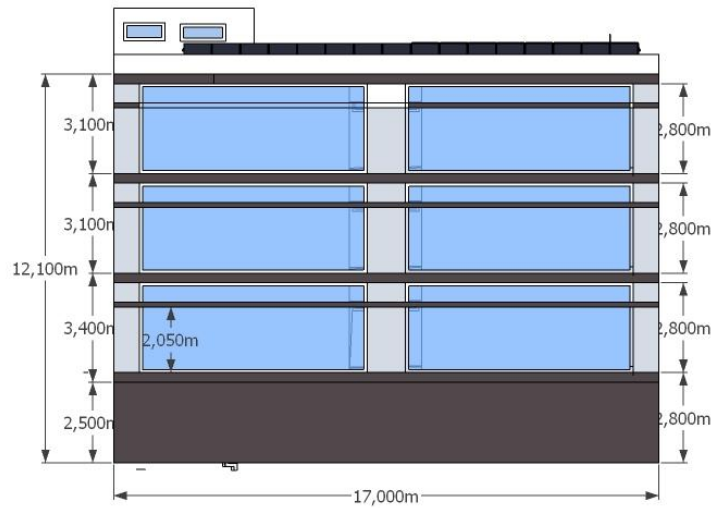
Πίνακας Π2.3. 1ος όροφος

	Χώρος γραφείων			Βοηθητικός χώρος			Σύνολο (m ²)
	Νότια (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Βόρεια (m ²)	
Ισόγειο							
Τοιχοποιίες πλήρωσης	-	15	15	7,3	7,3	36,2	80,6
Φέρον οργανισμός	13,2	4	4	3	3	12,3	40
ανοίγματα	37,8	0,5	0,5	0,2	0,2	2,4	42

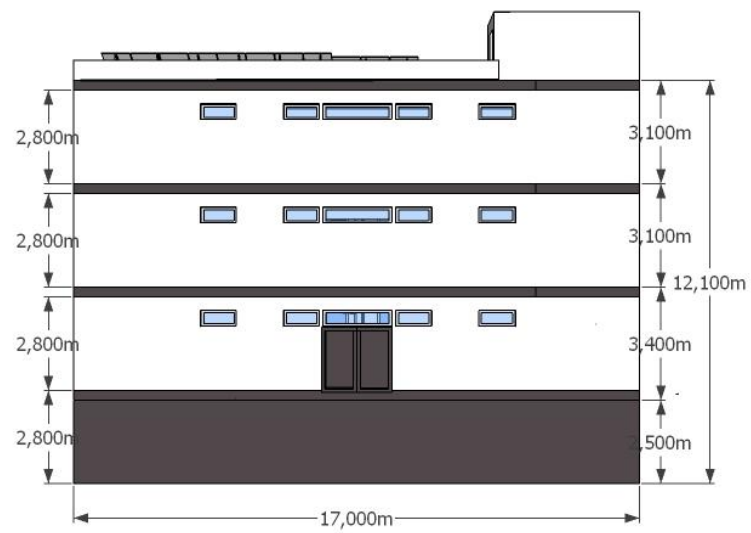
Πίνακας Π2.4. 2ος όροφος

	Χώρος γραφείων			Βοηθητικός χώρος			Σύνολο (m ²)
	Νότια (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Δυτικά (m ²)	Ανατολικά (m ²)	Βόρεια (m ²)	
Ισόγειο							
Τοιχοποιίες πλήρωσης	-	15	15	7,3	7,3	36,2	80,6
Φέρον οργανισμός	13,2	4	4	3	3	12,3	40
ανοίγματα	37,8	0,5	0,5	0,2	0,2	2,4	42

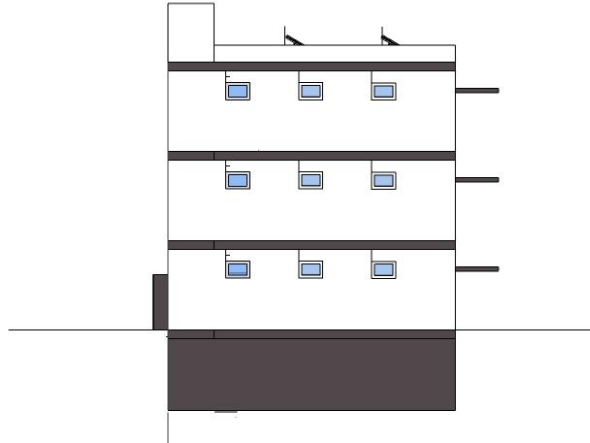
3 Σχεδιαγράμματα όψεων κτιρίου



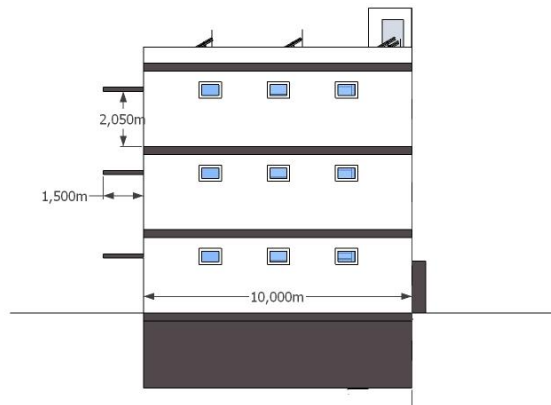
Σχήμα Π3.25 Νότια όψη



Σχήμα Π3.26 Βόρεια όψη

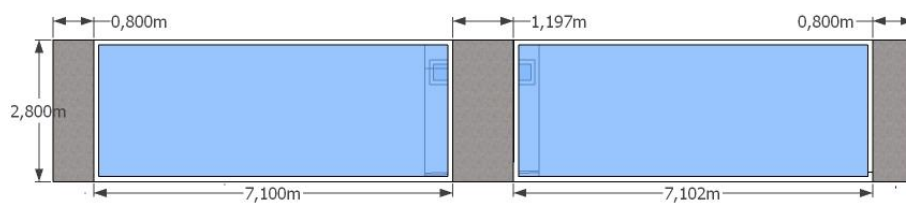


Σχήμα Π3.27 Δυτική όψη



Σχήμα Π3.28 Ανατολική όψη

4 Σχεδιαγράμματα εξωτερικών επιφανειών τυπικού ορόφου



Σχήμα Π3.29 Νότια όψη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

1 Μελέτη θερμικών απωλειών με την βοήθεια του λογισμικού 4M

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) *Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag*
- β) *Rechnagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,*
- γ) *Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag*
- δ) *Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος*
- ε) *Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)*

1.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Με βάση το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- α) Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β) Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
- γ) Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

α) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = kx \cdot F \cdot (t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{1/k} \text{ σε } w \text{ (ή Kcal/h)}$$

όπου:

- Q_o : Απώλειες θερμότητας
- F : Επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2
- k : Συντελεστής θερμοπερατότητας $W/m^2 K$ (ή $Kcal/m^2 K$)
- $1/k$: Αντίσταση θερμοπερατότητας σε $m^2 K/W$
- t_i : Θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$
- t_a : Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$

β) Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

β1) προσαύξηση Z_H την επίδραση του προσανατολισμού.
($Z_H = -5$ για Ν, ΝΔ, ΝΑ $Z_H = +5$ για Β, ΒΔ, ΒΑ και $Z_H = 0$ για Δ και Α)

β2) προσαύξηση $Z_U + Z_A = Z_D$ διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής Z_U). Η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση το $D = Q_o / (F_{ges} \times \Delta t)$, όπου F_{ges} η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

β2.1) Z_D για DIN77

Τιμή D

Τρόπος Λειτουργίας	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

β2.2) Ο συντελεστής Z_D για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (βλ. καμπύλη Z_D για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_o (1 + Z_D + Z_H) = Q_o \times Z$$

γ) Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$Q_L = V \times \rho \times c (t_i - t_a) \text{ (σε w)}$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε m³/s

c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε kJ/g K

ρ: Πυκνότητα του αέρα σε kg/m³

γ2) από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \Sigma Q A_i, \text{ όπου:}$$

$$Q A_i = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_r \text{ για κάθε άνοιγμα.}$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

α: Συντελεστής διείσδυσης αέρα

Σl: Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)

R: Συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής r).

H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα για ύψος πάνω από 10 m σύμφωνα με τον συντελεστή ε_{GA}).

Δt: Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

Z_r: Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1)

δ) Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q_T και Q_L, δηλαδή:

$$Q_{o\lambda} = Q_T + Q_L$$

1.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Kcal/h)

Επίπεδο : 1

1 κύριος χώρος:	4347
2 βοηθητικός :	1856
Συνολικές Απώλειες Επιπέδου (ορόφου)	: 6204
Συνολικές Απώλειες θερμαινόμενων χώρων Κτιρίου	: 6204

2 - Μελέτη κλιματισμού με την βοήθεια του λογισμικού 4M

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία Carrier, ακολουθώντας επίσης τις οδηγίες της 2425/86 TOTEE και χρησιμοποιώντας και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) *Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik*
- β) *VDI Kuehlstregeln, VDI 2078*
- γ) *Carrier Handbook of Air Conditioning System Design*
- δ) *Αερισμός και Κλιματισμός Κ. Λέφα*

2.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Ακολουθώντας πιστά την Carrier, το ψυκτικό φορτίο (ή θερμικό κέρδος) ενός χώρου προκύπτει από το άθροισμα των φορτίων που οφείλονται στις ακόλουθες αιτίες:

-1. Εξωτερικοί τοίχοι

$$Q_i = K \times A \times Dt_{ei}$$

όπου:

- Q_i: Το φορτίο κατά την ώρα i
- i: Οι ώρες της ημέρας
- K: Θερμική αγωγιμότητα τοίχου
- A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου
- Dt_{ei}: Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την ώρα i

Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά παίρνεται από πίνακες ανάλογα με το βάρος του τοίχου και τον προσανατολισμό του. Οι τιμές του πίνακα 1 διορθώνονται σύμφωνα με συντελεστή διόρθωσης (υπολογίζεται από τον πίνακα 4 σύμφωνα με την ημερήσια διακύμανση και τη διαφορά της εξωτερικής θερμοκρασίας στις 3μμ του υπολογιζόμενου μήνα από τη θερμοκρασία χώρου) και το χρώμα του τοίχου.

για σκούρο χρώμα:

$$Dt_{ei} = (Dt_{emi} + D)$$

για ενδιάμεσο χρώμα:

$$Dt_{ei} = 0.78 \times (Dt_{emi} + D) + 0.22 \times (Dt_{esi} + D)$$

για ανοικτό χρώμα:

$$Dt_{ei} = 0.55 \times (Dt_{emi} + D) + 0.45 \times (Dt_{esi} + D)$$

όπου:

D: Ο συντελεστής διόρθωσης τοίχων

Dt_{emi} : Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ανάλογα με τον προσανατολισμό και το βάρος, για τοίχο εκτεθειμένο σε ήλιο

Dt_{esi} : Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά από πίνακα, ανάλογα με το βάρος, για τοίχο σκιασμένο (Βόρειος προσανατολισμός)

Αν ο τοίχος είναι σκιασμένος, τότε το σκιασμένο τμήμα του τοίχου υπολογίζεται με ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ($Dt_{esi} + D$) ενώ το υπόλοιπο τμήμα με την θερμοκρασιακή διαφορά που αναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή:

$$Q_i = (K \times Dt_{ei} \times R_e) + (K \times (Dt_{esi} + D) \times R_{es})$$

όπου:

R_e : Επιφάνεια εκτεθειμένη στον ήλιο

R_{es} : Σκιασμένη επιφάνεια

-2. Οροφές

Ο υπολογισμός των φορτίων από οροφές είναι αντίστοιχος με τον υπολογισμό των εξωτερικών τοίχων, χρησιμοποιώντας διαφορετικό πίνακα ισοδύναμων θερμοκρασιακών διαφορών.

- 3. Εσωτερικοί τοίχοι

Ο υπολογισμός των φορτίων από εσωτερικούς τοίχους προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου με το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου και με την ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας για κάθε ώρα.

$$Q_i = K \times A \times Dt_i$$

όπου:

Q_i : Το φορτίο κατά την ώρα i

i : Οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ

K: Θερμική αγωγιμότητα τοίχου

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου

Dt_i : Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά σε μη κλιματιζόμενους χώρους για την ώρα i

- 4. Δάπεδα

Τα φορτία από τα δάπεδα υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q = K \times A \times Dt$$

όπου:

Q: Το υπολογιζόμενο φορτίο

K: Η θερμική αγωγιμότητα του δαπέδου

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του δαπέδου

Dt: Η διαφορά της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου από τη θερμοκρασία εδάφους (θεωρείται σταθερή)

- 5. Ανοίγματα

Τα φορτία από τα ανοίγματα προκύπτουν από το άθροισμα των φορτίων από θερμική αγωγιμότητα και των φορτίων από ακτινοβολία.

$$Q_i = Q_{ki} + Q_{ai}$$

όπου:

Q_i: Το συνολικό φορτίο από τα ανοίγματα κατά την ώρα i

Q_{ki}: Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας κατά την ώρα i

Q_{ai}: Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας κατά την ώρα i

Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας (Q_{ki}) δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{ki} = K \times A \times D_i$$

όπου:

i: Οι ώρες της ημέρας

K: Η θερμική αγωγιμότητα του ανοίγματος

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος

D_i: Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για αγωγιμότητα ανοιγμάτων κατά την ώρα i.

Ο υπολογισμός της ισοδύναμης θερμοκρασιακής διαφοράς για αγωγιμότητα ανοιγμάτων (D_i) αναφέρεται αναλυτικά στα γενικά στοιχεία της μελέτης.

Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της επιφάνειας του ανοίγματος με το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι διορθωμένο κατά τους απαραίτητους συντελεστές:

$$Q_{ai} = (A \times D_i \times ES_{out\ i} \times E_{Sin} \times S_1 \times S_2 \times (1 + (A_t \times 0.007 / 300)) \times (1 + ((19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4))) + (A \times D_{es\ i} \times (1 - ES_{out\ i}) \times E_{Sin} \times S_1 \times S_2 \times (1 + (A_t \times 0.007 / 300)) \times (1 + ((19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4)))$$

όπου:

i: Οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος

D_i: Το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι, για τον δοθέντα προσανατολισμό

D_{esi} : Το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό σκιασμένο τζάμι (βόρειος προσανατολισμός)

E_{Souti} : Ο συντελεστής εξωτερικής σκίασης

E_{Sin} : Ο συνολικός συντελεστής για ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από τζάμια με ή χωρίς μηχανισμό σκίασης

$S1$: Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το πλαίσιο του ανοίγματος. Έχει τιμή 1 για τζάμια με ξύλινο πλαίσιο και 1.17 για τζάμια χωρίς πλαίσιο ή μεταλλικό πλαίσιο

$S2$: Συντελεστής που εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι ομίχλης. Έχει τιμή 1 για περιοχή χωρίς ομίχλη και τιμή 0.90 για περιοχή με ομίχλη

At : Το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το κτίριο

$Tadr$: Η τιμή του σημείου δρόσου

- 6. Φορτία φωτισμού

Τα φορτία λόγω φωτισμού υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{fi} = (F_{1i} \times 1.25 \times 0.86) + (F_{2i} \times 0.86)$$

όπου:

Q_{fi} : Το φορτίο φωτισμού κατά την ώρα i

F_{1i} : Η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού κατά την ώρα i

F_{2i} : Η ισχύς των λαμπτήρων πυράκτωσης κατά την ώρα i

- 7. Υπολογισμός φορτίων ατόμων

Το θερμικό φορτίο από τα άτομα διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

$$Q_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_{ji}$$

$$Q_{li} = \sum_{j=1}^k F_{lj} \times N_{ji}$$

όπου:

Q_{ai} : Το αισθητό φορτίο από τα άτομα την ώρα i

Q_{li} : Το λανθάνον φορτίο από τα άτομα την ώρα i

j : Ο τύπος βαθμού ενεργητικότητας των ατόμων σύμφωνα με τον πίνακα της Carrier.

F_{aj} : Το αισθητό φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j που εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου

F_{lj} : Το λανθάνον φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j . Εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου

N_{ji} : Ο αριθμός των ατόμων βαθμού ενεργητικότητας j που βρίσκονται στο χώρο κατά την ώρα i

- 8. Φορτία συσκευών

Όπως το φορτίο από τα άτομα έτσι και το φορτίο από τις συσκευές διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

$$Q_a = \left(\sum_{j=1}^k F_{a_j} \times N_j \right) + Q_1$$

$$Q_l = \left(\sum_{j=1}^k F_{l_j} \times N_j \right) + Q_2$$

όπου:

- Q_a: Το συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές
- Q_l: Το συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές
- j: Ο τύπος της συσκευής σύμφωνα με τον πίνακα 7
- F_{a_j}: Το αισθητό φορτίο μιάς συσκευής τύπου j
- F_{l_j}: Το λανθάνον φορτίο μιάς συσκευής τύπου j
- N_j: Ο αριθμός των συσκευών τύπου j που λειτουργούν στο χώρο
- Q₁: Συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες
- Q₂: Συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

- 9. Φορτία από χαραμάδες

Τα φορτία αυτά λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν δεν υπάρχουν στο χώρο εναλλαγές αέρα από κλιματιστικές συσκευές και υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \times a_j \times b \right) \times Dt_i$$

όπου:

- Q_i: Το συνολικό φορτίο από χαραμάδες την ώρα i
- P_j: Η περίμετρος του ανοίγματος j
- n: Ο αριθμός των ανοιγμάτων
- a_j: Ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα για το άνοιγμα j. Εξαρτάται από τον τύπο του ανοίγματος
- b: Συντελεστής που εξαρτάται από την έκθεση του κτιρίου σε ανέμους, το λόγο της επιφάνειας των εξωτερικών ανοιγμάτων προς την επιφάνεια των εσωτερικών ανοιγμάτων και τη θέση του ανοιγμάτων. Η τιμή του κυμαίνεται από 0.24 έως 1.6
- Dt_i: Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

- 10. Αερισμός

Ο υπολογισμός αυτός αφορά την εισαγωγή εξωτερικού αέρα για αερισμό των κλιματιζόμενων χώρων. Το φορτίο του αερισμού διακρίνεται σε αισθητό και σε λανθάνον, και υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$Q_{a_i} = 0.29 \times V \times n \times D_t$$

$$Q_{l_i} = 0.71 \times V \times n \times D_g$$

όπου:

Q_{a_i} : Το αισθητό φορτίο αερισμού την ώρα i

Q_{l_i} : Το λανθάνον φορτίο αερισμού την ώρα i

V : Ο όγκος του χώρου

n : Ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα

D_t : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

D_g : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική απόλυτη υγρασία. Η διαφορά αυτή θεωρείται σταθερή για όλες τις ώρες υπολογισμού

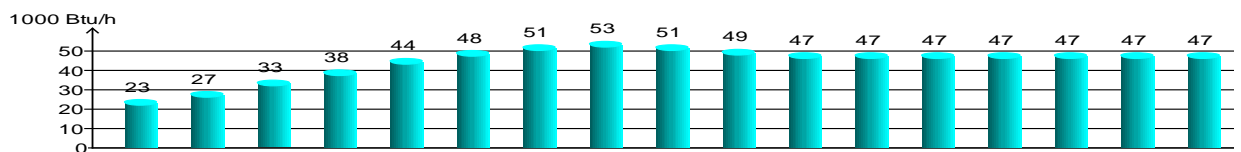
2.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Διαγράμματα Συγκ/κών Φορτίων Κτιρίου Με Αερισμό

23 ΙΟΥΛ.

ΜΑΖΙ ΜΕ

ΤΟΝ ΑΕΡΙΣΜΟ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

1 – Μελέτη Φωτοβολταϊκού συστήματος

Σε αυτό το μέρος του παραρτήματος θα παρουσιαστούν εκτενεστέρα τα στοιχεία της μελέτης με την οποία διαστασιολογήθηκε η φ/β εγκατάσταση προσαρτημένη στο δώμα του κτιρίου και εκτιμήθηκε η απόδοση αυτού

Η μελέτη έγινε με την βοήθεια του λογισμικού PV-SYST το οποίο χρησιμοποιείτε από την πλειοψηφία των εταιριών μελέτης και εγκατάστασης Φ/Β συστήματος προσαρτημένων σε κτίρια

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : **Grid-Connected Project at Athens saf**

Geographical Site **Athens saf** **Country** **Greece**

Situation Latitude 38.0°N Longitude 23.7°E
 Time defined as Legal Time Time zone UT+1 Altitude 89 m
 Albedo 0.20

Meteo data : Athens saf, Synthetic Hourly data

Simulation variant : **New simulation variant**
 Simulation date 04/12/12 13h25

Simulation parameters

Heterogeneous field, double orientation Proportion of array #1 33 %
 Array#1 tilt 25° Array#1 azimuth 0°
 Array#2 tilt 30° Array#2 azimuth 0°

Horizon Free Horizon

Near Shadings According to strings Electrical effect 100 %

PV Array Characteristics

PV module Si-poly Model **STP 250-20/Wd**
 Manufacturer Suntech
 Number of PV modules In series 20 modules In parallel 2 strings
 Total number of PV modules Nb. modules 40 Unit Nom. Power 250 Wp
 Array global power Nominal (STC) **10.00 kWp** At operating cond. 8.91 kWp (50°C)
 Array operating characteristics (50°C) U mpp 553 V I mpp 16 A
 Total area Module area **65.1 m²**

Inverter Model **Piko 10.1**
 Manufacturer Kostal
 Characteristics Operating Voltage 180-850 V Unit Nom. Power 9.20 kW AC

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s
 => Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², T_{amb}=20°C, Wind=1 m/s.) NOCT 56 °C

Wiring Ohmic Loss Global array res. 585 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC
 Module Quality Loss Loss Fraction 0.1 %
 Module Mismatch Losses Loss Fraction 2.0 % at MPP
 Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) bo Parameter 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

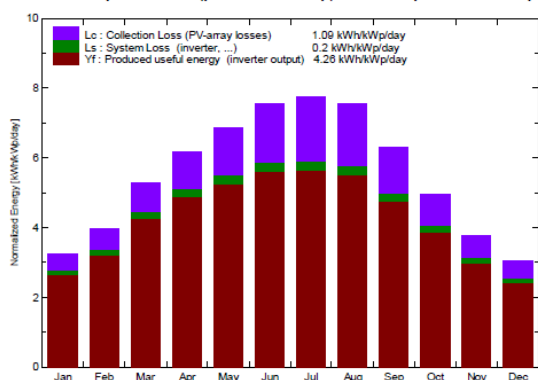
Grid-Connected System: Main results

Project : Grid-Connected Project at Athens saf
Simulation variant : New simulation variant

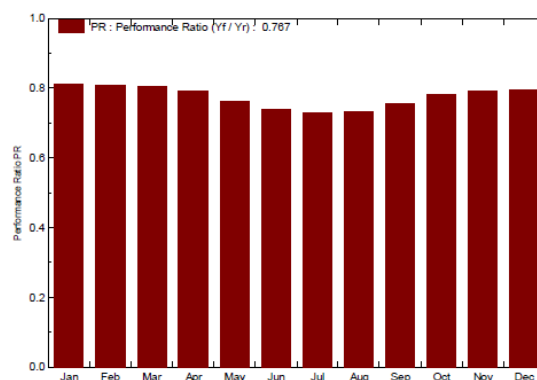
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings		According to strings		
PV Field Orientation	double orientation/ field #1(33 %	tilt25°, azimuth0°	field #2	tilt30°, azimuth0°
PV modules		Model STP 250-20/Wd	Pnom	250 Wp
PV Array		Nb. of modules 40	Pnom total	10.00 kWp
Inverter		Model Piko 10.1	Pnom	9.20 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 15556 kWh/year** Specific prod. 1556 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **76.7 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 10.00 kWp



Performance Ratio PR



New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	69.4	9.40	101.2	96.1	860	819	13.07	12.44
February	83.4	9.90	111.4	106.9	944	899	13.02	12.41
March	137.3	11.40	164.2	158.6	1383	1320	12.94	12.35
April	174.0	14.60	185.6	179.3	1537	1467	12.73	12.15
May	217.0	19.60	213.2	205.8	1705	1627	12.29	11.73
June	240.9	24.30	227.2	219.1	1762	1681	11.91	11.37
July	249.8	26.60	239.9	231.6	1832	1748	11.73	11.20
August	225.1	26.50	233.8	225.9	1789	1708	11.76	11.23
September	165.0	22.80	189.6	183.4	1497	1429	12.13	11.58
October	119.7	18.60	154.1	148.8	1260	1203	12.56	11.99
November	77.7	14.30	113.7	108.0	943	899	12.74	12.15
December	64.5	10.90	95.0	88.7	792	754	12.81	12.20
Year	1823.9	17.45	2028.9	1952.0	16303	15556	12.35	11.78

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Αθήνα

Ιανουάριος - 2013