



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καθορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης και των συνθηκών "ψευδοαδιαβατικού" κτιριακού κελύφους για τυπικές τιμές των βασικών χαρακτηριστικών αυτού στην περιοχή της Αθήνας. Εφαρμογή για μήνα Νοέμβριο.

Όνοματεπώνυμο: **ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**

Επιβλέπων Καθηγητής: **ΚΙΜΩΝ Α. ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ**

ΑΘΗΝΑ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Κίμωνα Α. Αντωνόπουλο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση αυτής της εργασίας καθώς επίσης και για τη βοήθεια και την συμπαράστασή του κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Οκτώβριος 2011

Χριστοπούλου Γεωργία

*Αφιερώνεται
Στην Οικογένειά μου*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ – Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Νόμος 3661-΄΄Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας Στα Κτίρια ΄΄.....	2
1.3 Σκοπός και περιεχόμενα της ενεργειακής μελέτης κτιρίου	2
1.4 Καθορισμός απαιτήσεων ενεργειακής αποδοτικότητας	4
1.4.1 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών στοιχείων.....	4
1.4.2 Απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων.....	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

2.1 Εισαγωγή.....	8
2.2 Βασικές έννοιες.....	8
2.3 Ορισμός θερμικής άνεσης.....	10
2.4 Παράγοντες που καθορίζουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης.....	11
2.5 Ροή θερμότητας μέσα στο κτίριο.....	13
2.5.1 Ροή θερμότητας μέσα από εξωτερικές κατασκευές.....	13
2.5.2 Ροή θερμότητας μέσα από εσωτερικές κατασκευές.....	17
2.6 Παράγοντες επιρροής της ροής θερμότητας.....	17
2.7 Η λειτουργία του κτιρίου ως παγίδα και αποθήκη ενέργειας.....	19
2.7 Χρονική υστέρηση.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

3.1 Εισαγωγή.....	22
3.2 Βασικές έννοιες.....	22
3.3 Γωνίες θέσεις ήλιου.....	23
3.4 Άμεση ηλιακή ακτινοβολία και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.....	27
3.5 Αποτελεσματική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.....	28

3.6 Το κτίριο ως ηλιακός συλλέκτης.....	28
3.6.1 Η κατάλληλη χωροθέτηση.....	29
3.6.2 Η κλίση β της επιφάνειας.....	29
3.6.3 Ο προσανατολισμός – ηλιασμός της επιφάνειας.....	29
3.6.4 Εξωτερικός χρωματισμός.....	33
3.6.5 Η ανακλαστικότητα του εδάφους.....	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

4.1 Ορισμός υαλοπίνακος.....	35
4.2 Ηλιακές – οπτικές ιδιότητες υαλοπινάκων.....	35
4.3 Θερμικός ισολογισμός υαλοπίνακος – θερμικό κέρδος χώρου.....	36
4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοπινάκων.....	40
4.5 Είδη υαλοπινάκων.....	41
4.6 Παράγοντες επιρροής της διερχόμενης από τους υαλοπίνακες θερμορροής.....	44
4.6.1 Η κλίση, ο προσανατολισμός και το γεωγραφικό πλάτος του υαλοπίνακα.....	44
4.6.2 Το είδος του υαλοπίνακα.....	44
4.6.3 Η εσωτερική σκίαση.....	46
4.6.4 Η εξωτερική σκίαση.....	46
4.7 Σύγκριση μονού και διπλού υαλοπίνακα.....	47
4.8 Επίδραση του μεγέθους του υαλοπίνακα στην ενεργειακή ισορροπία των low – energy κατοικιών.....	49
4.8.1 Δυναμική ενέργεια αντίδρασης των κτιρίων LTH (DEROB-LTH).....	49
4.8.2 Μοντέλο προσομοίωσης.....	49
4.8.2.1 Θέση, προσανατολισμός και κλίμα.....	49
4.8.2.2 Κατασκευή.....	49
4.8.2.3 Παράθυρα.....	49
4.8.2.4 Σκίαση.....	50
4.8.2.5 Εσωτερικά κέρδη και θέρμανση.....	50
4.8.3 Αποτελέσματα.....	50
4.8.3.1 Προσανατολισμός.....	50
4.8.3.2 Μέγεθος παραθύρου.....	51
4.8.4 Συμπεράσματα και προοπτικές.....	53
4.9 Τρόποι επίτευξης ενεργειακά αποδοτικότερων υαλοπινάκων.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

5.1	Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών υλικών.....	55
5.2	Θερμομόνωση.....	59
5.2.1	Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων.....	60
5.2.2	Θερμομόνωση οροφής.....	62
5.2.3	Θερμομόνωση δαπέδου.....	65
5.3	Θερμομονωτικά υλικά.....	65
5.3.1	Ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών.....	66
5.3.2	Τα σπουδαιότερα θερμομονωτικά υλικά.....	67
5.3.3	Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά.....	71
5.3.4	Εξελιγμένα θερμομονωτικά υλικά.....	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

6.1	Ορισμός θερμογέφυρας.....	78
6.2	Αιτίες δημιουργίας θερμογεφυρών.....	80
6.3	Είδη θερμογεφυρών.....	81
6.3.1	Θερμογέφυρα στην slab – on grade ένωση δαπέδου τοίχου.....	82
6.3.2	Θερμογέφυρα στην ένωση δαπέδου – τοίχου.....	84
6.3.3	Θερμογέφυρα στην ένωση οροφή – τοίχου.....	85
6.3.4	Θερμογέφυρα μεταξύ σύνδεσης παραθύρου – τοίχου.....	87
6.4	Επιδράσεις των θερμογεφυρών στα κτίρια.....	90
6.5	Θερμομόνωση θερμογεφυρών.....	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

	Εισαγωγή.....	94
7.1	Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.....	96
7.1.1	Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου.....	97
7.1.2	Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου.....	100
7.2	Υπολογισμός θετικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....	109
7.3	Υπολογισμός αρνητικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....	114
7.4	Υπολογισμός διαφοράς θετικών και αρνητικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....	118

7.5	Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων.....	121
7.5.1	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων.....	122
7.5.2	Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	123
7.6	Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής.....	130
7.6.1	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	130
7.6.2	Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	131
7.7	Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα.....	135
7.7.1	Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα.....	135
7.7.2	Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα.....	136
7.8	Συνολικό φορτίο κελύφους.....	139

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΜΟΝΩΣΗΣ

Εισαγωγή.....	142
8.1 Πρώτη περίπτωση με σταθερούς τους συντελεστές W_i , K_i	143
8.2 Δεύτερη περίπτωση με σταθερούς τους συντελεστές P_f , U_f	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Εισαγωγή.....	155
9.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.....	157
9.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου.....	157
9.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επίπεδο.....	160
9.2 Υπολογισμός θετικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....	164
9.3 Υπολογισμός αρνητικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....	168
9.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας T_{in} - T_{out}	168
9.4 Υπολογισμός διαφοράς θετικών και αρνητικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....	171

9.5	Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων.....	174
9.5.1	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων.....	174
9.5.2	Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	177
9.6	Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής.....	182
9.6.1	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	182
9.6.2	Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	183
9.7	Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα.....	187
9.7.1	Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα.....	187
9.7.2	Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα.....	187
9.8	Συνολικό φορτίο κελύφους.....	191

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ "ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟΥ" ΚΕΛΥΦΟΥΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ – Κ.Ε.Ν.Α.Κ [8]

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Υπολογίζεται ότι στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 40% περίπου της συνολικής παραγόμενης ενέργειας δαπανάται στον κτιριακό τομέα.

Στη χώρα μας, η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα είναι αυξημένη και τα αίτια αναλύονται παρακάτω :

1. Η ύπαρξη του πλήθους των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 (περίπου 77% του συνόλου), τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα και τα οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις αποδεκτές με τα σημερινά επίπεδα συνθήκες άνεσης το χειμώνα.
2. Η, κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.
3. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ό,τι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 1.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 10 χρόνια.
4. Η αύξηση της χρήσης του τεχνητού φωτισμού ως συνεπακόλουθο της μείωσης του μεγέθους των βορινών ανοιγμάτων για λόγους θερμικής προστασίας και συγχρόνως η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια.

1.2 ΝΟΜΟΣ 3661-΄ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ΄ [8]

Με τον Νόμο 3661-΄Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων΄, ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003).

Ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρα 4 και 5), στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6), στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8) και στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9).

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ[8]

Για την εξασφάλιση εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια απαιτείται η εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Ο έλεγχος και η αξιολόγηση της απόδοσης του ενεργειακού σχεδιασμού επιτυγχάνεται με την Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης, η οποία εκπονείται κατά την αρχική φάση της μελέτης του κτιρίου, και συνδέεται άμεσα με την αρχιτεκτονική μελέτη και τη μελέτη των Η/Μ εγκαταστάσεων, διασφαλίζοντας έτσι την ορθότητα και τη συμβατότητα των μελετών, τη μείωση των πιθανοτήτων αστοχίας της κατασκευής και τη βελτιωμένη ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση. Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης θα πρέπει να συνάδει με τον επιδιωκόμενο, από το Νόμο, στόχο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης:

- εκπονείται τόσο για νέα όσο και για υφιστάμενα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια άνω των 1000 τμ. (Ν. 3661, άρθρο. 4, άρθρο 5), του οικιακού και του τριτογενή τομέα,
- αντικαθιστά την υφιστάμενη Μελέτη Θερμομόνωσης (άρθρο 13, Ν. 3661) και θα συμπεριλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για την έκδοση οικοδομικής άδειας. Ο έλεγχος, η έγκριση και η παρακολούθηση της εφαρμογής της μελέτης ενεργειακής απόδοσης θα γίνεται σύμφωνα με τα ισχύοντα για την έκδοση οικοδομικών αδειών,
- δεν αναιρεί τις σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις εκπονούμενες μελέτες αλλά αποτελεί πρόσθετη μελέτη επί των μελετών: Αρχιτεκτονικής, Διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, Θέρμανσης, Ψύξης, Ζεστού νερού Χρήσης και Τεχνητού Φωτισμού.

Τέλος, στη Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης πρέπει να τεκμηριώνεται ότι το κτίριο ικανοποιεί τις υποχρεωτικές απαιτήσεις (όρια κατανάλωσης ενέργειας), ώστε να κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Β, όπως ορίζονται στον Κανονισμό.

Σύμφωνα με το Άρθρο 3, παρ. 2 και 3, η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Πραγματοποιείται : α) για το κτιριακό κέλυφος και β) για τις Η/Μ εγκαταστάσεις.

α) Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη: τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων, την αεροστεγανότητα, το φυσικό αερισμό και εξαερισμό, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία, τις επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες

β) Ο ενεργειακός σχεδιασμός των Η/Μ εγκαταστάσεων αφορά:

- στα συστήματα Θέρμανσης και Ψύξης, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους (με τις μέσες ελάχιστες και μέσες μέγιστες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της περιοχής, για το σύστημα θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα),
- στο σύστημα παραγωγής ΖΝΧ και
- στο σύστημα τεχνητού φωτισμού.

1.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ [8]

1.4.1. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών στοιχείων

Στους πίνακες που ακολουθούν, δίνονται τα όρια των συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών διατάξεων του κτιριακού κελύφους, για κάθε κλιματική ζώνη και για κάθε δομική διάταξη (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα).

Πίνακας 1.4.1.1: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας τοιχοποιίας για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες [8].

Τοιχοποιία	
	U_T ($Wm^{-2}K^{-1}$)
Α κλιματική ζώνη	$\leq 0,7$
Β κλιματική ζώνη	$\leq 0,6$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,4$

Πίνακας 1.4.1.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας οροφής για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες [8].

Οροφή	
	U_O ($Wm^{-2}K^{-1}$)
Α κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$
Β κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,4$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,35$

Πίνακας 1.4.1.3: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δαπέδου και εσωτερικής τοιχοποιίας ή δαπέδου που διαχωρίζει κλιματιζόμενο με μη κλιματιζόμενο χώρο για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες [8].

Δάπεδο	
	U_{Δ} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
Α κλιματική ζώνη	$\leq 2,0$
Β κλιματική ζώνη	$\leq 1,5$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,7$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$

Πίνακας 1.4.1.4: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας ανοιγμάτων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες [8].

Ανοίγματα	
	U_{YA} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
Α κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 3,8$
Β κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 3,2$
Γ κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 2,8$
Δ κλιματική ζώνη	$U_{YA} \leq 2,8$

1.4.2 Απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων

Για τον καθορισμό των απαιτήσεων ενεργειακής κατανάλωσης για τα νέα και τα ανακαινιζόμενα κτίρια και των κατηγοριών για την κατάταξη των κτιρίων, βάσει της ενεργειακής τους κατανάλωσης, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που δίδεται στο πρότυπο prEN 15217:2006.

Σύμφωνα με το πρότυπο, βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου ("EK"), για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και φωτισμό, εκφρασμένης σε kWh/(m²*έτος), ορίζονται κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το Α έως το Η, συναρτήσει:

α) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (Rs), οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος,

β) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (Rr), δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη, από τον κανονισμό, ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων.

Οι δείκτες Rr και Rs αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης). Και οι δύο δείκτες είναι εκφρασμένοι σε kWh/(m²*έτος).

Βάσει του προτύπου, το μέγιστο όριο της κατηγορίας Β είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (Rr), ενώ το μέγιστο όριο της κατηγορίας Δ είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (Rs).

Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων που κατατάσσονται στις κατηγορίες Α και Β, θεσπίστηκαν οι κατηγορίες Α+ και Β+. Τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών που προκύπτουν, φαίνονται στον πίνακα 1.4.2.1.

Πίνακας 1.4.2.1: Όρια ενεργειακών κατηγοριών Κ.ΕΝ.Α.Κ [8].

Ενεργειακή Κατηγορία	Όρια κατηγορίας
A+	Για $EK \leq 0.33R_r$
A	Για $0.50R_r \leq EK \leq 0.33R_r$
B+	Για $0.50R_r \leq EK \leq 0.75R_r$
B	Για $0.75R_r \leq EK \leq R_r$
Γ	Για $R_r \leq EK \leq 0.50 (R_r + R_s)$
Δ	Για $0.50 (R_r + R_s) \leq EK < R_s$
Ε	Για $R_s \leq EK \leq 1.25 R_s$
Z	Για $1.25R_s \leq EK \leq 1.50R_s$
H	Για $1.50R_s \leq EK$

Προκειμένου να ορισθούν τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών (σε απόλυτες τιμές) ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη, συλλέχθηκαν στοιχεία από υπάρχουσες ενεργειακές μελέτες, επιθεωρήσεις και καταγραφές, από τις οποίες προέκυψε ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s) της χώρας, ανά χρήση κτιρίων και κλιματική ζώνη. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r) λήφθηκε ως το 75% του R_s .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

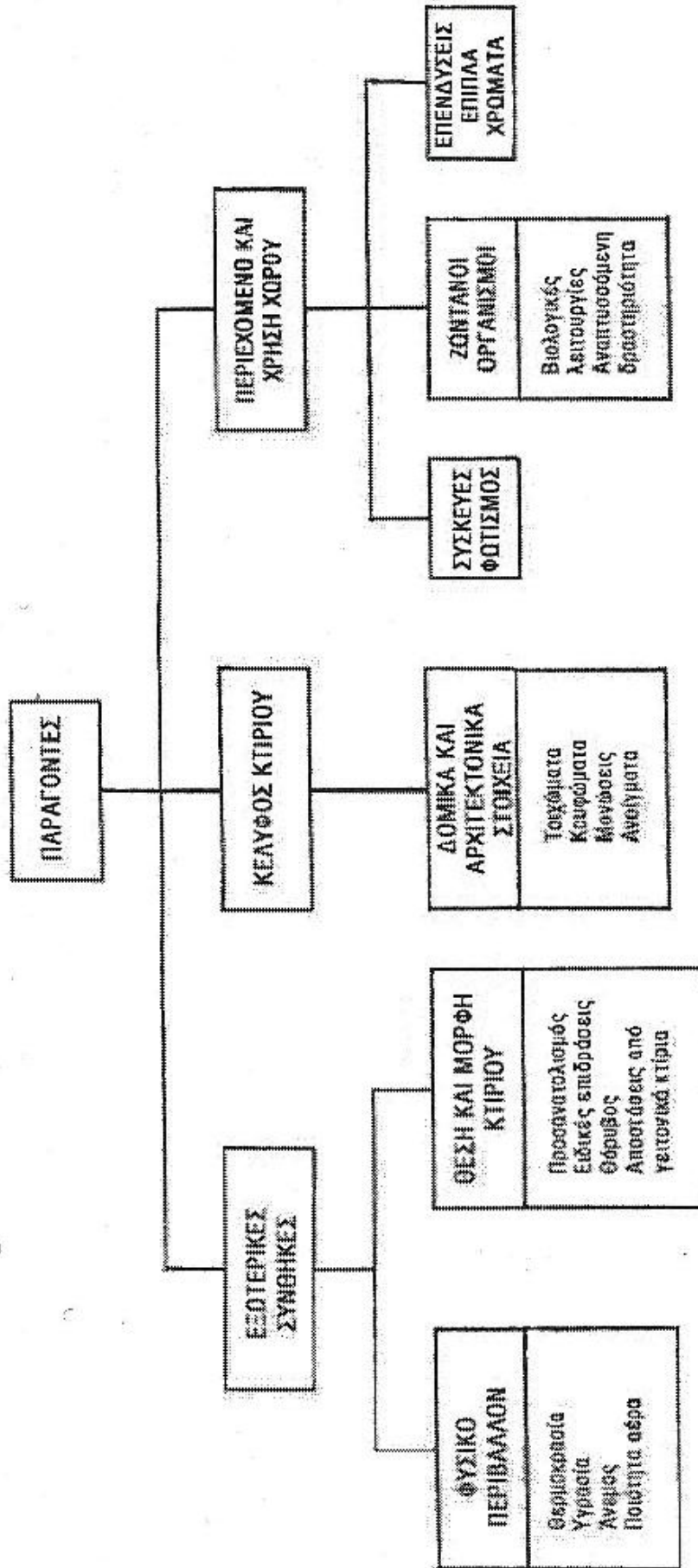
Το κέλυφος ενός κτιρίου αποτελεί το φυσικό σύνορο μεταξύ του εσωτερικού χώρου, όπου οι άνθρωποι περνούν τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους από το εξωτερικό περιβάλλον. **Ο ρόλος**, λοιπόν, του κελύφους είναι η δημιουργία ενός άνετου και ευχάριστου εσωτερικού κλίματος για τους κατοίκους όλες τις εποχές του χρόνου. Για να ανταποκριθεί σ' αυτό το ρόλο το κέλυφος, πρέπει να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τη μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο και αντιστρόφως.

Είναι ευνόητο ότι όλες οι λειτουργίες, που εξασφαλίζουν ένα ποιοτικό εσωτερικό περιβάλλον στο χρήστη του κτιρίου, θα πρέπει να επιτελούνται με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και με τη χρήση τεχνικών, οι οποίες δεν επιβαρύνουν άμεσα ή έμμεσα το περιβάλλον.

2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ [6]

Κλίμα ονομάζεται το σύνολο μιας σειράς περιβαλλοντικών παραμέτρων ή στοιχείων, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του αέρα και η σύνθεση του αέρα (αναλογία αερίων, παρουσία αιωρημάτων κ.λ.π). Το κλίμα του εξωτερικού περιβάλλοντος ονομάζεται συνήθως εξώκλιμα, σε αντίθεση με το κλίμα των κλειστών χώρων που λέγεται εσώκλιμα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το εσώκλιμα (Σχήμα 2.2.1) είναι οι εξωτερικές συνθήκες (εξώκλιμα, θέση και μορφή του κτιρίου), το κέλυφος του κτιρίου (δομικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία) και το περιεχόμενο και η χρήση του χώρου (παρουσία ζώντων οργανισμών, έπιπλα, υλικά, φωτισμός, συσκευές, μηχανήματα, κ.τ.λ).



Σχήμα 2.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν το εσωκλίμα ενός χώρου

2.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Η ευεξία που αισθάνεται ένας άνθρωπος, εξαρτάται από προσωπικούς λόγους και περιβαλλοντικούς παράγοντες, σπουδαιότεροι των οποίων είναι η θερμική, η οπτική και η ηχητική άνεση. Το αίσθημα της θερμικής άνεσης δημιουργείται όταν καταναλώνεται η ελάχιστη ενέργεια από τον ανθρώπινο οργανισμό, προκειμένου να διατηρηθεί το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου [6]. “**Θερμική άνεση**” ονομάζονται οι συνθήκες στις οποίες βρίσκεται ένα άτομο και δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή [1].

Η θερμορύθμιση, δηλαδή η διαδικασία με την οποία το σώμα διατηρεί τη θερμοκρασία του σε ανεκτά όρια, γίνεται με την κατανάλωση ελάχιστης ενέργειας και το άτομο αισθάνεται θερμική άνεση. Όταν οι κλιματικές συνθήκες είναι δυσμενείς (πολύ κρύο ή πολύ ζέστη), το σώμα χάνει πολύ περισσότερη θερμότητα από όση θα έπρεπε ή αδυνατεί να αποβάλλει την πλεονάζουσα θερμότητα, οπότε το άτομο δεν αισθάνεται θερμική άνεση. Η φυσιολογική θερμοκρασία ενός ανθρώπου που αναπαύεται είναι 36,8 °C και διαφέρει αισθητά από τις συνηθισμένες θερμοκρασίες των εσωτερικών χώρων. Λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας του αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον με αγωγιμότητα, μετάβαση, ακτινοβολία, αναπνοή και εξάτμιση του ιδρώτα [6].

Ενδεικτικές τιμές της θερμικής άνεσης [1]είναι:

- Θερμοκρασία: 20 °C τον χειμώνα, 25-26 °C το καλοκαίρι
- Υγρασία: 30 –60%
- Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ διαφόρων επιφανειών: έως 6 °C

2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΟ ΑΙΣΘΗΜΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ[6]

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης καθορίζεται άμεσα από έξι βασικούς παράγοντες (περιβαλλοντικούς και προσωπικούς) και επηρεάζεται έμμεσα από πολλούς άλλους, όπως είναι η ηλικία, το φύλο, το μέγεθος και το βάρος του σώματος, η κατάσταση της υγείας, το επίπεδο φωτισμού, κ.τ.λ.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι οι ακόλουθοι :

Θερμοκρασία του αέρα

Αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα, μαζί με τη σχετική υγρασία για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Κατά την ASHRAE, το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμική άνεση, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μεταξύ 21,5 °C και 25 °C και η σχετική υγρασία 50%.

Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία

Είναι ο μέσος όρος των επιφανειακών θερμοκρασιών των τοίχων, που περικλείουν το χώρο. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική πρακτική, θα πρέπει η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα και των επιφανειών των τοίχων, να είναι μικρότερη από 4 °C. Κατά την ASHRAE κάθε διαφορά 0,55 °C μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης ακτινοβολούμενης, αντισταθμίζεται με μεταβολή της αισθητής θερμοκρασίας κατά 0,28 °C.

Σχετική υγρασία

Το άτομο αισθάνεται την υγρασία όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από 20 °C ή μεγαλύτερη από 25 °C. Σε χώρους με θερμοκρασία 18 – 20 °C, το εσωκλίμα χαρακτηρίζεται ξηρό, υγρό και πολύ υγρό, όταν η σχετική υγρασία είναι 50 – 60%, 60 – 75% και μεγαλύτερη από 75% αντίστοιχα. Σχετική υγρασία 80% στους 20 °C δημιουργεί προβλήματα μούχλας, ενώ σχετική υγρασία 20% στους 25 °C προκαλεί αναπνευστική δυσφορία. Αν λοιπόν αυξηθεί η σχετική υγρασία από το 20% στο 60%, θα πρέπει να μειωθεί η θερμοκρασία του αέρα κατά 1 °C, για να διατηρηθεί το ίδιο αίσθημα θερμικής άνεσης.

Ταχύτητα αέρα

Ο κινούμενος αέρας αυξάνει ή μειώνει το βαθμό μετάβασης και εξάτμισης της επιπλέον θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα. Η αύξηση της ταχύτητας του αέρα δημιουργεί αίσθηση ψύχους, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του σώματος και αίσθηση δροσισμού και ζέστης στην αντίθετη περίπτωση. Η αίσθηση δροσισμού είναι μεγαλύτερη από αυτή της ζέστης, αν η θερμοκρασία του αέρα δεν ξεπερνάει τους 40 °C.

Οι **προσωπικοί παράγοντες**, που καθορίζουν τη θερμική άνεση είναι ο ρυθμός μεταβολισμού του ατόμου και ο βαθμός ένδυσης, δηλαδή η αντίσταση της θερμικής αγωγιμότητας των ενδυμάτων.

Ενδεικτικές θερμοκρασίες θερμικής άνεσης για άτομα διαφόρων ηλικιών και φύλου, για το χειμώνα και το καλοκαίρι, δίνονται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.4.1 :Ενδεικτικές θερμοκρασίες θερμικής άνεσης για άτομα διαφόρων ηλικιών και φύλου [6].

ΕΠΟΧΗ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ ΑΤΟΜΩΝ (Η)	ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ [°C]		
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	Άνδρες και Γυναίκες	H = 40 ετών	20	20,5	21
	Άνδρες	H < 40	19,5	20	20,5
		H > 40	20	20,5	21
Γυναίκες	H < 40	20	20,5	21	
		H > 40	20,5	21	21,5
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	Άνδρες και Γυναίκες	H = 40	21	21,5	22
	Άνδρες	H < 40	20,5	21	21,5
		H > 40	21	21,5	22
Γυναίκες	H < 40	21	21,5	22	
		H > 40	21,5	22	23

2.5 ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ [1]

Είναι γνωστό από τη θεωρία μετάδοσης θερμότητας πως η θερμότητα ρέει από το ένα σημείο στο άλλο, όταν υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των δύο σημείων και πως λαμβάνει χώρα από την υψηλότερη προς τη χαμηλότερη θερμοκρασία. Η μεταφορά θερμότητας λοιπόν μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του κτιρίου, καθώς εξαρτάται από τη μεταξύ τους θερμοκρασιακή διαφορά, δύναται να λάβει χώρα τόσο από το εξωτερικό περιβάλλον προς το κτίριο όσο και από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι ανώτερη εκείνης του εσωτερικού και, επομένως, η ροή θερμότητας θα γίνεται από το πρώτο προς το δεύτερο ενώ, κατά τη διάρκεια της νύκτας, η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη εκείνης του εσωτερικού και, επομένως, η ροή θερμότητας θα γίνεται από το δεύτερο προς το πρώτο. Επομένως, η ροή θερμότητας έχει συνημιτονοειδή μορφή με περίοδο 24 ώρες και διαφορετική ένταση στη διάρκεια των εποχών του έτους, γι' αυτό χαρακτηρίζεται και ως **περιοδική ροή θερμότητας**.

2.5.1 Ροή θερμότητας μέσα από εξωτερικές κατασκευές

Ως γνωστόν η ροή θερμότητας μέσα από τις εξωτερικές κατασκευές προκαλείται μεν από την ηλιακή θερμότητα που απορροφάται στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής, αλλά και από τη διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού αέρα. Και οι δύο πηγές θερμότητας όμως μεταβάλλονται αρκετά στη διάρκεια της ημέρας προκαλώντας έτσι μία μη μόνιμη ροή μέσα από τις εξωτερικές κατασκευές. Αυτή η μη μόνιμη ροή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με τις κλασικές μεθόδους της μετάδοσης θερμότητας. Έτσι ορίζεται η ισοδύναμη θερμοκρασία ή θερμοκρασία ήλιου – αέρος T_e , που είναι εκείνη η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα η οποία σε απουσία όλων των θερμικών συναλλαγών δια ακτινοβολίας, δίνει σε μια επιφάνεια την ίδια εισερχόμενη θερμοροή με αυτήν που προκύπτει με τον πραγματικό συνδυασμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με τη συναλλαγή θερμότητας δια ακτινοβολίας με τον ουρανό και τα πέριξ και με την συναλλαγή δια συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα.

Ο υπολογισμός της ισοδύναμης αυτής θερμοκρασίας γίνεται από τη σχέση:

$$T_e = T_0 + \frac{\alpha GT}{h_o} - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} \quad (2.5.1)$$

όπου :

αGT η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην εκάστοτε επιφάνεια
 h_o ο λόγος της ηλιακής απορροφητικότητας προς τη συναγωγιμότητα ο οποίος λαμβάνει ίσος με $0,026 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ για ανοιχτόχρωμες επιφάνειες και $0,052 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ για σκουρόχρωμες επιφάνειες.

$\varepsilon \cdot \Delta R / h_o$ διορθωτικός όρος ο οποίος λαμβάνεται ίσος με $3,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ για οριζόντιες επιφάνειες και $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ για κατακόρυφες επιφάνειες.

Επομένως, καθίσταται εύκολος ο υπολογισμός της ροής θερμότητας μέσα από τις εξωτερικές κατασκευές, αν χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση της μόνιμης ροής θερμότητας με την ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά. Οπότε η εξίσωση γίνεται :

$$q = UA\Delta t_e \quad (2.5.2)$$

όπου : q είναι η ροή θερμότητας, U ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, A το εμβαδόν της επιφανείας και Δt_e η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά.

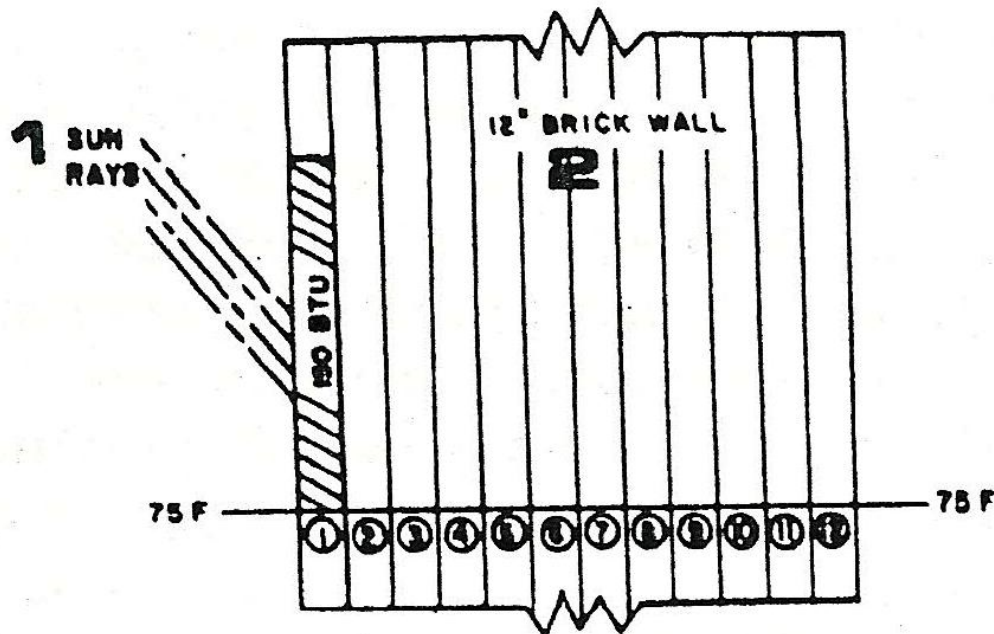
Η διαδικασία της μετάδοσης θερμότητας μέσα από τοίχωμα σε συνθήκες μη μόνιμης ροής μπορεί να περιγραφεί με την απεικόνιση ενός τοίχου από τούβλο πλάτους $12''$, διαιρεμένου σε τμήματα $1''$, με την προϋπόθεση ότι οι θερμοκρασίες σε κάθε τμήμα είναι ίσες στην αρχή και ότι η εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία παραμένουν σταθερές.

Όταν ο ήλιος βλέπει τον τοίχο, η περισσότερη ηλιακή θερμότητα απορροφάται στο πρώτο τμήμα (σχήμα 2.3). Αυτό ανυψώνει τη θερμοκρασία του πρώτου τμήματος περισσότερο από αυτήν του εξωτερικού αέρα και του δεύτερου τμήματος, προκαλώντας έτσι ροή θερμότητας στον εξωτερικό αέρα, καθώς και στο δεύτερο τμήμα (σχήμα 2.4).

Το ποσό θερμότητας που ρέει σε κάθε κατεύθυνση εξαρτάται από την αντίδραση ροής μέσα στον τοίχο ή στο εξωτερικό φιλμ αέρα. Εξάλλου, η ροή θερμότητας στο δεύτερο τμήμα ανυψώνει τη θερμοκρασία του, προκαλώντας ροή θερμότητας στο τρίτο τμήμα (σχήμα 2.5).

Αυτή η διαδικασία απορρόφησης της θερμότητας και μερικής μετάδοσής της στο επόμενο τμήμα συνεχίζεται μέσα στον τοίχο, μέχρι το δωδέκατο τμήμα, όπου η θερμότητα που μένει μεταφέρεται εσωτερικά στο χώρο με επαφή – μεταφορά και ακτινοβολία. Επειδή κάθε τμήμα απορροφά λίγη θερμότητα, πριν από τη διέλευση της θερμότητας μέσα από αυτό, η ποσότητα της θερμότητας που απελευθερώνεται στον εσωτερικό χώρο θα είναι μειωμένη κατά 10% από εκείνη που απορροφάται στο τμήμα που είναι εκτεθειμένο στον ήλιο.

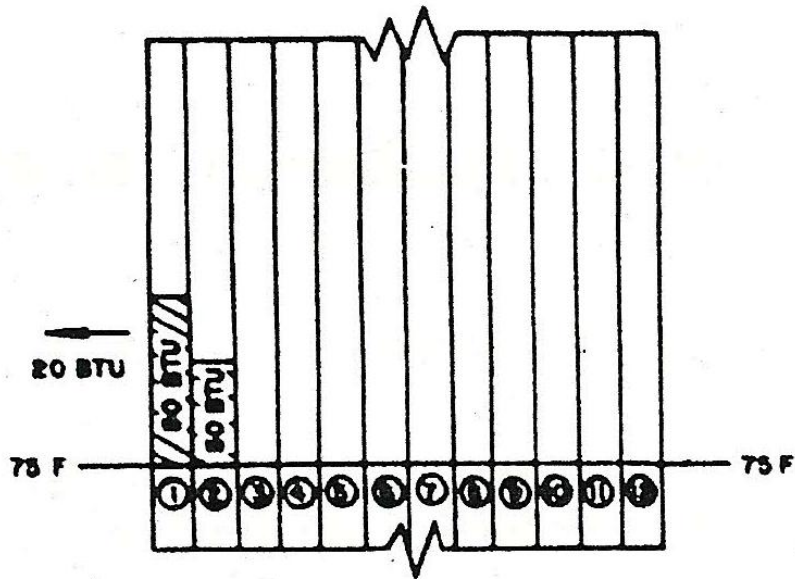
Η ηλιακή θερμότητα που απορροφάται σε κάθε χρονικό διάστημα από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου κατά τη διάρκεια της ημέρας, ακολουθεί την ίδια διαδικασία.



Σχήμα 2.3 : Ηλιακή θερμότητα που απορροφάται στο πρώτο στρώμα (τμήμα).

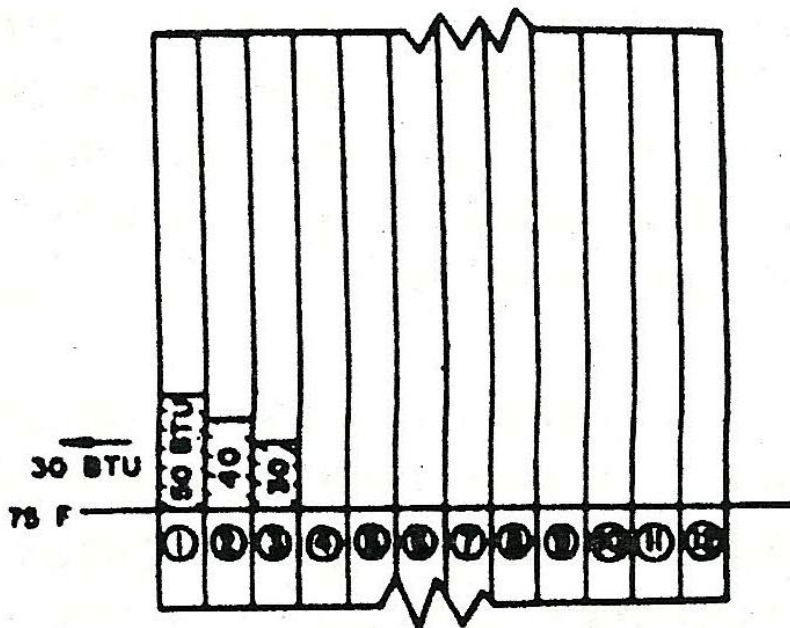
1. Ηλιακές ακτίνες. 2. Τουβλότοιχος 12 in.

Πηγή : "ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ", CARRIER



Σχήμα 2.4 : Συμπεριφορά της απορροφούμενης ηλιακής θερμότητας κατά τη διάρκεια του δεύτερου χρόνου.

Πηγή : "ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ" , CARRIER



Σχήμα 2.5 : Συμπεριφορά της απορροφούμενης ηλιακής θερμότητας κατά τη διάρκεια του τρίτου χρόνου.

Πηγή : "ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ" , CARRIER

2.5.2 Ροή θερμότητας μέσα από εσωτερικές κατασκευές

Η ροή θερμότητας μέσα από εσωτερικές επιφάνειες (δάπεδα, οροφή και χωρίσματα) προκαλείται από τη διαφορά θερμοκρασίας του αέρα και από τις δύο πλευρές της κατασκευής. Αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά είναι βασικά σταθερή όλη την ημέρα και, επομένως, η ροή θερμότητας μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση της μόνιμης ροής θερμότητας, χρησιμοποιώντας την πραγματική θερμοκρασία κάθε πλευράς.

2.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ [6]

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της περιοδικής ροής θερμότητας είναι οι εξής:

1. Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου.

Αυτό γιατί το χρώμα των εξωτερικών δομικών στοιχείων του κτιρίου επηρεάζει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας, που μπαίνει μέσα στο κτίριο, μια και τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη ηλιακή θερμότητα από ότι τα ανοιχτά χρώματα. Το χρώμα αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα, όταν χρησιμοποιείται ελάχιστη ή καθόλου μόνωση. Για κλίματα ζεστά, οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων οι οποίες αντιμετωπίζουν της έντονη ηλιακή ακτινοβολία, πρέπει να βάφονται με χρώματα ανοιχτά. Για τα ψυχρά κλίματα αντιθέτως, ενδείκνυνται οι βαμμένες με σκούρο χρώμα επιφάνειες, γιατί έτσι απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας.

2. Η θερμική αγωγιμότητα των δομικών υλικών, λ.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού κατασκευής, τόσο το πάχος του τοίχου πρέπει να αυξάνεται για το λόγο ότι η θερμότητα διαπερνά ταχύτερα την εκάστοτε επιφάνεια και άρα η απαιτούμενη χρονική καθυστέρηση μειώνεται.

3. Η θερμοχωρητικότητα του υλικού, γ.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας γ του υλικού κατασκευής, τόσο αργότερα προχωρεί το εξωτερικό θερμικό φορτίο προς την εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου, μιας και το κάθε μόριο του υλικού απορροφάει μεγάλη ποσότητα θερμότητας, πριν να μεταφέρει την επιπλέον θερμότητα σε άλλο μόριο και τελικά στον εσωτερικό χώρο.

4. Η κλίση, β, και ο προσανατολισμός των επιφανειών, γ.

Οποιαδήποτε μεταβολή της κλίσης ή του προσανατολισμού μιας επιφάνειας, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη μεταβολή του ποσοστού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια αυτή και ενδεχομένως τη μεταβολή της εισερχόμενης θερμοροής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ολική εισερχόμενη θερμοροή οφείλεται αφ' ενός στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αφ' ετέρου στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Πρέπει να τονιστεί ότι το χρώμα, η κλίση και ο προσανατολισμός της επιφάνειας επηρεάζουν το κομμάτι της ολικής θερμοροής το οποίο οφείλεται στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό διότι η θερμοροή λόγω αγωγής ως φαινόμενο είναι πάντα ανεξάρτητο αυτών των τριών παραγόντων και εξαρτώμενο μόνο από την εκάστοτε θερμοκρασιακή διαφορά. Οι υπόλοιποι παράγοντες πάντως επηρεάζουν την πορεία και των δύο φαινομένων.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε για τα δομικά στοιχεία ότι όσο αυξάνεται το πάχος και η θερμοχωρητικότητά τους με ταυτόχρονη μείωση της θερμικής αγωγιμότητάς τους, τόσο πιο μεγάλη είναι η θερμική αδράνεια της κατασκευής. Κατά συνέπεια το άμεσο θερμικό κέρδος είναι πιο μικρό.

Σε κάθε κατασκευή θα πρέπει ο τοίχος συλλέκτης – αποθήκη θερμότητας να χρησιμοποιείται ως μηχανισμός χρονικής μετάθεσης με βάση όλες τις παραπάνω παραμέτρους, έτσι ώστε το εσωτερικό περιβάλλον να επωφελείται του θερμικού κέρδους, όταν δεν υπάρχει αρκετός ηλιασμός, παρατείνοντας αποτελεσματικά τη χρήσιμη ηλιοφάνεια, για τη θέρμανση του χώρου χωρίς τη χρήση συμπληρωματικών πηγών ενέργειας.

2.7 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΩΣ ΠΑΓΙΔΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ [1,3,6]

Το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας, δηλαδή να έχει τη δυνατότητα να **παγιδεύσει** τη θερμότητα, που δέχτηκε, έτσι ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο οι απώλειες θερμότητας. Η απώλεια θερμότητας σε ένα κτίριο γίνεται με τρεις τρόπους:

1. Με **αγωγιμότητα**, μέσα από τα δομικά στοιχεία (τοιχοί, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα).
2. Με **μετάβαση**, λόγω της κίνησης του αέρα μέσα από τους αρμούς στα πλαίσια των ανοιγμάτων ή από τα ανοίγματα.
3. Με **ακτινοβολία** από το κέλυφος του κτιρίου, όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εξωτερική.

Η κυριότερη παράμετρος για τη λειτουργία του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας, είναι η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας που προέρχεται από τη δεσμευμένη ηλιακή ενέργεια. Το κτίριο χρειάζεται ένα τρόπο για να συγκρατήσει την ενέργεια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, να την αποθηκεύσει, με απώτερο σκοπό να την επαναποδώσει κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Το πιο αποτελεσματικό μέσο για την αποθήκευση αυτή είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή οι τοίχοι, τα δάπεδα και οι οροφές. Είναι γεγονός ότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ένα τοίχο μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία θερμαίνει τα δομικά υλικά του. Τα δομικά υλικά όπως είναι γνωστό απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα καθώς θερμαίνονται. Το μέγεθος όμως του φαινομένου της αποθήκευσης καθορίζεται κυρίως από τη θερμική χωρητικότητα των υλικών που περιβάλλουν το χώρο. Η θερμική χωρητικότητα ενός υλικού είναι το γινόμενο της μάζας του επί την ειδική θερμότητά του και άρα είναι άμεσα ανάλογη με το βάρος του υλικού. Επομένως τα βαριά υλικά έχουν μεγάλη πυκνότητα και κατά συνέπεια μεγάλη ικανότητα για θερμική αποθήκευση.

Η θερμική αδράνεια της κατασκευής επιβραδύνει τη μεταφορά θερμότητας στον εσωτερικό χώρο για αρκετές ώρες, μέχρις ότου η εξωτερική θερμοκρασία αρχίσει να μειώνεται. Τότε όμως το κτίριο μπορεί να αποβάλλει το επιπλέον θερμικό φορτίο με φυσικό αερισμό και ακτινοβολία προς το περιβάλλον.

2.7 ΧΡΟΝΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ [1,6]

Η χρονική υστέρηση αποτελεί το κυριότερο χαρακτηριστικό της περιοδικής ροής θερμότητας στο κτίριο. Προσδιορίζει τη χρονική διάρκεια, που μεσολαβεί, από τη στιγμή της μέγιστης αιχμής της εξωτερική θερμοκρασίας, μέχρι τη μέγιστη αιχμή της εισερχόμενης ροής θερμότητας στον εσωτερικό χώρο, δηλαδή πρόκειται για τη χρονική καθυστέρηση με την οποία η θερμική μάζα αρχίζει να αποδίδει στον χώρο την αποθηκευμένη θερμότητα.

Η οφειλόμενη στα ημερήσια ηλιακά κέρδη θερμότητα λοιπόν, αποθηκεύεται στη θερμική μάζα, από την οποία απελευθερώνεται αργά το απόγευμα στο εσωτερικό του κτιρίου. Κατά τις βραδινές ώρες των χειμερινών μηνών, η θερμότητα η οποία απελευθερώνεται από τη θερμική μάζα στους εσωτερικούς χώρους καλύπτει ένα μέρος των θερμικών αναγκών. Κατά τους θερινούς μήνες αντίθετα, η απόρριψή της στο εξωτερικό περιβάλλον είναι πολύ εύκολη μέσω του φυσικού αερισμού, κάτι που ούτως ή άλλως αποτελεί συνήθη πρακτική. Ακόμη όμως και εάν χρησιμοποιηθεί τεχνητός κλιματισμός, το ψυκτικό φορτίο του θα είναι αισθητά μικρότερο. Συν τοις άλλοις - καθώς καθυστερεί αισθητά η άνοδος τη θερμοκρασίας του εσωτερικού, το ψυκτικό φορτίο δεν θα συμπίπτει με τις ώρες αιχμής του ηλεκτρικού δικτύου – συνήθως μεσημβρινές, συνεισφέροντας έτσι στην αποφυγή της υπερφόρτωσης του ηλεκτρικού δικτύου.

Εξαρτάται από τη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών, το πάχος του στοιχείου d και τη θερμική αδράνεια του κτιρίου. Αποτελεί βασικό παράγοντα για τον προσδιορισμό της μάζας των υλικών, γιατί ρυθμίζει την ποσότητα της θερμικής αποθήκευσης και κατά συνέπεια του θερμικού κέρδους μέσα από συμπαγή στοιχεία, καθώς και το επίπεδο της θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο. Δίδεται από τη σχέση:

$$\Delta_{\varphi} = 11,38 \left(\frac{d}{a} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Η τελική επιλογή των δομικών στοιχείων για την κατασκευή ενός κτιρίου θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται μια χρονική καθυστέρηση τέτοια, ώστε η απόδοση των μέγιστων θερμικών φορτίων να ξεκινήσει κατά την αρχή της νύχτας. **Προτείνεται** χρονική καθυστέρηση 8 h για τη νότια και δυτική πλευρά του κτιρίου και 14 h για την ανατολική πλευρά, έτσι ώστε η απελευθέρωση της θερμότητας να γίνει αργά το απόγευμα. Στη βορεινή πλευρά δεν υπάρχει πρακτικά ανάγκη για χρονική καθυστέρηση, αφού η επιφάνεια αυτή έχει μικρά χρονικά κέρδη. Τέλος, η χρονική καθυστέρηση της οροφής πρέπει να είναι 12 – 13 h με ελάχιστη τιμή 9,5 h. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπρόσθετη μόνωση.

Η χρονική καθυστέρηση έχει ιδιαίτερη σημασία για την οροφή, επειδή η επιφάνεια αυτή είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία για το μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας. Οι θολωτές οροφές αποτελούν έξυπνες λύσεις για ξηρά και θερμά κλίματα, επειδή το κέλυφος ενός ημισφαιρικού θόλου έχει σχεδόν τριπλάσια επιφάνεια στη βάση του. Αυτό σημαίνει ότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία διανέμεται σε τριπλάσια επιφάνεια σε σχέση με την οριζόντια στέγη. Έτσι, μετριάζεται το θερμικό φορτίο, που επιβαρύνει το κτίριο και γίνεται συντομότερα η αποβολή της θερμότητας προς την ατμόσφαιρα τις νυχτερινές ώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η Ελλάδα σαν χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια προσφέρεται για τη χρήση ηλιακής ενέργειας καθώς η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι της τάξης των 4,6 kWh/m², σύμφωνα με το ΚΑΠΕ. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναφέρονται οι βασικές έννοιες γύρω από τη θεωρία της ηλιακής ακτινοβολίας, δίνονται οι ορισμοί και οι σχέσεις υπολογισμού των βασικών μεγεθών που χαρακτηρίζουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μία επιφάνεια, αναφέρονται οι εξισώσεις που διέπουν την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία και εν τέλει εξετάζονται οι παράμετροι, οι οποίοι επηρεάζουν το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ [1]

Είναι γεγονός ότι επειδή η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο είναι ελλειπτική, η ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας, I_0 , μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα της απόστασης γης – ήλιου. Η μέγιστη τιμή της I_0 , παρατηρείται στις 3 Ιανουαρίου, όταν ο ήλιος βρίσκεται στο πλησιέστερο σημείο με τη γη, και είναι $1398 \left(\frac{W}{m^2} \right)$, ενώ η ελάχιστη τιμή της είναι $1310 \left(\frac{W}{m^2} \right)$ και παρατηρείται στις 6 Ιουλίου, όπου ο ήλιος βρίσκεται στο πιο μακρινό σημείο από τη γη

Η ηλιακή, όμως, θερμότητα λόγω ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι αισθητά μειωμένη κάτω από τα όρια αυτά, διότι η ακτινοβολία κατά τη διέλευσή της μέσα από την ατμόσφαιρα εξασθενίζει αφ' ενός λόγω σκέδασης εξαιτίας διαφόρων σωματιδίων, σκόνης και υδρατμού και αφ' ετέρου λόγω επιλεκτικής απορρόφησης, κατά ζώνες του φάσματος, από μόρια υδρατμού, όζοντος και CO_2 . Το μεγαλύτερο μέρος της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το όζον στα ανώτατα ατμοσφαιρικά στρώματα, ενώ ένα μέρος της περιοχής μικρού κύματος διασκορπίζεται από τα μόρια του αέρος δημιουργώντας το γαλάζιο χρώμα του ουρανού

3.3 ΓΩΝΙΕΣ ΘΕΣΗΣ ΗΛΙΟΥ [3]

Στην παράγραφο αυτή δίνονται οι ορισμοί και οι σχέσεις υπολογισμού βασικών μεγεθών που αφ' ενός χαρακτηρίζουν την ηλιακή ακτινοβολία και αφ' ετέρου χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια – συλλέκτη. Τα βασικά αυτά μεγέθη είναι τα εξής:

α) Γωνία ζενίθ, θ_z

Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την κατακόρυφη και την ευθεία όρασης του ήλιου.

β) Ηλιακό ύψος, $90^\circ - \theta_z$

Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία όρασης του ηλίου και την προβολή της στο οριζόντιο επίπεδο.

γ) Αζιμούθιο επιφάνειας, γ

Είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνεια πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και τη νότια κατεύθυνση. Για όλα τα σημεία του οριζοντα ισχύει ότι : $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ με $\gamma=0^\circ$ στο νότο, $\gamma=90^\circ$ στη δύση, $\gamma=180^\circ$ στο βορρά και $\gamma=-90^\circ$ στην ανατολή.

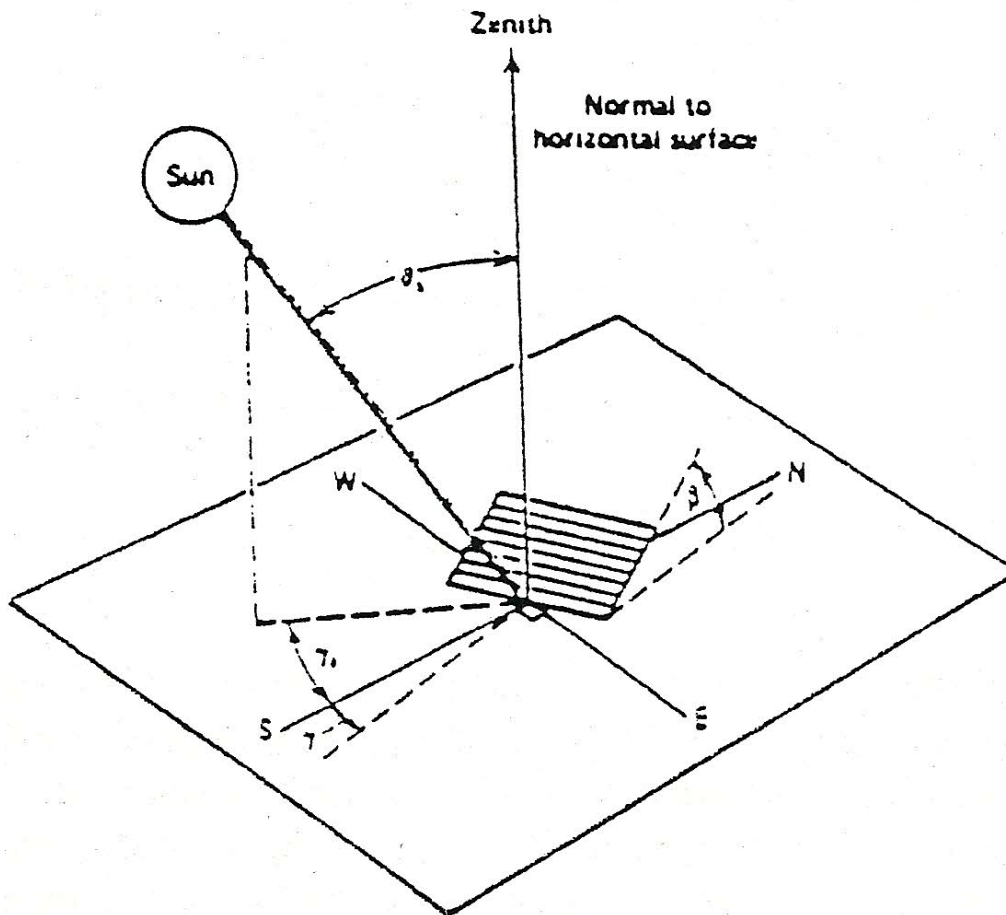
δ) Αζιμούθιο ηλίου, γ_s

Είναι η γωνία μεταξύ της προβολής της ευθείας όρασης του ηλίου στο οριζόντιο επίπεδο και της νότιας κατεύθυνσης.

ε) Κλίση επιπέδου, β

Είναι η γωνία που σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Ισχύει ότι : $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$. Για το οριζόντιο επίπεδο είναι $\beta=0^\circ$, ενώ για το κατακόρυφο $\beta=90^\circ$.

Όλα τα παραπάνω μεγέθη φαίνονται στο σχήμα 3.1 το οποίο ακολουθεί.



Σχήμα 3.1 : Γωνία ζενίθ, θ_z , Ηλιακό ύψος, $90^\circ - \theta_z$, αζιμούθιο επιφάνειας, γ , αζιμούθιο ηλίου, γ_s και κλίση επιπέδου, β [3].

στ) Ωριαία γωνία, ω

Είναι η γωνιακή μετατόπιση του ηλίου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονά της με ρυθμό $15^\circ/h$ το οποίο ισοδυναμεί με $0,25^\circ/\text{min}$. Υπολογίζεται δε από την παρακάτω σχέση:

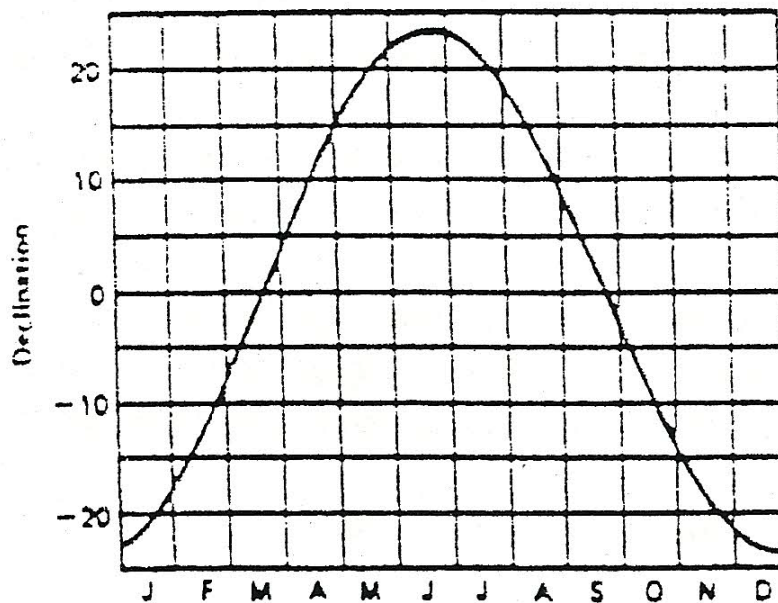
$$\omega = 0,25 \cdot (\text{min από το ηλιακό μεσημέρι}) \quad (3.3.1)$$

Λαμβάνεται $\omega > 0$ για τις ώρες μετά το ηλιακό μεσημέρι και $\omega < 0$ για τις ώρες πριν το ηλιακό μεσημέρι.

ζ) Ηλιακή απόκλιση, δ

Είναι η γωνιακή θέση του ηλίου κατά το ηλιακό μεσημέρι ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Επειδή το επίπεδο αυτό είναι κεκλιμένο κατά $23,45^\circ$ ως προς το επίπεδο της τροχιάς της γης περί τον ήλιο, η ηλιακή απόκλιση δ μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια του έτους, μεταξύ των ορίων $-23,45 \leq \delta \leq 23,45$ με θετικές τιμές προς το βορρά. Η μεταβολή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών του έτους και την άνιση διάρκεια ημέρας και νύχτας.

Στο σχήμα 3.2 που ακολουθεί φαίνεται η μεταβολή της ηλιακής απόκλισης κατά την διάρκεια του έτους.



Σχήμα 3.2 : Μεταβολή της ηλιακής απόκλισης δ κατά τη διάρκεια του έτους [3].

Η ηλιακή απόκλιση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365} (284 + n)\right) \quad (3.3.2)$$

όπου, ο παράγοντας n συμβολίζει τον αύξοντα αριθμό μιας οποιασδήποτε μέρας του έτους. Επομένως λοιπόν ο παράγοντας n δέχεται τιμές από $1 \div 365$. Στον πίνακα 1 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε τον αύξοντα αριθμό κάθε ημέρας του έτους, με τη μέση μέρα του μήνα και την αντίστοιχη τιμή της ηλιακής απόκλισης. Ως μέση ημέρα του μήνα έχει οριστεί η ημέρα κατά την οποία η ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας είναι περίπου ίση με τη μέση ημερήσια του μηνός.

Πίνακας 1 : Αύξοντας αριθμός ημέρας του έτους -21^η ημέρα κάθε μήνα – και η ηλιακή της απόκλιση [3].

Μήνες του χρόνου	Μέρα του χρόνου n	Για τη μέση μέρα του μήνα		
		Ημερομηνία	n	Απόκλιση δ
Ιανουάριος	i	17	17	-20,9
Φεβρουάριος	$31 + i$	16	47	-13,0
Μάρτιος	$59 + i$	16	75	-2,4
Απρίλιος	$90 + i$	15	105	9,4
Μάιος	$120 + i$	15	135	18,8
Ιούνιος	$151 + i$	11	162	23,1
Ιούλιος	$181 + i$	17	198	21,2
Αύγουστος	$212 + i$	16	228	13,5
Σεπτέμβριος	$243 + i$	15	258	2,2
Οκτώβριος	$273 + i$	15	288	-9,6
Νοέμβριος	$304 + i$	14	318	-18,9
Δεκέμβριος	$334 + i$	10	344	-23,0

η) Γωνία πρόσπτωσης, θ

Η γωνία πρόσπτωσης της αμέσου ακτινοβολίας πάνω σε μια επιφάνεια είναι η γωνία που δημιουργείται από τις προσπίπτουσες ηλιακές ακτίνες και την κάθετη επιφάνεια. Υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \Phi \cos \beta - \sin \delta \cos \Phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \Phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \Phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \quad (3.3.3)$$

όπου Φ είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, το οποίο λαμβάνει τιμές μεταξύ $-90^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ$. Για την Αθήνα ισχύει ότι $\Phi = 37,97^\circ$. Για οριζόντιες επιφάνειες ($\beta = 0^\circ$) η γωνία πρόσπτωσης ταυτίζεται με τη γωνία ζενίθ και άρα ισχύει ότι:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \cos \omega \quad (3.3.4)$$

3.4 ΑΜΕΣΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΤΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ [1,3,6]

Η σκεδαζόμενη ηλιακή ακτινοβολία, την οποία αναφέραμε στην παράγραφο 3.2, ορίζεται ως **διάχυτη** ή ουράνια και διανέμεται κυρίως πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, ενώ, η ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται άμεσα από τον ήλιο στη γη χωρίς να μεσολαβήσει διασκορπισμός μέσα στην ατμόσφαιρα ονομάζεται **άμεση ακτινοβολία**. Το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας ονομάζεται ολική. Η διάχυτη ακτινοβολία, όμως, που προσπίπτει σε μια επιφάνεια προέρχεται αφ' ενός από ανακλάσεις στον ουρανό και αφ' ετέρου από ανάκλαση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος και σε γειτονικές επιφάνειες.

Η σχέση μεταξύ της ολικής, της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας σε κάθε σημείο της γης εξαρτάται από τους δύο παρακάτω παράγοντες:

- 1) Την απόσταση μεταξύ του σημείου εισόδου της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα και του σημείου άφιξης στην επιφάνεια της γης.
- 2) Το ποσό της ομίχλης.

Καθώς αυξάνεται η διανυόμενη απόσταση ή η ομίχλη, αυξάνεται και η συνιστώσα της διάχυσης, ενώ η άμεση ακτινοβολία ελαττώνεται. Με την αύξηση της διάχυτης συνιστώσας μειώνεται η ολική ακτινοβολία, διότι με την αύξηση του φαινομένου της διάχυσης αυξάνεται ταυτόχρονα και το φαινόμενο της απορρόφησης.

3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [6,9]

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας αποτελεί σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ενός κτιρίου. Όλα τα κτίρια δέχονται ηλιακή ακτινοβολία, η οποία περνάει μέσα από τα ανοίγματα του κελύφους στους εσωτερικούς χώρους θερμαίνοντάς τους.

Η αποτελεσματική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας συντελείται όταν:

1. Υπάρχουν επαρκείς επιφάνειες ανοίγματα – παράθυρα - τα οποία έχουν προσανατολισμό απ' ευθείας προς τον ήλιο για αρκετές ώρες την ημέρα το χειμώνα. Συνιστάται επομένως ο νότιος προσανατολισμός, ο οποίος είναι ο μόνος ο οποίος προσφέρει αρκετές ώρες ήλιου κατά τους χειμερινούς μήνες.
2. Υπάρχει σωστή θερμομόνωση του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας από τις εξωτερικές επιφάνειες – όπως, για παράδειγμα, τοίχοι, ανοίγματα, οροφές, δάπεδα και λοιπά.
3. Τα υλικά στο εσωτερικό του κτιρίου είναι τέτοια ώστε να αποθηκεύουν μέρος της απορροφηθείσας από την ηλιακή ενέργεια θερμότητας από δημιουργώντας χώρους αρκετά, αλλά όχι υπερβολικά θερμούς όλες τις ώρες χρήσης τους. Τα υλικά αυτά θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από μεγάλη μάζα - όπως, για παράδειγμα, κεραμικές πλάκες στο δάπεδο, σκυρόδεμα, συμπαγή τούβλα ή πέτρα εσωτερικά στους τοίχους - ώστε να έχουν την απαιτούμενη θερμοχωρητικότητα.
4. Το κτίριο είναι σωστά διαρρυθμισμένο έτσι ώστε οι χώροι που απαιτούν περισσότερη θέρμανση να δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

3.6 ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΩΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Το κτίριο αντιμετωπίζεται από το στάδιο της αρχικής του σύλληψης, ως τόπος ανταλλαγής ενέργειας ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον και την πρωταρχική πηγή ενέργειας, τον ήλιο. Σε αυτήν την παράγραφο, θα εξετάσουμε τη λειτουργία του κτιρίου ως "ηλιακού συλλέκτη", με σκοπό τον προσδιορισμό και υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η λειτουργία του κτιρίου ως ηλιακού συλλέκτη αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεκριμένες όμως χρονικές στιγμές. Για τον καθορισμό όμως της μεγιστοποίησης αυτής είναι αναγκαίος ο κατάλληλος σχεδιασμός, ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη του όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε ένα κτίριο [1,3,6,9]. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής :

1. Η κατάλληλη χωροθέτηση και το σχήμα του κτιρίου.
2. Η κλίση β της επιφάνειας.
3. Ο προσανατολισμός της επιφάνειας.
4. Η ανακλαστικότητα του εδάφους.

3.6.1 Η κατάλληλη χωροθέτηση[6]

Η κατάλληλη χωροθέτηση συνίσταται στον επαρκή ηλιασμό των επιφανειών του κτιρίου, και ιδιαίτερα κατά την περίοδο του χειμώνα. Με τη βοήθεια του κατάλληλου ηλιακού χάρτη καθορίζεται το ανάγλυφο του περιβάλλοντος για τη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, ο σκιασμός του οικοπέδου από δέντρα, λόφους, κτίρια, καθώς και ο **ελεύθερος χώρος** όπου ο ηλιασμός είναι ανεμπόδιστος και χρησιμοποιείται από το κτίριο. Ο επαρκής ηλιασμός στη διάρκεια του χειμώνα από τις 9π.μ. έως και τις 3μ.μ., προσφέρει την αναγκαία ηλιακή ενέργεια για τη λειτουργία του κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης.

3.6.2 Η κλίση β της επιφάνειας[6]

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η κλίση της επιφάνειας β είναι η γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Η επιλογή, όμως, της κλίσης της επιφάνειας εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή έτσι ώστε να έχουμε τη μέγιστη δυνατή προσπίπτουσα ακτινοβολία. Κατά συνέπεια, λοιπόν, ισχύουν σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι εξής περιπτώσεις:

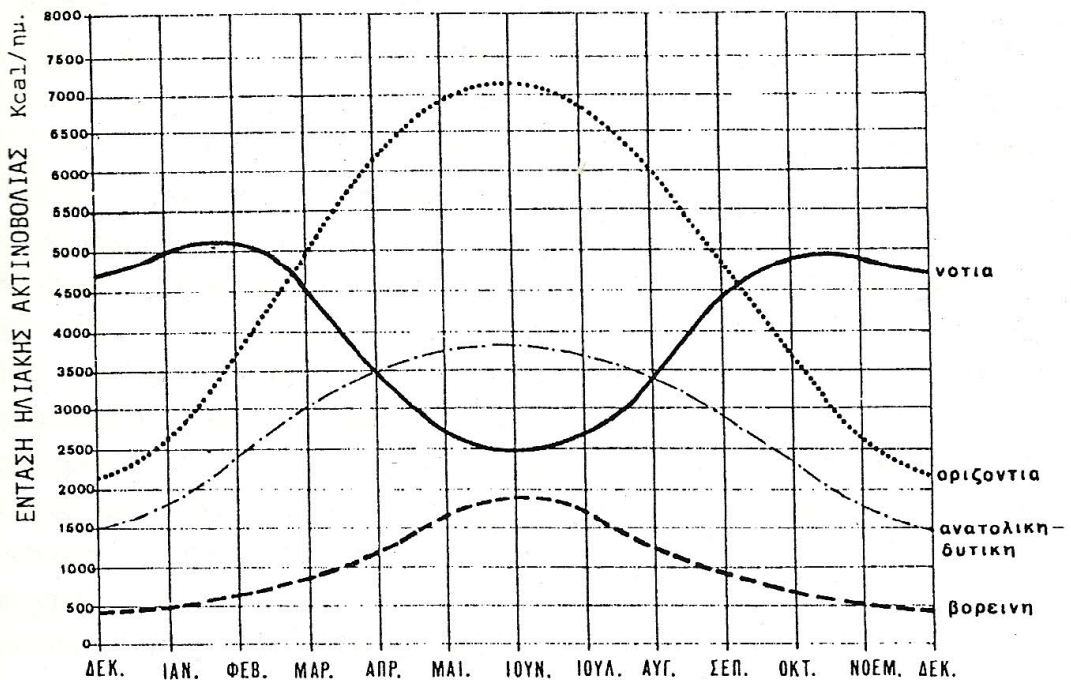
1. Για μέγιστη ετήσια ενέργεια απαιτείται κλίση επιφάνειας - συλλέκτη ίση με το γεωγραφικό πλάτος, $\beta = \Phi$
2. Για μέγιστη ενέργεια θέρους απαιτείται κλίση της επιφάνειας – συλλέκτη κατά 15° μικρότερη του γεωγραφικού πλάτους, $\beta = \Phi - 15^\circ$
3. Για μέγιστη ενέργεια χειμώνας απαιτείται κλίση της επιφάνειας – συλλέκτη κατά 15° μεγαλύτερη του γεωγραφικού πλάτους, $\beta = \Phi + 15^\circ$

Τυχόν αποκλίσεις μέχρι και 20° από τα παραπάνω όρια επιφέρουν μόνο μικρές μειώσεις της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

3.6.3 Ο προσανατολισμός – ηλιασμός της επιφάνειας

Ο προσανατολισμός μιας κεκλιμένης επιφάνειας ή αζιμούθιο γ είναι το χαρακτηριστικό με τη μεγαλύτερη επίδραση στην ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτή. Ο βέλτιστος προσανατολισμός μιας επιφάνειας – συλλέκτη έχει αποδειχτεί ότι είναι νότιος ($\gamma = 0^\circ$) για το βόρειο ημισφαίριο και ο βόρειος ($\gamma = 180^\circ$) για το νότιο ημισφαίριο, δηλαδή σε κάθε περίπτωση επιφάνεια – συλλέκτης πρέπει να είναι στραμμένη προς τον ισημερινό. Αποκλίσεις μέχρι και 20° από τα όρια αυτά προκαλούν πολύ μικρές μειώσεις της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Στην περίπτωση της κάθετης ($\beta=90^\circ$) επιφάνειας – συλλέκτη, ο βέλτιστος προσανατολισμός έχει ως αποτέλεσμα το χειμώνα η προσπίπτουσα ακτινοβολία να είναι στο νότο υπερδιπλάσια σε σχέση με την ανατολή και τη δύση, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού να είναι στο νότο πολύ πιο μειωμένη από ότι στην ανατολή και στη δύση. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στις θέσεις που καταλαμβάνει ο ήλιος σε σχέση με τη γη στον ουράνιο θόλο κατά τη διάρκεια του έτους. Η εκάστοτε όμως αναλογία της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μεταξύ του νότου και ανατολής – δύσης εξαρτάται μόνο από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 : Ένταση της θερμικής ηλιακής ακτινοβολίας για διάφορους προσανατολισμούς καθέτου επιφάνειας σε 40° Β.Γ.Π [3].

Η μεγάλη επίδραση του προσανατολισμού στο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια, επηρεάζει ως επακόλουθο και το σχήμα του οποιουδήποτε κτίσματος, το οποίο είναι συνάρτηση των αναγκών του για θέρμανση.

Από έρευνες που έγιναν για τον προσδιορισμό του άριστου σχήματος του κτιρίου, σε διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα και διάφορες κλιματολογικές συνθήκες προέκυψε, ότι, η άριστη μορφή για οποιεσδήποτε κλιματολογικές συνθήκες είναι η επιμήκης κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, αλλά με διαφορετικές αναλογίες στις διαστάσεις, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα κτίσμα επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής – δύσης προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο και άρα συλλέγει μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Από συγκριτικές έρευνες προέκυψε επίσης ότι, για οποιοδήποτε γεωγραφικό διαμέρισμα το κτίριο – κύβος δεν είναι τόσο αποτελεσματικό όσο το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, ενώ το επίμηκες κατά τον άξονα βορρά – νότου είναι λιγότερο αποτελεσματικό και από το κτίριο κύβος.

Το σημαντικότερο στοιχείο για το σωστό ηλιασμό των κτιρίων είναι ο σωστός προσανατολισμός των ανοιγμάτων τους. Τα νότια ανοίγματα δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τους χειμερινούς μήνες και την ελάχιστη κατά τους θερινούς, αν χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα σκίαστρα – όπως, για παράδειγμα, οριζόντια. Οι πλευρές με βόρειο προσανατολισμό δέχονται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση κατά τις πρωινές και βραδινές ώρες και ενδείκνυνται για χώρους χρήσης κατά τους θερινούς μήνες ή για χώρους με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Θα πρέπει ωστόσο να είναι περιορισμένης επιφάνειας καθώς παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες και ελάχιστα κέρδη κατά τους χειμερινούς μήνες. Αντιθέτως, τα ανοίγματα με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες τα ποσά αυτά είναι πολύ μικρά [9].

Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα παρουσιάζουν τη χειρότερη συμπεριφορά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Συνιστώνται μόνον όπου είναι απαραίτητα για λόγους φωτισμού ή θέας. Ιδιαίτερα τα δυτικά ανοίγματα είναι πολύ δυσμενή κατά τους θερινούς μήνες καθώς δέχονται άμεσα την επιρροή του ήλιου κατά τις μεσημεριανές ώρες.



Σχήμα 3.4 : Αποτελέσματα προσανατολισμού ανοιγμάτων.
Πηγή: ΚΑΠΕ

Σε αστικές περιοχές και, ειδικότερα, σε εκείνες με πυκνή δόμηση, είναι αναμενόμενο ο ηλιασμός των κτιρίων να είναι δυσχερής και ο επιθυμητός προσανατολισμός αδύνατος. Ακόμη και σε αυτές τις περιπτώσεις ωστόσο, υπάρχουν διαθέσιμες πολλές λύσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων τα οποία χαρακτηρίζονται από δυσμενή προσανατολισμό και ελάχιστη πρόσβαση στο άμεσο ηλιακό φως. Απαιτούν απλώς περισσότερη αρχιτεκτονική ευλυγισία, φαντασία και εφευρετικότητα (όπως, για παράδειγμα, φεγγίτες, κατάλληλα ανοίγματα στην οροφή και λοιπά). Ακόμη και μέσα σε πυκνοδομημένους αστικούς ιστούς, δεν λείπουν τα παραδείγματα επιτυχημένων ηλιακών κτιρίων.

3.6.4 Εξωτερικός χρωματισμός [6]

Η επιλογή των χρωμάτων στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου επηρεάζει σημαντικά το θερμικό και ψυκτικό φορτίο. Σε μία τοιχοποιία χρώματος γκρι η διαφορά θερμοκρασίας στους διάφορους προσανατολισμούς φθάνει μέχρι και τους 23 °C, ενώ σε μία άσπρη τοιχοποιία η θερμοκρασιακή διαφορά δεν ξεπερνά τους 3 °C!

Στα θερμά κλίματα είναι απαραίτητη η χρήση ανοιχτών χρωμάτων και υλικών με μικρό συντελεστή απορροφητικότητας και μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας στις εξωτερικές επιφάνειες, για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κτιρίου. Αντίθετα, στα ψυχρά κλίματα, όπου οι ανάγκες για θέρμανση είναι αυξημένες, πρέπει να επιλέγονται σκούρα χρώματα για να μεγιστοποιείται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα σωστής επιλογής χρωματισμού έχουμε στα νησιά του Αιγαίου, όπου τα κτίρια βάφονται λευκά και στις ορεινές περιοχές (π.χ. Ζαγοροχώρια, Πήλιο), όπου χρησιμοποιούνται σκουρόχρωμα υλικά στην εξωτερική επιφάνεια των κτιρίων.

3.6.5 Η ανακλαστικότητα του εδάφους [1,6]

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια επιφάνεια αποτελείται από την άμεση συνιστώσα, τη διάχυτη συνιστώσα. Η διάχυτη προέρχεται από τον ουρανό και κατά ένα ποσοστό από την ανακλώμενη στο έδαφος και στις γειτονικές επιφάνειες ολική ακτινοβολία. Η ανακλαστικότητα του εδάφους δηλώνει στην ουσία το ποσοστό ανάκλασης της ολικής ακτινοβολίας στο έδαφος. Συμβολίζεται με ρ και δέχεται τιμές από 0,2 για συνηθισμένο έδαφος μέχρι και 0,7 για χιονισμένο έδαφος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ



4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΟΣ

Οι υαλοπίνακες προδιαγράφονται σαν κομμάτια κρυστάλλινου γυαλιού τα οποία έχουν συγκεκριμένο πάχος και είναι απλής ή διπλής αντοχής ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και τη χρησιμότητά τους.

4.2 ΗΛΙΑΚΕΣ – ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ [1].

Η κυριότερη ιδιότητα των υαλοπινάκων είναι το ότι διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στην επιφάνειά τους. Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται από το μήκος κύματος και τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και από τη χημική σύσταση και το πάχος των υαλοπινάκων. Ενδεικτικές τιμές της οπτικής διαπερατότητας καθέτου πρόσπτωσης καθαρής υάλου πάχους 2,5mm, 3mm και 6mm είναι 86%, 84% και 78% της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αντιστοίχως. Σχεδόν όλα τα είδη αρχιτεκτονικής υάλου είναι εντελώς αδιαπέραστα από την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (δηλαδή την εκπεμπόμενη από σώματα θερμοκρασίας μικρότερης των 120 °C) με αποτέλεσμα, την εμφάνιση του "φαινομένου του θερμοκηπίου". Συνεπώς, η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες δωματίου και στη συνέχεια εκπέμπεται από αυτές με μεγάλο μήκος κύματος, δεν εξέρχεται κατ' άμεσο τρόπο από τους υαλοπίνακες διότι αυτοί είναι αδιαφανείς για μήκη κύματος μεγαλύτερα των 3μm. Έτσι, μέρος της ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών του δωματίου που προσπίπτει στους υαλοπίνακες απορροφάται από αυτούς ενώ το υπόλοιπο ανακλάται προς το εσωτερικό του δωματίου. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί, ότι η διαδικασία αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τον αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα και με την κίνησή του μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά.

Ακόμα μια σημαντική ιδιότητα των υαλοπινάκων είναι ο κατακερματισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε έναν υαλοπίνακα διασπάται σε τρία μέρη, εκ των οποίων το ένα απορροφάται, δηλαδή αποθηκεύεται στα μόρια που απαρτίζουν τον υαλοπίνακα, το δεύτερο ανακλάται, δηλαδή αναπηδάει στην επιφάνεια του υαλοπίνακα αλλάζοντας την κατεύθυνσή του χωρίς όμως να επέλθει αλλαγή στη συχνότητα της ακτινοβολίας, και το τελευταίο διαπερνάει την επιφάνεια του υαλοπίνακα και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο. Επομένως η ολική ηλιακή ακτινοβολία, I_t , δίδεται από τον τύπο (4.2.1).

$$I_t = \tau I_i + \rho I_r + \alpha I_i \quad (4.2.1)$$

όπου τ = οπτική διαπερατότητα

α = απορροφητικότητα

ρ = ανακλαστικότητα

Οι τρεις παραπάνω συντελεστές (απορροφητικότητα, ανακλαστικότητας και οπτικής διαπερατότητας) αναφέρονται ως οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα και εξαρτώνται από το πάχος και τις φυσικές ιδιότητες του υλικού, από το είδος της επιφανειακής επίστρωσης που ενδέχεται να υπάρχει και από τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, θ . Για οποιονδήποτε όμως υαλοπίνακα ισχύει ότι:

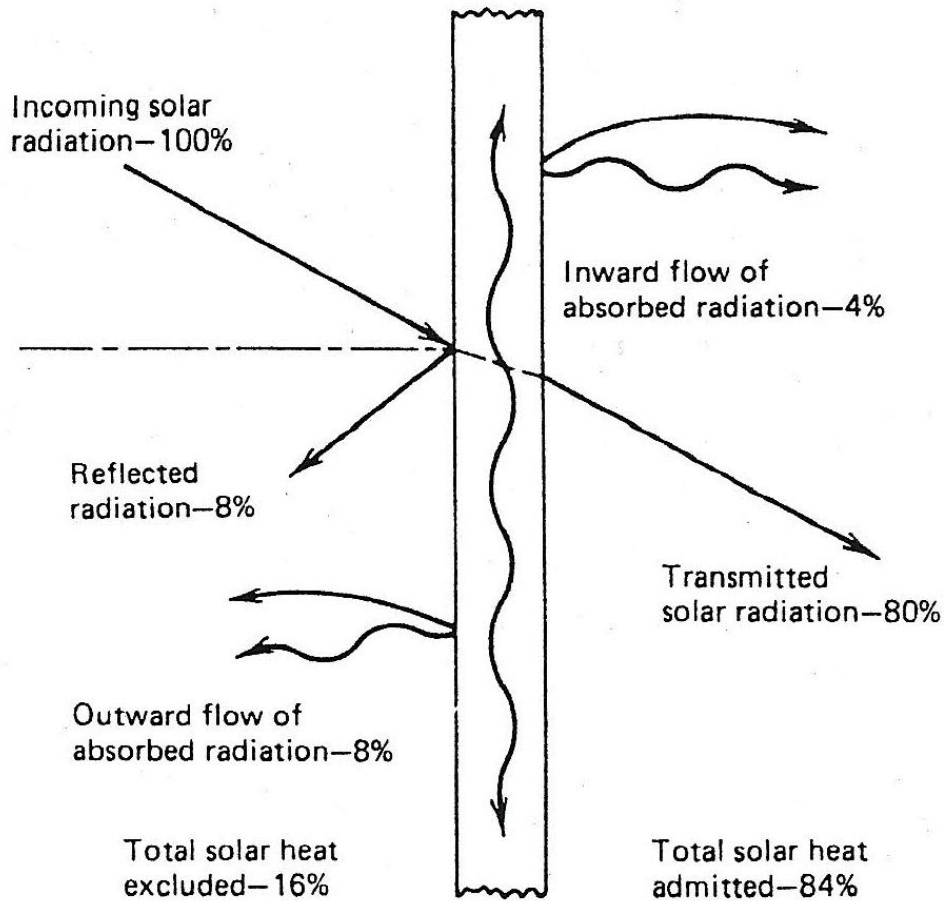
$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (4.2.2)$$

Αυξανόμενης της γωνίας πρόσπτωσης θ , η διαπερατότητα μειώνεται, η ανακλαστικότητα αυξάνεται και η απορροφητικότητα αρχικά μεν αυξάνεται λόγω επιμήκυνσης της οπτικής διαδρομής, στη συνέχεια δε ελαττώνεται λόγω της έντονα αυξανόμενης ανάκλασης. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι προκειμένου για διάχυτη ακτινοβολία οι ιδιότητες τ , ρ , α μπορούν να θεωρηθούν κατά προσέγγιση ίσες προς τις αντίστοιχες τιμές που αναφέρονται σε άμεση ακτινοβολία με γωνία πρόσπτωσης $\theta = 60^\circ$.

4.3 ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΟΣ - ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΧΩΡΟΥ[3,6]

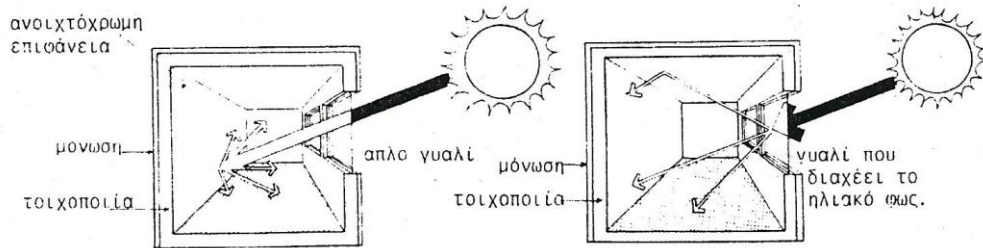
Ως γνωστόν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια επιφάνεια έχει δύο συνιστώσες, την άμεση και τη διάχυτη. Η συνιστώσα της άμεσης ακτινοβολίας έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμικού κέρδους στον εσωτερικό χώρο, ακόμα και όταν ο υαλοπίνακας δεν είναι εκτεθειμένος στον ήλιο.

Έχει ήδη αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα ότι ένα μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα υαλοπίνακα απορροφάται, ένα άλλο ανακλάται και το υπόλοιπο διαπερνάει την επιφάνειά του. Αυτό το οποίο δεν είχε αναφερθεί είναι ότι από τη συνολικά απορροφημένη ηλιακή ακτινοβολία, ένα μέρος της μεταδίδεται στον εσωτερικό χώρο και το άλλο μέρος της μεταδίδεται προς το περιβάλλον, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.3.1 :



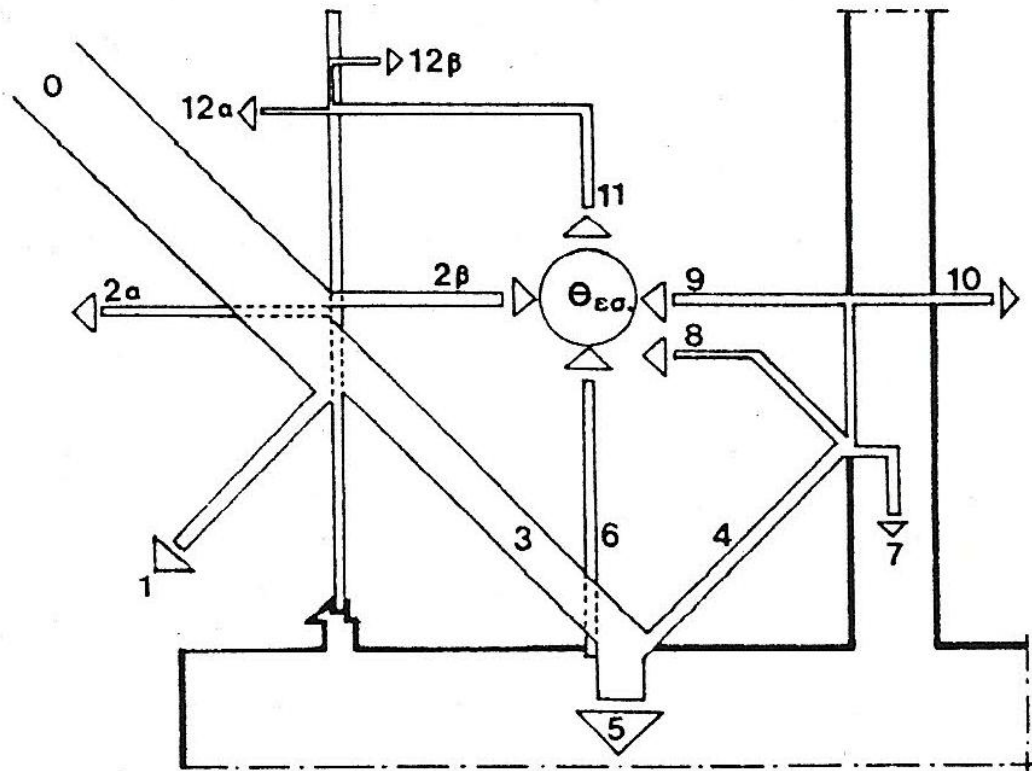
Σχήμα 4.3.1 : Διατομή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του υαλοπίνακα [3].

Όμως, η ηλιακή ακτινοβολία, μετά τη διέλευσή της, από την επιφάνεια του υαλοπίνακα, προσπίπτει στις εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων καθώς και στα διάφορα αντικείμενα του χώρου με αποτέλεσμα, ένα μέρος της να απορροφηθεί από αυτά και να αποδοθεί στη συνέχεια. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 4.3.2 που ακολουθεί.



Σχήμα 4.3.2 : Διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στον εσωτερικό χώρο [3].

Η ολοκληρωτική πορεία της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα υαλοπίνακα, όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά μέχρι τώρα, απεικονίζεται στο σχήμα 4.3.3.



Σχήμα 4.3.3 : Ανάλυση της πορείας της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα γυάλινο άνοιγμα, διανομή και αποθήκευση στον εσωτερικό χώρο [6].

Η ανάλυση του σχήματος 4.3.3 γίνεται παρακάτω :

0. Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.

1. Ένα τμήμα της ακτινοβολίας ανακλάται.

2. Ένα τμήμα της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα και αποδίδεται προς τα έξω (2α) και προς τα μέσα (2β).

3. Η ηλιακή ενέργεια, που μπαίνει μέσα, μετατρέπεται σε θερμότητα.

4. Ένα μέρος της θερμικής ενέργειας ανακλάται από το δάπεδο.

5. Η μεγαλύτερη ποσότητα απορροφάται και αποθηκεύεται στο δάπεδο.

6. Η αποθηκευμένη θερμότητα επαναποδίδεται σταδιακά στο χώρο.

7. Η θερμότητα, που ανακλάται από το δάπεδο, κατά ένα τμήμα της απορροφάται και αποθηκεύεται στον τοίχο.

8. Ένα άλλο τμήμα της ανακλάται από τον τοίχο προς τον χώρο.

9. Μια ποσότητα της θερμότητας, που απορροφήθηκε από τον τοίχο, μεταφέρεται στον χώρο.

10. Το υπόλοιπο της ποσότητας που απορροφήθηκε από τον τοίχο, μεταβιβάζεται προς άλλη κατεύθυνση, με χαμηλότερη θερμοκρασία.

11. Αποτελεί το ποσό θερμότητας που συγκεντρώνεται στον εσωτερικό χώρο.

12. Ένα μέρος της συνολικά συγκεντρωμένης θερμότητας στον εσωτερικό χώρο (12α) χάνεται μέσα από τον υαλοπίνακα με τη μορφή θερμικών απωλειών, ενώ το υπόλοιπο μέρος της (12β) παραμένει μέσα στο χώρο. Αυτό αποτελεί και το χρήσιμο ηλιακό κέρδος, που μετατρέπεται σε θερμότητα.

Ο παράγοντας, ο οποίος προκαλεί τη ροή θερμότητας διαμέσου της επιφάνειας του υαλοπίνακα είναι η θερμοκρασιακή διαφορά που υπάρχει μεταξύ των δύο πλευρών του υαλοπίνακα, και ως γνωστόν προκαλεί ροή θερμότητας λόγω αγωγής με κατεύθυνση πάντα από την πλευρά με την μεγαλύτερη θερμοκρασία προς την πλευρά με τη μικρότερη θερμοκρασία. Άρα μπορούμε να πούμε πως η ολική θερμοροή διαμέσου της επιφάνειας ενός υαλοπίνακα είναι το άθροισμα της θερμοροής λόγω ακτινοβολίας και της θερμοροής λόγω αγωγής

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η θερμοροή λόγω ακτινοβολίας επηρεάζεται άμεσα από το αν υπάρχει ή όχι ηλιοφάνεια ενώ αντίθετα η θερμοροή λόγω αγωγής παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη του παραπάνω παράγοντα. Επίσης η θερμοροή λόγω αγωγής μπορεί να αποτελεί θερμικό κέρδος για τον εσωτερικό χώρο ή απώλειες αυτού, ανάλογα με το αν λαμβάνει θετικές ή αρνητικές τιμές αντίστοιχα.

Επομένως, το **συνολικό θερμικό κέρδος χώρου**, $q_A \left(\frac{W}{m^2} \right)$, μέσω του υαλοπίνακα, λαμβάνοντας υπόψη και τη θερμοροή λόγω διαφοράς εξωτερικής – εσωτερικής θερμοκρασίας, μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$q_A = \tau I_t + N_i (a I_t) + U (t_0 - t_i) \quad (4.3.1)$$

όπου τ και a είναι η οπτική διαπερατότητα και η απορροφητικότητα του υαλοπίνακα, αντιστοίχως, και N_i είναι το κλάσμα της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας που αποδίδεται προς το εσωτερικό.

Το κλάσμα N_i υπολογίζεται από τη σχέση :

$$N_i = \frac{U}{h_o} \quad (4.3.2)$$

όπου h_o είναι ο ολικός (δηλαδή περιλαμβάνει συναγωγή και ακτινοβολία) συντελεστής μεταφοράς θερμότητας της εξωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα.

Συνδυάζοντας τους όρους τI_t και $N_i(aI_t)$ της εξίσωσης 4.3.1 οι οποίοι οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία, προκύπτει η εξίσωση 4.3.3 :

$$q_A = GI_t + U(t_0 - t_i) \quad (4.3.3)$$

όπου G είναι ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους.

4.4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ[1,3,10]

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων είναι:

1. Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_f \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$

Εκφράζει το ρυθμό απωλειών θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας, σε μόνιμες συνθήκες, για θερμοκρασιακή διαφορά εξωτερικής – εσωτερικής επιφάνειας ενός βαθμού της κλίμακας Κέλβιν ή ενός βαθμού της κλίμακας Κελσίου. Αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να περιορίζει τις θερμικές απώλειες των εσωτερικών χώρων. Η μικρή τιμή του υποδεικνύει αυξημένες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας.

2. Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους G

Είναι αδιάστατο μέγεθος και εκφράζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, το οποίο γίνεται ηλιακό θερμικό κέρδος. Αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να μεταφέρει την ηλιακή ακτινοβολία στους εσωτερικούς χώρους και εξαρτάται από τον τύπο του υαλοπίνακος και από τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η μεγάλη τιμή του υποδεικνύει αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για παράδειγμα, αν η τιμή του G είναι 0.8 δηλώνει πως το 80% του ηλιακού κέρδους μεταφέρεται στο εσωτερικό του κτιρίου.

3. Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας στην ορατή ακτινοβολία LT

Είναι αδιάστατο μέγεθος και αντιπροσωπεύει την ικανότητα του υαλοπίνακα να μεταφέρει το φυσικό φως στους εσωτερικούς χώρους. Η μεγάλη τιμή του υποδεικνύει σημαντική αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και, επομένως, μείωση των αναγκών τεχνητού φωτισμού. Για παράδειγμα, μια τιμή του $G = 0.7$ δηλώνει πως το 70% της ορατής ακτινοβολίας μεταφέρεται στο εσωτερικό του κτιρίου.

4.5 ΕΙΔΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ [1,3,9]

Τα βασικά είδη των υαλοπινάκων με μια μικρή περιγραφή τους είναι:

1. Μονός υαλοπίνακας

Χαρακτηρίζεται από μεγάλους συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακού θερμικού κέρδους

2. Διπλός υαλοπίνακας

Αποτελείται από δύο υαλοπίνακες, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται κενό ξηρού αέρα. Με την αύξηση του πάχους του κενού και των υαλοπινάκων, αυξάνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας. Τα συνήθη πάχη των υαλοπινάκων είναι 4 – 12 mm και του κενού 6 – 16 mm.

3. Τριπλός υαλοπίνακας

Όπως και στον διπλό υαλοπίνακα, παρεμβάλλεται κενό ξηρού αέρα μεταξύ των υαλοπινάκων. Πλεονεκτεί έναντι του διπλού υαλοπίνακα όσον αφορά στις θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ικανότητες, αλλά μειονεκτεί σημαντικά όσον αφορά στο κόστος και στο βάρος.

4. Διπλός και τριπλός υαλοπίνακας με αδρανές αέριο

Χαρακτηρίζονται από το αδρανές αέριο το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ των υαλοπινάκων και το οποίο μειώνει τον συντελεστή θερμοπερατότητας.

5. Έγχρωμος υαλοπίνακας

Παρουσιάζει χαμηλή θερμοπερατότητα αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας. Συνιστάται για τη μείωση των ηλιακών κερδών.

6. Ανακλαστικός υαλοπίνακας ή επιλεκτικοί υαλοπίνακες

Πρόκειται για μονό ή διπλό υαλοπίνακα με ανακλαστική επίστρωση – έναν λεπτό υμένα, η οποία ανακλά ένα σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνοντας τα ηλιακά θερμικά κέρδη, αλλά περιορίζοντας ταυτόχρονα και την διαπερατότητα του φυσικού φωτός. Η επίστρωση τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του μονού ή του διπλού υαλοπίνακα και ενδέχεται να προκαλέσει θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο. Οι επικαλυπτικές στρώσεις μειώνουν τη θερμική ανταλλαγή δι' ακτινοβολίας μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και έτσι επιτυγχάνεται μείωση της θερμοπερατότητας κατά περίπου 40%. Πρόσθετη μείωση της τάξης του περίπου 20% μπορεί να επιτευχθεί με πλήρωση του διάκενου με μείγμα αέρα και ευγενών αερίων, όπως Αργόν ή Κρυπτόν, το οποίο έχουν χαμηλότερη αγωγιμότητα από τον αέρα.

Επομένως, για τη μείωση των θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια του θέρους, οι καταλληλότεροι είναι οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες οι οποίοι ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας αλλά επιτρέπουν την είσοδο της φωτεινής ακτινοβολίας. Οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες είναι οικονομικά αποδοτικοί (περίοδος αποπληρωμής μικρότερη των 10 ετών) εάν εφαρμοστούν σε κτίρια με μεγάλο ψυκτικό φορτίο, σε θερμά κλίματα και εφόσον συνδυαστούν με συστήματα ελέγχου του φυσικού φωτισμού. Όμως είναι οικονομικά αποδοτικοί και στα ψυχρά κλίματα, δεδομένου ότι μειώνουν τα ψυκτικά φορτία κατά τη θερινή περίοδο και τα θερμικά φορτία κατά τη χειμερινή περίοδο. Αντιθέτως, η χρήση αυτών των υαλοπινάκων δεν συνιστάται σε κτίρια που παρουσιάζουν μόνο ανάγκες θέρμανσης.

Ο βαθμός επιλεκτικότητας μπορεί να εξαχθεί από το λόγο του συντελεστή φωτοδιαπερατότητας προς το συντελεστή ηλιακής ενέργειας $\left(\frac{T\nu}{g}\right)$. Οι υψηλές τιμές "επιλεκτικότητας" επιτυγχάνονται με επικάλυψη με λεπτή στρώση από ψήγματα μετάλλων, η οποία συνδυάζεται με χαμηλή εκπομπή στην υπέρυθη ακτινοβολία (FIR και NIR).

7. Υαλοπίνακας με χαμηλό συντελεστή θερμικής ακτινοβολίας – Low-e

Πρόκειται για διπλό υαλοπίνακα με επίστρωση από μεταλλικά οξείδια, η οποία τοποθετείται σε εκείνη την επιφάνεια του εσωτερικού ή εξωτερικού υαλοπίνακα η οποία είναι στραμμένη προς το διάκενο. Εάν η επίστρωση γίνει στην εξωτερική επιφάνεια του εσωτερικού υαλοπίνακα, τα θερμικά κέρδη παγιδεύονται μέσα στο κτίριο κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών ενώ, εάν η επίστρωση γίνει στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού υαλοπίνακα, παρεμποδίζεται η είσοδος των ηλιακών θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

8. Απορροφητικός υαλοπίνακας

Πρόκειται για έναν μονό υαλοπίνακα ο οποίος έχει τη δυνατότητα να απορροφά ένα σημαντικό ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, χωρίς ωστόσο να προκαλεί μεγάλη μείωση της διαπερατότητας του φυσικού φωτός. Σε αντίθεση με τον ανακλαστικό υαλοπίνακα δεν προκαλεί θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο. Παρόλα αυτά, ένα μέρος της απορροφώμενης ακτινοβολίας απελευθερώνεται αργότερα στους εσωτερικούς χώρους. Ως λύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί διπλός υαλοπίνακας, του οποίου ο εξωτερικός υαλοπίνακας θα είναι απορροφητικός υαλοπίνακας. Με αυτόν τον τρόπο, η απορροφηθείσα ακτινοβολία απελευθερώνεται στο εξωτερικό περιβάλλον και όχι στους εσωτερικούς χώρους.

9. Υαλοπίνακας μεταβλητών ιδιοτήτων

Πρόκειται για υαλοπίνακα ο οποίος μεταβάλλει τις ιδιότητές του βάσει ενός ερεθίσματος. Διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- Υαλοπίνακας υγρών κρυστάλλων

Μεταβάλλεται από γαλακτόχρωμος σε διαφανή με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσεως.

- Θερμοχρωμικός υαλοπίνακας

Μεταβάλλεται από διαφανής σε γαλακτόχρωμο με την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

- Ηλεκτροχρωμικός υαλοπίνακας

Με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσεως μεταβάλλονται οι θερμικές και οπτικές ιδιότητές του.

- Φωτοχρωμικός υαλοπίνακας

Με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας μειώνεται η διαπερατότητά του στο φυσικό φως. Συνεπώς, είναι ιδανικός για τον έλεγχο της θάμβωσης.

10. Αντιθαμβωτικός υαλοπίνακας

Πρόκειται για υαλοπίνακα ο οποίος εξασφαλίζει καλλίτερη κατανομή του φυσικού φωτός, ελαχιστοποιώντας τα προβλήματα θάμβωσης. Διακρίνονται οι εξής βασικοί τύποι:

- Διπλός υαλοπίνακας με εσωτερικά σκίαστρα

Τα σκίαστρα αυτά μπορεί να είναι κινητά – με τη χρήση ηλεκτρικών ή μαγνητικών μέσων - ή σταθερά, τοποθετούνται μεταξύ των υαλοπινάκων και χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα. Με αυτόν τον τρόπο ανακλάται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία ενώ η διάχυτη κατευθύνεται προς την οροφή των εσωτερικών χώρων. Έτσι, προκύπτει βελτίωση της κατανομής του φυσικού φωτισμού.

- Διπλός υαλοπίνακας με εσωτερικό ολογραφικό υμένιο

Ανακλά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και επιτρέπει την είσοδο της διάχυτης.

- Πρισματικός υαλοπίνακας

Η εξωτερική πρισματική επιφάνεια αυτού του υαλοπίνακα ανακλά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, ενώ επιτρέπει την είσοδο της διάχυτης.

Στον πίνακα 4.5.1 παρουσιάζεται ενδεικτικώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφορετικών τύπων υαλοπινάκων: Μονών-διπλών, απλών ή χαμηλής εκπομπής και με πλήρωση αέρα ή αργό στο διάκενο.

Πίνακας 4.5.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφόρων τύπων υαλοπινάκων.

Πηγή: ΚΑΠΕ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ			
Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος υαλοπίνακα-διακένου-υαλοπίνακα (mm)	Αέριο διακένου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m ² K)
Μονός	6	-	5,7
Μονός	8	-	5
Διπλός	4-6-4	Αέρας	3,4
Διπλός	4-12-4	Αέρας	2,9
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-10-4	Αέρας	2,0 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αέρας	1,7 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-6-4	Αργό	2,1 - 2,6
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αργό	1,3 - 1,7

Παρατηρούμε πως οι υαλοπίνακες με διάκενο 12mm (που συνήθως χρησιμοποιούμε στην πράξη) παρουσιάζουν σημαντικά λιγότερες θερμικές απώλειες. Γενικά η θερμομόνωση που επιτυγχάνεται με τους υαλοπίνακες εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το διάκενο που υπάρχει μεταξύ τους.

Η επιλογή των υαλοπινάκων, ειδικά όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας, αποτελεί το αποτέλεσμα συμβιβασμού διαφόρων παραμέτρων όπως ο φυσικός φωτισμός, η ηχομόνωση, οι θερμικές απώλειες, τα θερμικά κέρδη, η θέα, το κόστος, η αισθητική κ.τ.λ.

4.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΘΕΡΜΟΡΡΟΗΣ[1,3,10]

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται και μελετώνται όλες οι παράμετροι που έχουν άμεση επιρροή στην διερχόμενη από τους υαλοπίνακες θερμοροή. Ο καθορισμός και η μελέτη των παραμέτρων αυτών είναι απαραίτητο να γίνουν και να ληφθούν υπόψη, ώστε να προκύψει ο καταλληλότερος από ενεργειακής απόψεως συνδυασμός. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να έχει ως απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση του ηλιασμού του εσωτερικού χώρου καθώς και του θερμικού κέρδους από τους υαλοπίνακες. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής:

1. Η κλίση και ο προσανατολισμός της επιφάνειας του υαλοπίνακα καθώς και το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται.
2. Το είδος του υαλοπίνακα.
3. Η εσωτερική σκίαση.
4. Η εξωτερική σκίαση.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι η πρώτη παράμετρος επηρεάζει μόνο τη θερμοροή λόγω ακτινοβολίας, ενώ οι υπόλοιπες τρεις επηρεάζουν και τη θερμοροή λόγω ακτινοβολίας και τη θερμοροή λόγω αγωγής.

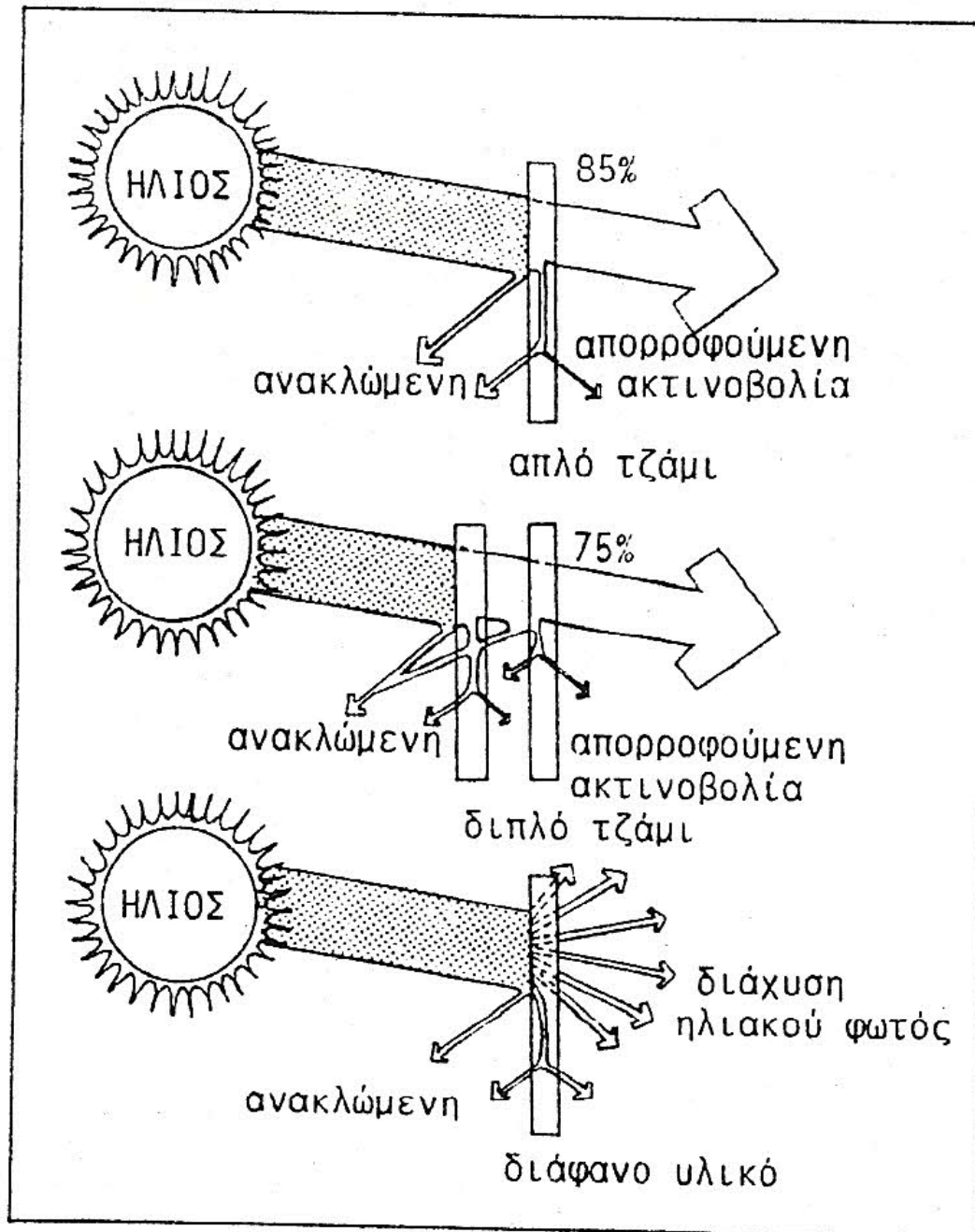
4.6.1 Η κλίση, ο προσανατολισμός και το γεωγραφικό πλάτος του υαλοπίνακα

Η κλίση β και ο προσανατολισμός γ του υαλοπίνακα καθώς και το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται επηρεάζουν άμεσα το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτό. Αυτό συμβαίνει διότι η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στον υαλοπίνακα είναι ανάλογη των παραμέτρων αυτών. Μία οποιαδήποτε μεταβολή σε μία από αυτές τις παραμέτρους, προκαλεί μεταβολή της γωνίας πρόσπτωσης και μεταβολή του ποσοστού της ανακλώμενης, απορροφούμενης και διερχόμενης ακτινοβολίας από τον υαλοπίνακα, όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω. Η μεμονωμένη επίδραση κάθε μίας από τις παραπάνω παραμέτρους στο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μελετήθηκε στο 3ο κεφάλαιο.

4.6.2 Το είδος του υαλοπίνακα

Το είδος του υαλοπίνακα καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της ανακλώμενης, της διερχόμενης και της απορροφούμενης ακτινοβολίας. Ακόμα, το είδος του υαλοπίνακα επηρεάζει το μέγεθος της θερμοροής λόγω αγωγής. Αυτό διότι αν ο υαλοπίνακας είναι απλός ή διπλός, μονωτικός ή μη μονωτικός, με προσμιξίεις ή χωρίς, έχει επίδραση στο συντελεστή ολικής θερμικής διαπερατότητας U από τον οποίο εξαρτάται άμεσα η θερμοροή λόγω αγωγής.

Παρακάτω, στο σχήμα 4.6.2.1, παρουσιάζεται το ποσοστό του ηλιακού φωτός που διαπερνάει τρία διαφορετικά είδη υαλοπινάκων.



Σχήμα 4.6.2.1 : Ποσοστό του ηλιακού φωτός που διαπερνάει τρία είδη υαλοπινάκων [3].

4.6.3 Η εσωτερική σκίαση

Οι συσκευές εσωτερικής σκίασης (π.χ ενετικά στορ, εσωτερικά πολλά, κουρτίνες, κ.τ.λ.) αποβλέπουν στον έλεγχο της εισερχόμενης ακτινοβολίας, στην αισθητική του χώρου, καθώς επίσης και στην απομόνωση από το εξωτερικό περιβάλλον. Στην εσωτερική σκίαση, η εισερχόμενη ακτινοβολία θα πρέπει να ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του μηχανισμού σκίασης και να εξέρχεται τελικά από το χώρο δια μέσου του υαλοπίνακα, ο οποίος φυσικά απορροφά ένα τμήμα της. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν μετατρέπεται σε θερμότητα μέσα στο χώρο. Όπως είναι απόλυτα φυσικό το θερμικό κέρδος, λόγω ακτινοβολίας, του χώρου μειώνεται αισθητά ενώ υφίσταται μείωση και το θερμικό κέρδος λόγω αγωγής επειδή μειώνεται ο συντελεστής ολικής διαπερατότητας U.

4.6.4 Η εξωτερική σκίαση

Η εξωτερική σκίαση, δηλαδή η διακοπή της αμέσου ηλιακής ακτινοβολίας πριν αυτή φτάσει στον υαλοπίνακα, είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος μείωσης του ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων, καθώς η μείωσή του φτάνει μέχρι και 80%.

Η εξωτερική σκίαση επιτυγχάνεται με πολλούς τρόπους. Σαν παραδείγματα αναφέρονται οι προβολές των υπερκείμενων κατασκευών, οι τέντες, τα μπαλκόνια και φυσικά από τα γειτονικά κτίρια.

Με πλήρη εξωτερική σκίαση, ο υαλοπίνακας υπόκειται στην επίδραση μόνο διάχυτου ακτινοβολίας. Έτσι λοιπόν το σκιαζόμενο τμήμα του υαλοπίνακα μεταβιβάζει στον εσωτερικό χώρο μόνο τη διάχυτη ακτινοβολία, μειώνοντας κατά πολύ το ηλιακό θερμικό κέρδος του χώρου. Εξίσου σημαντική είναι η καλή κυκλοφορία του αέρα μεταξύ του υαλοπίνακα και του εξωτερικού μέσου σκίασης, ώστε να απάγεται η απορροφούμενη θερμότητα.

4.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΟΝΟΥ ΚΑΙ ΔΙΠΛΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

Συγκρινόμενοι οι απλοί με τους διπλούς υαλοπίνακες, παρατηρούμε ότι στους διπλούς υαλοπίνακες μειώνεται η διερχόμενη ακτινοβολία ενώ η απορροφούμενη και η ανακλώμενη αυξάνονται. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα 4.7.1 που ακολουθεί.

Στην περίπτωση μάλιστα του νότια προσανατολισμένου διπλού υαλοπίνακα τα θερμικά του κέρδη είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές του απώλειες. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι και οι τυχόν προσμίξεις υλικών στη μάζα του υαλοπίνακα μειώνουν τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, επιτρέποντας τη διέλευση μόνο μικρού ποσοστού της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, π.χ., η απορροφητικοί υαλοπίνακες με καφέ, γκρι και πράσινη απόχρωση, πάχους 6mm, επιτρέπουν τη διέλευση μόνο του 45-50% της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Μία έρευνα του ΚΑΠΕ, με θέμα τη σύγκριση της κατανάλωση ενέργειας μεταξύ κτιρίων με απλούς υαλοπίνακες και κτιρίων με διπλούς υαλοπίνακες, κατέληξε στο παρακάτω διάγραμμα (σχήμα 4.7.1)



Σχήμα 4.7.1 : Έργο: “Double Glazing in Southern Countries” XVII/4.1031/99-33, Τελική Έκθεση, Δεκέμβριος 2000, Πρόγραμμα SAVE, της DG XVII-Γενικής Διεύθυνσης για την Ενέργεια, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

ΠΗΓΗ: ΚΑΠΕ

Ακόμα το ΚΑΠΕ, σε μία έρευνά του προσομοίωσε ενδεικτικά ένα τυπικό διαμέρισμα, 100 m², σε τέσσερις πόλεις με χαρακτηριστικό κλίμα στην Ελλάδα και υπολόγισε την εξοικονόμηση ενέργειας την οποία επιφέρει η αντικατάσταση παλαιών μονών υαλοπινάκων με νέους, διπλούς υαλοπίνακες τριών τύπων - συνήθης διπλός με διάκενο 4 και 6 mm και διπλός χαμηλής εκπομπής με υλικό πλήρωσης αργό. Τα ποσά τόσο της εξοικονομούμενης ενέργειας τα οποία προέκυψαν για κάθε τύπο υαλοπίνακα όσο και του αντίστοιχου πετρελαίου - σε ετήσια βάση - παρουσιάζονται στον πίνακα 4.7.1 - η εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει τόσο από τους υαλοπίνακες όσο και από τη βελτίωση της ποιότητας των πλαισίων - η οποία συνεπάγεται την εξάλειψη των διαρροών αέρα.

Πίνακας 4.7.1. Έργο “Double Glazing in Southern Countries” XVII /4.1031/99-33, Τελική Έκθεση, Δεκέμβριος 2000, Πρόγραμμα SAVE της DG XVII - Γενικής Διεύθυνσης για την Ενέργεια, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

ΠΗΓΗ: ΚΑΠΕ

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΣΕ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ			
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση πετρελαίου (λίτρα)
ΦΛΩΡΙΝΑ	Διπλός 4-6-4	12.216	1.222
	Διπλός 4-12-4	14.381	1.438
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	16.421	1.642
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	Διπλός 4-6-4	8.551	855
	Διπλός 4-12-4	10.007	1.001
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	11.604	1.160
ΑΘΗΝΑ	Διπλός 4-6-4	5.192	519
	Διπλός 4-12-4	6.016	602
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό	7.473	747
ΧΑΝΙΑ	Διπλός 4-6-4	4.191	419
	Διπλός 4-12-4	4.449	445
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	5.491	549

Πέραν της εξοικονόμησης ενέργειας οι διπλοί υαλοπίνακες – λόγω των μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου - παρουσιάζουν και μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων, όπως:

1. Μείωση της ακτινοβολίας από ή προς τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη αυτής άλλων επιφανειών των εσωτερικών χώρων
2. Περιορισμό των ρευμάτων αέρα κοντά στα ανοίγματα, με συνακόλουθο αποτέλεσμα βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης
3. Αποτροπή της συμπύκνωσης υδρατμών στην επιφάνειά τους κατά τους χειμερινούς μήνες
4. Μείωση του θορύβου.

4.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΩΝ LOW- ENERGY ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ [12]

Ένας γενικά αποδεκτός τρόπος ανοικοδόμησης παθητικών σπιτιών είναι να έχουν μικρά παράθυρα προς το βορρά και μεγάλα παράθυρα προς το νότο. Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να ερευνηθεί η επίδραση του μεγέθους των παραθύρων στην ενεργειακή ισορροπία των σπιτιών.

Έξω από το Γκέτεμποργκ στη Σουηδία, 20 πολυκατοικίες κατασκευάστηκαν την άνοιξη του 2001. Τα σπίτια που σχεδιάστηκαν για να ελαχιστοποιήσετε την ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση, χρησιμοποιώντας την καλύτερη διαθέσιμη οικοδομική τεχνολογία. Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκε ένα δημιουργικό εργαλείο προσομοίωσης, το DEROB-LTH.

4.8.1 Δυναμική ενέργεια αντίδρασης των κτιρίων LTH (DEROB-LTH)

Δυναμική ενέργεια αντίδρασης των κτιρίων LTH (DEROB-LTH είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης για την εκτέλεση της προσομοίωσης ενέργειας στα κτίρια. Το πρόγραμμα αποτελείται από έξι αλληλεπιδρώντες λειτουργικές μονάδες υπολογισμού και τρεις ρουτίνες.

4.8.2 Μοντέλο προσομοίωσης

Οι παράμετροι προσομοίωσης δίνονται στις παρακάτω ενότητες.

4.8.2.1 Θέση, προσανατολισμός και κλίμα

Στις προσομοιώσεις τα σπίτια είχαν προσανατολισμό προς διαφορετικές κατευθύνσεις, να διερευνήσει πώς αυτό επηρεάζει τις απαιτήσεις ενέργειας.

4.8.2.2 Κατασκευή

Τα κτίρια έχουν περισσότερο αέρα και μόνωση σε σχέση με τα υπόλοιπα σπίτια στη Σουηδία

4.8.2.3 Παράθυρα

Στα παράθυρα εγκαταστάθηκαν δυο διαφορετικοί συνδυασμοί τριπλού υαλοπίνακα. Ο ένας εκ των δυο συνδυασμών είναι δυνατόν να ανοίξει για εξαερισμό. Ο άλλος είναι σταθερός τριπλής IG-μονάδας. Και οι δυο συνδυασμοί αποτελούνται από τρία τμήματα παραθύρου πάχους 4 mm το καθένα.

Πίνακας 4.8.2.3.1: Τρία γυάλινα παράθυρα χρησιμοποιήθηκαν για τους διαφορετικούς συνδυασμούς

	sol	R	front	back
Clear	83	7	83.7	83.7
Low-e 4%	58	28	4	83.7
Low-e 16%	71	12	16	83.7

Η διαπερατότητα και ο συντελεστής αντανάκλασης δίνονται σε ποσοστό

4.8.2.4 Σκίαση

Τα σπίτια κατασκευάζονται με μια εκτεταμένη οροφή, που εμποδίζει την εισαγωγή της ηλιακής ακτινοβολίας που αντιμετωπίζουν τα παράθυρα προς νότο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αλλά επιτρέπει αυτό κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο, όταν ο ήλιος βρίσκεται χαμηλότερα.

4.8.2.5 Εσωτερικά κέρδη και θέρμανση

Υποθέσεις σχετικά με τα οφέλη της θερμότητας μέσα στο σπίτι από τις ηλεκτρικές συσκευές και τη θερμοκρασία του σώματος έγιναν. Το έτος ήταν χωρισμένο σε δύο περιόδους, το καλοκαίρι (Ιούνιος-Αύγουστος) και το χειμώνα, με εσωτερικά κέρδη 11.9 και 12,7 kWh/ημέρα, αντίστοιχα.

Πίνακας 4.8.2.5.1

Χρονοδιάγραμμα για εσωτερικά κέρδη που προέρχονται από ηλεκτρικές συσκευές και πρόσωπα σε όγκο και φως

Hour	Internal gain (W)				
	Volume 1	Volume 2	Volume 3	Volume 4	Volume 5
Winter					
1-6	66	189	124	0	221
7-8	66	298	106	0	130
9-16	66	189	52	0	75
17-22	146	269	110	0	75
23-24	66	189	124	0	221
Summer					
1-6	66	189	124	0	221
7-8	66	298	106	0	130
9-16	66	189	52	0	75
17-22	106	229	110	0	75
23-24	66	189	124	0	221

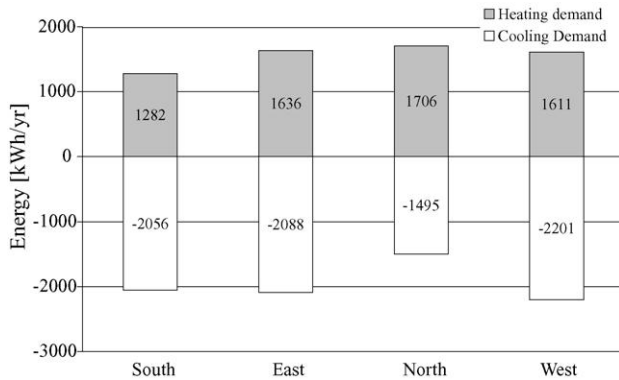
4.8.3 Τα αποτελέσματα

Χαμηλά ενεργειακά σπίτια κατασκευάζονται για να ελαχιστοποιηθεί η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση σε εύκρατα κλίματα. Δεδομένου ότι χρειάζονται λιγότερη ενέργεια από ένα συνηθισμένο σπίτι θα λάβουν επίσης λιγότερο πλεονέκτημα της ελεύθερης ηλιακής ενέργειας.

4.8.3.1 Προσανατολισμός

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα μεγάλα παράθυρα τοποθετούνται προσανατολισμένα προς το νότο, έτσι ώστε να έχουν περισσότερα κέρδη ηλιακής ενέργειας, ενώ η περιοχές προς το βορρά είναι μικρότερες.

Στην εικόνα 4.8.3.1.1, οι ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη εμφανίζονται για διαφορετικό προσανατολισμό των σπιτιών. Στο σχήμα, ο θετικός άξονας αναπαριστά τη ζήτηση θέρμανσης και ο αρνητικός άξονας τη ζήτηση ψύξης. Αποδεικνύεται ότι χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για θέρμανση εάν τοποθετούνται τα σπίτια με μεγάλο παράθυρο προσανατολισμένο προς το νότο. Ο προσανατολισμός των παραθύρων προς τα δυτικά ή προς τα ανατολικά δεν επηρεάζει την ενεργειακή ισορροπία αισθητά. Είναι δυνατόν λοιπόν, να προσανατολίσετε τα σπίτια διαφορετικά χωρίς να χαθεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας.



Εικόνα 4.8.3.1.1

Ετήσια ζήτηση θέρμανσης και ψύξης για διαφορετικές κατευθύνσεις των μεγάλων παραθύρων των σπιτιών στην Linds, τα οποία είναι χτισμένα προς το νότο.

4.8.3.2 Μέγεθος παραθύρου

Θα χρειαζόταν σχεδόν το διπλάσιο του ποσού της ενέργειας για τη θέρμανση των σπιτιών, εάν είχε χρησιμοποιηθεί κανονικό μη επιχρισμένο τριπλό γυαλί αντί του ενεργειακού γυαλιού που χρησιμοποιήθηκε τελικά (βλέπε εικόνα 4.8.3.2.1).

Συγκρίνοντας δε την περίπτωση να μην υπήρχαν παράθυρα προσανατολισμένα προς τα νότια με την αρχική περίπτωση του ενεργειακού γυαλιού, αποδεικνύεται ότι η χρήση ενεργειακών παραθύρων μπορεί να είναι ακόμα πιο αποτελεσματική από το να υπάρχουν πολύ καλά μονωμένοι τοίχοι χωρίς όμως αυτοί να έχουν παράθυρα. Αυτό συμβαίνει επειδή τα παράθυρα μπορούν να συλλέγουν και να χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των σπιτιών κατά τη διάρκεια περιόδων όπου ο ήλιος λάμπει και η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία.

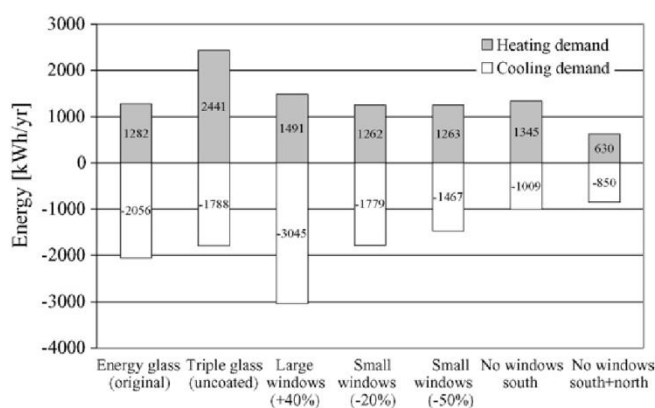
Μειώνοντας τα παράθυρα που είναι προσανατολισμένα προς τα νότια από 20% ή ακόμη και 50%, αυτό δείχνει ότι δεν επηρεάζει την ετήσια ζήτηση θέρμανσης τόσο πολύ. Αυτό οφείλεται στους καλά μονωμένους τείχους, οι οποίοι έχουν μια U-τιμή 0,09 W/m²K, εξαιρετικά παράθυρα και ένα αποτελεσματικό σύστημα εξαερισμού, που όλα αυτά μαζί συμβάλλουν στο να ελαχιστοποιηθεί η ενεργειακή ζήτηση για τα σπίτια. Η μέγιστη ενεργειακή ζήτηση προκύπτει το χειμώνα, όταν ο ήλιος λάμπει λιγότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες εποχές του χρόνου, και ως εκ τούτου, τα σπίτια δεν κάνουν χρήση τόσο μεγάλης ποσότητας ηλιακής ενέργειας όσο θα καταλάωνε ένα λιγότερο μονωμένο σπίτι.

Έχουμε μια ακόμα περίπτωση που ερευνήθηκε, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.8.3.2.1, ένα σπίτι με μεγαλύτερα παράθυρα για το οποίο χρειάζεται περισσότερη ενέργεια, όχι μόνο για την ψύξη του, αλλά και για θέρμανσή του κατά τη διάρκεια του έτους.

Υπήρξε, επίσης, προσπάθεια για μια ακραία περίπτωση χωρίς καθόλου παράθυρα, ούτε προς τα βόρεια ούτε προς τα νότια, κάτι το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ότι θα ήταν ο πιο αποτελεσματικός ενεργειακός τρόπος ανοικοδόμησης ενός κτιρίου, εξετάζοντας τόσο την ψύξη όσο και θέρμανσή του. Η συγκεκριμένη, όμως περίπτωση δεν είναι ρεαλιστική, συνεπώς και μη πραγματοποιήσιμη. Το βέλτιστο μέγεθος των παραθύρων πρέπει να βρίσκεται κάπου μεταξύ του αρχικού μεγέθους και μιας μειωμένης περιοχής του 50%, από ενεργειακής απόψεως (βλέπε εικόνα 4.8.3.2.1).

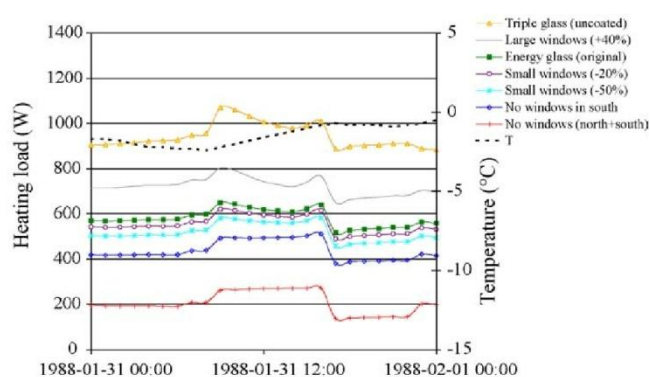
Δεν είναι μόνο σημαντικό να εξετάσουμε την ετήσια ανάγκη ενέργειας των κτιρίων, αλλά και να εκτιμηθεί η μέγιστη ισχύς που απαιτείται για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους. Εάν αυτή η ισχύς μπορεί να μειωθεί, τότε μπορεί να μειωθεί και το κόστος εγκατάστασης για ένα σύστημα θέρμανσης ή ψύξης.

Στην εικόνα 4.8.3.2.2, εμφανίζεται το φορτίο θέρμανσης σε μια συνεφιασμένη ημέρα του Ιανουαρίου για διαφορετικά μεγέθη παραθύρων. Η υπαίθρια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 2 και 0 βαθμών Κελσίου. Καμία σημαντική διαφορά δε μπορεί να θεωρηθεί για τις περιπτώσεις με πολύ μικρότερα παράθυρα ή με μεγαλύτερα παράθυρα.



Εικόνα 4.8.3.2.1

Ετήσιες απαιτήσεις ενέργειας για διαφορετικούς τύπους ενεργειακών γυαλιών. Τριπλό μη επιχρισμένο γυαλί, καθώς και μια ακραία περίπτωση χωρίς καθόλου παράθυρα, ούτε προς τα νότια ούτε προς τα βόρεια, είναι κάποιες από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν. Η βέλτιστη, όσον αφορά το χώρο, θερμική ζήτηση μπορεί να βρεθεί κάπου μεταξύ μιας μειωμένης ζώνης των 20 και 50%.



Εικόνα 4.8.3.2.2

Η θερμική ένταση σε μια συνεφιασμένη ημέρα του χειμώνα, τον Ιανουάριο για διάφορα μεγέθη παραθύρου προσανατολισμένα προς το νότο. Δείχνει επίσης την περίπτωση του τριπλού μη επιχρισμένου γυαλιού, την περίπτωση χωρίς νότια παράθυρα, αλλά και χωρίς καθόλου παράθυρα ούτε προς τα βόρεια ούτε προς τα νότια. Ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο μέγεθος του παραθύρου δεν θα επηρεάσει δραματικά το φορτίο αιχμής.

Τα μεγαλύτερα παράθυρα θα έδιναν ένα μεγαλύτερο φορτίο αιχμής, αλλά αυτό θα ήταν ακόμη χαμηλότερο από ότι για την περίπτωση με τα τριπλά τζάμια παράθυρα. Η περίπτωση χωρίς παράθυρα καθόλου θα έδινε ένα πολύ χαμηλότερο φορτίο αιχμής, αλλά αυτή είναι μια κατάσταση δυσάρεστη και μη ρεαλιστική. Είναι επίσης δυνατό να δείτε πώς το φορτίο αυξάνεται καθώς η υπαίθρια θερμοκρασία μειώνεται κατά τις πρωινές ώρες.

4.8.4 Συμπεράσματα και προοπτικές

Οι πολυκατοικίες στο Γκέτεμποργκ, λειτούργησαν εξαιρετικά καλά. Η ζήτηση θέρμανσης του χώρου έτσι ώστε να τηρούν θερμοκρασία 23 C είναι 1282 kWh για ένα σπίτι μεσαίου μεγέθους, κάτι το οποίο είναι πολύ κάτω από ένα πρότυπο του σπιτιού αυτού του μεγέθους. Η καλή θερμική μόνωση ενός σπιτιού μειώνει την ανάγκη για ηλιακή ακτινοβολία η οποία είναι υπεύθυνη ώστε να διατηρεί το σπίτι ζεστό, και οι συγκεκριμένες πολυκατοικίες ήταν εξαιρετικά μονωμένες. Γι ' αυτό το λόγο και ο ήλιος δεν παίζει σημαντικό ρόλο για την αύξηση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων. Για παράδειγμα, εάν οι ενοικιαστές προτιμάτε μεγαλύτερα παράθυρα στα βόρεια, αυτό θα είχε πολύ μικρό επιπλέον κόστος ενέργειας για θέρμανση, εφόσον βέβαια χρησιμοποιούνται ενεργειακής απόδοσης παράθυρα.

Το μέγεθος των παραθύρων δεν επηρεάζει αισθητά τη μέγιστη ισχύ για θέρμανση. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας ένα μεγαλύτερο παράθυρο προσανατολισμένο νότια θα απαιτούσε ένα ποσοστό αύξησης του εξαιρισμού καθώς και τη χρήση συσκευών σκίασης έτσι ώστε να μειωθούν οι υπερβολικές θερμοκρασίες, ή να αυξηθεί η ισχύς που χρειάζεται για την ψύξη του σπιτιού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι ένα παράθυρο προς τα νότια είναι καλύτερο να υπάρχει, από την άποψη της ενέργειας. Τα ηλιακή κέρδη από τα παράθυρα συμβάλλουν στη θέρμανση του χώρου, και είναι σημαντικό να μην μειωθεί η συνολική έκταση των παραθύρων. Μια μικρότερη συνολική περιοχή παραθύρων μπορεί να μειώσει σημαντικά το διαθέσιμο φως κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Ένας πρακτικός κανόνας είναι ο εξής: η περιοχή που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση παραθύρων, δηλαδή ο γυάλινος τομέας του σπιτιού, δεν πρέπει να μικρότερος από το 10% της επιφάνειας δαπέδου. Είναι δυνατόν να διανεμίσετε περιοχή των παραθύρων διαφορετικά μεταξύ των δωματίων και των χώρων του σπιτιού, δεδομένου ότι δεν είναι ζωτικής σημασίας για την θερμική ζήτηση να υπάρχουν μεγάλα παράθυρα προσανατολισμένα προς τα νότια.

Κοιτάζοντας μόνο από την άποψη του μεγέθους της ψύξης που απαιτείται, το καλύτερο θα ήταν να μειωθεί η περιοχή των παραθύρων προς το νότο σε μηδενική, δηλαδή κανένα παράθυρο προσανατολισμένο προς τα νότια. Κάτι τέτοιο, όμως, δε θα ήταν ρεαλιστικό. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, καθώς και τις ηλιόλουστες ημέρες κατά τη διάρκεια της άνοιξης θα ήταν βοηθητικό να χρησιμοποιούνται συσκευές σκίασης, ώστε να μειωθεί η ψύξη που απαιτείται. Εάν αυτά τα σπίτια είχαν χτιστεί σε θερμότερο κλίμα με περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και όπου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κλιματισμός, θα ήταν σημαντικό να μην επιλέξετε υπερβολικά μεγάλα παράθυρα για να διατηρήσετε τη μέγιστη ισχύ για την ψύξη του σπιτιού.

Σε αυτό το έργο μόνο η περιοχή των παραθύρων προς τα νότια ποικίλλουν και έχει διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει το μέγεθος του παραθύρου που μπορεί να θεωρηθεί ως το βέλτιστο. Εκτελώντας προσομοιώσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, θα μπορούσατε να βρείτε το καλύτερο μέγεθος για μια άνετη κατάσταση στα σπίτια όσον αφορά το φως, το οποίο ενδέχεται να μην είναι το ίδιο με αυτό που βρέθηκε από την προοπτική της ενέργειας.

4.9 ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ [9,10]

Ενεργειακά αποδοτικοί υαλοπίνακες είναι οι υαλοπίνακες με αυξημένη θερμική αντίσταση. Η αύξηση της θερμικής αντίστασης των υαλοπινάκων μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους, όπως :

1. Αυξάνοντας το πλάτος του διάκενου.
2. Χρησιμοποιώντας υαλοπίνακες με επιστρώσεις χαμηλής εκπομπής (Low-E).
3. Γεμίζοντας το διάκενο με αέρια χαμηλότερης αγωγιμότητας από αυτήν του ξηρού αέρα.
4. Μειώνοντας τη συναγωγή στην περιοχή του διάκενου.
5. Δημιουργώντας συνθήκες μερικού ή ολικού κενού στο διάκενο.

Κεφάλαιο 5ο : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

5.1 ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ[6]

Η επιλογή των δομικών υλικών και συστημάτων για την κατασκευή ενός κτιρίου επηρεάζει τόσο την ενεργειακή του συμπεριφορά όσο και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Προφανώς, οι ικανότητες απορρόφησης, αποθήκευσης και μετάδοσης της θερμότητας διαφέρουν από υλικό σε υλικό και αποτελούν τα θερμικά χαρακτηριστικά του. Παρακάτω ορίζονται τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών :

α) Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας k ($\frac{kcal}{hm^{\circ}C} = 1,163 \frac{W}{mK}$) είναι η ιδιότητα

κάθε υλικού η οποία καθορίζει το ποσό της θερμότητας που διαρρέει, μέσα σε 1h, μια επιφάνεια υλικού πάχους 1 m, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο παράλληλων επιφανειών του υλικού είναι 1 °C. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι ένα μέγεθος με μεγάλη σημασία γιατί καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Δηλαδή, όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, τόσο πιο θερμομονωτικό είναι το υλικό στο οποίο αναφέρεται.

β) Θερμοχωρητικότητα C ενός υλικού ή ενός δομικού στοιχείου ($\frac{J}{K}$) ονομάζεται

η ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα - που δέχεται από το περιβάλλον - μέσα στη μάζα του και να την αποδίδει βαθμιαία με σημαντική χρονική υστέρηση. Η θερμότητα που αποθηκεύει είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας του υλικού, της θερμοκρασίας του αέρα που το περιβάλλει, της ειδικής θερμοχωρητικότητας του υλικού και της μάζας του.

γ) Ειδική Θερμοχωρητικότητα C_p ενός υλικού ($\frac{kcal}{kg^{\circ}C}$) καλείται το ποσό της

ενέργειας που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία 1 kg από το υλικό κατά 1 °C.

δ) Πυκνότητα ρ του υλικού ($\frac{kg}{m^3}$).

ε) Θερμική αντίσταση R του υλικού ($\frac{m^2K}{W}$) που δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{L}{kA} \quad (5.1.1)$$

όπου L το πάχος του υλικού, k ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και A η επιφάνεια συναλλαγής. Αύξηση του πάχους οδηγεί σε αύξηση της θερμικής αντίστασης και επομένως αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας του υλικού. Υπάρχει όμως μια οριακή τιμή πάχους σε κάθε μονωτικό υλικό, πέρα από το οποίο δεν αυξάνεται η θερμική αντίσταση και, επομένως, δεν υφίσταται περαιτέρω ενεργειακή εξοικονόμηση.

Στον παρακάτω πίνακα [10] δίδονται οι τυπικοί εξωτερικοί τοίχοι και οροφές που συναντώνται στα κτήρια του ελλαδικού χώρου, μαζί με τη σύνθεση και το πάχος των στρωμάτων τους.

Παρακάτω δίδονται οι τυπικοί εξωτερικοί τοίχοι και οροφές που συναντώνται στα κτήρια του ελλαδικού χώρου, μαζί με τη σύνθεση και το πάχος των στρωμάτων τους

Κωδικός τοίχου	Κωδικός Αριθμός Στρωμάτων	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U (W/m ² K)
G1	FL,B9,I4,B9,FL	0.66
G2	FL,B9,B9,FL	2.13
G3	G3,B9,A6,B9,FL	1.37
G4	FL,B6,I5,B6,FL	0.59
G5	FL,B6,A6,B6,FL	1.54
G6	FL,B9,I4,B6,FL	0.64
G7	FL,B9,A6,B6,FL	1.45
G8	DB,A2,I5,B9,FL	0.54
G9	DB,A2,B9,FL	1.83
G13	FL,C19,I5,FL	0.62
G14	FL,C19,FL	3.27
G15	FL,C25,I5,P	0.59
G16	FL,C19,I5,B6,FL	0.569
G17	FL,C19,B6,FL	2.57
G18	FL,M,FL	2.30

Κωδικοί Τοίχων και δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται

Κωδικός Οροφής	Κωδικός αριθμός στρωμάτων	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U (W/m ² K)
1	CG,WP,I6,C7,CR,FL	0.461
2	CR,FL	3.793
3	CC,CP,CR,FL	1.442
4	RS,CL,CR,FL	3.350
5	CG,CP,CR,FL	2.933
6	WP,CP,CR,FL	1.747
7	RS,CL,WP,CP,CR,FL	1.647
8	RT,W,I8,CR,FL	0.376
9	RT,A8,CR,FL	1.499
10	CG,I6,CR,FL	0.534

Κωδικοί οροφών και των στρωμάτων τους.

Κωδικός Αριθμός Στρώματος	Περιγραφή	Πάχος d (m)	Ποκνότητα ρ (Kg/m ³)	Συντελεστής ειδικής θερμότητας C (J/kgK)	Θερμική Αγωγιμότητα k (W/mK)
A2,A6,A8	Air Space	0.02, 0.06, 0.08	1.1614	1007	0.23
B6,B9	Brick	0.06, 0.09	1920	840	0.72
C7,C19,C25	Concrete	0.07, 0.19, 0.25	2300	880	2.20
CC	Cellular Concrete	0.10	961	880	0.26
CG	Gravel Concrete	0.07	2300	880	2.20
CL	Lime- Concrete Mixture	0.02	1860	835	1.20
CP	Pumic Concrete	0.10	2300	880	2.20
CR	Reinforced Concrete	0.14	2300	880	2.20
DB	Decorative Concrete	0.09	2082	840	1.30
FL	Finishing Layer	0.015-0.020	1860	835	1.20
I4,I5,I6,I8	Insulation	0.04, 0.05, 0.06, 0.08	32	840	0.038
M	Masonry	0.60	2630	810	2.80
P	Plasterboard	0.0125	800	1215	0.17
RS	Roof Slates	0.04	2300	880	2.20
RT	Roofing Clay Tiles	0.04	1920	840	0.72
W	Wood frame	0.04	550	2400	0.17
WP	Waterproof Layer	0.01	32	840	0.038

Κωδικοί, περιγραφή και πάχος δομικών στρωμάτων από τα οποία αποτελούνται συνήθεις τοίχοι και οροφές.

5.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ [1,6,10]

Τα θερμικά κέρδη και οι θερμικές απώλειες οδηγούν σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμων, ηλεκτρικού ρεύματος και ενέργειας εν γένει για την ψύξη κατά τους θερινούς μήνες και τη θέρμανση κατά τους χειμερινούς. Η προστασία του κτιρίου από τις εξωτερικές θερμοκρασίες ονομάζεται **θερμομόνωση**.

Η θερμομόνωση βελτιώνει την ικανότητα αντίστασης του κελύφους έναντι των θερμικών απωλειών και των θερμικών κερδών, περιορίζοντας την ροή της θερμότητας προς το εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια του θέρους και προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ταυτόχρονα όμως με τη θερμομονωτική προστασία των κτηρίων, ελαχιστοποιείται και ο κίνδυνος του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών (δρόσου) και προστατεύονται οι κατασκευές από φαινόμενα υγρασίας του εσωτερικού χώρου. Σε γενικότερο επίπεδο περιορίζεται η απαίτηση για κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια μειώνεται η κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και η ρύπανση του περιβάλλοντος από παραγωγή αέριων ρύπων.

Η τήρηση των κανονισμών είναι κεφαλαιώδους σημασίας. Εάν τοποθετηθεί μόνωση πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς και ο αερισμός του κτιρίου δεν είναι επαρκής, κατά τους θερινούς μήνες θα υπάρξει επιβάρυνση της θερμικής λειτουργίας του κτιρίου, καθώς η απορροφώμενη θερμότητα θα είναι δύσκολο να διαχυθεί στο εξωτερικό περιβάλλον.

Το κατασκευαστικό κόστος αυξάνεται, με την εφαρμογή της θερμομόνωσης, κατά 4%. Το κέρδος όμως από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι, μακροπρόθεσμα, μεγαλύτερο, καθώς μειώνεται το λειτουργικό κόστος του κτιρίου.

Η θερμομόνωση επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία, καθώς ένα θερμομονωτικό υλικό μπορεί να χάσει πάνω από το 50% της μονωτικής του ικανότητας με την παρουσία υδρατμών. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται μελέτη συμπύκνωσης υδρατμών και αν χρειάζεται να τοποθετείται φράγμα υδρατμών.

Κατηγορίες θερμομόνωσης

Οι κατηγορίες της θερμομόνωσης είναι οι εξής :

- α) εσωτερική
- β) εξωτερική
- γ) μέσα στην τοιχοποιία

Η θερμομόνωση εφαρμόζεται στους εξωτερικούς τοίχους, τους εσωτερικούς τοίχους οι οποίοι συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους όπως αποθήκες, την οροφή, τα δάπεδα τα οποία συνορεύουν με το εξωτερικό περιβάλλον – πυλωτές – ή με μη θερμαινόμενους χώρους, όπως υπόγεια και κελάρια, καθώς και σε όλες τις εξωτερικές πλευρές του σκελετού – δοκάρια, κολώνες, απολήξεις πλακών, παράθυρα.

5.2.1 Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, το πάχος τους, τη χρήση και τις απαιτήσεις των χώρων που περικλείουν οι εγωτερικοί υίχοι θερμομονώνονται με πέντε τρόπους. Κάθε τρόπος παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα , οπότε η τελική επιλογή πρέπει να γίνει με κριτήρια τις ειδικές λειτουργικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις του κτιρίου.

1. Εσωτερική θερμομόνωση

Στην περίπτωση αυτή, το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εσωτερική πλευρά του τοίχου και, κατόπιν, καλύπτεται με ορθοδρομική τοιχοποιία ή γυψοσανίδα. Ακολουθεί η επίστρωση του επιχρίσματος και η βαφή της τοιχοποιίας ή η βαφή της γυψοσανίδας. Αποτελεί τον οικονομικότερο τρόπο θερμομόνωσης. Το μονωτικό υλικό παρεμποδίζει τη ροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του τοίχου. Επομένως, ο χώρος θερμαίνεται μεν γρήγορα από τα συστήματα θέρμανσης, ψύχεται όμως και γρήγορα όταν σταματήσει η λειτουργία τους. Επιπλέον, μειώνεται ο ωφέλιμος χώρος και οι εξωτερικές πλευρές του σκελετού του κτιρίου παραμένουν αμόνωτες – δημιουργία θερμογεφυρών. Αναλυτικά για τις θερμογέφυρες θα ασχοληθούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

2. Εξωτερική θερμομόνωση

Στην περίπτωση αυτή, το μονωτικό υλικό επικολλάται στην εξωτερική πλευρά του τοίχου. Ακολουθεί μια πρώτη στρώση επιχρίσματος, το πλέγμα οπλισμού, μια δεύτερη στρώση επιχρίσματος και το τελικό επίχρισμα. Τα επιχρίσματα τα οποία χρησιμοποιούνται είναι διαρκούς ελαστικότητας – ακρυλικής βάσης. Η εξωτερική θερμομόνωση έχει υψηλό κόστος, αλλά εφαρμόζεται σε ολόκληρο το ύψος και το πλάτος της τοιχοποιίας και καλύπτει όλες τις εξωτερικές πλευρές του σκελετού του κτιρίου – δεν υπάρχουν, επομένως, θερμογέφυρες. Εφαρμόζεται τόσο σε επιχρισμένη όσο και σε ανεπίχριστη τοιχοποιία, δεν μπορεί όμως να εφαρμοσθεί σε όψεις με ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό ανάγλυφο. Το μονωτικό υλικό δεν εμποδίζει τη ροή της θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον και, συνεπώς, είναι δυνατή η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου. Επομένως, ο χώρος θερμαίνεται μεν αργά από τα συστήματα θέρμανσης, ψύχεται όμως και αργά όταν σταματήσει η λειτουργία τους. Η εφαρμογή της πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένα συνεργεία, αλλιώς ενέχει τον κίνδυνο εμφανίσεων μικρορηγμάτων.

3. Εξωτερική αεριζόμενη θερμομόνωση με προκέλυφος

Η περίπτωση αυτή περιλαμβάνει την τοποθέτηση στηριγμάτων σχήματος Z από γαλβανισμένο χάλυβα κατά μήκος των πλακών, στην περίμετρο κάθε ορόφου. Ακολουθεί η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού, το οποίο επικαλύπτει τον τοίχο, και η τοποθέτηση τρίμετρων δοκών από γαλβανισμένο χάλυβα στις εγκοπές των στηριγμάτων σχήματος Z. Σειρά έχει η ανάρτηση προκατασκευασμένων επιφανειών προκέλυφος επάνω στις χαλύβδινες δοκούς μέσω ανοξείδωτων αγκίστρων τα οποία είναι τοποθετημένα στο οπίσθιο μέρος των επιφανειών προκέλυφος στο επάνω μέρος. Οι επιφάνειες προκέλυφος είναι οπλισμένες πλάκες από τσιμέντο, οι οποίες έχουν πάχος 7 mm, φύλλο αλουμινίου επικολλημένο στην οπίσθια πλευρά και θυρίδες εξαερισμού. Τοποθετούνται σε απόσταση 4 cm από το μονωτικό υλικό και στο διάκενο κυκλοφορεί αέρας με φυσικό ελκυσμό. Η εξωτερική πλευρά των επιφανειών προκέλυφος διαμορφώνεται από τρεις στρώσεις επιχρίσματος. Η εξωτερική αεριζόμενη θερμομόνωση με προκέλυφος χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος αλλά και από όλα τα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης. Η φυσική κυκλοφορία του αέρα προστατεύει την τοιχοποιία από την υγρασία, ενώ το φύλλο αλουμινίου, καθώς λειτουργεί ως ανακλαστικό φράγμα, μειώνει τις θερμικές απώλειες κατά τους χειμερινούς μήνες και τα θερμικά κέρδη κατά τους θερινούς.

4. Θερμομόνωση στον πυρήνα της τοιχοποιίας

Σε αυτό το είδος θερμομόνωσης, το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού τοίχου. Ο εσωτερικός και ο εξωτερικός τοίχος συνδέονται με ειδικά αγκύρια για την επίτευξη της απαραίτητης αντισεισμικής συμπεριφοράς. Ειδικά για τις περιοχές όπου επικρατούν δύσκολες καιρικές συνθήκες, υπάρχει η πρόβλεψη διακένου πάχους 5-10 cm μεταξύ του μονωτικού υλικού και του εξωτερικού τοίχου. Το κόστος αυτού του είδους θερμομόνωσης είναι μεγαλύτερο εκείνου της εσωτερικής θερμομόνωσης, αλλά μικρότερο εκείνου της εξωτερικής. Τέλος, αξιοποιεί τη θερμοχωρητικότητα μόνο του εσωτερικού τοίχου.

5. Τοίχος με θερμομονωτικούς οπτόλινθους

Αυτό το είδος θερμομόνωσης εκμεταλλεύεται πλήρως τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας. Το μειονέκτημά της είναι πως ωστόσο εύκολα από την υγρασία – όπως τα όμβρια ύδατα. Όσο διάστημα είναι βρεγμένη δεν παρέχει σωστή θερμική προστασία. Η επιλογή της θερμομόνωσης στα κτίρια εξαρτάται και από το εάν πρόκειται για νέα ή υφιστάμενη κατασκευή. Σε νέα κτίρια, η εσωτερική θερμομόνωση των τοίχων επιλέγεται όταν πρωταρχικός στόχος είναι η γρήγορη θέρμανση του κτιρίου - όπως για παράδειγμα σε χώρους αναψυχής, θέατρα, κινηματογράφους, ναούς, εξοχικές κατοικίες και λοιπά. Όσον αφορά στα υφιστάμενα κτίρια, μόνο η εσωτερική και η εξωτερική θερμομόνωση μπορούν να εφαρμοσθούν. Προτεραιότητα θα πρέπει να δίδεται στην εξωτερική θερμομόνωση. Όταν η εφαρμογή της εξωτερικής είναι αδύνατη, θα πρέπει να επιλέγεται η εσωτερική.

5.2.2 Θερμομόνωση οροφής

Η θερμομόνωση του δώματος – επίπεδη οροφή - μπορεί να γίνει με τέσσερις τρόπους:

1. Εσωτερική θερμομόνωση

Στην εσωτερική θερμομόνωση, το μονωτικό υλικό τοποθετείται κάτω από την πλάκα του δώματος. Ακολουθεί το φράγμα υδρατμών και το εσωτερικό επίχρισμα. Αυτό το είδος θερμομόνωσης θα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα της πλάκας του δώματος.

2. Συμβατικό δώμα

Στο συμβατικό δώμα, το μονωτικό υλικό τοποθετείται επάνω από την πλάκα του δώματος. Στη συνέχεια τοποθετείται το μπετόν κλίσεων και οι διάφορες στεγανωτικές στρώσεις.

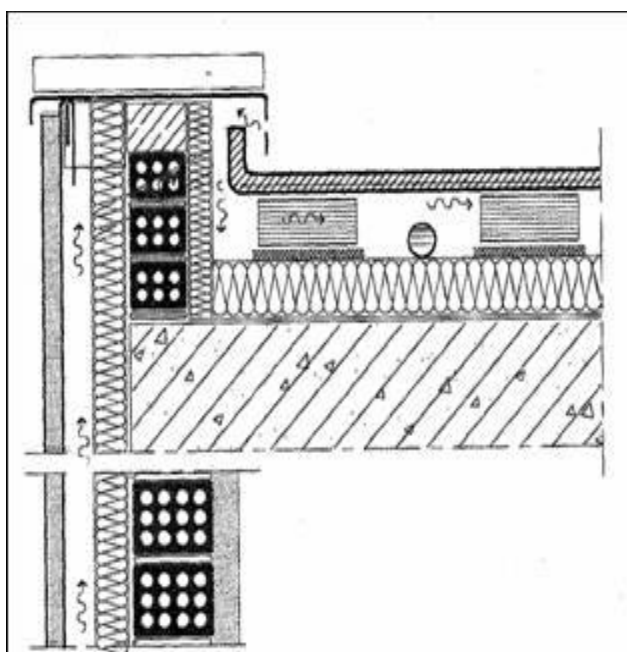
3. Ανεστραμμένο δώμα

Στην περίπτωση αυτή, το μπετόν κλίσεων τοποθετείται επάνω από την πλάκα του δώματος και, ακολούθως, τοποθετούνται οι διάφορες στεγανωτικές στρώσεις και η θερμομόνωση. Στο ανεστραμμένο δώμα δεν εφαρμόζεται φράγμα υδρατμών, καθώς οι στεγανωτικές στρώσεις λειτουργούν οι ίδιες ως φράγμα.

4. Αεριζόμενη θερμομόνωση δώματος με προκέλυφος

Στην αεριζόμενη θερμομόνωση με προκέλυφος, το μονωτικό υλικό τοποθετείται επάνω από την πλάκα του δώματος. Στη συνέχεια, τοποθετούνται έδρανα από κεραμικά και, επάνω σε αυτά, γίνεται σκυρόδεση της πλάκας προκέλυφος, η οποία έχει πάχος 4-6 cm. Η απομάκρυνση των όμβριων υδάτων γίνεται με ένα δίκτυο οριζόντιων και κατακόρυφων σωλήνων. Η τοποθέτηση των οριζόντιων σωλήνων με τα φρεάτια γίνεται στο διάκενο πάχους 10 cm μεταξύ πλάκας και θερμομόνωσης, το οποίο ονομάζεται και διάκενο εξαερισμού. Με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα μέσα στο διάκενο αυτό, το δώμα προστατεύεται από την υγρασία. Δεν απαιτείται να τοποθετηθούν πλακάκια ή τσιμεντόπλακες, καθώς η επάνω πλευρά της πλάκας προκέλυφος λειαίνεται με περιστροφικό λειαντήρα. Το προκέλυφος συνεισφέρει επίσης τόσο στη σκίαση του κελύφους κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών και, επομένως, στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου όσο και στη μεταφορά θερμότητας από το κελύφος στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου - μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο μεταξύ προκελύφους και κελύφους.

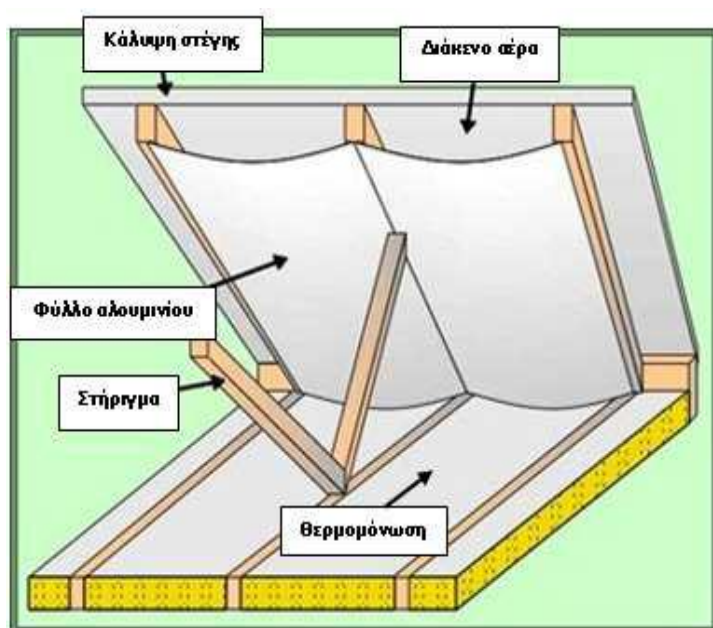
Τέλος, συνεισφέρει και στην αύξηση της θερμικής προστασίας του κτιρίου κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, καθώς ο αέρας ο οποίος κυκλοφορεί στο κελύφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του αέρα ο οποίος κυκλοφορεί στο εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι, μέσω του διπλού κελύφους, περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον – αυξάνεται επομένως η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Προϋπόθεση της εφαρμογής αυτής της τεχνικής είναι η θερμομόνωση του εσωτερικού τμήματος του αεριζόμενου κελύφους.



Σχήμα 5.2.2.1: Προκέλυφος πρόσοψης και οροφής.
Πηγή: ΚΑΠΕ

Η θερμομόνωση της κεκλιμένης οροφής γίνεται με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης πάνω από την οπλισμένη πλάκα σκυροδέματος και αφού προηγηθεί το φράγμα των υδρατμών. Στη συνέχεια, πάνω από τη θερμομόνωση, τοποθετείται η στεγανωτική στρώση και ακολουθούν τα κεραμίδια.

Μια τεχνική η οποία δίδει θετικά αποτελέσματα είναι το φράγμα ακτινοβολίας (radiant barrier) το οποίο μειώνει το ποσό της ηλιακής ενέργειας η οποία διαπερνά την οροφή, συνεισφέροντας στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Το φράγμα ακτινοβολίας αποτελείται από λεπτά φύλλα αλουμινίου – τα οποία χαρακτηρίζονται από έχουν υψηλούς συντελεστές εκπομπής και ανακλαστικότητας, με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα ποσοστά ακτινοβολίας - τοποθετούμενα κάτω από τη στέγη. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η θερμική ακτινοβολία η οποία απορροφάται από τη στέγη, δεν εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Ένα παράδειγμα φράγματος ακτινοβολίας φαίνεται στο σχήμα 5.2.2.2.



Σχήμα 5.2.2.2 : Φράγμα ακτινοβολίας.
Πηγή: ΚΑΠΕ

Ένα πλεονέκτημα της στέγης είναι πως ο διαρκής αερισμός περιορίζει τα προβλήματα υγρασίας. Στις περιπτώσεις όπου ο αερισμός της στέγης είναι διαμπερής, η θερμότητα του φράγματος ακτινοβολίας μεταφέρεται στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Συνεπώς, τα φύλλα αλουμινίου δεν υπερθερμαίνονται και το φράγμα ακτινοβολίας λειτουργεί αποδοτικότερα.

5.2.3 Θερμομόνωση δαπέδου

Η **θερμομόνωση του δαπέδου** μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

1. Εσωτερική θερμομόνωση

Στην εσωτερική θερμομόνωση, επάνω στο δάπεδο τοποθετείται η εξισωτική στρώση και ακολουθούν η στεγανωτική στρώση και το μονωτικό υλικό. Επάνω στο μονωτικό υλικό τοποθετείται το γαρμπιλόδεμα, το κονίαμα και τα πλακάκια ή το μάρμαρο. Ειδικά για τα πλακάκια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κόλλα ακρυλικής βάσης αντί κονιάματος.

2. Εξωτερική θερμομόνωση

Στην εξωτερική θερμομόνωση, το μονωτικό υλικό τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά της πλάκας και ακολουθούν το πλέγμα οπλισμού και το επίχρισμα. Η μόνωση του δαπέδου το οποίο έρχεται σε επαφή με το έδαφος δεν είναι απαραίτητη, καθώς η θερμοκρασία του εδάφους είναι σχεδόν σταθερή και πάντοτε μεγαλύτερη της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών και χαμηλότερη της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Σε θερμά κλίματα, αυτή η έλλειψη μόνωσης βοηθά στην απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας προς το έδαφος κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

5.3 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Θερμομονωτικά υλικά είναι τα υλικά εκείνα, που έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας k (συνήθως $k < 0,1 \frac{W}{mK}$). Πρόκειται επομένως για υλικά τα οποία περιορίζουν τη διάδοση της θερμότητας μέσα από τη μάζα τους. Ένα υλικό είναι, επομένως, τόσο περισσότερο θερμομονωτικό είναι το υλικό, όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής λ ο οποίος το χαρακτηρίζει. Καθώς όμως όλα τα θερμομονωτικά υλικά έχουν κάποιον συγκεκριμένο χρόνο ζωής, με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζουν αύξηση του θερμικού συντελεστή αγωγιμότητας.

Επειδή ο ακίνητος αέρας είναι το υλικό με τον μικρότερο συντελεστή λ , όλα τα θερμομονωτικά υλικά περιλαμβάνουν στον όγκο τους μεγάλο αριθμό είτε κυψελίδων αέρα (όπως η διογκωμένη πολυστερίνη), είτε ινών (όπως ο υαλοβάμβακας), οι οποίες περιέχουν ακίνητο αέρα.

Τα θερμομονωτικά υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Ανόργανα υλικά: Διογκωμένος περλίτης, Υαλοβάμβακας, Πετροβάμβακας, Ορυκτοβάμβακας, Θερμομονωτικά τούβλα, Μονωτικά σκυροδέματα , Διογκωμένη άργιλος, κ.α.

Οργανικά υλικά: Ξυλόμαλλο, Γη διατόμων, Πολυουρεθάνη, Διογκωμένη πολυστερίνη, Εξηλασμένη πολυστερίνη, Πολυστυρόλη, Φαινολική ρητίνη, Διογκωμένος φελλός, κ.α.

5.3.1 Ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών

Οι βασικές ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών είναι οι ακόλουθες:

Θερμοκρασία

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με τη θερμοκρασία, οπότε μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Για θερμοκρασίες μέχρι 100 °C χρησιμοποιούνται συνήθως οργανικά υλικά. Από 100-500 °C χρησιμοποιούνται ανόργανα υλικά και από 500-800 °C χρησιμοποιούνται, κατά προτίμηση, μονωτικά υλικά από γη διατόμων. Τέλος, κατάλληλα υλικά για ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι ο εμποτισμένος φελλός, οι αφρώδεις ρητίνες και ο πετροβάμβακας.

Υγρασία

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνεται με την υγρασία, οπότε μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται εύκολα, αν σκεφτούμε, ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού ($k= 0,57 \frac{W}{m^2}$) είναι 24 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του ακίνητου αέρα ($k= 0,024 \frac{W}{m^2}$). Τα ανόργανα ινώδη μονωτικά υλικά (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, σκωριοβάμβακας) επηρεάζονται από την υγρασία, ενώ τα οργανικά αφρώδη μονωτικά υλικά είναι αδιάβροχα.

Ηλιακή ακτινοβολία

Τα αφρώδη οργανικά μονωτικά υλικά κινδυνεύουν άμεσα από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, όταν παραμένουν επί μακρόν εκτεθειμένα σε αυτήν. Έχουμε σταδιακή αλλοίωση του υλικού, μείωση της αντοχής του και απώλεια των θερμομονωτικών ιδιοτήτων.

Μηχανική αντοχή

Η αντοχή των μονωτικών υλικών σε θλιπτικά ή εφελκυστικά φορτία είναι πολύ σημαντική όταν:

α)η τοιχοποιία είναι φέρουσα και το μονωτικό υλικό ανήκει στα φέροντα στοιχεία της (π.χ.θερμομονωτικά τούβλα) και

β)το μονωτικό υλικό τοποθετηθεί σε ψευδοροφές με μεγάλα ανοίγματα.

Τα οργανικά αφρώδη μονωτικά υλικά έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τα ανόργανα ινώδη.

5.3.2 Τα σπουδαιότερα θερμομονωτικά υλικά

Τα σπουδαιότερα θερμομονωτικά υλικά είναι τα ακόλουθα :

Διογκωμένος περλίτης

Παράγεται από τον περλίτη (ορυκτό ηφαιστειακής προέλευσης), με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 900 °C, ο οποίος διογκώνεται κατά 10 – 25 φορές και θραύεται σε μικρούς κόκκους, που περιέχουν αέρα στο εσωτερικό τους. Δεν προσβάλλει τα μέταλλα, αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες, δεν προσβάλλεται από την υγρασία και τους μύκητες και χρησιμοποιείται στην παρασκευή μονωτικών επιχρισμάτων (περλιτικά επιχρίσματα). Ο φυσικός περλίτης χρησιμοποιείται σαν αδρανές υλικό ή υλικό πλήρωσης για την κατασκευή θερμομονωτικών τοιχωμάτων, δαπέδων και ταρατσών. Η εμπορική του ονομασία είναι Perlomin.

Υαλοβάμβακας

Παράγεται από την ινοποίηση ρευστού πυριτικού γυαλιού και είναι ινώδες μονωτικό υλικό. Προσβάλλεται από την υγρασία και το υδροχλωρικό οξύ και είναι άκαυστος. Έχει πολύ καλές ηχομονωτικές ιδιότητες και στο εμπόριο υπάρχει σε διάφορες μορφές (πάπλωμα με ή χωρίς επικάλυψη, πλάκες κοινές, πλάκες ενισχυμένες, πλάκες σκληρές, κ.τ.λ). Χρησιμοποιείται στις οροφές, τα δάπεδα και τους τοίχους, καθώς και στη θερμομόνωση θερμοσίφωνων και ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Στους τοίχους τοποθετείται ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, εξωτερικά (καλύπτεται με μάρμαρο ή άλλο οικοδομικό υλικό) ή εσωτερικά (καλύπτεται με ξύλο ή γυψοσανίδα).

Πετροβάμβακας

Παράγεται από μίγμα ασβεστολίθων, δολομιτών και βωξιτών και είναι ινώδες μονωτικό υλικό. Προσβάλλεται από την υγρασία, είναι άκαυστος και έχει ηχομονωτικές ιδιότητες. Στο εμπόριο υπάρχει σε διάφορες μορφές και χρησιμοποιείται σε μονώσεις σωληνώσεων, δοχείων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, με θερμοκρασία έως 1100 °C.

Ορυκτοβάμβακας

Παράγεται από ίνες ορυκτών υλικών και διατίθεται σε πλάκες απλές, πλάκες επενδεδυμένες με φύλλο αλουμινίου ή υαλοϋφασμα και χύμα. Χρησιμοποιείται σε οικοδομικές μονώσεις (θερμικές και ακουστικές), καθώς και σε μονώσεις σωληνώσεων, αεραγωγών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων με θερμοκρασία έως 750 °C.

Θερμομονωτικά τούβλα

Τα θερμομονωτικά τούβλα είναι τούβλα στη μάζα των οποίων έχουν δημιουργηθεί μικρές σφαιρικές κοιλότητες με αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόσμιξη στην άργιλο, πριν ακόμα ψηθεί, κόκκων διογκωμένης πολυστερίνης. Κατά το ψήσιμο η πολυστερίνη καίγεται και αφήνει κυψέλες με αέρα στη μάζα της αργίλου. Κατασκευάζονται σε πολλές διαστάσεις, έχουν το χρώμα και τη μορφή των κοινών τούβλων και είναι ελαφρύτερα από τα κοινά διάτρητα τούβλα κατά 25 – 40%. Αντέχουν στον παγετό και στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες και παρά το γεγονός ότι απορροφούν υγρασία, έχουν τη δυνατότητα να την επαναποδώσουν εύκολα στην ατμόσφαιρα και να στεγνώσουν. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξωτερικών τοίχων χωρίς τη χρήση άλλου θερμομονωτικού υλικού και επιχρίονται (εσωτερικά – εξωτερικά) με όλα τα επιχρίσματα που εφαρμόζονται στα κοινά τούβλα.

Τούβλα με ενσωματωμένη μόνωση

Τα τούβλα με ενσωματωμένη μόνωση είναι κοινά τούβλα σχεδιασμένα έτσι, ώστε στη διατομή τους να αφήνεται χώρος για την τοποθέτηση ενός θερμομονωτικού υλικού (κυρίως πολυουρεθάνης) μετά το ψήσιμο. Είναι άκαυστα, το βάρος τους διαφέρει ελάχιστα από αυτό των κοινών τούβλων και η συμπεριφορά τους στην υγρασία μοιάζει με εκείνη των θερμομονωτικών τούβλων.

Μονωτικά σκυροδέματα

Τα μονωτικά σκυροδέματα έχουν σαν συνδετική ύλη το τσιμέντο και ως αδρανή ειδικά υλικά, που εξασφαλίζουν την παρουσία φυσαλίδων αέρα και έτσι εμφανίζουν θερμομονωτικές ιδιότητες. Τα σπουδαιότερα μονωτικά σκυροδέματα είναι το κυψελωτό μπετόν ή ελαφρομπετόν, το περλομπετόν και το κισσηρομπετόν.

Ξυλόμαλλο

Το ξυλόμαλλο παράγεται από την ανάμειξη ινών ξύλου ή ροκανιδιών με τσιμέντο ή μαγνησίτη και το τελικό προϊόν είναι απλές συμπαγείς πλάκες ή πλάκες τύπου σάντουιτς, με εκατέρωθεν εξωτερικές στρώσεις ξυλόμαλλου και ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης, εξηλασμένης πολυστερίνης ή πετροβάμβακα. Οι πλάκες δεν κινδυνεύουν από σάπισμα, μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς, καίγονται δύσκολα, είναι εύκολες στη χρήση τους και συναντώνται στη θερμομόνωση μεγάλων οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών, που πρέπει να σοβατιστούν και στη θερμομόνωση πλακών οροφής και δαπέδων. Η εμπορική ονομασία του είναι Heraklith.

Γη διατόμων

Παράγεται από το πέτρωμα που σχηματίζεται από τα κελύφη των διατομών (μονοκύτταρα φύκη), τα οποία καθιζάνουν στον πυθμένα των θαλασσών και των λιμνών. Έχει τη μορφή σκόνης, αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι 800 °C και χρησιμοποιείται για την παραγωγή πυρίμαχων τούβλων και την επένδυση σωληνώσεων στη βιομηχανία, αφού πρώτα αναμειχθεί με κατάλληλο συνδετικό υλικό.

Πολυουρεθάνη

Η πολυουρεθάνη είναι σκληρό αφρώδες μονωτικό υλικό και παράγεται από την ανάμειξη του ισοκυανικού και της πολυόλης. Με τη βοήθεια αντλιών τα δύο στοιχεία οδηγούνται με υψηλή πίεση και ταχύτητα σε ένα μικρό θάλαμο, όπου αναμειγνύονται και, στη συνέχεια, εκτοξεύονται στην προς μόνωση επιφάνεια. Εκεί, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, αρχίζει η χημική αντίδραση μεταξύ των στοιχείων και η μαλακή μάζα σκληρύνεται και γίνεται στερεά και ελαφρά. Στο εμπόριο βρίσκεται υπό μορφή πλακών και χρησιμοποιείται για τη θερμομόνωση κεκλιμένων δωματίων από μπετόν, οροφών pilotis, εξωτερικών τοίχων, σωληνώσεων, αεραγωγών, δεξαμενών κ.τ.λ.

Διογκωμένη πολυστερίνη (εμπορική ονομασία: Felizol)

Είναι αφρώδες μονωτικό υλικό και παράγεται από μονομερές στυρένιο με πολυμερισμό. Αποτελείται από μεγάλο αριθμό, ομοιόμορφα κατανεμημένων, κλειστών κυψελίδων και στην τελική της μορφή, η πολυστερίνη, αποτελεί μόνο το 2 – 5% του συνολικού όγκου, ενώ ο υπόλοιπος όγκος καλύπτεται από αέρα. Δεν απορροφά υγρασία, αλλοιώνεται από οργανικούς διαλύτες, δεν έχει ηχομονωτικές ιδιότητες και δεν αντέχει σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100 °C. Είναι φθινό υλικό και χρησιμοποιείται υπό μορφή πλακών για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων, ταρατσών κ.τ.λ.

Εξηλασμένη πολυστερίνη

Είναι αφρώδες μονωτικό υλικό, συγγενές με τη διογκωμένη πολυστερίνη, αλλά με πολύ καλύτερες ιδιότητες από αυτήν. Οι κρύσταλλοι της πολυστερίνης αναμειγνύονται με ειδικά βελτιωμένα πρόσθετα και διογκωτικά αέρια, δημιουργώντας ένα παχύρευστο μίγμα. Το μίγμα ομογενοποιείται υπό αυτόματες και απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και διαμορφώνεται τελικά σε πλάκες επιθυμητών διαστάσεων, που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση τοίχων, δαπέδων, δωμάτων και ψυκτικών θαλάμων.

Έχει δομή μικρών κλειστών κυψελίδων διαμέτρου 0,05 – 0,5 mm και στην τελική της μορφή η πολυστερίνη αποτελεί μόνο το 3 – 4% του συνολικού όγκου, ενώ ο υπόλοιπος όγκος καλύπτεται από αέρα. Δεν επηρεάζεται από βροχή, χιόνι ή παγωνιά, δεν απορροφά υγρασία και δεν πρέπει να εκτίθεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 75 °C.

Πολυστυρόλη

Η πολυστυρόλη είναι ένα μονωτικό υλικό που αποτελείται από πολύ μικρές ισομεγέθεις και ομοιόμορφα κατανεμημένες κυψελίδες, το οποίο παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στην απορρόφηση υγρασίας και έχει μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda = 0,027 - 0,038 \frac{W}{mK}$). Παράγεται σε σκληρές πλάκες γαλάζιου χρώματος και χρησιμοποιείται στις οικοδομές (οροφές, τοίχοι, δάπεδα), τις αγροτικές εγκαταστάσεις και τη βιομηχανία.

Φαινολική ρητίνη

Η φαινολική ρητίνη είναι αφρώδες μονωτικό υλικό, που παράγεται με ειδικά μηχανήματα στην οικοδομή και μεταφέρεται με σωλήνες σε υγρή μορφή μέχρι το σημείο τοποθέτησης, όπου αφροποιείται και στερεοποιείται σε χρόνο 60s. Χρησιμοποιείται μεταξύ δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν διάκενα και μπορεί να τοποθετηθεί ακόμα και σε κτίρια που κατοικούνται. Για την πλήρωση του διακένου ανοίγονται τρύπες διαμέτρου 2 cm σε απόσταση 1 m μεταξύ τους,στις οποίες διοχετεύεται το αφρώδες υλικό μέχρι να εμφανιστεί ο αφρός στις παραπλήσιες τρύπες.

Armaflex

Είναι εύκαμπτο μονωτικό υλικό, που χρησιμοποιείται στις σωληνώσεις των θερμοϋδραυλικών εγκαταστάσεων και του κλιματισμού. Διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του κυκλοφορούντος υγρού, μειώνει τους θορύβους από τη ροή του νερού στις υδραυλικές εγκαταστάσεις και δεν επιτρέπει το σχηματισμό συμπυκνώσεων στην επιφάνεια των σωλήνων κρύου νερού και κλιματισμού.

5.3.3 Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά

Υπάρχει μία ομάδα θερμομονωτικών υλικών, που ονομάζονται οικολογικά γιατί καλύπτουν τα παρακάτω κριτήρια:

1. Δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους.
2. Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά την παραγωγή τους.
3. Είναι ανακυκλώσιμα.
4. Δεν περιέχουν τοξικούς ή καρκινογόνους ρύπους.

Τα σπουδαιότερα οικολογικά θερμομονωτικά υλικά είναι τα ακόλουθα:

Διογκωμένη άργιλος (εμπορική ονομασία: Lega)

Είναι ένα αδρανές υλικό, που παράγεται από την πύρωση της φτωχής σε ασβέστιο αργίλου. Η πύρωση γίνεται σε φυγοκεντρικούς φούρνους και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, οπότε το υλικό διογκώνεται και σκάει. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή μονωτικού σκυροδέματος (αργιλομπετόν), τσιμεντόλιθων και ελαφρών προκατασκευασμένων στοιχείων.

Διογκωμένος φελλός

Ο φυσικός φελλός παράγεται από το φλοιό του φελλοδρύ (φελλόδεντρο). Ο φελλός χρησιμοποιείται με τρεις τρόπους : α) Με τη μορφή φελλοψηφίδας (τρίμματα φελλού), β) Με τη μορφή φελλάλευρου (άλεσμα τριμμάτων φελλού), γ) Με τη μορφή πλακών, που προκύπτουν από τη συμπίεση διογκωμένων τριμμάτων φελλού ή από την ανάμειξή τους με κατάλληλη συνδετική ύλη (π.χ. άργιλος, ρυτίνη). Η διόγκωση των τριμμάτων γίνεται με θέρμανσή τους στους 400 °C. Οι πλάκες διογκωμένου φελλού χρησιμοποιούνται για τη θερμομόνωση τοίχων, δαπέδων και ταρατσών, αλλά έχουν επίσης και εξαιρετικές ηχομονωτικές ικανότητες. Τέλος, χρησιμοποιούνται ακόμη στις ψυκτικές εγκαταστάσεις της βιομηχανίας και σε ψυκτικούς θαλάμους επαγγελματικής ή οικιακής χρήσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως όλα τα μονωτικά υλικά υφίστανται αλλοιώσεις με το πέρασμα του χρόνου, δε γνωρίζουμε όμως με ακρίβεια τους μηχανισμούς γήρανσης. Σίγουρο είναι ότι υπάρχει συνεχής μεταβολή της αρχικής ισορροπίας των στερεών και αέριων συστατικών τους, που σημαίνει ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k αυξάνεται συνεχώς.

5.3.4 Εξελιγμένα θερμομονωτικά υλικά [13]

Εδώ θα κάνουμε μια σύντομη περιγραφή των πιο πρόσφατων θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή :

Vacuum insulation panel (VIP)

Το Vacuum insulation panel (VIP) αποτελείται από ένα ανοικτό πορώδη πυρήνα πυρογενούς πυριτίου, περικλειόμενο από πολλαπλά επίπεδα επιμεταλλωμένης πολυμερούς μεμβράνης (σχήμα 5.4).

Τα VIPs αντιπροσωπεύουν τα σημερινά πιο εξελιγμένα υλικά θερμομόνωσης, με την τιμή της θερμικής τους διαπερατότητας να κυμαίνεται μεταξύ 3 και 4 $\frac{mW}{mK}$

όταν είναι σε καλή κατάσταση και περίπου 8 $\frac{mW}{mK}$ μετά από 25 χρόνια

χρησιμοποίηση. Η πτώση αυτή στην απόδοση οφείλεται σε υδρατμούς και διείσδυση του αέρα μέσω του πορώδους πυρήνα του. Ανάλογα με τον τύπο του VIP κελύφους , η τιμή της θερμική διαπερατότητας μετά από 50 ή 100 χρόνια θα είναι περίπου ίδια ή σημαντικά υψηλότερη από αυτήν την τιμή (εικόνα 5.5). Αυτή η αναπόφευκτη αύξηση της θερμικής διαπερατότητας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό μειονέκτημα των VIPs. Το τρύπημα ενός VIP κελύφους , το οποίο μπορεί να προκληθεί από καρφιά ή κάτι παρόμοιο, προκαλεί μια αύξηση της θερμικής διαπερατότητας , με τελική τιμή περίπου 20 $\frac{mW}{mK}$. Ως αποτέλεσμα, τα VIPs δεν

είναι δυνατό να κοπούν για να προσαρμοστούν στην πλευρά του εκάστοτε κτιρίου ή να διατρυπηθούν, χωρίς να χαθεί ένα μεγάλο μέρος της θερμομονωτικής τους απόδοσης . Αυτό αποτελεί ακόμα ένα σημαντικό μειονέκτημα των VIPs.

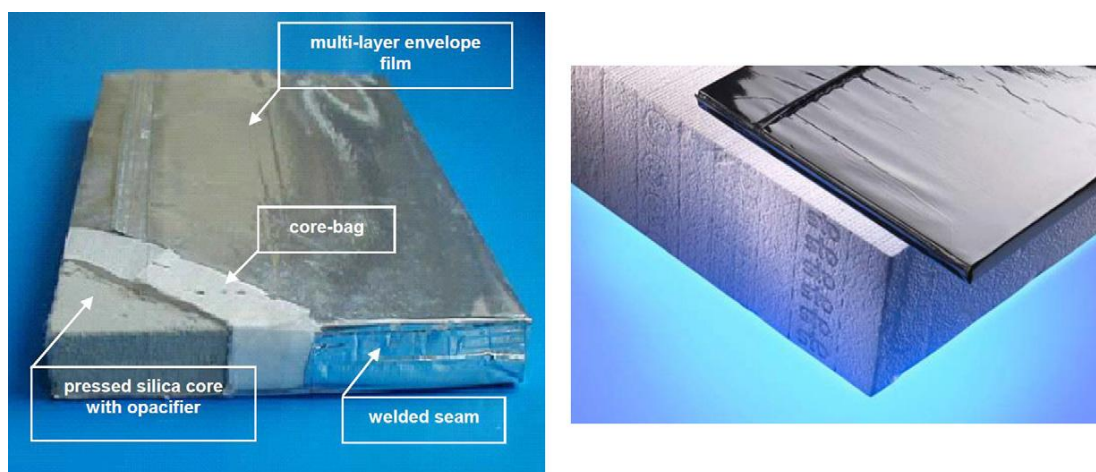
Αρκετοί συγγραφείς έχουν αρχίσει να ασχολούνται με διάφορες πτυχές των VIPs, από αναλυτικά μοντέλα, θερμογέφυρες και θερμική διαπερατότητα, διείσδυση αέρα και υγρασίας, μέχρι γήρανση και ποιοτικό έλεγχο και πως όλα μπορούν να εισάγουν τα VIPs στην κατασκευή κτηρίων. Παρόλα τα μεγάλα μειονεκτήματα των VIPs, συμπεριλαμβανομένου και του σχετικά υψηλού κόστους, πραγματοποιούν ένα μεγάλο άλμα προς τα εμπρός , όσον αφορά τη θερμομόνωση που εφαρμόζεται σε κτίρια.

Θερμικές διαπερατότητες με τιμές 5 και 10 φορές - ανάλογα με το χρόνο γήρανσης –μικρότερες από τις τιμές των παραδοσιακών θερμομονωτικών υλικών, όπως Πετροβάμβακας και προϊόντα πολυστυρολίου, θα είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην προσπάθεια της επίτευξης των απαιτήσεων των παθητικών κατοικιών και των μη ενεργοβόρων ή αλλιώς πράσινων κτηρίων.

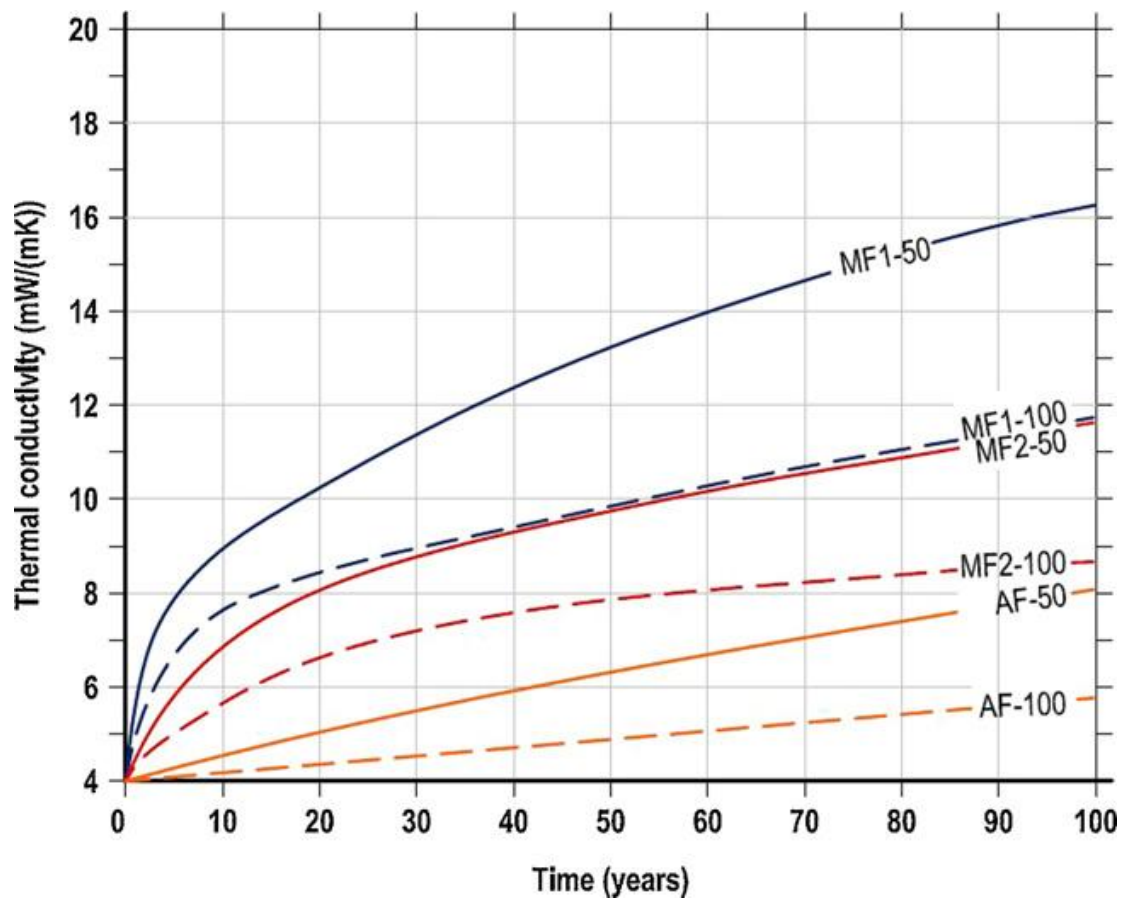
Πάχος θερμομονωτικού υλικού που φτάνει 50 cm ή και παραπάνω, σε τοίχους και οροφές δεν είναι επιθυμητό (σχήμα 5.4). Τα κτιριακά κελύφη με θερμομόνωση μεγάλου πάχους ενδέχεται να απαιτούν νέες τεχνικές κατασκευής και ιδιαίτερες δεξιότητες. Επομένως, η μεταφορά στοιχείων τέτοιων κτηρίων οδηγεί σε αύξηση του κόστους, ενώ ενδέχεται να υπάρξουν προβλήματα λόγω περιορισμών ύψους όσον αναφορά τη μετακίνηση μέσω διαφόρων γεφυρών και σηράγγων.

Κατασκευαστικοί περιορισμοί κατά τη διάρκεια επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια π.χ. από τις νόμιμες αρχές ή λόγω πρακτικών περιορισμών που αφορούν τους υαλοπίνακες και άλλα κατασκευαστικά κομμάτια μπορούν να απαιτούν θερμομονωτικά υλικά λεπτότερου πάχους και μεγάλης απόδοσης.

Έτσι, ακόμη και αν τα VIPs δεν είναι η τέλεια λύση για το μέλλον, μπορεί να είναι η καλύτερη λύση για πολλά κτιριακά κελύφη σήμερα και στο κοντινό μέλλον, τόσο όσον αφορά τη μείωση της θερμικής κατανάλωσης σήμερα, αλλά και από οικονομικής απόψεως.



Εικόνα 5.4: Παραδείγματα υλικών VIPs [13].



Σχήμα 5.5: Γραφική παράσταση θερμικής αγωγιμότητας των υλικών VIPs σε συνάρτηση με το χρόνο [13].

Gas-filled panels (GFP)

Κοντά στα VIPs, όσον αναφορά τις αρχές τους, είναι η τεχνολογία των πανέλων με πλήρωση αερίου ή αλλιώς (GFP).

Η πρόσφατη έρευνα των GFPs για εφαρμογή σε κτίριο. Το υλικό GFPs περιέχουν αέριο λιγότερο θερμικά αγωγίμο από τον αέρα, όπως π.χ. αργό, κρυπτό (Kr) και ξένο (Xe), αντί του κενού που χρησιμοποιείται στα VIPs. Η δομή των GFPs υλικών εμφανίζεται στην εικόνα 5.7.

Η διατήρηση της χαμηλής θερμοπερατότητας του αερίου στο εσωτερικό των GFPs και η αποφυγή διείσδυσης αέρα και υγρασίας μέσα σε αυτά έχουν ζωτική σημασία για τη θερμική απόδοση των πανέλων αυτών.

Το κενό αποτελεί καλύτερο θερμομονωτικό υλικό από τα διάφορα αέρια τα οποία περιέχονται σε GFPs. Από την άλλη πλευρά, η δομή πλέγματος των GFPs δεν χρειάζεται να ανταπεξέλθει σε εσωτερικά διάκενα, όπως συμβαίνει με τα VIPs. Χαμηλής εκπομπής επιφάνειες στο εσωτερικό των GFPs μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας λόγω ακτινοβολίας. Οι θερμικές διαπερατότητες για πρότυπο GFPs υπολογίζονται πολύ υψηλές (παίρνουν τιμές $40 \frac{mW}{mK}$), ωστόσο πολύ χαμηλότερες είναι οι θεωρητικές τιμές που έχουν υπολογιστεί.

Ως εκ τούτου, τα GFPs διατηρούν πολλά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των VIPs. Ωστόσο, το μέλλον των GFPs ως θερμομονωτικά υλικά μπορεί να αμφισβητηθεί, σε σύγκριση με τα VIPs υλικά τα οποία αποτελούν καλύτερη επιλογή τόσο για το σήμερα όσο και το αύριο.



Εικόνα 5.7: Barrier foil and baffle structure inside a GFP [13].

Aerogels

Τα aerogels (εικόνα 5.8) αντιπροσωπεύουν μία τεχνολογία αιχμής όσον αφορά τα θερμομονωτικά υλικά και μπορεί να είναι η πλέον υποσχόμενη μεταξύ όλων των υφιστάμενων τεχνολογιών. Χρησιμοποιείται μαύρος άνθρακας προκειμένου να αποφευχθεί η μεταφορά θερμότητας λόγω ακτινοβολίας. Έχει τιμές θερμικής διαπερατότητας τόσο χαμηλές, που φτάνουν την τιμή των $4 \frac{mW}{mK}$ σε πίεση 50 mbar. Ωστόσο, τα aerogels που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο έχει παρατηρηθεί ότι παρουσιάζουν θερμική διαπερατότητα μεταξύ 13 και $14 \frac{mW}{mK}$, σε πίεση περιβάλλοντος. Το κόστος παραγωγής του aerogel θεωρείται ακόμη πολύ υψηλό. Τα aerogels έχουν μια σχετικά υψηλή αντοχή σε συμπίεση, αλλά είναι πολύ εύθραυστα λόγω της πολύ χαμηλής αντοχής σε εφελκυσμό. Η αντοχή σε εφελκυσμό μπορεί να αυξηθεί με την ενσωμάτωση μιας μήτρας ινών άνθρακα.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα πτυχή των aerogels είναι ότι μπορούν να παραχθούν είτε ως αδιαφανείς, ημιδιαφανείς ή διαφανείς υλικά, επιτρέποντας ένα μεγάλο εύρος πιθανών εφαρμογών. Προκειμένου τα aerogels να διαδοθούν ως θερμομονωτικό υλικό για αδιαφανείς εφαρμογές, τα κόστη πρέπει να μειωθούν σημαντικά.

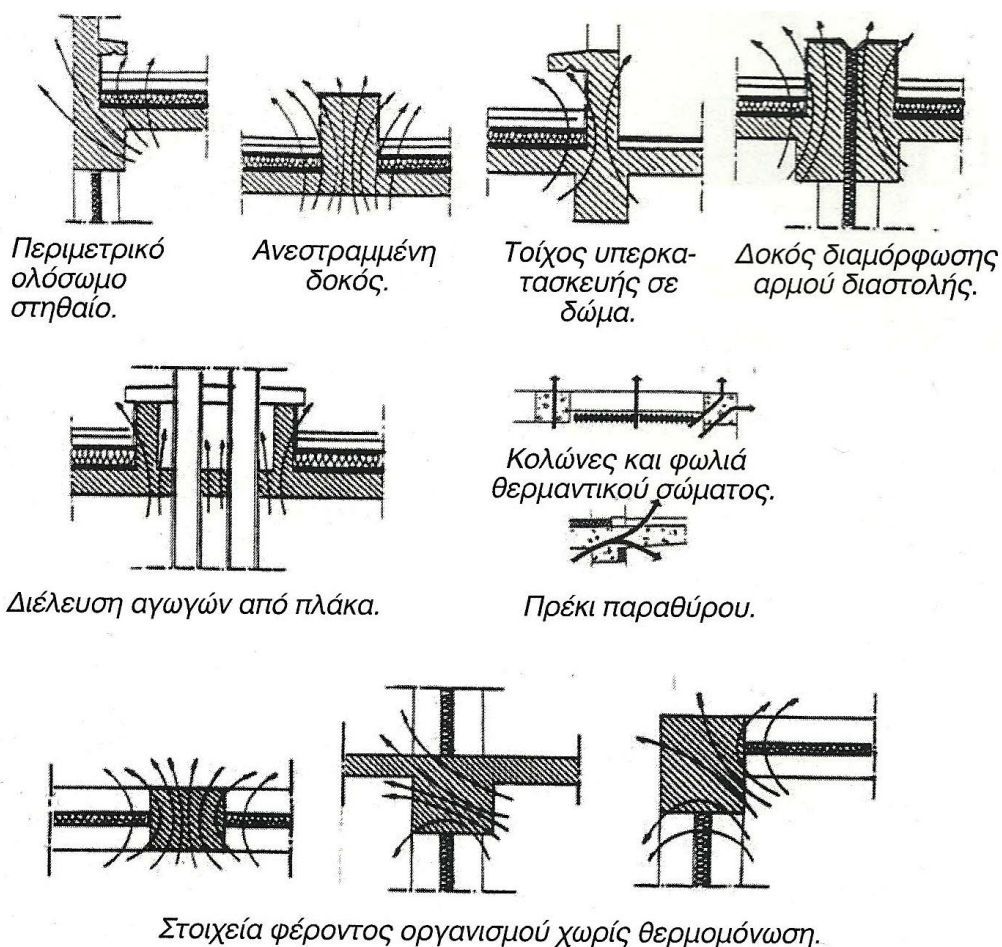


Εικόνα 5.8: Παραδείγματα aerogels [13].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

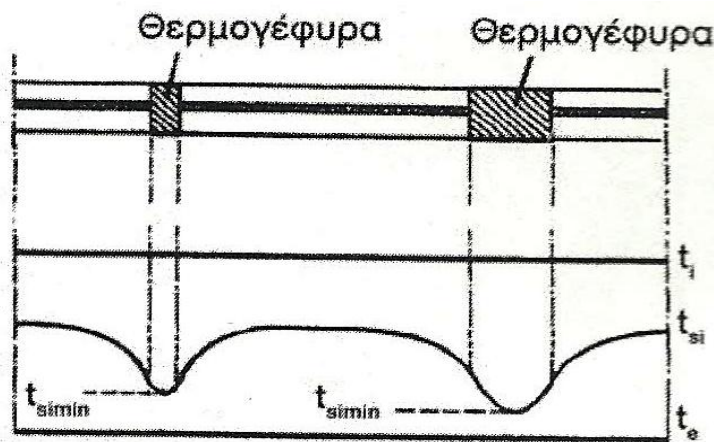
6.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ

Οι **θερμογέφυρες** αποτελούν τη συνήθη αστοχία κατά την κατασκευή κτιρίων και τις συνιστούν οι ασυνέχειες στη διάστρωση του μονωτικού υλικού, ιδίως μεταξύ τοιχοποιίας και φερόντων δομικών στοιχείων [6]. Μερικά παραδείγματα θερμογεφυρών φαίνονται στο σχήμα 6.1.1.



Σχήμα 6.1.1: Παραδείγματα θερμογεφυρών σε οικοδομή [6].

Οι θερμογέφυρες έχουν μία σημαντική επίδραση στη θερμική απόδοση του κτιριακού κελύφους, αυξάνοντας σημαντικά τις απώλειες θερμότητας το χειμώνα και τα κέρδη θερμότητας το καλοκαίρι. Τα σημεία όπου υπάρχουν θερμογέφυρες έχουν το χειμώνα μικρότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, σε σχέση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία, κάτι που οφείλεται φυσικά στις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες που εμφανίζονται στα σημεία αυτά. Η θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια της θερμογέφυρας είναι μικρότερη από αυτή της γειτονικής κατασκευής, κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση των υδρατμών και με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων (δημιουργία υγρασίας). Στο σχήμα 6.1.2 απεικονίζεται η μεταβολή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας t_{si} της θερμογέφυρας [4].



Σχήμα 6.1.2: Μεταβολή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας t_{si} σε ένα τοίχωμα με θερμογέφυρες [6].

6.2 ΑΙΤΙΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ [4]

Η δημιουργία των θερμογεφυρών οφείλεται:

- α) Στην ολική ή μερική μεταβολή στη μάζα του περιβλήματος στοιχείων με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα.
- β) Στην αλλαγή πάχους της δομής του περιβλήματος.
- γ) Στη μεταβολή της θερμικής αγωγιμότητας των στοιχείων του περιβλήματος σε περίπτωση ύγρανσής τους.
- δ) Στην ύπαρξη μιας διαφοράς μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας του περιβλήματος όπως αυτό παρουσιάζεται στις δίεδρες γωνίες (τοίχοι – οροφές) ή στις τρίεδρες (τοίχοι – τοίχοι – οροφές).

6.3 ΕΙΔΗ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ [6,11]

Υπάρχουν δύο τύποι θερμογεφυρών:

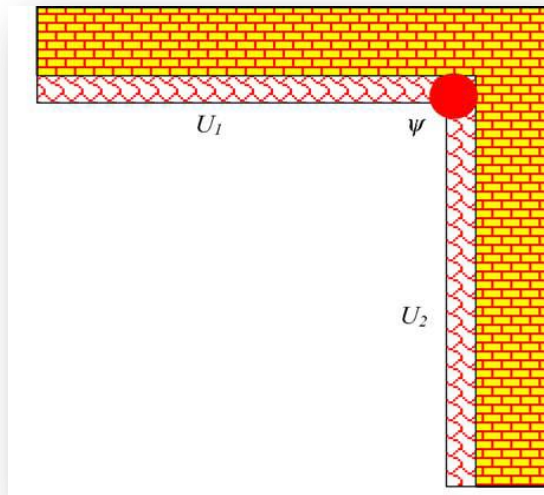
1) Η γραμμική ή 2D θερμογέφυρα που συναντάται στην τομή δύο ή περισσότερων δομικών στοιχείων και χαρακτηρίζονται από ένα γραμμικό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

(Ψ σε W/mK).

2) Η σημειακή ή 3D θερμογέφυρα συναντάται όπου ένας μονωμένος τοίχος είναι διάτρητος από ένα στοιχείο με υψηλή θερμική αγωγιμότητα ή όπου υπάρχουν τρισδιάστατες γωνίες και χαρακτηρίζονται από τη θερμική διαπερατότητα (X σε W/K).

Η αξιολόγηση μιας θερμογέφυρας μπορεί να γίνει πειραματικά με τη χρήση τυποποιημένων δοκιμαστικών μεθόδων σε δύο πανομοιότυπα δομικά στοιχεία, το ένα με θερμογέφυρα και το άλλο χωρίς θερμογέφυρα. Αυτή η μέθοδος περιορίζεται σε αυτά τα δομικά στοιχεία που μπορούν να ελεγχθούν, για αυτό η ακρίβεια της είναι αβέβαιη, είναι χρονοβόρα, ακριβή και επίπονη. Η ανάλυση του προβλήματος των θερμογεφυρών είναι πολύπλοκη και απαιτεί αρκετό χρόνο που πρακτικά κανένας μηχανικός δε διαθέτει σήμερα. Έτσι γίνεται απαραίτητη η χρήση Η/Υ αφού σήμερα έχουν αναπτυχθεί ειδικά προγράμματα για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών στα κτίρια. Με τη βοήθεια αυτών των προγραμμάτων μπορεί κανείς να υπολογίσει τον κίνδυνο συμπύκνωσης, την απώλεια θερμότητας από μία θερμογέφυρα, τον τρόπο επίλυσης του προβλήματος κλπ [3].

Ως εκ τούτου οι θερμογέφυρες μπορούν να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας αριθμητικές μεθόδους. Υπάρχουν κατάλογοι που δίνουν αρκετά παραδείγματα θερμογεφυρών για σταθερές παραμέτρους (π.χ. διαστάσεις και είδος υλικού). Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες δίδονται πινακοποιημένες οι τιμές του Ψ για τις τυπικές περιπτώσεις. Όμως συχνά δε συμφωνούν με τις πραγματικές λειτουργίες του σχεδίου κάθε κτιρίου[4]. Το σχήμα 6.3.1 [11] δείχνει το γεωγραφικό μοντέλο της θερμογέφυρας.



Σχήμα 6.3.1 : Γεωγραφικό μοντέλο της 2D θερμογέφυρας [11].

Ο γραμμικός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δίνεται από τη σχέση:

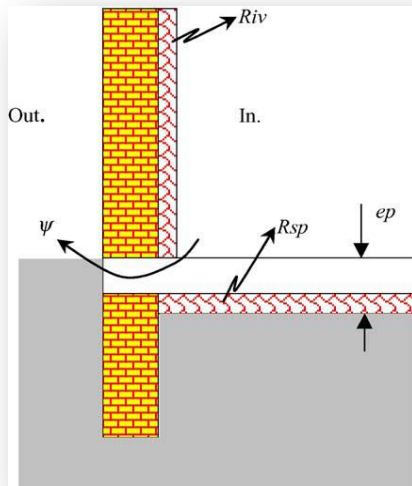
$$\Psi = \frac{\Phi_g}{\Delta T} \quad (6.3.1)$$

όπου Φ_g είναι η ροή θερμότητας ανά μονάδα μήκους (W/m) και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Παρακάτω δίνονται οι θερμογέφυρες οι οποίες ευθύνονται για τις μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας όλου του κελύφους.

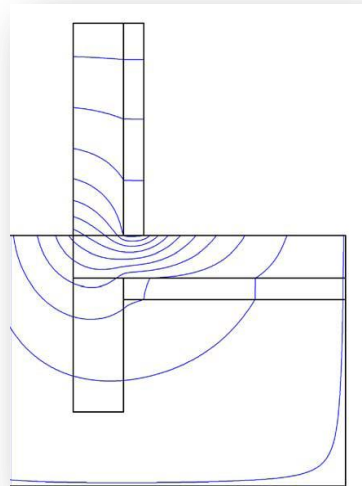
6.3.1 Θερμογέφυρα στην Slab- on grade ένωση δαπέδου τοίχου

Στα σχήματα 6.3.1.1 και 6.3.1.2 [11] φαίνεται η διατομή της 2D θερμογέφυρας και γραμμές ροής αντίστοιχα. Σε αυτήν την περίπτωση οι τιμές του Ψ εξαρτώνται από το πάχος του δαπέδου (e_p), τις μονώσεις του τοίχου και του δαπέδου (R_{iv} και R_{sp}). Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3.1.2 οι γραμμές της ροής θερμότητας έχουν επικεντρωθεί στο πλάτος του δαπέδου, έτσι το πλάτος της θερμογέφυρας είναι ανάλογο με το πλάτος του τοίχου.

Οι τιμές του Ψ για μια σύνδεση με έναν τοίχο από σκυρόδεμα δίνονται στον πίνακα 1 ενώ για τοίχο masonry φαίνονται στον πίνακα 2. Το θεμέλιο είναι φτιαγμένο από σκυρόδεμα [11].



Σχήμα 6.3.1.1 : Διατομή [11].



Σχήμα 6.3.1.2 : Γραμμές ροής [11].

Πίνακας 1: Οι τιμές του Ψ για μία ένωση δαπέδου – τοίχου από σκυρόδεμα [11].

R _{iv}	R _{sp} (m ² K/W)								
	1.5			2.5			3.5		
	15	20	25	15	20	25	15	20	25
1.5	0.54	0.62	0.69	0.57	0.65	0.72	0.59	0.67	0.74
2.5	0.51	0.59	0.66	0.54	0.62	0.69	0.56	0.64	0.71
3.5	0.48	0.56	0.63	0.50	0.58	0.65	0.52	0.60	0.67

Πάχος δαπέδου, e_p = 15, 20 and 25 cm.

Πίνακας 2: Οι τιμές του Ψ για ένωση δαπέδου – τοίχου από masonry [11].

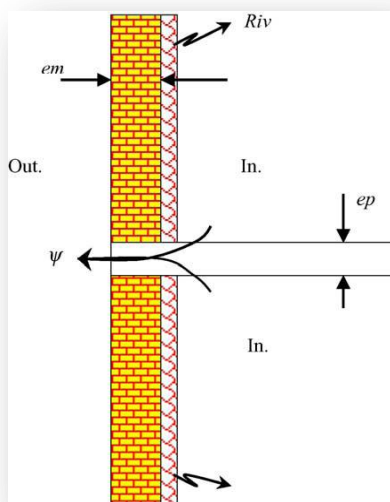
R _{iv}	R _{sp} (m ² K/W)								
	1.5			2.5			3.5		
	15	20	25	15	20	25	15	20	25
1.5	0.45	0.52	0.59	0.48	0.55	0.62	0.50	0.57	0.64
2.5	0.43	0.50	0.57	0.46	0.53	0.60	0.48	0.55	0.62
3.5	0.41	0.48	0.55	0.44	0.51	0.58	0.46	0.53	0.60

Πάχος δαπέδου, e_p = 15, 20 and 25 cm.

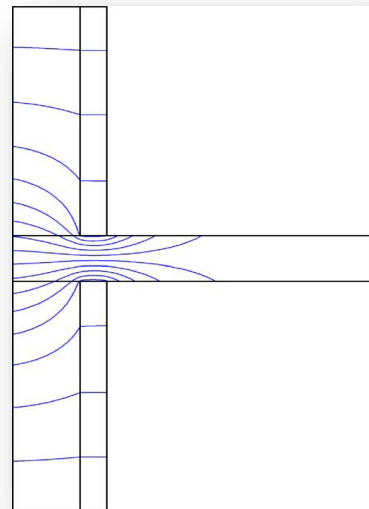
6.3.2 Θερμογέφυρα στην ένωση δαπέδου - τοίχου

Στα σχήματα 6.3.2.1 και 6.3.2.2 [11] φαίνεται η διατομή της 2D θερμογέφυρας και οι γραμμές ροής αντίστοιχα. Οι τιμές του Ψ εξαρτώνται από το πάχος του δαπέδου (e_p), το πλάτος του τοίχου (e_m) και τη μόνωση του τοίχου (R_{iv}). Το πλάτος της θερμογέφυρας είναι ανάλογο του πάχους του δαπέδου, όπου οι γραμμές ροής είναι επικεντρωμένες (σχήμα 6.3.2.2).

Οι τιμές του Ψ για μία σύνδεση με τοίχο από σκυρόδεμα δίνονται στον πίνακα 3 και για τοίχο massony στον πίνακα 4 [11].



Σχήμα 6.3.2.1 : Διατομή [11].



Σχήμα 6.3.2.2: Γραμμές ροής [11].

Πίνακας 3: Οι τιμές του Ψ για ένωση δαπέδου – τοίχου από σκυρόδεμα [11].

em	Riv								
	1.5			2.5			3.5		
	15	20	25	15	20	25	15	20	25
17.5	0.91	1.08	1.23	0.83	0.99	1.14	0.76	0.91	1.05
22.5	0.87	1.03	1.17	0.80	0.95	1.09	0.73	0.88	1.01
27.5	0.83	0.98	1.11	0.77	0.92	1.05	0.71	0.85	0.98

Πάχος δαπέδου, $e_p = 15, 20$ and 25 cm.

Πίνακας 4: Οι τιμές του Ψ για ένωση δαπέδου – τοίχου massony [11].

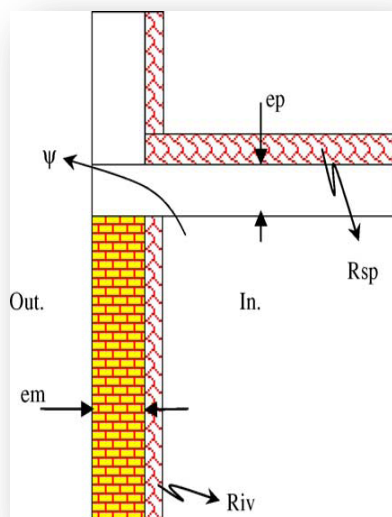
em	Riv								
	1.5			2.5			3.5		
	15	20	25	15	20	25	15	20	25
22.5	0.72	0.87	1.02	0.67	0.82	0.96	0.62	0.77	0.90
25	0.70	0.85	0.99	0.65	0.80	0.93	0.61	0.75	0.88
27.5	0.67	0.82	0.95	0.63	0.77	0.90	0.59	0.73	0.85

Πάχος δαπέδου, $e_p = 15, 20$ and 25 cm.

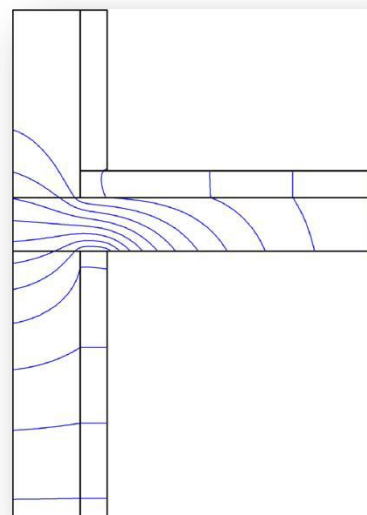
6.3.3 Θερμογέφυρα στην ένωση οροφή - τοίχου

Στο σχήμα 6.3.3.1 και 6.3.3.2 φαίνεται η διατομή της 2D θερμογέφυρας και οι γραμμές ροής αντίστοιχα. Οι τιμές του Ψ εξαρτώνται από το πλάτος της οροφής (e_p), το πλάτος του τοίχου (e_m) και τη μόνωση του τοίχου και της οροφής (R_{iv} και R_{sp}) [11]. Το πλάτος της θερμογέφυρας είναι ανάλογο με το πλάτος της οροφής, όπου οι γραμμές ροής είναι επικεντρωμένες (Σχήμα 6.3.3.2).

Οι τιμές του Ψ για σύνδεση με τοίχο από σκυρόδεμα φαίνονται στον πίνακα 5 και για το τοίχο massony στον πίνακα 6 [11].



Σχήμα 6.3.3.1 : Διατομή [11].



Σχήμα 6.3.3.2 : Γραμμές ροής [11].

Πίνακας 5: Οι τιμές του Ψ για ένωση οροφής – τοίχου από σκυρόδεμα [11].

Rsp (m ² K/W)	em	Riv								
		2			3			4		
		15	20	25	15	20	25	15	20	25
1.5	17.5	0.72	0.83	0.92	0.66	0.77	0.86	0.61	0.72	0.80
	22.5	0.70	0.80	0.89	0.65	0.75	0.83	0.60	0.70	0.78
	27.5	0.68	0.78	0.86	0.63	0.73	0.81	0.59	0.60	0.77
2.5	17.5	0.74	0.86	0.96	0.67	0.79	0.89	0.62	0.74	0.83
	22.5	0.72	0.83	0.93	0.66	0.77	0.86	0.61	0.72	0.81
	27.5	0.70	0.81	0.90	0.65	0.75	0.84	0.60	0.70	0.79
3.5	17.5	0.75	0.88	0.98	0.68	0.81	0.91	0.63	0.75	0.85
	22.5	0.73	0.85	0.95	0.67	0.78	0.88	0.62	0.73	0.82
	27.5	0.71	0.83	0.92	0.66	0.76	0.86	0.61	0.71	0.80

Πάχος δαπέδου, ep = 15, 20 and 25 cm

Πίνακας 6: Οι τιμές του Ψ για ένωση οροφής – τοίχου massony [11].

Rsp (m ² K/W)	em	Riv								
		2			3			4		
		15	20	25	15	20	25	15	20	25
1.5	22.5	0.66	0.76	0.85	0.62	0.71	0.80	0.57	0.67	0.75
	25	0.65	0.74	0.83	0.61	0.70	0.78	0.56	0.66	0.74
	27.5	0.64	0.73	0.82	0.60	0.69	0.77	0.56	0.65	0.73
2.5	22.5	0.68	0.78	0.88	0.63	0.73	0.82	0.58	0.68	0.78
	25	0.66	0.77	0.86	0.62	0.72	0.80	0.57	0.67	0.76
	27.5	0.65	0.76	0.85	0.61	0.71	0.79	0.57	0.67	0.75
3.5	22.5	0.69	0.80	0.90	0.63	0.74	0.84	0.59	0.70	0.80
	25	0.67	0.78	0.88	0.62	0.73	0.82	0.58	0.69	0.78
	27.5	0.66	0.77	0.86	0.61	0.72	0.81	0.57	0.68	0.77

Πάχος δαπέδου, ep = 15, 20 and 25 cm.

6.3.4 Θερμογέφυρα μεταξύ σύνδεσης παραθύρου – τοίχου

Η θερμογέφυρα που δημιουργείται ανάμεσα στη σύνδεση του πλαισίου του παραθύρου και τον τοίχο παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον καθώς όπως είναι φυσικό αυξάνει σημαντικά τις θερμικές απώλειες του παραθύρου.

Οι γραμμικές θερμικές απώλειες της σύνδεσης πλαισίου παραθύρου – τοίχου [7] δίνονται από τον τύπο 6.3.4.1.

$$\Psi = L^{2D} - U_{wall} b_{wall} - U_w b_w \quad (6.3.4.1)$$

όπου :

L^{2D} = ο δισδιάστατος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,

b_{wall} = η διάσταση του τοίχου μέχρι το πλαίσιο, μετρημένη από μέσα, θεωρώντας ότι η περιοχή που καταλαμβάνει το κάτω – πλαίσιο ή οι παράγοντες σκίασης (αν υπάρχουν), είναι τοίχος,

U_{wall} = ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,

U_w = ο συντελεστής θερμοπερατότητας του παραθύρου,

b_w = το πλάτος του παραθύρου.

Με τον τρόπο υπολογισμού του b_{wall} , οι θερμικές απώλειες λόγω των στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη στερέωση του πλαισίου στον τοίχο (sub-frame) και του πλαισίου σκίασης χαρακτηρίζονται από τη γραμμική θερμική διαπερατότητα Ψ .

Υπάρχουν δύο περιπτώσεις σε αυτή την κατηγορία των θερμογεφυρών [4]:

1. Θερμογέφυρα ανάμεσα στην ένωση πλαισίου παραθύρου – τοίχου, χωρίς σκίαση.
2. Θερμογέφυρα ανάμεσα στην ένωση πλαισίου παραθύρου – τοίχου, με την ύπαρξη παραγόντων σκίασης.

Ο Πίνακας 7 [7] που δίνεται παρακάτω είναι αποτέλεσμα της μελέτης που έγινε στις δύο παραπάνω περιπτώσεις θερμογεφυρών. Υπολογίζει με βάση την εξίσωση (6.3.4.1), τις γραμμικές θερμικές διαπερατότητες για τα οριζόντια, κατακόρυφα δοκάρια που συνδέουν τις πλευρές του παραθύρου (sills, jambs) και για τα πλαίσια σκίασης. Ο υπολογισμός γίνεται για τρεις διαφορετικές θέσεις πλαισίου (εξωτερικό πλαίσιο, εσωτερικό πλαίσιο και ενδιάμεσο πλαίσιο) σε σχέση με τη μόνωση του τοίχου {(α) με μόνωση, (β) χωρίς μόνωση, (γ) με μόνωση πάνω από το σταθερό πλαίσιο}. Για τις ίδιες περιπτώσεις υπολογίστηκε και ο δισδιάστατος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ξύλινο πλαίσιο 68 mm και υαλοπίνακας 4 – 20 – 4, low – e, με συντελεστή θερμοπερατότητας

$$U_w = 0,218 \frac{W}{m^2 K} \text{ με μόνωση εξωτερικού τοίχου πάχους } 0,115 \text{ m.}$$

1. Περίπτωση θερμογέφυρας χωρίς την ύπαρξη σκίασης.

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 6, όσον αφορά τα κατακότυφα δοκάρια του πλαισίου (jambs), η δισδιάστατη θερμική αγωγιμότητα, L^{2D} , κυμαίται από 0,738 W/K για εξωτερικό πλαίσιο και μόνωση (γ) και 0,941 W/K για εσωτερικό πλαίσιο και μόνωση (α). Παρατηρούμε ότι ο τύπος του τοίχου δεν παίζει σημαντικό ρόλο για την ένωση αυτή. Στην περίπτωση του εξωτερικού και εσωτερικού πλαισίου ο μονωμένος τοίχος με διάκενο παρουσιάζει λίγο μεγαλύτερη αγωγιμότητα από τις αντίστοιχες τιμές της αγωγιμότητας του εξωτερικού τοίχου. Για ενδιάμεσο πλαίσιο δεν υπάρχουν πρακτικές διαφορές ανάμεσα στα δύο είδη τοίχου.

Όσον αφορά τα οριζόντια δοκάρια (sills), οι τιμές του δισδιάστατου συντελεστή αγωγιμότητας, L^{2D} , είναι λίγο υψηλότερες από τις αντίστοιχες των κατακόρυφων (jambs), ενώ οι τιμές του συντελεστή για τα δύο είδη των τοίχων διαφέρουν ελάχιστα.

2. Περίπτωση θερμογέφυρας με την ύπαρξη παραγόντων σκίασης.

Η εισαγωγή παραγόντων σκίασης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές διαφορές στη γραμμική θερμική αγωγιμότητα του άνω οριζοντίου τμήματος. Για αυτό, ο συντελεστής της γραμμικής θερμικής αγωγιμότητας υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη της διαφορετικές θέσεις του πλαισίου μεταξύ του πλάτους του τοίχου: εσωτερικό, ενδιάμεσο και εξωτερικό. Το πλάτος της μόνωσης των παραγόντων σκίασης κυμαίνεται από 3,7 mm έως 15,5 mm. Το είδος του τοίχου δεν έχει σημασία σε αυτήν την ένωση.

Υπολογισμός επίδρασης θερμογέφυρας στις συνολικές απώλειες του παραθύρου.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να ορίσουμε το συνολικό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας της θερμογέφυρας, U_{2D} , ο οποίος εκφράζει τις συνολικές απώλειες του παραθύρου και δίδεται απ'ο τον τύπο 6.3.4.2.

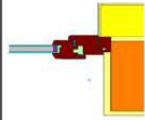
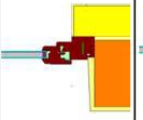
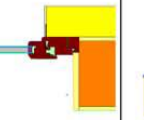
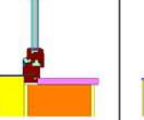
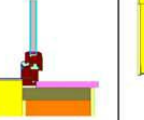
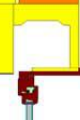
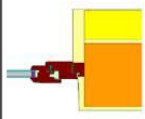
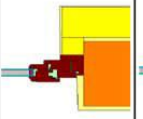
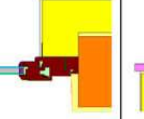
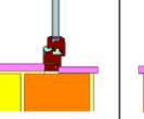
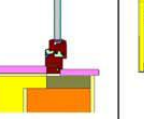

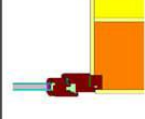
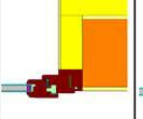
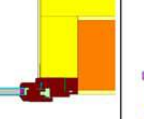
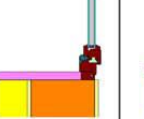
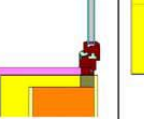
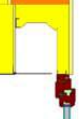
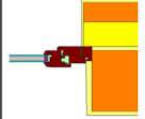
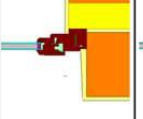
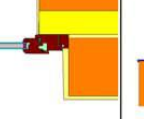
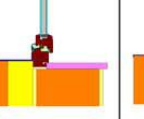
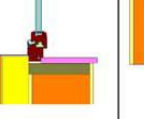
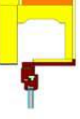
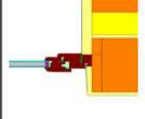
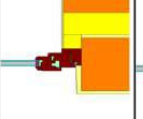
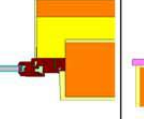
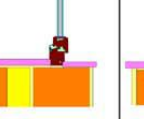
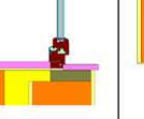
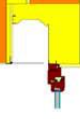
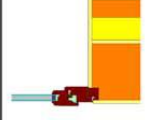
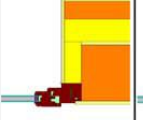
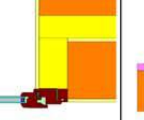
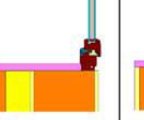
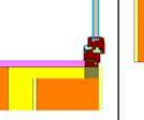
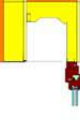
$$U_{2D} = \frac{U_w A_w + \Psi_{sill} W + \Psi_{jambs} 2H + \Psi_{head} W}{A_w} \quad (6.3.4.2)$$

όπου W είναι το πλάτος του παραθύρου και H το ύψος του.

Όπως ήδη αναφέραμε η ύπαρξη θερμογέφυρας στην ένωση πλαισίου παραθύρου – τοίχου αυξάνει τις θερμικές απώλειες του παραθύρου. Το ποσοστό προσαύξησης της θερμικής διαπερατότητας του παραθύρου δίνεται από τον παρακάτω τύπο (6.3.4.3) :

$$\Delta U_w \% = \frac{U_{2D} - U_w}{U_w} \cdot 100 \quad (6.3.4.3)$$

Πίνακας 7: Δισδιάστατος συντελεστής σύζευξης L^{2D} (W/K) και γραμμικός θερμική διαπερατότητα (Ψ_l W/mK) για εξωτερικό μονωμένο τοίχο και για μονωμένο τοίχο με διάκενο, για τρεις θέσεις πλαισίου παραθύρου. Η μόνωση φαίνεται με κίτρινο χρώμα [7].

		Non insulated jamb - rectangular sub-frame	Insulated jamb - L shaped sub-frame	Insulated jamb - insulation above frame	Non insulated sill - rectangular sub-frame	Insulated sill - rectangular sub-frame	Shutter box
External Insulated wall	external frame	$L^{2D}=0.777$ $\Psi_l=0.055$ 	$L^{2D}=0.759$ $\Psi_l=0.041$ 	$L^{2D}=0.738$ $\Psi_l=0.020$ 	$L^{2D}=0.795$ $\Psi_l=0.059$ 	$L^{2D}=0.787$ $\Psi_l=0.052$ 	$L^{2D}=1.187$ $\Psi_l=0.398$ 
	intermediate frame	$L^{2D}=0.879$ $\Psi_l=0.152$ 	$L^{2D}=0.776$ $\Psi_l=0.051$ 	$L^{2D}=0.763$ $\Psi_l=0.035$ 	$L^{2D}=0.902$ $\Psi_l=0.179$ 	$L^{2D}=0.824$ $\Psi_l=0.100$ 	$L^{2D}=1.023$ $\Psi_l=0.098$ 
	internal frame	$L^{2D}=0.941$ $\Psi_l=0.221$ 	$L^{2D}=0.815$ $\Psi_l=0.097$ 	$L^{2D}=0.788$ $\Psi_l=0.070$ 	$L^{2D}=0.986$ $\Psi_l=0.242$ 	$L^{2D}=0.856$ $\Psi_l=0.111$ 	$L^{2D}=0.894$ $\Psi_l=0.229$ 
Wall with cavity insulation	external frame	$L^{2D}=0.787$ $\Psi_l=0.059$ 	$L^{2D}=0.762$ $\Psi_l=0.039$ 	$L^{2D}=0.755$ $\Psi_l=0.027$ 	$L^{2D}=0.800$ $\Psi_l=0.060$ 	$L^{2D}=0.775$ $\Psi_l=0.034$ 	$L^{2D}=1.187$ $\Psi_l=0.398$ 
	intermediate frame	$L^{2D}=0.878$ $\Psi_l=0.149$ 	$L^{2D}=0.775$ $\Psi_l=0.046$ 	$L^{2D}=0.764$ $\Psi_l=0.035$ 	$L^{2D}=0.902$ $\Psi_l=0.161$ 	$L^{2D}=0.823$ $\Psi_l=0.082$ 	$L^{2D}=1.023$ $\Psi_l=0.098$ 
	internal frame	$L^{2D}=0.950$ $\Psi_l=0.222$ 	$L^{2D}=0.812$ $\Psi_l=0.090$ 	$L^{2D}=0.799$ $\Psi_l=0.077$ 	$L^{2D}=0.994$ $\Psi_l=0.255$ 	$\Psi_l=0.130$ $L^{2D}=0.869$ 	$L^{2D}=0.894$ $\Psi_l=0.229$ 

6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ [4]

Τα σημαντικά προβλήματα που δημιουργούνται από την ύπαρξη θερμογεφυρών στα κτίρια είναι:

1. Θερμικές απώλειες

Οι θερμογέφυρες είναι υπεύθυνες για θερμικές απώλειες δυσανάλογες προς την επιφάνεια που αντιπροσωπεύουν στο κτίριο. Πολλές φορές, η θερμική διαπερατότητα μπορεί να είναι διπλάσια ή ακόμα και τριπλάσια από τα άλλα τμήματα του κτιρίου. Η ύπαρξη θερμογεφυρών, οδηγεί στην μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων και μάλιστα έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι οι θερμικές απώλειες λόγω θερμογεφυρών, αντιπροσωπεύουν σε μία μονοκατοικία το 35% των συνολικών απωλειών ενώ παράλληλα αποτελούν και την αιτία για το 44% περίπου των βλαβών που προκαλούνται στην επιφάνεια του κτιρίου.

2. Συμπύκνωση υδρατμών

Επιφανειακή συμπύκνωση συμβαίνει όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας είναι χαμηλότερη από το σημείο δρόσου του αέρα με τον οποίο έρχεται σε επαφή.

3. Ανάπτυξη μούχλας

Ανάπτυξη μυκήτων εμφανίζεται εκεί όπου υπάρχει υγρασία που συνοδεύεται από θρεπτικά συστατικά για αρκετό χρονικό διάστημα σε μία ορισμένη θερμοκρασιακή περιοχή. Οι μύκητες που αναφέρονται ως μούχλα στα κτίρια είναι αυτοί που αναπτύσσονται σε μία σχετική υγρασία πάνω από 80% και θερμοκρασία από 0°C έως 15°C.

4. Φθορά στην επιφάνεια

Διαφορετικές θερμοκρασίες σε γειτονικές επιφάνειες, έχουν ως συνέπεια διαφορετική συστολοδιαστολική συμπεριφορά και οδηγούν σε ρηγματώσεις, ξεφλουδίσματα και διάφορα αισθητικά προβλήματα.

5. Μειωμένη θερμική άνεση

Όταν μέσα σε ένα κτίριο υπάρχουν επιφάνειες με θερμοκρασία κατά 5°C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου, δημιουργούνται προβλήματα θερμικής άνεσης καθώς η θερμότητα του ανθρώπινου σώματος ακτινοβολείται προς τις ψυχρές επιφάνειες που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από αυτό.

6.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ [4]

Όσον αφορά τώρα τα θερμομονωτικά υλικά που προορίζονται για τη μόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα πρέπει να έχουν ιδιότητες κατάλληλες για τη συγκεκριμένη εφαρμογή όπως:

- Χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , για να χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό πάχος υλικού.
- Αντίσταση στη διαπερατότητα υδρατμών, ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών στην περιοχή επαφής στοιχείου από σκυρόδεμα και μονωτικού υλικού, όταν το τελευταίο τοποθετείται εσωτερικά.
- Πολύ καλή πρόσφυση τόσο στο σκυρόδεμα όσο και στα επιχρίσματα τσιμέντου.
- Ευκολία χειρισμού όσον αφορά το βάρος, τις διαστάσεις, τις μηχανικές αντοχές και τον τρόπο στερέωσης του υλικού.
- Ευκολία κοπής, διαμόρφωσης και προσαρμογής στα σχήματα των στοιχείων από σκυρόδεμα.
- Σταθερότητα διαστάσεων για να αποφεύγονται ρηγματώσεις στα επιχρίσματα.
- Δυνατότητα καλής συναρμογής των τεμαχίων του μονωτικού υλικού, για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και οι γραμμές συμπύκνωσης υδρατμών στους αρμούς του.

Εάν το θερμομονωτικό υλικό εφαρμοστεί εξωτερικά του κτιρίου, το επίχρισμα πρέπει οπωσδήποτε να οπλιστεί κατάλληλα για να μειωθούν οι μικρορηγματώσεις που προκαλούνται λόγω της καταπόνησής του από τις εξωτερικές συνθήκες. Ο κανόνας αυτός ισχύει για οποιοδήποτε θερμομονωτικό υλικό υψηλής απόδοσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι συνήθως το επίχρισμα έχει τη δυνατότητα να μεταβιβάζει στο φέρον υπόστρωμά του μέρος των θερμικών διακυμάνσεων και έτσι να μετριάξει τη θερμική του καταπόνηση. Εάν το επίχρισμα εφαρμοστεί επάνω σε ένα θερμομονωτικό υλικό υψηλής απόδοσης, περιορίζεται σημαντικά η θερμική ροή προς το υπόστρωμα με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη θερμική καταπόνησή του που οδηγεί σε μικρορηγματώσεις. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται συνήθως εάν οπλιστεί το επίχρισμα με κατάλληλο πλέγμα ή και με συνθετικές ίνες. Η προσθήκη οικοδομικής ρητίνης αυξάνει την πρόσφυση, βελτιώνει σημαντικά την ελαστικότητα του σοβά και μειώνει τον κίνδυνο ρηγματώσεων.

ΜΕΡΟΣ Β

Εισαγωγή

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έχει γίνει αρχικά ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου αναφοράς, για τον τυπικό μήνα Ιανουάριο, συγκεκριμένα για την ημερομηνία 21^η Ιανουαρίου (κεφάλαιο 7ο).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας, η μόνωση και οι υαλοπίνακες αποτελούν τους δύο σημαντικότερους κατασκευαστικούς παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, καθώς τα δύο αυτά στοιχεία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη, αντιστοίχως, θερμική αντίσταση. Γενικά μελετώντας το ενεργειακό ισοζύγιο συμπεραίνουμε ότι το θετικό πρόσημο στη συνολική θερμική ενέργεια οφείλεται κυρίως στην ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στους τοίχους καθώς και σε αυτήν που διαπερνάει τους υαλοπίνακες, ενώ στα αρνητικά συγκαταλέγονται οι θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς της εξωτερικής με την εσωτερική θερμοκρασία στα δύο αυτά δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους.

Αφού, λοιπόν, θα έχει αναλυθεί η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς, στο 8^ο κεφάλαιο, θα ελέγξουμε τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης του κτιρίου συναρτήσει των μεταβολών των συντελεστών W_i (πάχος της μόνωσης), K_i (η ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης), U_f (ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων) καθώς και το συντελεστή P_f (ποσοστό επιφανείας επί του κελύφους των υαλοπινάκων).

Στο επόμενο κεφάλαιο του 2^{ου} μέρους (9^ο), ακολουθώντας την ίδια ακριβώς διαδικασία με το 7^ο κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς του ίδιου κτιρίου αναφοράς, με δύο σημαντικές διαφορές. Η πρώτη διαφορά είναι πως η ανάλυση γίνεται για το μήνα Νοέμβριο και η δεύτερη ότι χρησιμοποιείται το βελτιωμένο κτίριο αναφοράς [2].

Στη συνέχεια, στο 10^ο κεφάλαιο, αφού θα έχει αναλυθεί η θερμική συμπεριφορά του βελτιωμένου κτιρίου αναφοράς, θα ασχοληθούμε με το αντίστοιχο "ψευδοαδιαβατικό κέλυφος", δηλαδή το κέλυφος με συνολικά φορτία μηδέν. Πιο συγκεκριμένα, πειραματιζόμενοι με τα σημαντικότερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά θα καταλήξουμε σε ένα κέλυφος, στο οποίο ότι φορτία εισέρχονται, τα ίδια ακριβώς φορτία θα εξέρχονται. Οι σημαντικότεροι αυτοί συντελεστές οι οποίοι θα μας ορίσουν το ψευδοαδιαβατικό αυτό κέλυφος θα είναι το πάχος W_i της μόνωσης, η ειδική θερμική αγωγιμότητα K_i της μόνωσης, ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας U_f καθώς και το ποσοστό επιφανείας επί του κελύφους των υαλοπινάκων P_f .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τους υπολογισμούς θεωρήσαμε ένα κτήριο αναφοράς, το οποίο μελετήθηκε κατά τη διάρκεια της 21^{ης} Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας. Δηλαδή κάθε πλευρά του κτιρίου θα έχει επιφάνεια $10 \times 3 \text{ m}^2$ και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μόνωσης (πάχος 0.04 m και ειδική θερμική αγωγιμότητα $0.038 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$) και υαλοπινάκων (ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους $P_f = 25\%$) και συντελεστή θερμοπερατότητας, $U_f = 3,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ του κτηρίου αναφοράς.

Στις παραδοχές της μελέτης, συμπεριλαμβάνεται το γεγονός ότι το δάπεδο θεωρείται αδιαβατικό. Ακόμη, θεωρούμε μόνιμη κατάσταση, γιατί η μελέτη γίνεται για όλη τη διάρκεια του 24ώρου, οπότε παρά τη χρονική υστέρηση (2.7 2ο κεφάλαιο) που παρουσιάζουν οι τοίχοι και οι οροφές, ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε σε αυτά τα δομικά στοιχεία καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο χώρο που μελετάμε. Επιπλέον, καθώς διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου των υαλοπινάκων, θεωρούμε προσεγγιστικά ότι το 10% απορροφάται από τον αέρα ή χάνεται λόγω ανάκλασης και το υπόλοιπο 90% από τους τοίχους.

Για την προσέγγιση του θερμοκρασιακού αυτού προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν 4 εξισώσεις. Με την πρώτη υπολογίσαμε την ηλιακή ακτινοβολία που περνά δια μέσου των υαλοπινάκων στο εσωτερικό του κτηρίου, με τη δεύτερη τις απώλειες - λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς - των παραθύρων και αφαιρώντας τα μεταξύ τους, βρήκαμε τη διαφορά των θετικών με τα αρνητικά φορτία που εισέρχονται λόγω των υαλοπινάκων. Με την τρίτη εξίσωση, υπολογίσαμε τα συνολικά φορτία που εισέρχονται δια μέσου των τοίχων και της οροφής. Τέλος, με την τελευταία εξίσωση, υπολογίσαμε το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα. Με το αλγεβρικό άθροισμα όλων των παραπάνω, προέκυψε το συνολικό φορτίο του κελύφους. Θεωρήσαμε μόνιμη κατάσταση, καθώς οι τοίχοι και η οροφή αποδίδουν στον εσωτερικό χώρο του δωματίου τη θερμότητα που έχουν απορροφήσει μετά από κάποια υστέρηση αλλά κατά τη διάρκεια του 24ώρου ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο χώρο.

Ακόμα, στους υπολογισμούς της μελέτης λαμβάνουμε την εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με $22^{\circ}\text{C}=293\text{K}$. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος θεωρούμε τις τιμές των Αθηνών, οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος, δηλαδή

$$h_o/a = 38 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} .$$

Σημαντικά σχόλια:

1. Κατά την υπολογιστική διαδικασία έχει αγνοηθεί εντελώς ο παράγοντας της εξωτερικής σκίασης. Ο παράγοντας αυτός πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις κανονικές μελέτες διότι επηρεάζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις επιφάνειες του κτιρίου. Η εξωτερική σκίαση του κτιρίου σε κανονικές μελέτες είναι αδύνατον να αγνοηθεί μιας και δημιουργείται ακόμα και από τις ίδιες τις προεξοχές του κτιρίου όπως για παράδειγμα τα μπαλκόνια.
2. Το σχήμα του κτιρίου είναι εντελώς θεωρητικό και δεν έχει καμία απολύτως σχέση με οποιαδήποτε υπαρκτή κατασκευή, και άρα και τα εξαγόμενα αποτελέσματα έχουν μόνο θεωρητική ισχύ.

7.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η προσπίπτουσα στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου (G_i) υπολογίζεται από τη σχέση 7.1.1 [3]

$$G_i = G_b R_b + G_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + G_b + G_d \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \left[\frac{Kw}{m^2} \right] \quad (7.1.1)$$

όπου:

- $G_b \left[\frac{Kw}{m^2} \right]$ η άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,
- $G_d \left[\frac{Kw}{m^2} \right]$ η διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,
- R_b (αδιάστατος αριθμός)
- $\rho = 0,2$ τυπική τιμή για ανακλαστικότητα εδάφους,
- $\beta = 90^\circ$ εφόσον οι υαλοπίνακες είναι κάθετοι στο οριζόντιο επίπεδο,
- $\left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$ και $\left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$ οι παράγοντες όρασης ουρανού και εδάφους αντιστοίχως για το κεκλιμένο επίπεδο.

7.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου.

Για τον υπολογισμό των δύο παραπάνω συντελεστών χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες σχέσεις (7.1.1.1) και (7.1.1.2) [3]. Θεωρήσαμε ότι τις πολύ πρωινές ώρες (πριν τις 07:00) και τις βραδινές ώρες (μετά τις 18:00) η ηλιοφάνεια ήταν μηδενική.

$$G_b = M_t + A_t \sin\left(\frac{360}{365} D - P_t\right) \left[\frac{Kw}{m^2}\right] \quad (7.1.1.1)$$

$$G_d = m_t + a_t \sin\left(\frac{360}{365} D - p_t\right) \left[\frac{Kw}{m^2}\right] \quad (7.1.1.2)$$

Για την εφαρμογή των παραπάνω τύπων χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των συντελεστών που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα [3] 1.

Πίνακας 1: Οι τιμές των συντελεστών που εμφανίζονται στις εξισώσεις (7.1.1.1) και (7.1.1.2)

Time h	$M_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$A_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	P_t deg rees	$m_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	$a_t \left[\frac{Kw}{m^2}\right]$	p_t deg rees
7	0,007	0,046	86,18	0,048	0,111	81,23
8	0,057	0,068	87,31	0,134	0,127	82,45
9	0,119	0,104	87,94	0,208	0,133	83,94
10	0,191	0,129	88,31	0,261	0,129	85,6
11	0,258	0,153	89,35	0,283	0,117	86,05
12	0,319	-0,181	-88,88	0,271	0,095	82,71
13	0,342	-0,194	-89,18	0,243	0,081	81,95
14	0,325	0,183	87,21	0,21	0,083	87,23
15	0,269	0,166	86,22	0,176	0,087	89,53
16	0,183	0,147	82,1	0,141	-0,085	-88,19
17	0,078	0,131	79,85	0,104	-0,079	-88,97
18	-0,025	0,114	77,36	0,051	0,091	86,79

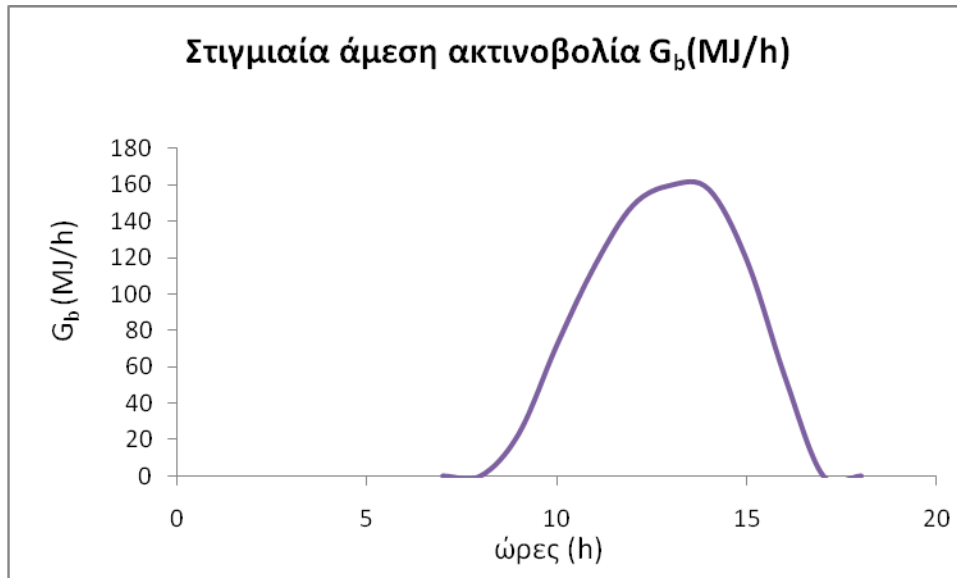
Για καλύτερη εποπτεία των τιμών, θα μετατρέψουμε τις μονάδες των συντελεστών G_b και G_d από Kw σε W και έτσι προκύπτουν οι τιμές του πίνακα 2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

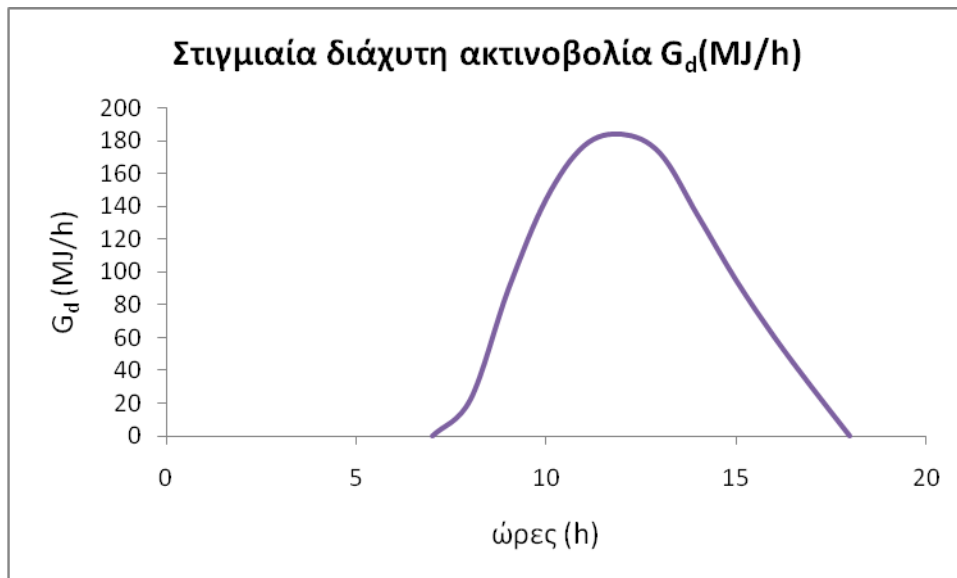
Πίνακας 2: Τιμές G_b και G_d για κάθε ώρα

<i>Time h</i>	$G_b \left[\frac{W}{m^2} \right]$	$G_d \left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0	0
8	0	22,14
9	23,107	89,257
10	71,736	144,193
11	115,512	176,672
12	148,479	183,590
13	159,575	171,994
14	157,181	133,874
15	117,937	94,878
16	53,952	60,584
17	0	29,616
18	0	0

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στην επόμενη σελίδα.



Σχήμα 7.1 : Γραφική παράσταση της στιγμιαίας άμεσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b για όλες τις ώρες της ημέρας.



Σχήμα 7.2 : Γραφική παράσταση της στιγμιαίας διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_d .

7.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b)

Για τις ίδιες ώρες χρειάζεται να υπολογίσουμε και τις τιμές του συντελεστή R_b για τους διάφορους προσανατολισμούς.

Η σχέση [3] που χρειαζόμαστε εδώ είναι η εξής:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (7.1.2.1)$$

όπου :

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (7.1.2.2)$$

$$\cos \theta = -\sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (7.1.2.3)$$

όπου:

θ = η γωνία πρόσπτωσης,

φ = 38° το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας,

ω = η ωριαία γωνία (είναι $\omega > 0$ για μ.μ. και $\omega < 0$ για π.μ.),

γ = αζιμούθιο επιφανείας,

δ = η ηλιακή απόκλιση, που υπολογίζεται από τη σχέση 7.1.2.4 :

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] = -20,138 \quad (7.1.2.4)$$

αφού : $n = 325$ (21^η Ιανουαρίου)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι πίνακες των R_b για τους τρεις προσανατολισμούς :

Πίνακας 2: Τιμές R_b για το νότο

<i>Time h</i>	R_b (νότος)
7	0
8	3,540142
9	2,182271
10	1,798065
11	1,648506
12	1,607068
13	1,648506
14	1,798065
15	2,182271
16	3,540142
17	0
18	0

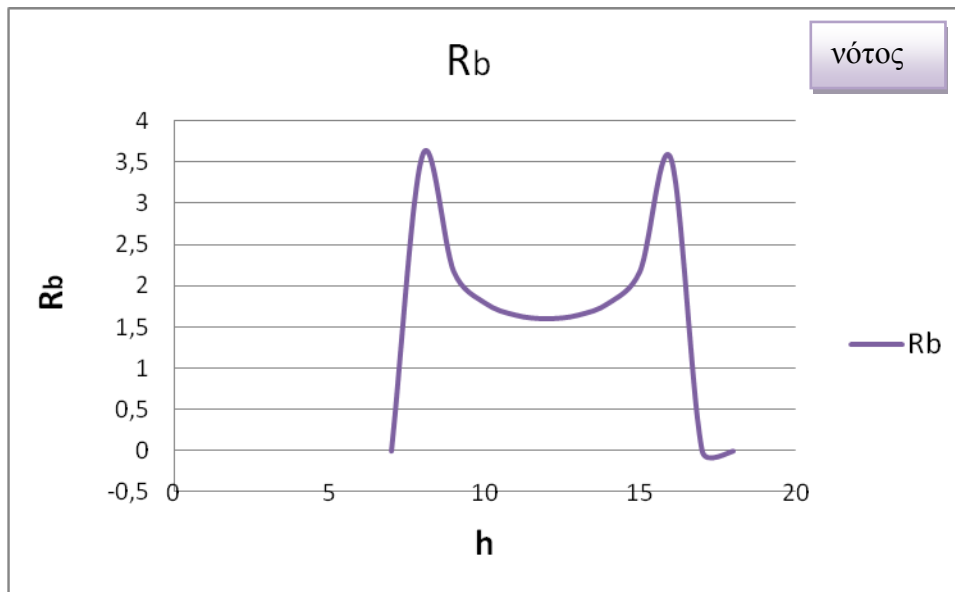
Πίνακας 3: Τιμές R_b για τη δύση

<i>Time h</i>	R_b (δύση)
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0,482998
14	1,093842
15	2,130972
16	5,137957
17	0
18	0

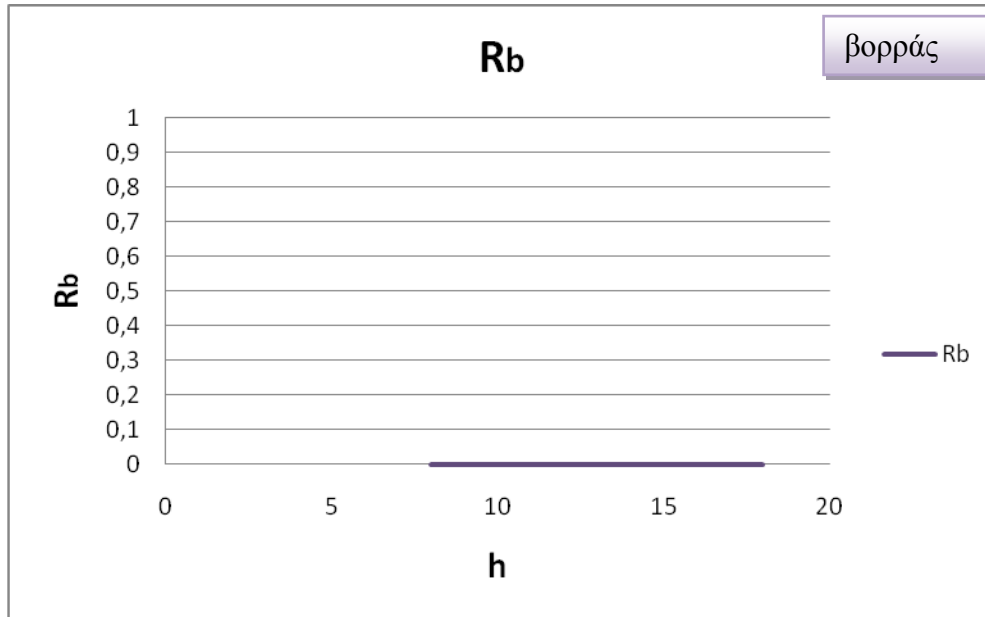
Πίνακας 4 : Τιμές R_b για την ανατολή

Time h	R_b (ανατολή)
7	0
8	5,1379569
9	2,130723
10	1,0938422
11	0,4829983
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0

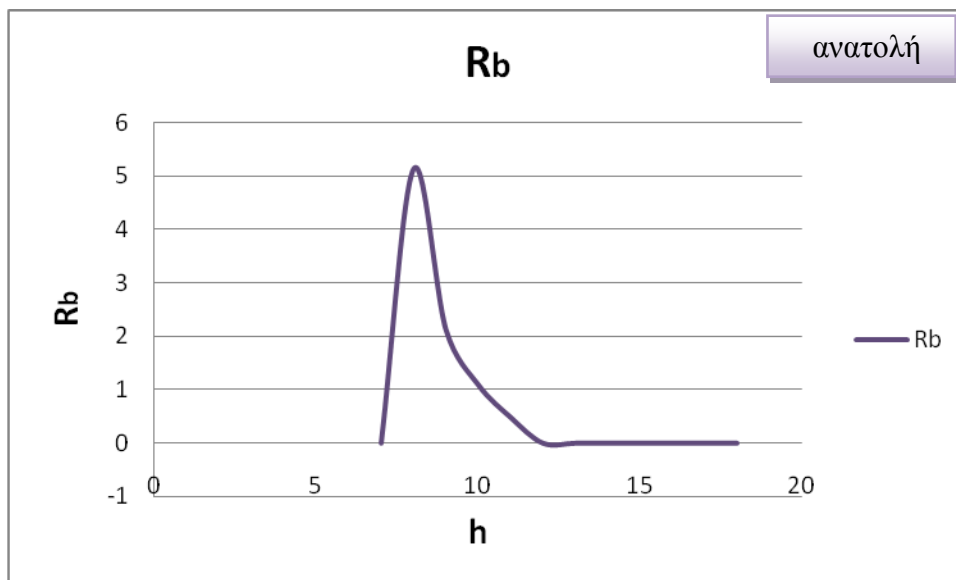
Τα αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται παρακάτω:



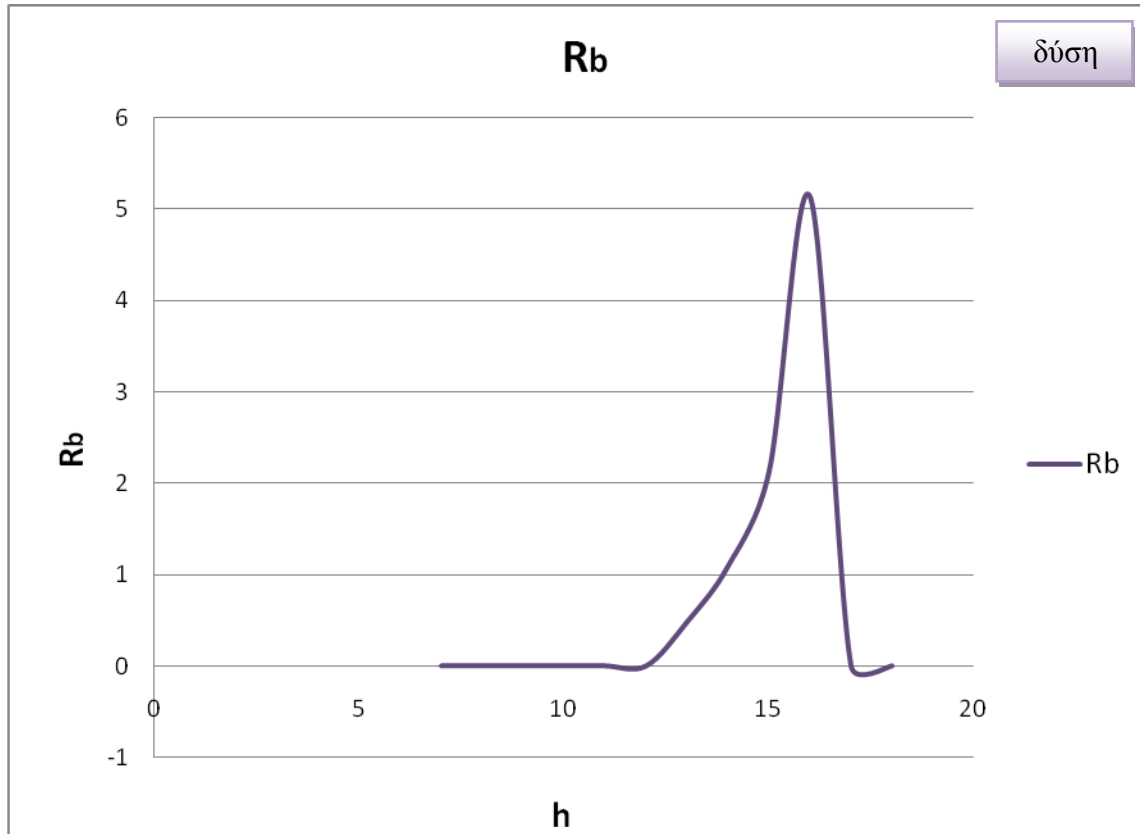
Σχήμα 7.3 : Τιμές R_b για όλες τις ώρες της ημέρας για το νότο.



Σχήμα 7.4 : Τιμές R_b για όλες τις ώρες της ημέρας για το βορρά.



Σχήμα 7.5 : Τιμές R_b για όλες τις ώρες της ημέρας για την ανατολή.



Σχήμα 7.6 : Τιμές R_b για όλες τις ώρες της ημέρας για τη δύση.

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε τη στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου σε $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ βάσει της σχέσης (1) για κάθε έναν από τους τέσσερις προσανατολισμούς για τις ώρες από 07:00 έως 18:00. Οι τιμές φαίνονται παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 5: Τιμές για το βορρά

<i>Time h</i>	G_t (βορράς) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	13,284
9	55,865
10	93,689
11	117,554
12	125,002
13	119,154
14	96,043
15	68,721
16	41,746
17	17,770
18	0

Πίνακας 6: Τιμές για το νότο

<i>Time h</i>	G_t (νότος) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	13,284
9	106,291
10	222,675
11	307,977
12	363,618
13	382,214
14	378,664
15	326,091
16	232,743
17	17,770
18	0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

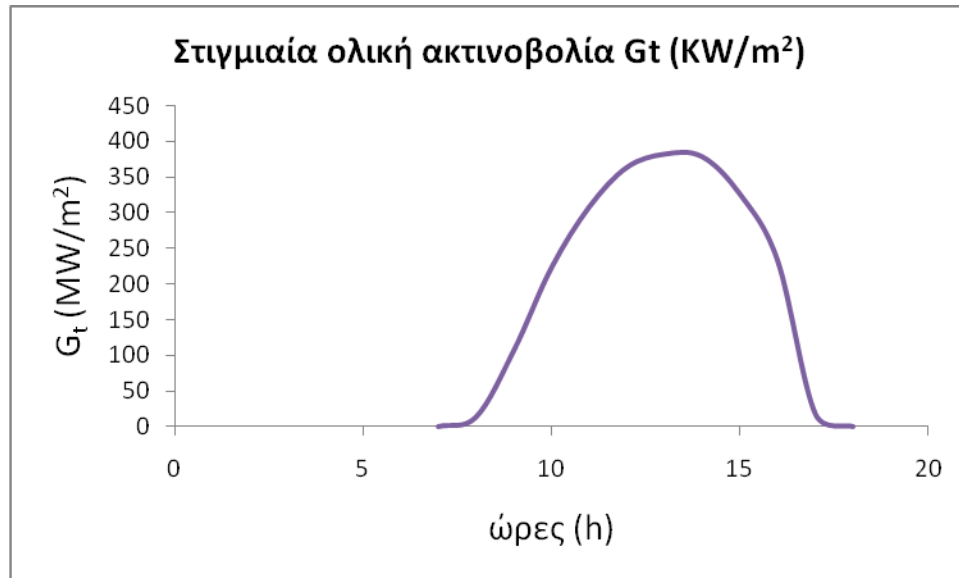
Πίνακας 7: Τιμές για τη δύση

<i>Time h</i>	G_t (δύση) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	13,284
9	55,865
10	93,689
11	117,554
12	125,002
13	196,228
14	267,974
15	320,041
16	318,949
17	17,770
18	0

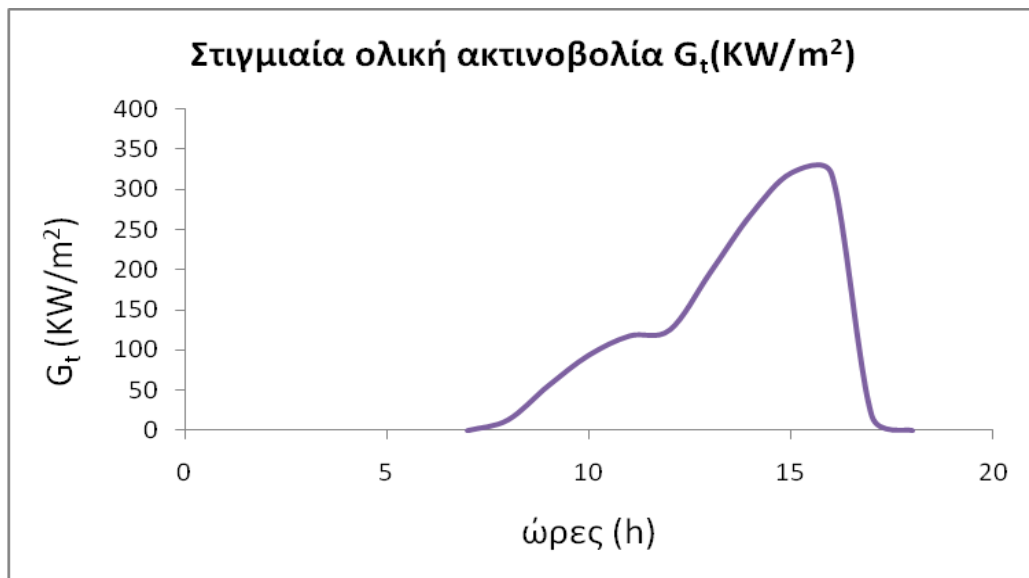
Πίνακας 8: Τιμές για την ανατολή

<i>Time h</i>	G_t (ανατολή) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	11,291
9	94,993
10	152,724
11	147,050
12	95,116
13	89,313
14	69,848
15	49,567
16	31,437
17	15,104
18	0

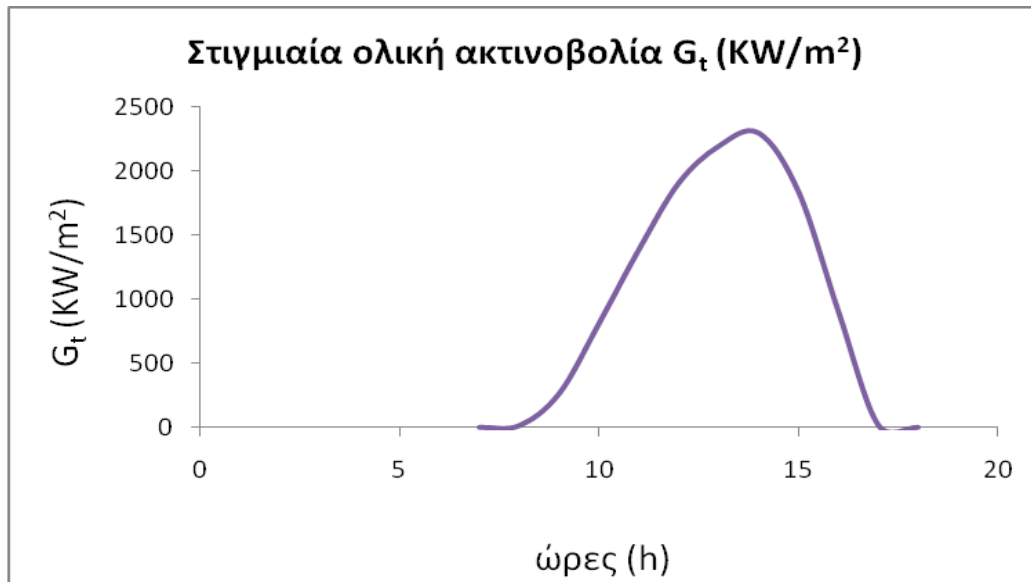
Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στην επόμενη σελίδα.



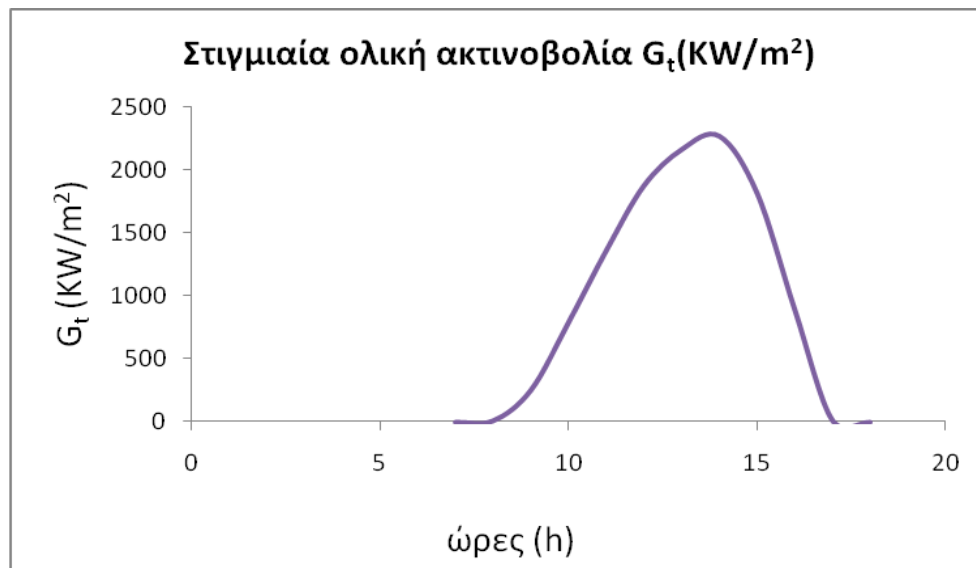
Σχήμα 7.7 : Τιμές στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας οριζόντιου επιπέδου για όλο το 24ώρο στο νότιο προσανατολισμό.



Σχήμα 7.8 : Τιμές στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας οριζόντιου επιπέδου για όλο το 24ώρο στο δυτικό προσανατολισμό.



Σχήμα 7.9 : Τιμές στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας οριζόντιου επιπέδου για όλο το 24ώρο στο βόρειο προσανατολισμό.



Σχήμα 7.10 : Τιμές στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας οριζόντιου επιπέδου για όλο το 24ώρο στον ανατολικό προσανατολισμό.

Παρατηρούμε ότι τα δύο τελευταία διαγράμματα παρουσιάζουν μια σχετική ανωμαλία γύρω στις 12:00 μ.μ.. Ελέγχθησαν οι τιμές και δεν βρέθηκε κάποιο λάθος στους υπολογισμούς οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ευθύνεται η τιμή του R_b , η οποία μηδενίζεται στις 12:00μ.μ..

7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΔΙΑ ΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Για τον υπολογισμό των θετικών φορτίων που προκύπτουν δια μέσου των υαλοπινάκων θα χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση (7.2.1) [1], η οποία εκφράζει το θερμικό κέρδος του κτιρίου από τους υαλοπίνακες.

$$K_{\text{υαλ}} = 0,9 \cdot 3600 \cdot G_t A_f \left[\frac{J}{h} \right] \quad (7.2.1)$$

όπου :

$G_t \left[\frac{W}{m^2} \right]$ η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στους υαλοπίνακες

$A_f \left[m^2 \right]$ το εμβαδόν του υαλοπίνακα

Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων

Όπως ήδη έχει γίνει αναφορά στην εισαγωγή, οι υπολογισμοί έχουν γίνει σε ένα κτίριο αναφοράς, το οποίο είναι κτήριο τετραγωνικού δαπέδου επιφάνειας $10 \times 10 = 100m^2$, με επιφάνεια κελύφους (πλην του αδιαβατικού δαπέδου) $120m^2$ και όγκο κτηρίου $V=300m^3$. Οι τέσσερις πλευρές του κτηρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα. Κάθε μία από αυτές αποτελείται κατά ποσοστό 25% της επιφάνειας της από υαλοπίνακες, δηλαδή $P_f=25\%$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Επομένως το εμβαδό των υαλοπινάκων για κάθε πλευρά του κτηρίου θα είναι ίσο με:

$$A_f = 30m^2 \times 0,25 = 7,5m^2, \text{ ενώ το συνολικό εμβαδό θα είναι:}$$

$$A_{tot} = 120m^2 \times 0,25 = 30m^2$$

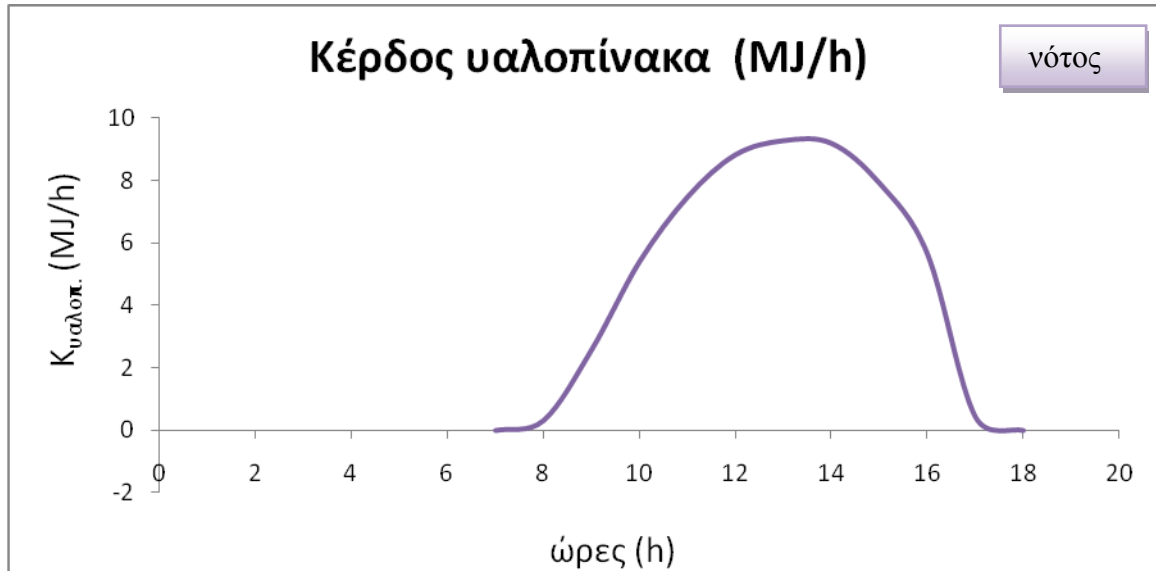
Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να γίνει υπολογισμός των θετικών φορτίων των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό σύμφωνα με την εξίσωση (7.2.1) και υπολογίζεται για όλο το 24ωρο. Για λόγους καλύτερης εποπτείας θα μετατρέψουμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h} \right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

Ο αντίστοιχος πίνακας με τα αποτελέσματα (Πίνακας 8) αλλά και τα διαγράμματα δίνονται στη συνέχεια.

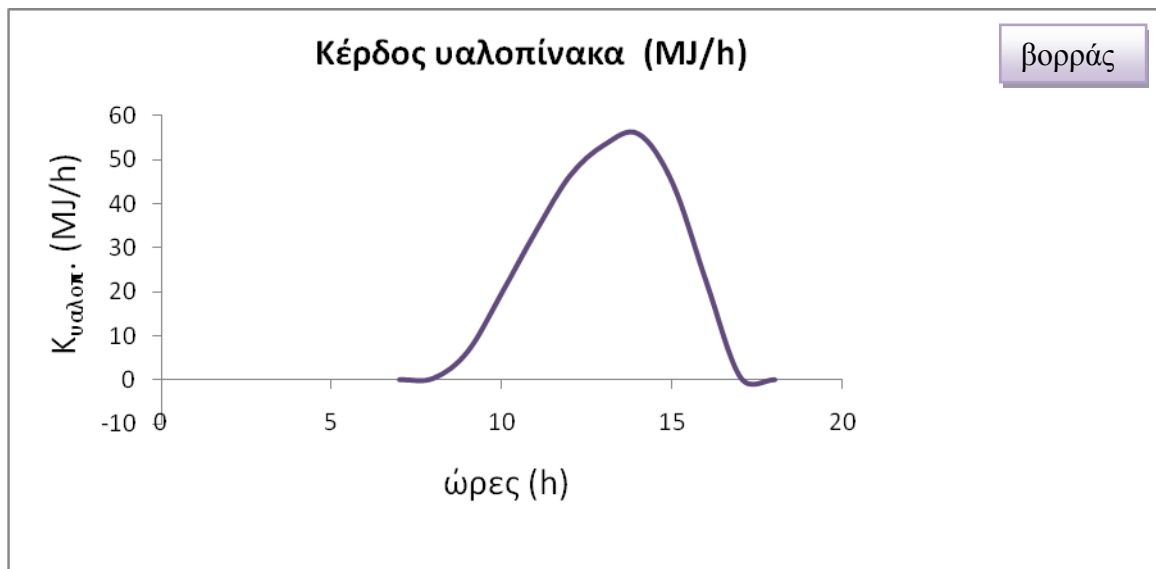
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 8: Θερμικά κέρδη υαλοπινάκων σε κάθε προσανατολισμό

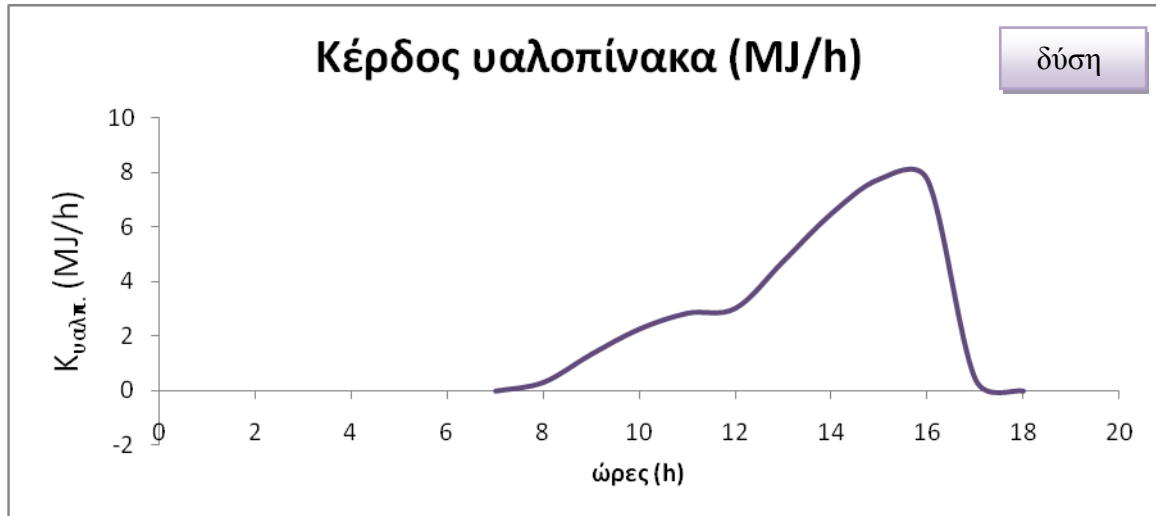
<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$K_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0
06:00	0	0	0	0
07:00	0	0	0	0
08:00	0,3228	0,3228	0,3228	0,2744
09:00	1,3575	2,5829	1,3575	2,3083
10:00	2,2767	5,4110	2,2767	3,7112
11:00	2,8566	7,4838	2,8566	3,5733
12:00	3,0376	8,8359	3,0375	2,3113
13:00	2,8954	9,2878	4,7683	2,1703
14:00	2,3338	9,2015	6,5118	1,6973
15:00	1,6699	7,9240	7,7770	1,2045
16:00	1,0144	5,6557	7,7505	0,7639
17:00	0,4318	0,4318	0,4318	0,3670
18:00	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0
00:00	0	0	0	0



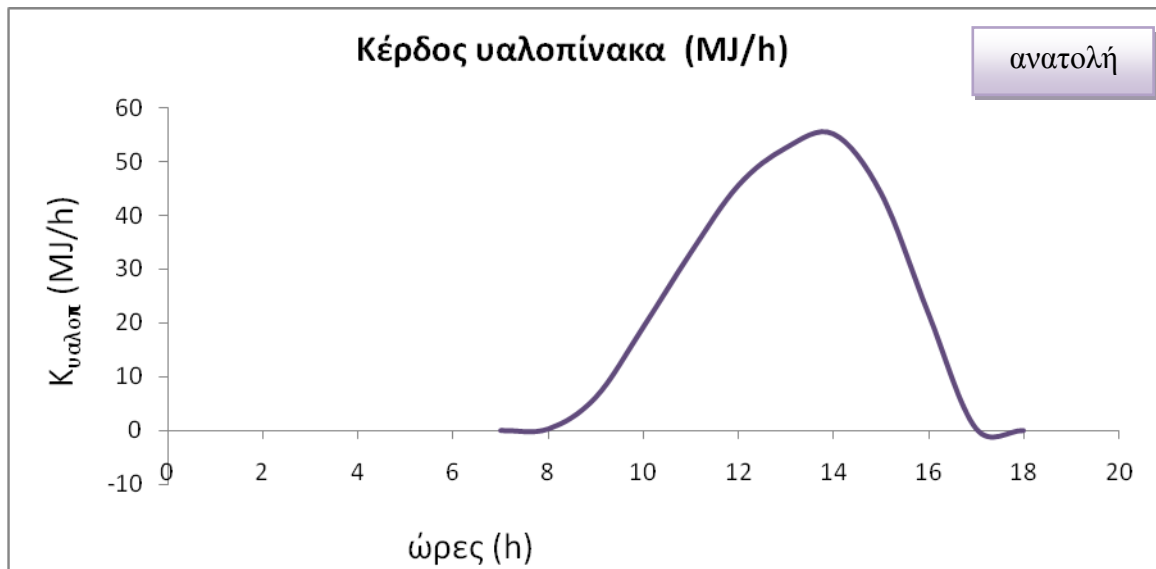
Σχήμα 7.11 : Κέρδος υαλοπίνακα νότου κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 7.12 : Κέρδος υαλοπίνακα βορρά κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 7.13 : Κέρδος υαλοπίνακα δύσης κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 7.14 : Κέρδος υαλοπίνακα ανατολής κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

7.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΔΙΑ ΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Τα αρνητικά φορτία των υαλοπινάκων που προκύπτουν από αγωγή θερμότητας εξαιτίας θερμοκρασιακής διαφοράς, υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση [1]:

$$L_{\text{υαλ}} = -3600 A_f U_f (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (7.3.1)$$

όπου:

A_f [m^2] το εμβαδόν των υαλοπινάκων,

U_f [$\frac{W}{m^2 K}$] ο ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων, ο οποίος σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς ισούται με 3.5,

$T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Στην παραπάνω σχέση (9.3.1), δεν χρησιμοποιούμε την ισοδύναμη θερμοκρασία T_e , η οποία περιέχει την ηλιακή ακτινοβολία, αφού εμείς την υπολογίζουμε ξεχωριστά.

7.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας $T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$

Σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς, το οποίο χρησιμοποιούμε για τους υπολογισμούς, η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με $22^\circ\text{C}=295\text{K}$. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές των Αθηνών οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος. Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον πίνακα 9 και οι υπολογισμοί έχουν γίνει για όλο το 24ωρο:

Πίνακας 9: Εσωτερική θερμοκρασία κτιρίου αναφοράς T_{in} K , θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος T_{out} K και η διαφορά των δύο θερμοκρασιών $T_{in} - T_{out}$.

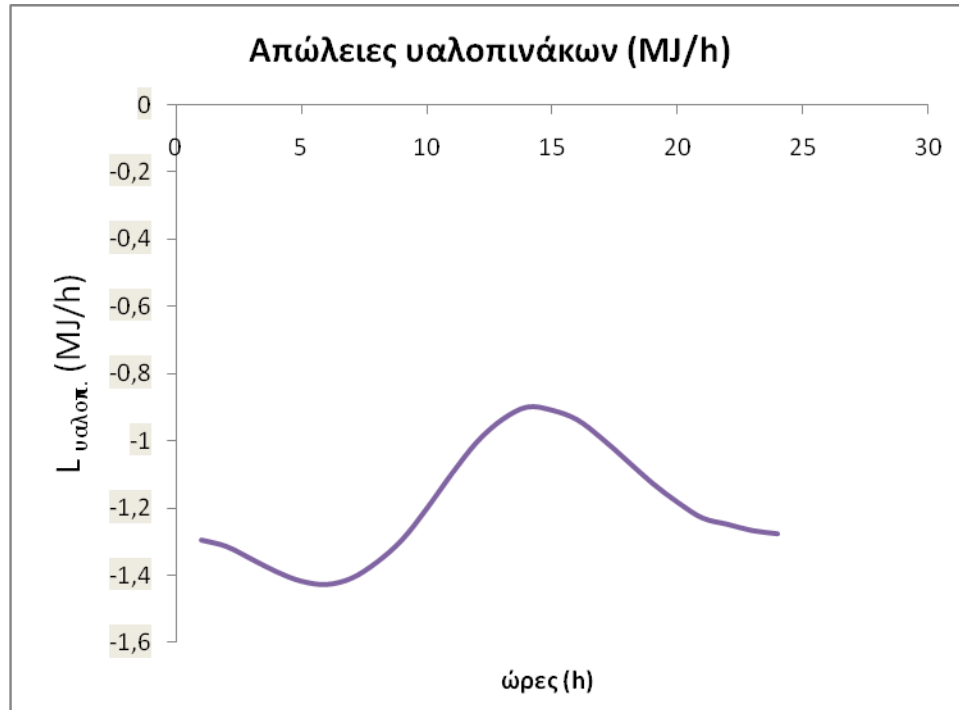
Time	T_{in} K	T_{out} K	$T_{in} - T_{out}$
01:00	295	281,3	13,7
02:00	295	281,1	13,9
03:00	295	280,7	14,3
04:00	295	280,3	14,7
05:00	295	280	15
06:00	295	279,9	15,1
07:00	295	280,1	14,9
08:00	295	280,6	14,4
09:00	295	281,3	13,7
10:00	295	282,3	12,7
11:00	295	283,4	11,6
12:00	295	284,4	10,6
13:00	295	285,1	9,9
14:00	295	285,5	9,5
15:00	295	285,4	9,6
16:00	295	285,1	9,9
17:00	295	284,5	10,5
18:00	295	283,8	11,2
19:00	295	283,1	11,9
20:00	295	282,5	12,5
21:00	295	282	13
22:00	295	281,8	13,2
23:00	295	281,6	13,4
00:00	295	281,5	13,5

Με βάση τα παραπάνω και με χρήση της εξίσωσης (9.3.1), θα υπολογίσουμε τις απώλειες των υαλοπινάκων σε $\left[\frac{J}{h} \right]$. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 10, αφού έχουν μετατραπεί οι μονάδες σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$, ενώ παρατίθεται και το αντίστοιχο διάγραμμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακα 10: Απώλειες υαλοπινάκων για την κάθε ώρα

Απώλειες υαλοπινάκων για όλους τους προσανατολισμούς	
Time	$L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,2947
02:00	-1,3136
03:00	-1,3514
04:00	-1,3892
05:00	-1,4175
06:00	-1,4270
07:00	-1,4081
08:00	-1,3608
09:00	-1,2947
10:00	-1,2002
11:00	-1,0962
12:00	-1,0017
13:00	-0,9356
14:00	-0,8978
15:00	-0,9072
16:00	-0,9356
17:00	-0,9923
18:00	-1,0584
19:00	-1,1246
20:00	-1,1813
21:00	-1,2285
22:00	-1,2474
23:00	-1,2663
00:00	-1,2758



Σχήμα 7.15 : Απώλειες υαλοπινάκων καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

Παρατηρούμε ότι οι απώλειες σε αντίθεση με τα κέρδη θα είναι κοινές ανεξαρτήτου προσανατολισμού αφού εξαρτώνται από τη διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού με εξωτερικού περιβάλλοντος.

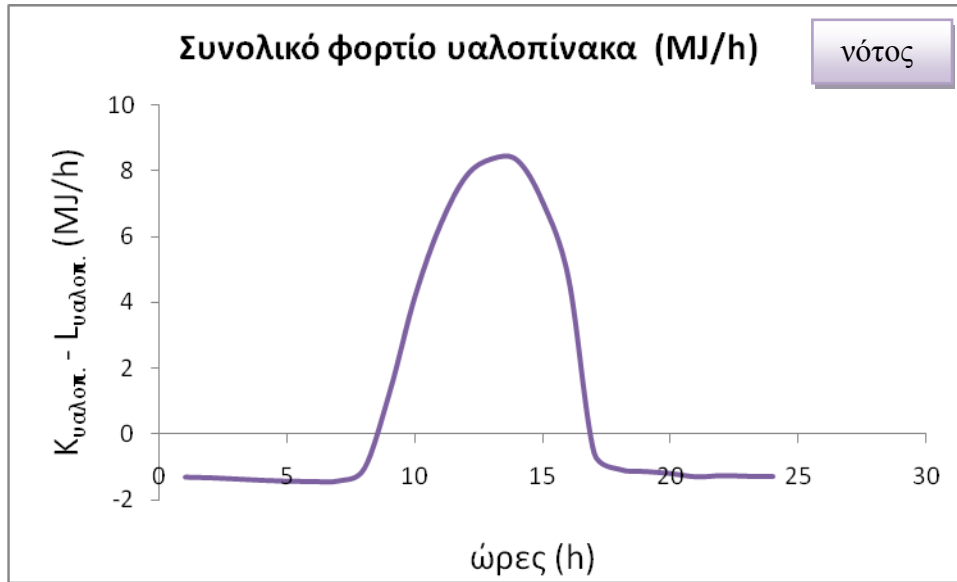
7.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΔΙΑ ΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Με βάση τα αποτελέσματα της παραγράφου 7.2 και 7.3, προκύπτει ο πίνακας 11.

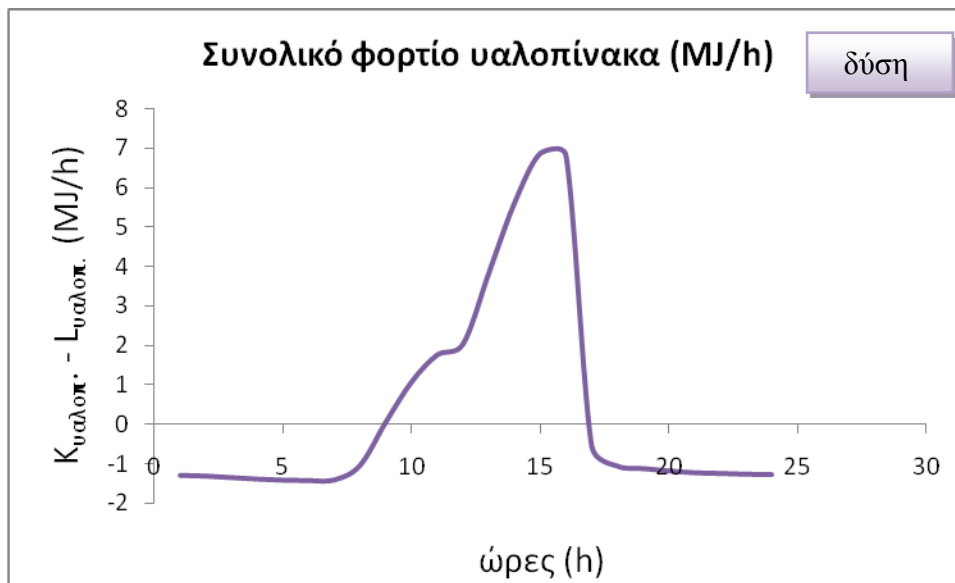
Πίνακας 11 : Συνολικά φορτία που δέχονται οι υαλοπίνακες καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου

Time	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{υαλ}} - L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,2947	-1,2947	-1,2947	-1,2947
02:00	-1,3136	-1,3136	-1,3136	-1,3136
03:00	-1,3514	-1,3514	-1,3514	-1,3514
04:00	-1,3892	-1,3892	-1,3892	-1,3892
05:00	-1,4175	-1,4175	-1,4175	-1,4175
06:00	-1,4270	-1,4270	-1,4270	-1,4270
07:00	-1,4081	-1,4081	-1,4081	-1,4081
08:00	-1,0380	-1,0380	-1,0864	-1,0380
09:00	0,0629	1,2882	1,0137	0,0629
10:00	1,0766	4,2109	2,5110	1,0765
11:00	1,7604	6,3876	2,4771	1,7604
12:00	2,0359	7,8342	1,3096	2,0359
13:00	1,9600	8,3523	1,2347	3,8328
14:00	1,4361	8,3038	0,7996	5,6140
15:00	0,7627	7,0168	0,2973	6,8698
16:00	0,0789	4,7201	-0,1716	6,8149
17:00	-0,5604	-0,5604	-0,6252	-0,5604
18:00	-1,0584	-1,0584	-1,0584	-1,0584
19:00	-1,1246	-1,1246	-1,1246	-1,1246
20:00	-1,1813	-1,1813	-1,1813	-1,1813
21:00	-1,2285	-1,2285	-1,2285	-1,2285
22:00	-1,2474	-1,2474	-1,2474	-1,2474
23:00	-1,2663	-1,2663	-1,2663	-1,2663
00:00	-1,2758	-1,2758	-1,2758	-1,2758

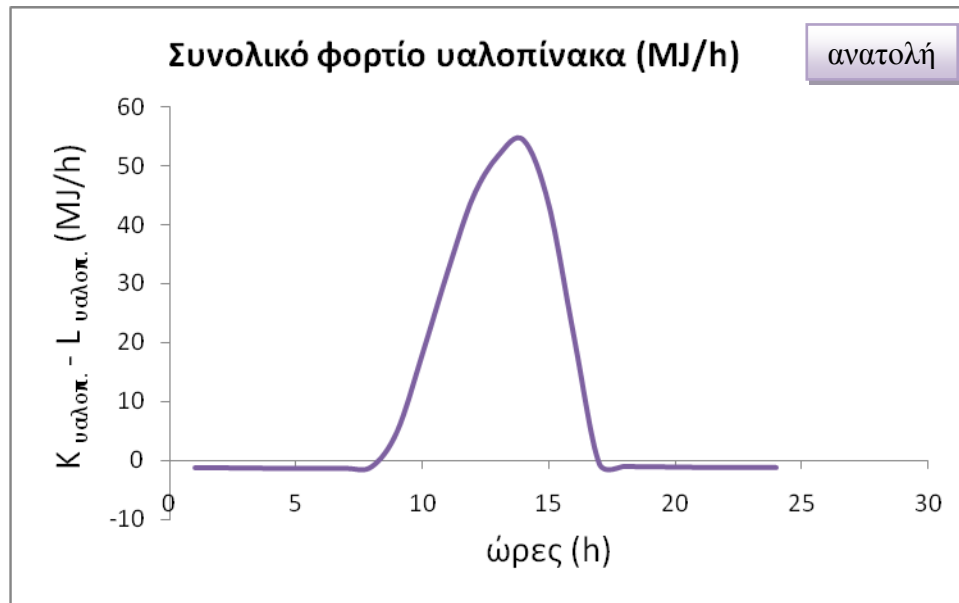
Τα αντίστοιχα διαγράμματα για τους τέσσερις προσανατολισμούς παρουσιάζονται παρακάτω:



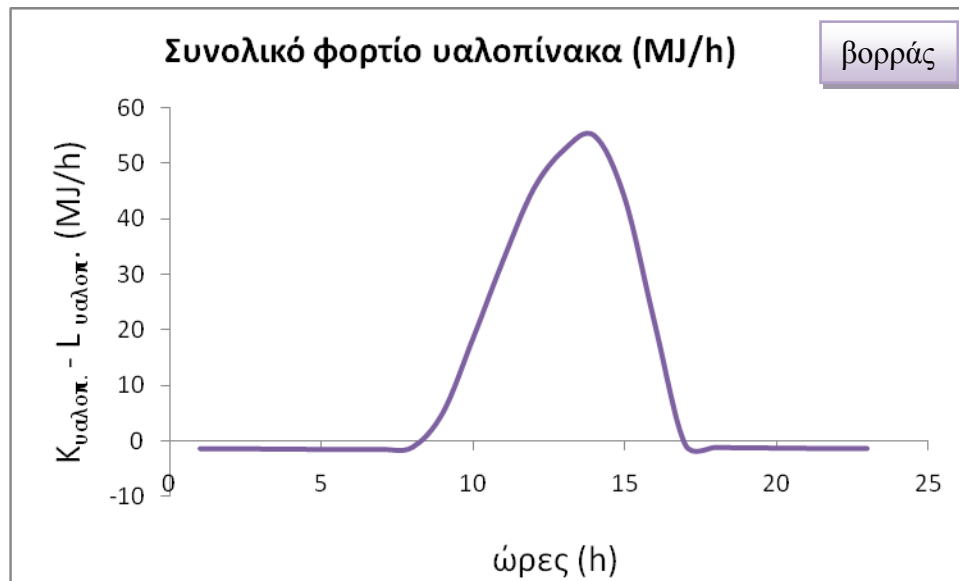
Σχήμα 7.16 : Συνολικό φορτίο υαλοπίνακα νότου καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.



Σχήμα 7.17 : Συνολικό φορτίο υαλοπίνακα δύσης καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.



Σχήμα 7.18 : Συνολικό φορτίο υαλοπίνακα ανατολής καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.



Σχήμα 7.19 : Συνολικό φορτίο υαλοπίνακα βορρά καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.

7.5 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων, δηλαδή το συνολικό κέρδος των τοίχων, υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση [1]:

$$K_{\text{τοιχ}} = -3600 A_w U_w (T_{in} - T_e) \quad \left[\frac{J}{h} \right] \quad (7.5.1)$$

όπου:

A_w $[m^2]$ το εμβαδόν του τοίχου,

U_w $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,

$T_{in} - T_e$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Υπολογισμός εμβαδού τοίχων

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.1, το εμβαδό όλων των πλευρών του κτηρίου υπολογίστηκε $(220-100)=120 m^2$ και της κάθε πλευράς ξεχωριστά, $\frac{120}{4} = 30 m^2$. Το εμβαδό κάθε υαλοπίνακα είναι ίσο με $7.5 m^2$, επομένως το εμβαδό του κάθε τοίχου είναι ίσο με: $30 - 7,5 = 22,5 m^2$. Άρα, $A_w = 22,5 m^2$.

7.5.1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων [1]

Στο κτήριο αναφοράς οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- εξωτερικό επίχρισμα πάχους 0.02 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$
- μόνωση πάχους 0.040 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$ και
- εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0.020 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$.

Τέλος, ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$ και $8 \left[\frac{\text{w}}{\text{mK}} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας του τοίχου, χρησιμοποιούμε τη σχέση 7.5.1.1.

$$\frac{1}{U_w} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{1}{h_0} \quad \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (7.5.1.1)$$

όπου :

$U_w \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,

$h_i \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,

$h_0 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,

$\frac{w_i}{k_i} \left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος του τοίχου.

Από την εξίσωση (7.5.1.1), προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας του τοίχου ίσος με $U_w = 0.671067 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$.

7.5.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό, η εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου αναφοράς είναι ίση με $22 \text{ }^\circ\text{C} = 295 \text{ K}$.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος, για κάθε προσανατολισμό, όπως φαίνεται στον πίνακα 12.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 12: Θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος
για κάθε προσανατολισμό

Time	T_{in} K	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
		T_e K	T_e K	T_e K	T_e K
01:00	295	281,3	281,3	281,3	281,3
02:00	295	281,1	281,1	281,1	281,1
03:00	295	280,7	280,7	280,7	280,7
04:00	295	280,3	280,3	280,3	280,3
05:00	295	280	280	280	280
06:00	295	279,9	279,9	279,9	279,9
07:00	295	280,1	280,1	280,1	280,1
08:00	295	281,5	289	281,5	292,5
09:00	295	283	296,3	283	296
10:00	295	284,5	301,2	284,5	294,7
11:00	295	285,8	304,5	285,8	291,3
12:00	295	286,9	306,2	286,9	286,9
13:00	295	287,5	306,2	293	287,5
14:00	295	287,6	304,3	297,8	287,6
15:00	295	287,2	300,4	300,1	287,2
16:00	295	286,1	293,6	297	286,1
17:00	295	284,5	284,5	284,5	284,5
18:00	295	283,8	283,8	283,8	283,8
19:00	295	283,1	283,1	283,1	283,1
20:00	295	282,5	282,5	282,5	282,5
21:00	295	282	282	282	282
22:00	295	281,8	281,8	281,8	281,8
23:00	295	281,6	281,6	281,6	281,6
00:00	295	281,5	281,5	281,5	281,5

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ο πίνακας 13 της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, για κάθε προσανατολισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 13: Η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, για κάθε προσανατολισμό.

Time	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$T_{in} - T_e$ K	$T_{in} - T_e$ K	$T_{in} - T_e$ K	$T_{in} - T_e$ K
01:00	13,7	13,7	13,7	13,7
02:00	13,9	13,9	13,9	13,9
03:00	14,3	14,3	14,3	14,3
04:00	14,7	14,7	14,7	14,7
05:00	15	15	15	15
06:00	15,1	15,1	15,1	15,1
07:00	14,9	14,9	14,9	14,9
08:00	13,5	6	13,5	2,5
09:00	12	-1,3	12	-1
10:00	10,5	-6,2	10,5	0,3
11:00	9,2	-9,5	9,2	3,7
12:00	8,1	-11	8,1	8,1
13:00	7,5	-11,2	2	7,5
14:00	7,4	-9,3	-2,8	7,4
15:00	7,8	-5,4	-5,1	7,8
16:00	8,9	1,4	-2	8,9
17:00	10,5	10,5	10,5	10,5
18:00	11,2	11,2	11,2	11,2
19:00	11,9	11,9	11,9	11,9
20:00	12,5	12,5	12,5	12,5
21:00	13	13	13	13
22:00	13,2	13,2	13,2	13,2
23:00	13,4	13,4	13,4	13,4
00:00	13,5	13,5	13,5	13,5

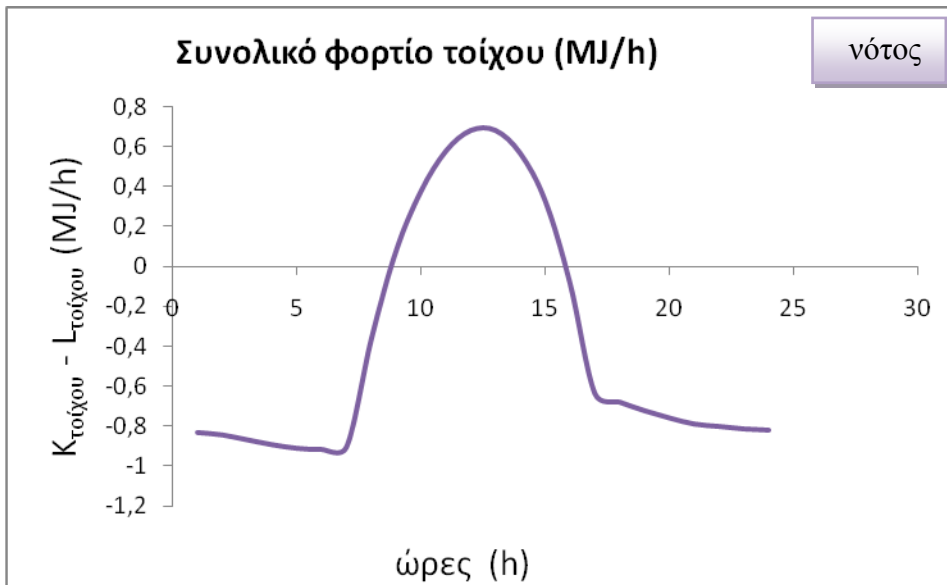
*ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ*

Με δεδομένα όλα τα παραπάνω , χρησιμοποιώντας τη σχέση (9.5.1), μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο των τοίχων, για κάθε προσανατολισμό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 14. Για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων μετατρέψαμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h} \right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

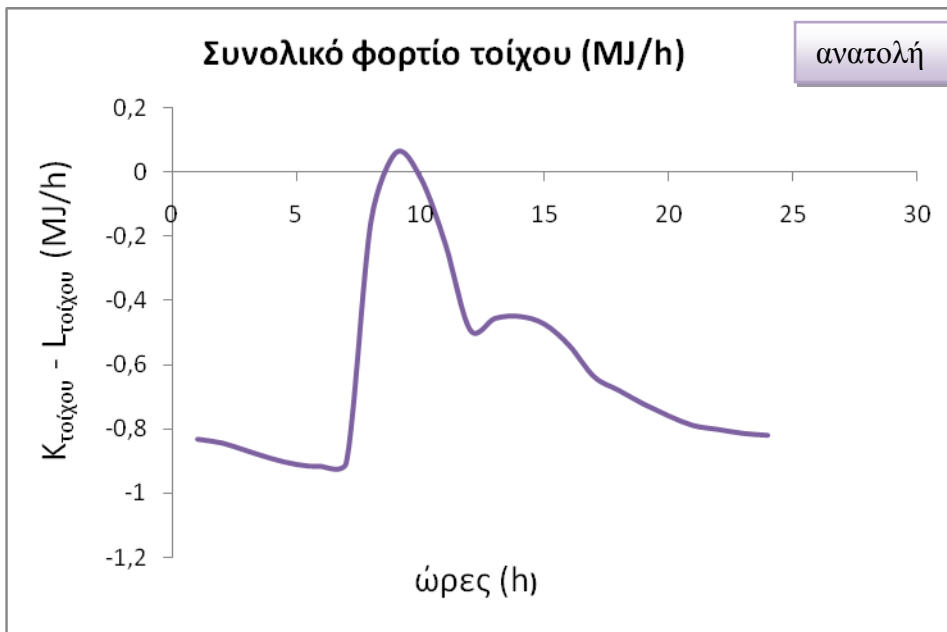
Πίνακας 14: Συνολικά φορτία τοίχων για κάθε προσανατολισμό

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-0,8302	-0,8302	-0,8302	-0,8302
02:00	-0,8423	-0,8423	-0,8423	-0,8423
03:00	-0,8666	-0,8667	-0,8666	-0,8666
04:00	-0,8908	-0,8908	-0,8908	-0,8908
05:00	-0,9090	-0,9090	-0,9090	-0,9090
06:00	-0,9150	-0,9150	-0,9150	-0,9150
07:00	-0,9029	-0,9029	-0,9029	-0,9029
08:00	-0,8181	-0,3636	-0,8181	-0,1515
09:00	-0,7272	0,0788	-0,7272	0,0606
10:00	-0,6363	0,3757	-0,6363	-0,0182
11:00	-0,5575	0,5757	-0,5575	-0,2242
12:00	-0,4909	0,6787	-0,4909	-0,4909
13:00	-0,4545	0,6787	-0,1212	-0,4545
14:00	-0,4484	0,5636	0,1697	-0,4484
15:00	-0,4727	0,3272	0,3091	-0,4727
16:00	-0,5393	-0,0848	0,1212	-0,5393
17:00	-0,6363	-0,6363	-0,6363	-0,6363
18:00	-0,6787	-0,6787	-0,6787	-0,6787
19:00	-0,7211	-0,7211	-0,7211	-0,7211
20:00	-0,7575	-0,7575	-0,7575	-0,7575
21:00	-0,7878	-0,7878	-0,7878	-0,7878
22:00	-0,8000	-0,8000	-0,8000	-0,8000
23:00	-0,8120	-0,8120	-0,8120	-0,8120
00:00	-0,8181	-0,8181	-0,8181	-0,8181

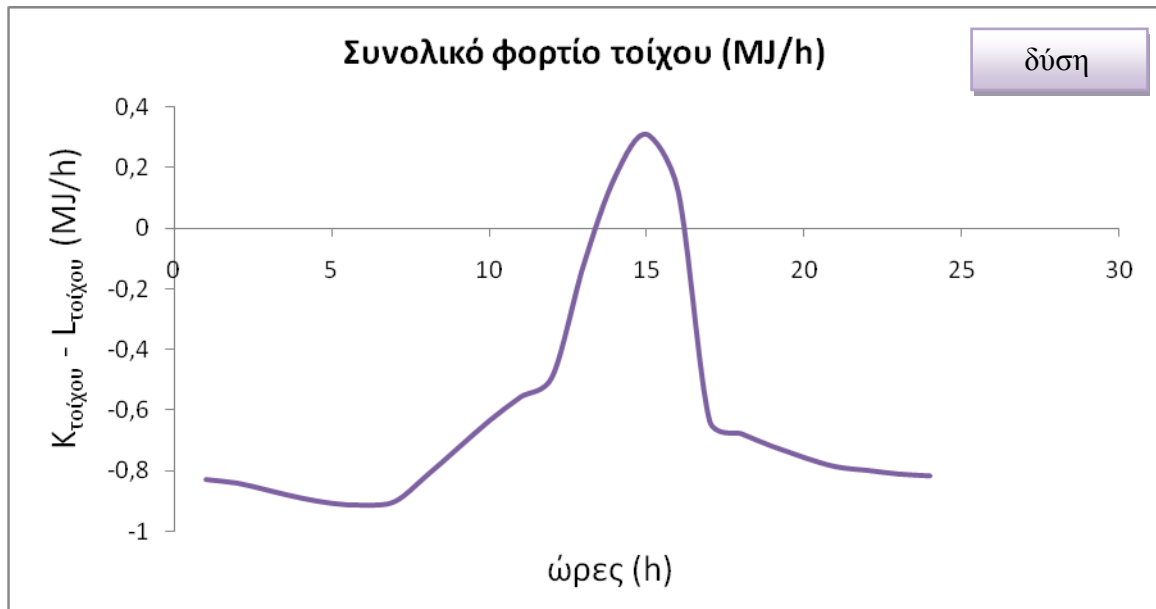
Επομένως προκύπτουν τα διαγράμματα που ακολουθούν :



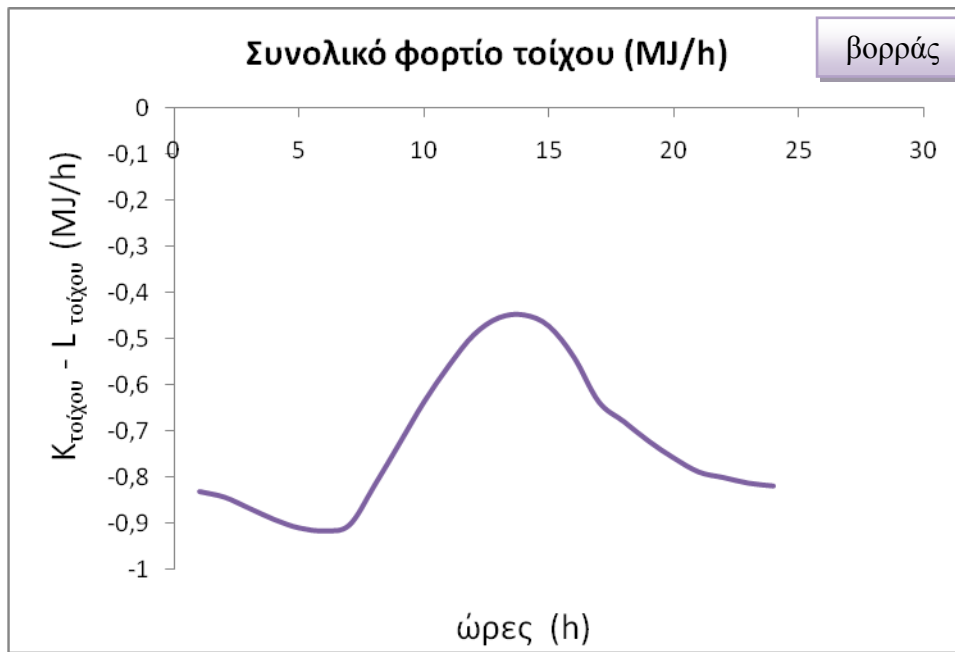
Σχήμα 7.20 : Συνολικό φορτίο νότιου τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 7.21 : Συνολικό ανατολικού τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 7.22 : Συνολικό φορτίο δυτικού τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 7.23 : Συνολικό φορτίο βόρειου τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

Με βάση τα αποτελέσματα από τον πίνακα 14, για το βόρειο προσανατολισμό έχουμε μέγιστο κέρδος (επειδή είναι αρνητικό ισοδυναμεί με ελάχιστες απώλειες), -4484 J/h στις 14:00 για μέγιστη μετρούμενη ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος $T_e=14.6^{\circ}\text{C}$, ομοίως για το νότιο προσανατολισμό έχουμε μέγιστο κέρδος 6787 J/h στις 12:00 και 13:00 για $T_e=33.2^{\circ}\text{C}$. Για τον ανατολικό προσανατολισμό, το μέγιστο κέρδος που είναι ίσο με 606 J/h, επιτυγχάνεται στις 9:00 το πρωί, όπου η $T_e=23^{\circ}\text{C}$. Τέλος, στο δυτικό προσανατολισμό το μέγιστο κέρδος είναι 3091 J/h, όπου η $T_e=27.1^{\circ}\text{C}$ και εμφανίζεται στις 15:00 το μεσημέρι.

Σημείωση: Οι ανωμαλίες που εμφανίζονται στα σχετικά διαγράμματα οφείλονται στις αυξομειώσεις των μετρούμενων ισοδύναμων εξωτερικών θερμοκρασιών, όπως αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στο βόρειο προσανατολισμό έχουμε μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές κέρδους), στον ανατολικό έχουμε μόνο μία θετική τιμή κέρδους (στις 9:00), ενώ στο νότιο και δυτικό προσανατολισμό έχουμε κυρίως απώλειες, εκτός από τις μεσημεριανές ώρες που έχουμε κέρδος. Στο νότιο εμφανίζονται θετικές τιμές και τις πρωινές ώρες κατά τις 9 π.μ.

Συμπερασματικά, το συνολικό κέρδος των τοίχων είναι πολύ μικρότερο από εκείνο των υαλοπινάκων για όλους τους προσανατολισμούς, πράγμα το οποίο είναι απολύτως φυσιολογικό εφόσον η ηλιακή ακτινοβολία περνά πολύ ευκολότερα μέσω των υαλοπινάκων, σε σχέση με τους τοίχους.

7.6 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ

Το συνολικό κέρδος της οροφής δίνεται από τον τύπο [1] 7.6.1.

$$\text{Συνολικό κέρδος οροφής} = 3600 \cdot A_{hor} U_{hor} (T_{in} - T_e) \text{ (J/h)} \quad (7.6.1)$$

Υπολογισμός εμβαδού οροφής

Στο κτήριο αναφοράς το εμβαδόν της οροφής είναι $A_{hor} = 100m^2$.

7.6.1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής [1]

Η οροφή αποτελείται από τα παρακάτω διαδοχικά στρώματα:

- γαρμπιλόδεμα 0.07 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- στεγανωτική στρώση 0.01 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- μόνωση πάχους 0.060 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- σκυρόδεμα πάχους 0.07 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 0.14 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$
και επίχρισμα πάχους 0.015 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.2 \left[\frac{w}{mK} \right]$.

Ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ και $8 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας της οροφής, χρησιμοποιούμε τη σχέση 7.6.1.1.

$$\frac{1}{U_{hor}} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{w_6}{k_6} + \frac{1}{h_0} \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (7.6.1.1)$$

όπου:

U_{hor} [W/m²K] είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής,

h_i [W/m²K] είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,

h_0 [W/m²K] είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,

$\frac{w_i}{k_i}$ $\left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος της οροφής.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση (7.6.1.1), προκύπτει $U_{hor} = 0,489660 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$.

7.6.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με 22°C.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Ιανουαρίου, για οριζόντιες επιφάνειες και με επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος. Η διαφορά θερμοκρασιών όλο το 24ωρο φαίνεται στον πίνακα 15.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

Πίνακας 15: Η εσωτερική θερμοκρασία T_{in} , η εξωτερική θερμοκρασία T_{hor} και η διαφορά τους $T_{in} - T_{out}$

<i>Time</i>	T_{in} K	T_{hor} K	$T_{in} - T_{hor}$ K
01:00	295	281,3	13,7
02:00	295	281,1	13,9
03:00	295	280,7	14,3
04:00	295	280,3	14,7
05:00	295	280	15
06:00	295	279,9	15,1
07:00	295	280,1	14,9
08:00	295	280,1	14,9
09:00	295	285,4	10,4
10:00	295	289,9	5,1
11:00	295	293,1	1,9
12:00	295	294,8	0,2
13:00	295	294,8	0,2
14:00	295	293	2
15:00	295	289,5	6,5
16:00	295	284,6	10,4
17:00	295	284,5	10,5
18:00	295	283,8	11,2
19:00	295	283,1	11,9
20:00	295	282,5	12,5
21:00	295	282	13
22:00	295	281,8	13,2
23:00	295	281,6	13,4
00:00	295	281,5	13,5

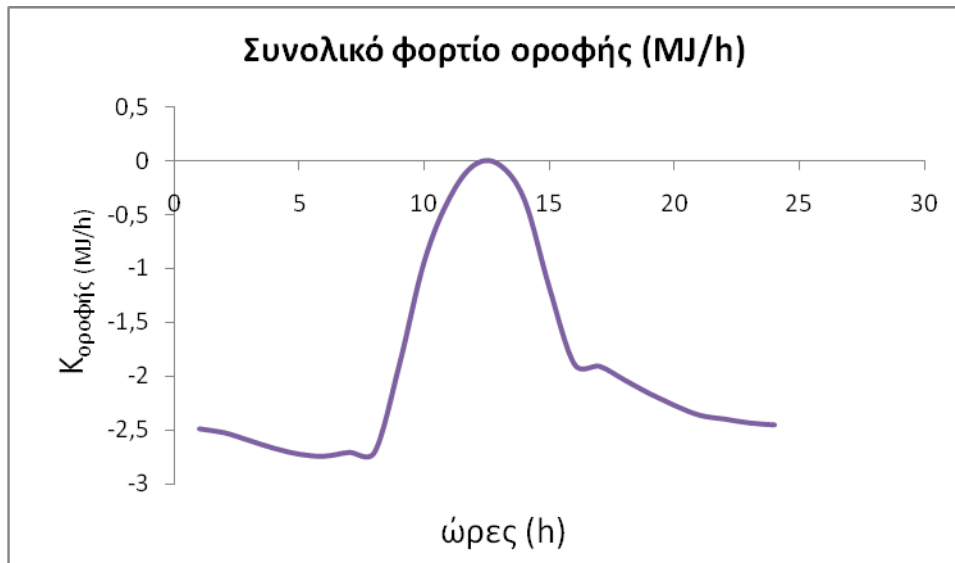
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Στη συνέχεια φαίνεται ο πίνακας 16 με τις τιμές του συνολικού φορτίου της οροφής για την κάθε ώρα του 24ώρου και σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

Πίνακας 16: Συνολικό φορτίο οροφής για κάθε ώρα του 24ώρου

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο οροφής $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-2,4877
02:00	-2,5240
03:00	-2,5966
04:00	-2,6693
05:00	-2,7238
06:00	-2,7419
07:00	-2,7056
08:00	-2,7056
09:00	-1,8885
10:00	-0,9261
11:00	-0,3450
12:00	-0,0363
13:00	-0,0363
14:00	-0,3632
15:00	-1,1803
16:00	-1,8885
17:00	-1,9066
18:00	-2,0337
19:00	-2,1608
20:00	-2,2698
21:00	-2,3606
22:00	-2,3969
23:00	-2,4332
00:00	-2,4514

Ακολουθεί το διάγραμμα της οροφής.



Σχήμα 7.24: Συνολικό φορτίο οροφής καθ'όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.

➤ Σαν παρατήρηση για τα διαγράμματα των τοίχων και της οροφής που προηγήθηκαν, οφείλουμε να σχολιάσουμε ότι οι μικροανωμαλίες που παρατηρούνται αφείρονται καθαρά στις αυξομειώσεις των θερμοκρασιών, τιμές που λήφθηκαν σαν δεδομένα από μετρήσεις και που προφανώς περιέχουν σφάλματα.

7.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΛΟΓΩ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΕΡΑ

Το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα, όπως έχουμε ξανααναφέρει, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση 7.7.1 [1].

$$Q_t = 1,2Q \Delta h \cdot 3600 \left[\frac{J}{h} \right] \quad (7.7.1)$$

όπου:

- Q_t είναι το ολικό ψυκτικό φορτίο $\left[\frac{J}{h} \right]$,
- Q είναι η παροχή εξωτερικού αέρος $\left[\frac{L}{s} \right]$, Δh είναι η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος $\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$.

7.7.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα [1]

Η συνήθης παροχή εξωτερικού αέρα είναι $2 \frac{L}{s} \forall m^2$ επιφάνειας δαπέδου, σε θερμοκρασία πραγματικού περιβάλλοντος. Επομένως η παροχή εξωτερικού αέρα στο κτήριο αναφοράς είναι :

$$Q = 200 \left[\frac{L}{s} \right]$$

7.7.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

Η ενθαλπία ,είτε του εισερχόμενου είτε του εξερχόμενου αέρα ,υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη, συναρτήσει της σταθερής θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας Tdb(Dry Bulb Temperature) και της σχετικής υγρασίας φ.

Συγκεκριμένα, η ενθαλπία του εισερχόμενου αέρα υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη για θερμοκρασία ξηρής σφαίρας Tdb = 22°C (θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος) και σχετική υγρασία φ=50% και είναι ίση με 45

$$\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right].$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα, με Tdb(θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος) τις τιμές των Αθηνών ,οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών κατά την 21^η Ιανουαρίου (για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος) και σχετικές υγρασίες που προκύπτουν από τον τύπο 7.7.2 [1].

$$\varphi_0 H = m \sum_{i=1}^2 c_i \cos \left[i \frac{360}{24} H - 0,5 \right] + \sum_{i=1}^2 s_i \sin \left[i \frac{360}{24} H - 0,5 \right] \quad (7.7.2)$$

όπου:

H είναι η ώρα της ημέρας 1÷24,

m , c_i , s_i , είναι οι συντελεστές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 17: Τιμές των συντελεστών της εξίσωσης (7.7.2) [1]

day	m	c ₁	c ₂	s ₁	s ₂
21 Jan .	70.132	8.1020	-2.7170	3.8240	-4.1640

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ο πίνακας 18.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 18: Οι τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα, η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρα, καθώς και η αντίστοιχη διαφορά ενθαλπίας

<i>Time</i>	T_{out}	φ_0	$h_{out} \left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$	Δh
01:00	8,3	74,962	22	23
02:00	8,1	74,215	21	24
03:00	7,7	74,162	20	25
04:00	7,3	74,779	19	26
05:00	7	75,742	18	27
06:00	6,9	76,527	17,9	27,1
07:00	7,1	76,568	19	26
08:00	7,6	75,430	19	26
09:00	8,3	72,959	21	24
10:00	9,3	69,351	22	23
11:00	10,4	65,133	22,5	22,5
12:00	11,4	61,052	25	20
13:00	12,1	57,898	25	20
14:00	12,5	56,318	26	19
15:00	12,4	56,65102	26	19
16:00	12,1	58,84713	25	20
17:00	11,5	62,4754	23	22
18:00	10,8	66,830	25	20
19:00	10,1	71,100	24	21
20:00	9,5	74,565	24	21
21:00	9	76,756	23	22
22:00	8,8	77,550	23	22
23:00	8,6	77,177	21	24
00:00	8,5	76,119	21,5	23,5

Τέλος, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (7.7.1), μπορούμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα, όπως φαίνεται στον πίνακα 19.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 19: Το ψυκτικό φορτίο Q_t

<i>Time</i>	$Q_t \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-19,872
02:00	-20,736
03:00	-21,600
04:00	-22,464
05:00	-23,328
06:00	-23,414
07:00	-22,464
08:00	-22,464
09:00	-20,736
10:00	-19,872
11:00	-19,440
12:00	-17,280
13:00	-17,280
14:00	-16,416
15:00	-16,416
16:00	-17,280
17:00	-19,008
18:00	-17,280
19:00	-18,144
20:00	-18,144
21:00	-19,008
22:00	-19,008
23:00	-20,736
00:00	-20,304

7.8. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Μέχρι τώρα υπολογίσαμε, για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου, για δεδομένο κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας, τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων και αντίστοιχα και τα αρνητικά φορτία αυτών. Ακόμα, υπολογίσαμε το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα.

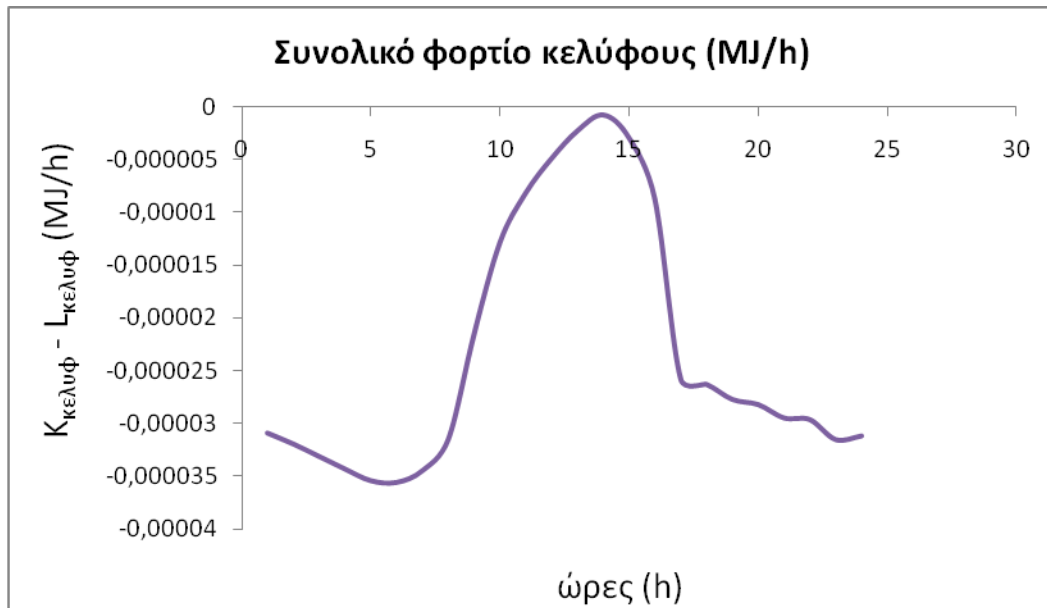
Για να καταλήξουμε σε πιο ολοκληρωμένα συμπεράσματα, χρειάζεται να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου, για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου. Αυτό επιτυγχάνεται αν αθροίσουμε αλγεβρικά τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, τα αρνητικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο που διέρχεται λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα. Το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ

Πίνακας 20: Το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου, για κάθε ώρα της 21^{ης} Ιανουαρίου

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο κελύφους
	$\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-30,8591
02:00	-31,8835
03:00	-33,0683
04:00	-34,2531
05:00	-35,3577
06:00	-35,5243
07:00	-34,4135
08:00	-31,5213
09:00	-21,3666
10:00	-12,8382
11:00	-8,1631
12:00	-4,8947
13:00	-2,2881
14:00	-0,7896
15:00	-2,7772
16:00	-8,7685
17:00	-2,5764
18:00	-26,2622
19:00	-27,6876
20:00	-28,1687
21:00	-29,4337
22:00	-29,5941
23:00	-31,4825
00:00	-31,1307

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα του συνολικού φορτίου κελύφους:



Σχήμα 7.25: Συνολικό φορτίο κελύφους για όλο το 24ωρο.

Αν προσθέσουμε τις τιμές για κάθε ώρα, βρίσκουμε τις συνολικές απώλειες του κελύφους για όλο το 24ωρο, που είναι ίσες με $- 558,568 MJ$.

Από το διάγραμμα είναι εμφανές ότι έχουμε μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές) κελύφους για την 21^η Ιανουαρίου και για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της μόνωσης (πάχος $0.04 m$ και ειδική θερμική αγωγιμότητα $0.038 \frac{W}{mK}$) και των υαλοπινάκων (ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους $P_f = 25\%$ και συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f = 3,5 \frac{W}{m^2K}$ του κτηρίου αναφοράς).

Οφείλουμε οπωσδήποτε να αναφέρουμε ότι **δεν έχει ληφθεί υπόψη η χρονική υστέρηση** και αυτό γιατί δεν ενδιαφερόμαστε για ωριαίες τιμές αλλά για ημερήσιες και μέσα στη διάρκεια της ημέρας η χρονική υστέρηση αφομοιώνεται.

Τις ελάχιστες απώλειες τις έχουμε κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου το κέρδος των υαλοπινάκων είναι μεγάλο, σε σχέση με τις συνολικές απώλειες, αλλά και πάλι οι συνολικές απώλειες (υαλοπινάκων, τοίχων, οροφής, λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα) υπερिशύουν.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ
ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ W_i, k_i, U_f, P_f**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, έχει γίνει μελέτη σχετικά με την επίδραση του συνδυασμού των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα δύο αυτά δομικά στοιχεία είναι οι σημαντικότεροι κατασκευαστικοί παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή κατανάλωση, διότι παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και μικρότερη θερμική αντίσταση, αντιστοίχως, από όλα τα άλλα στοιχεία του κτηριακού κελύφους. Επιπλέον κατά τη χειμερινή περίοδο οι υαλοπίνακες και σε μικρότερο βαθμό η μόνωση, επιτρέπουν την είσοδο τόσο θετικών (ηλιακή ακτινοβολία), όσο και αρνητικών (αγωγή θερμότητας λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς) φορτίων.

Αφού, λοιπόν, έχει αναλυθεί η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς, θα ελέγξουμε τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης του κτιρίου συναρτήσει των μεταβολών των συντελεστών W_i (πάχος της μόνωσης), K_i (η ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης), U_f (ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων) καθώς και το συντελεστή P_f (ποσοστό επιφανείας επί του κελύφους των υαλοπινάκων).

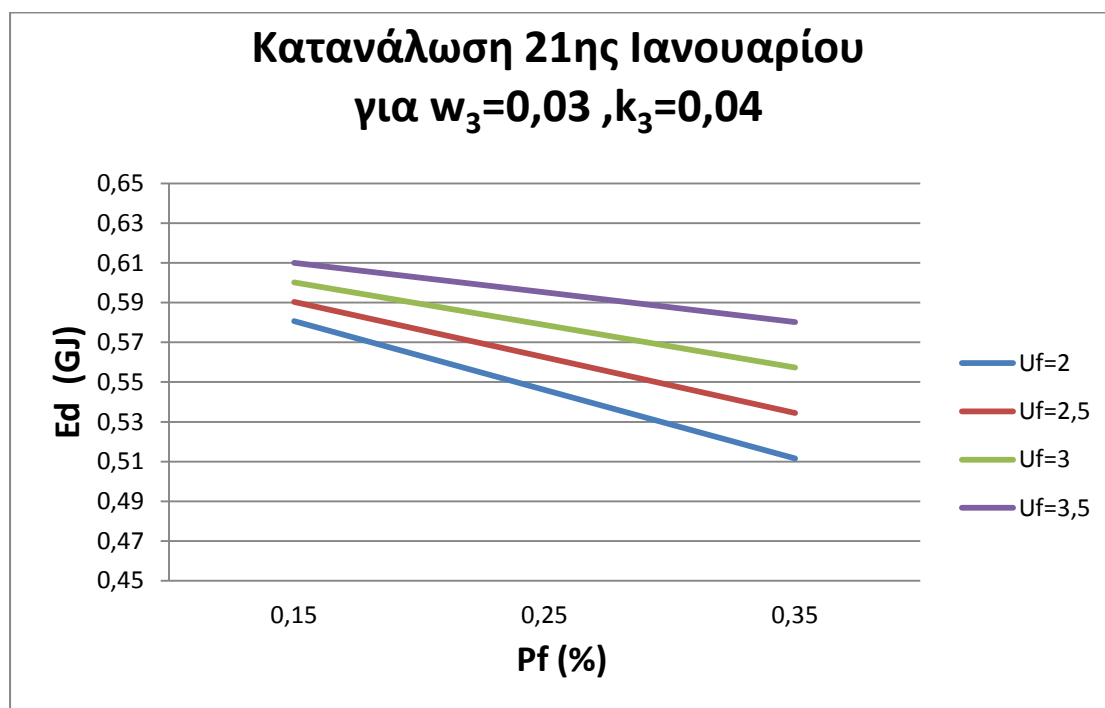
8.1 1^η περίπτωση με σταθερούς τους συντελεστές w_i , k_i

Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε εξετάσει τη συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς, δηλαδή τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης του, μεταβάλλοντας τους τους συντελεστές P_f , U_f και κρατώντας σταθερούς τουα άλλους δύο συντελεστές w_i , k_i .

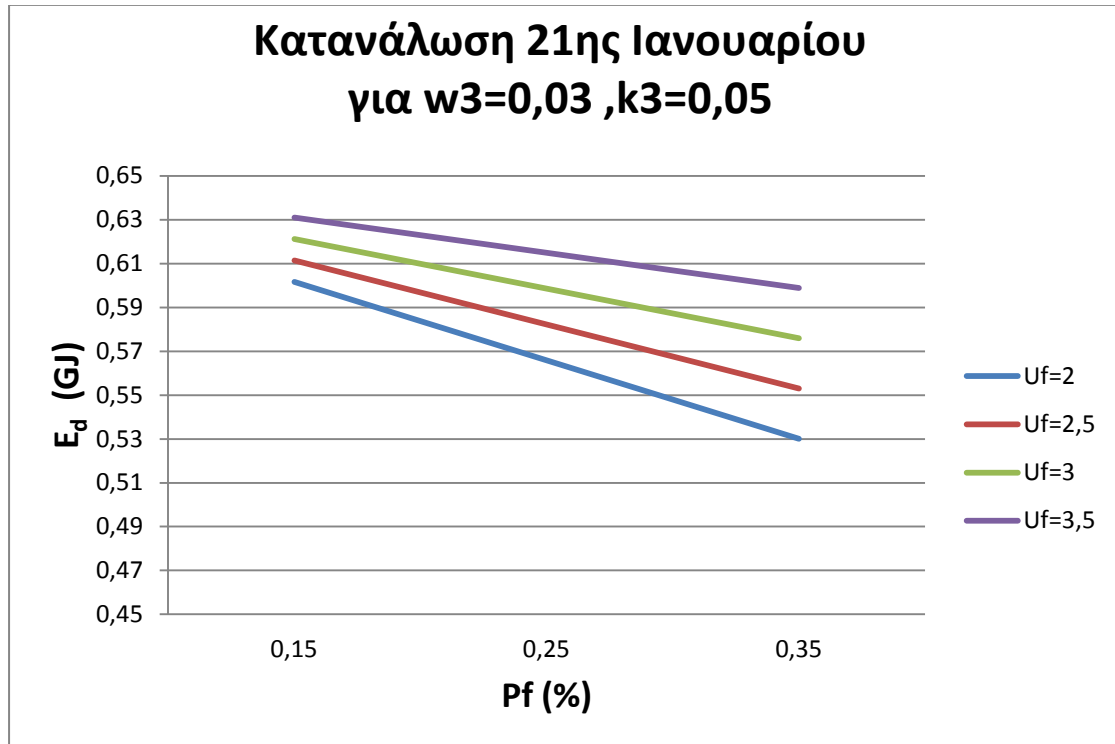
Με αυτόν τον τρόπο προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα:

A. Συνδυασμός $w_3=0,03$ και $k_3 = 0,04$

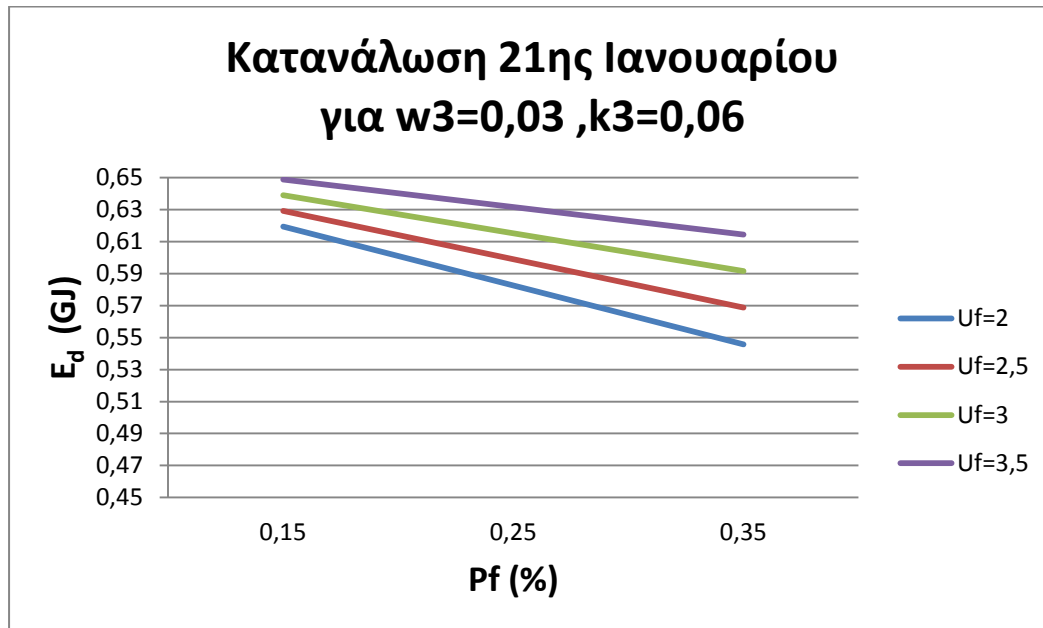
Με το συνδυασμό $w_3 = 0,03$ και $k_3 = 0,04$, για όλα τα πιθανούς συντελεστές θερμοπερατότητας 2, 2,5, 3, 3,5 και ποσοστό υαλοπινάκων 0,15, 0,25, 0,35 προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα για την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.



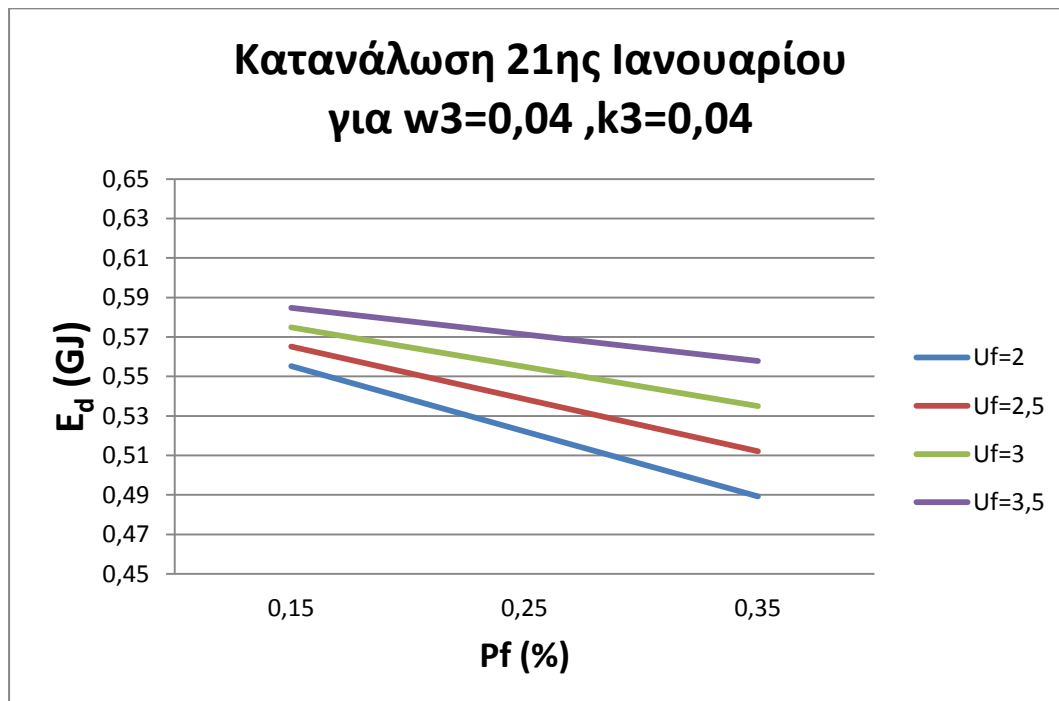
Β. Συνδυασμός $w_3=0,03$ και $k_3 = 0,05$



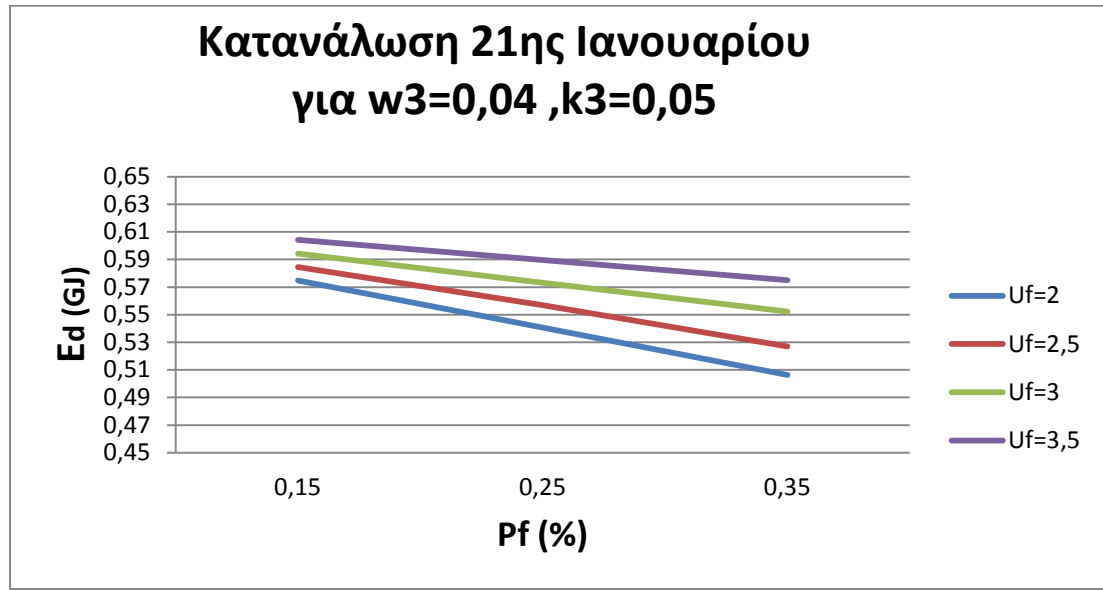
Γ. Συνδυασμός $w_3=0,03$ και $k_3 = 0,06$



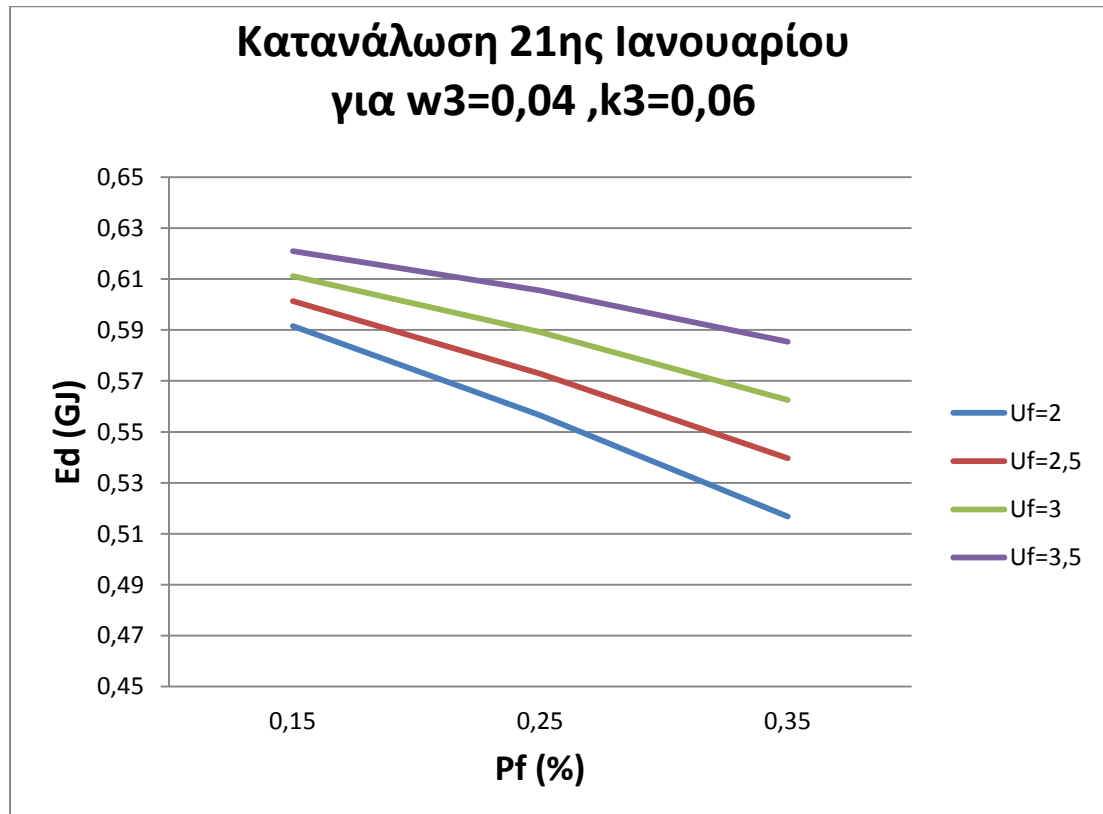
Δ. Συνδυασμός $w_3=0,04$ και $k_3 = 0,04$



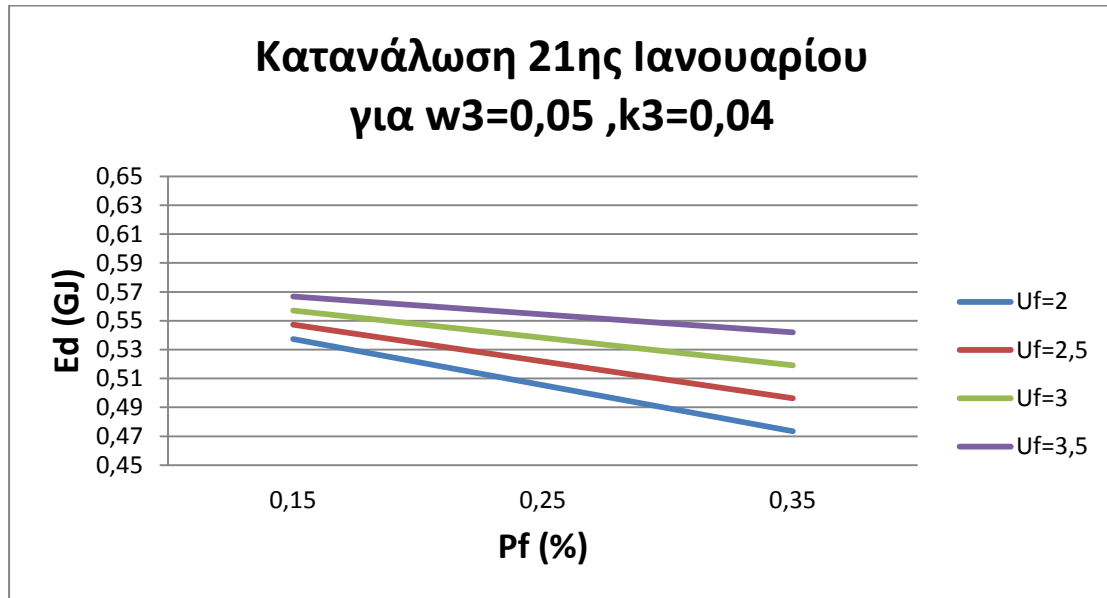
Ε. Συνδυασμός $w_3=0,04$ και $k_3 = 0,05$



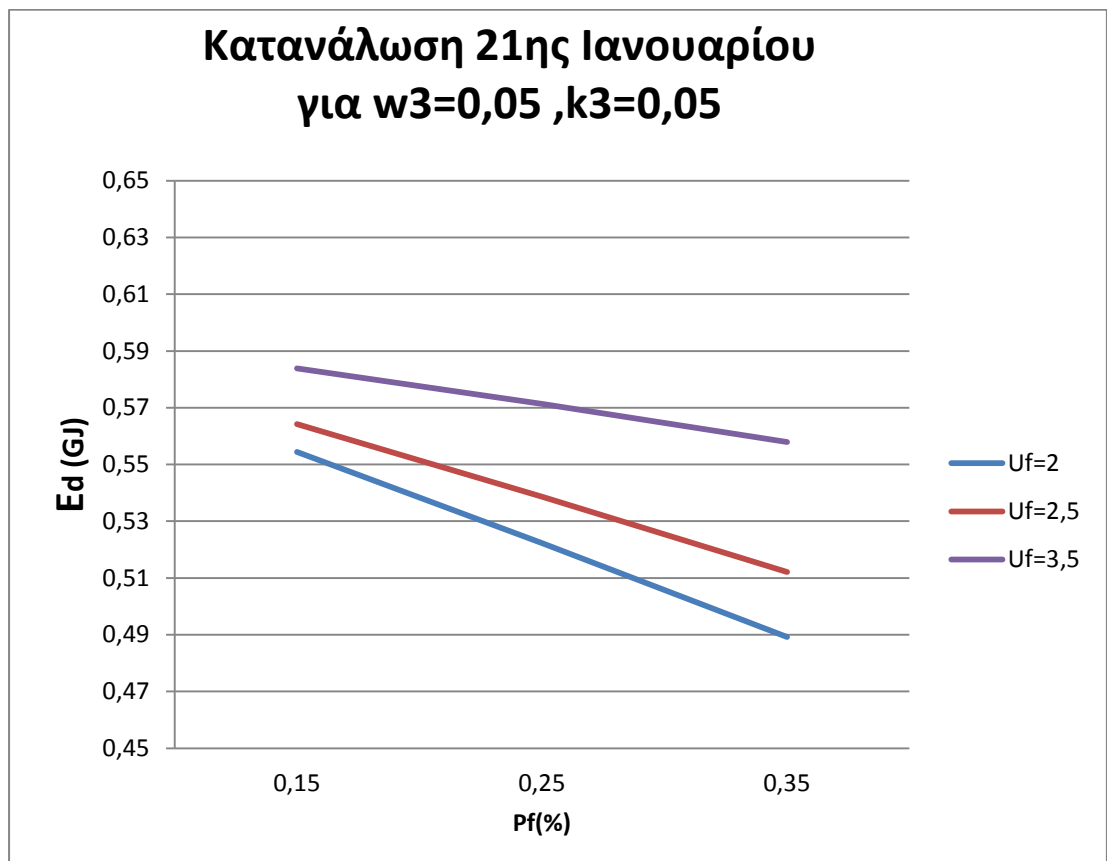
ΣΤ. Συνδυασμός $w_3=0,04$ και $k_3 = 0,06$



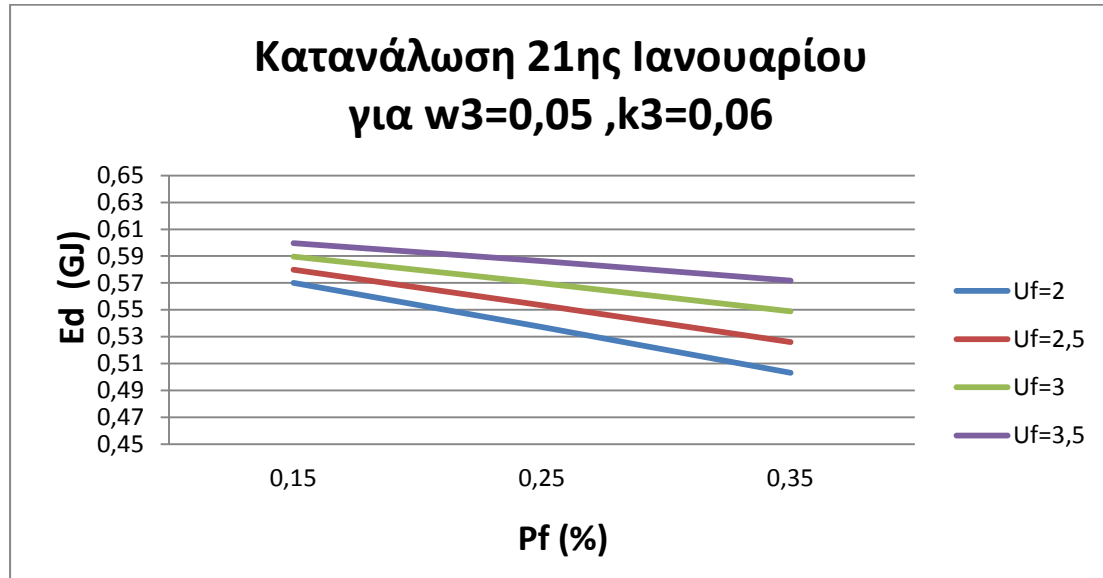
Z. Συνδυασμός $w_3=0,05$ και $k_3 = 0,04$



H. Συνδυασμός $w_3=0,05$ και $k_3 = 0,05$



Θ. Συνδυασμός $w_3=0,05$ και $k_3 = 0,06$

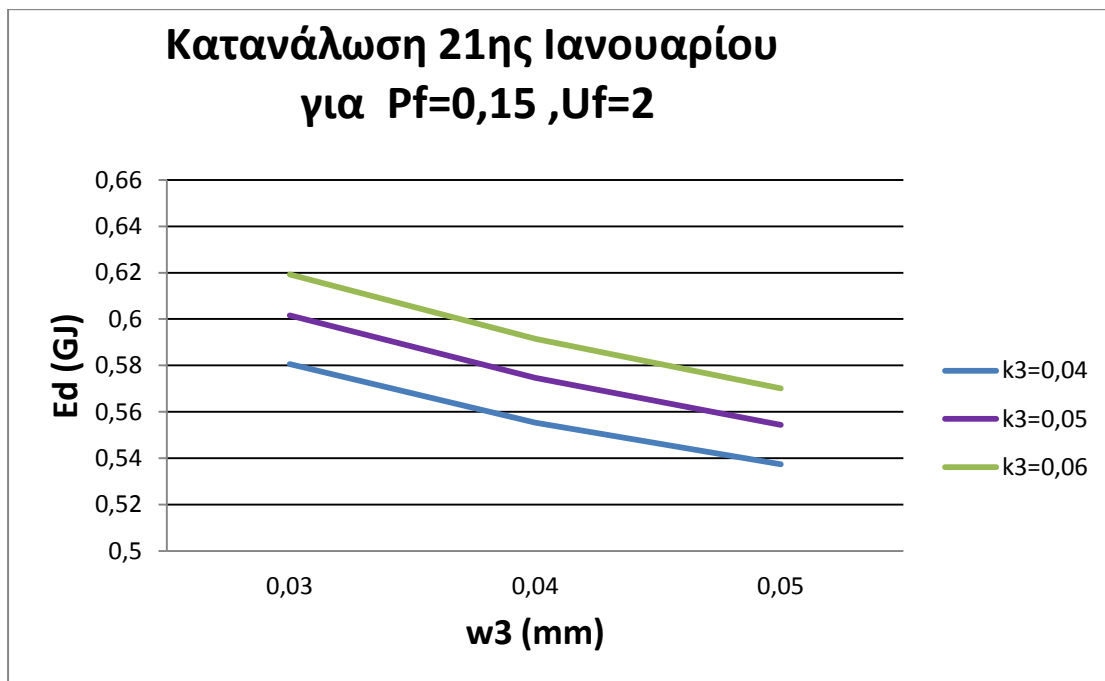


8.2 2^η περίπτωση με σταθερούς τους συντελεστές P_f , U_f

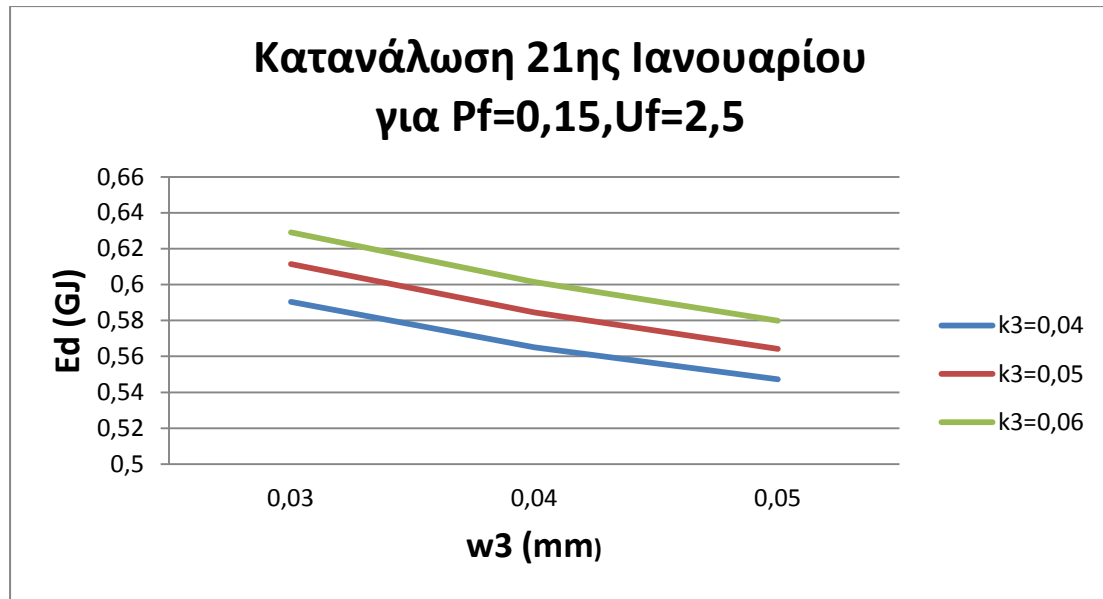
Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε εξετάσει τη συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς, δηλαδή τη μεταβολή της ημερήσιας κατανάλωσης του, μεταβάλλοντας τους τους συντελεστές w_i , k_i και κρατώντας σταθερούς του άλλους δύο συντελεστές P_f , U_f .

Με αυτόν τον τρόπο προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα:

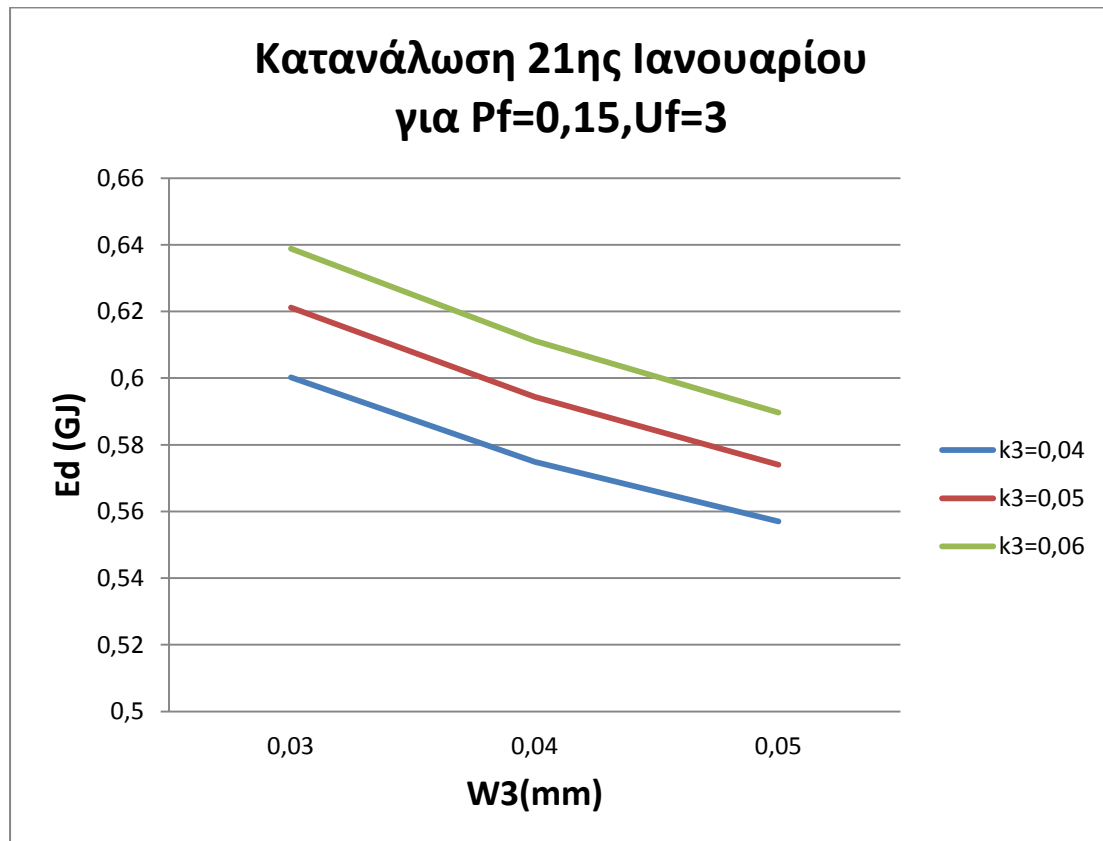
A. Συνδυασμός με $P_f=0,15$, $U_f=2$



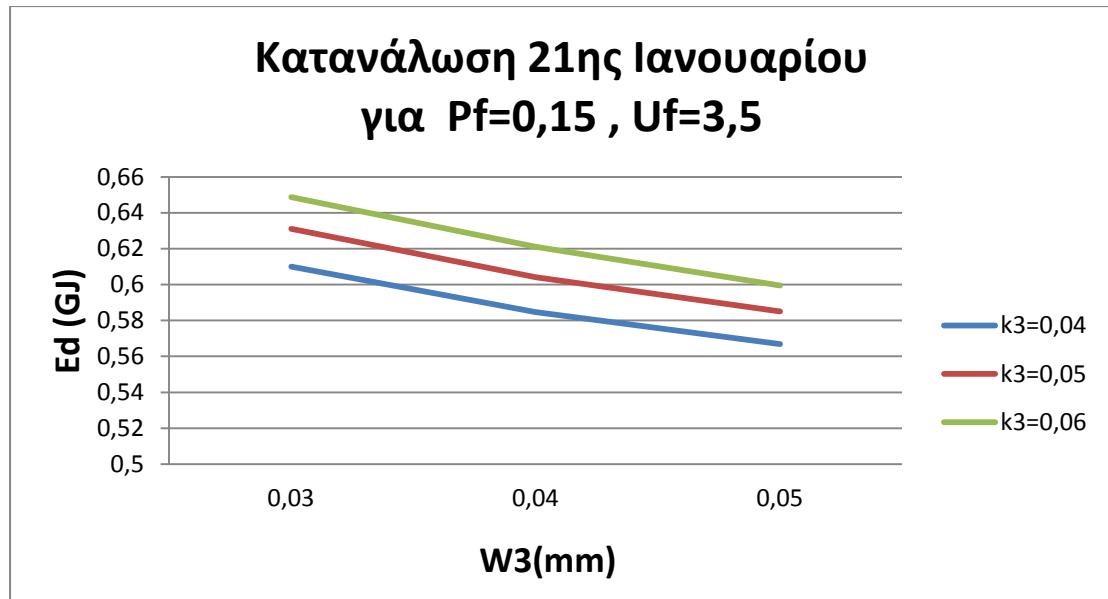
B. Συνδυασμός με $P_f=0,15$, $U_f=2,5$



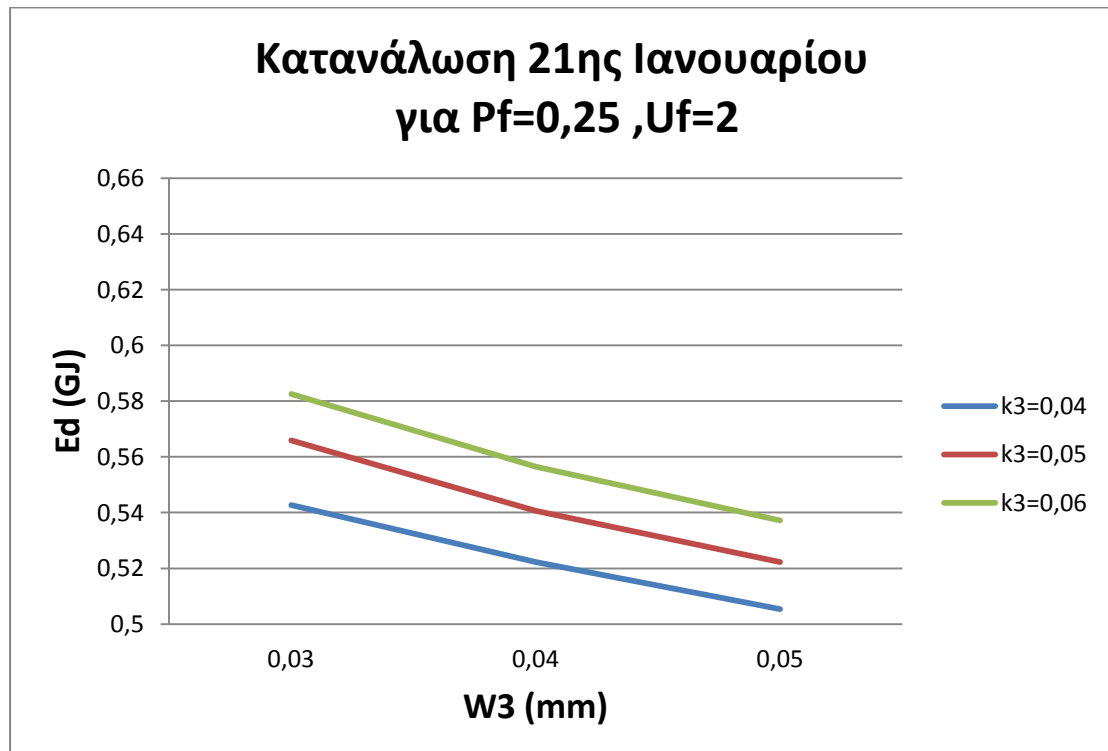
B. Συνδυασμός με $P_f=0,15$, $U_f=3$



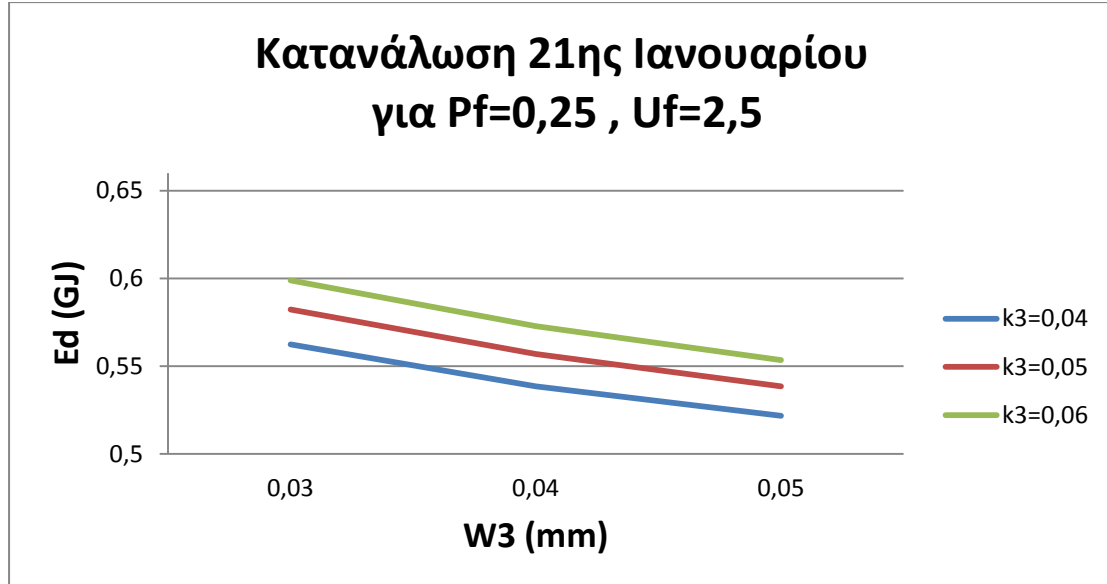
Γ. Συνδυασμός με $P_f=0,15$, $U_f=3,5$



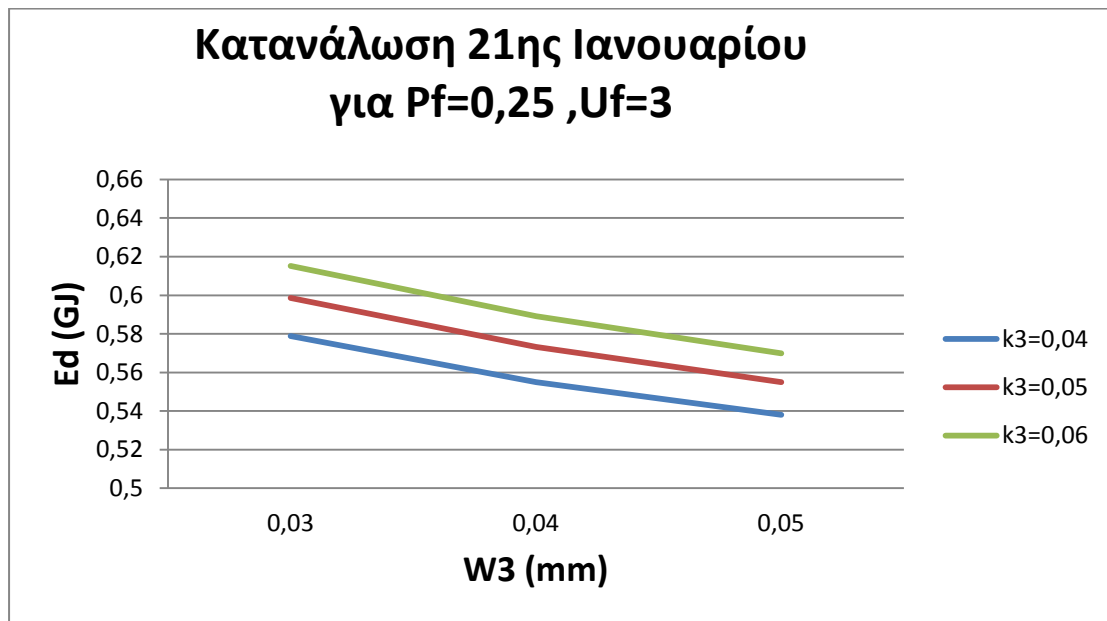
Δ. Συνδυασμός με $P_f=0,25$, $U_f=2$



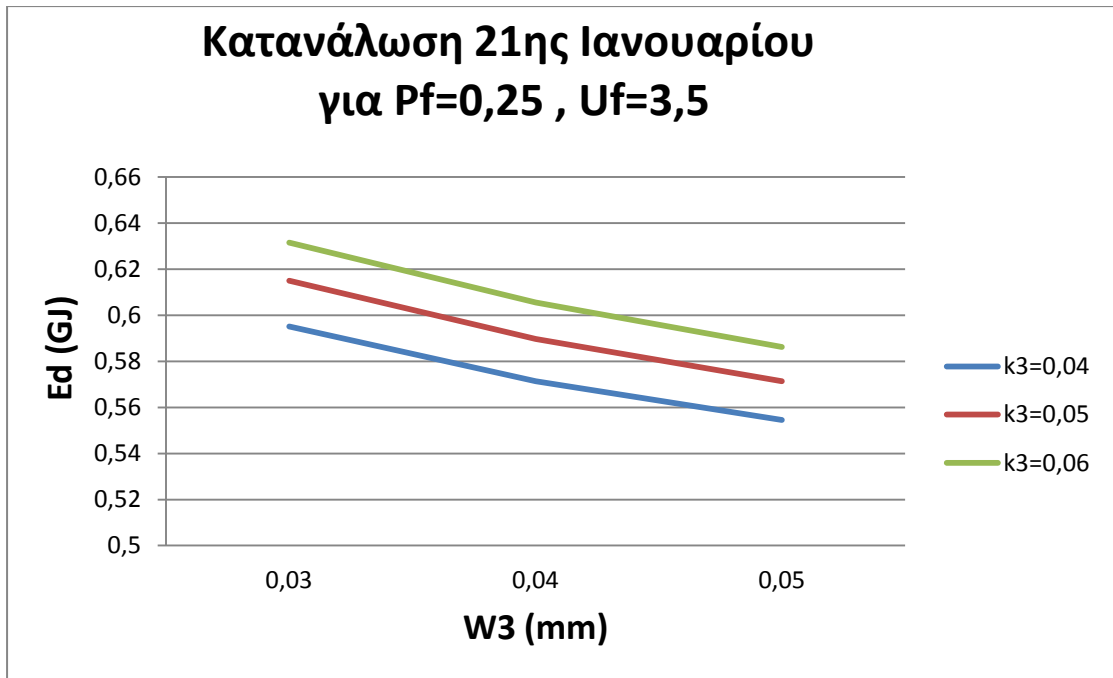
Ε. Συνδυασμός με $P_f=0,25$, $U_f=2,5$



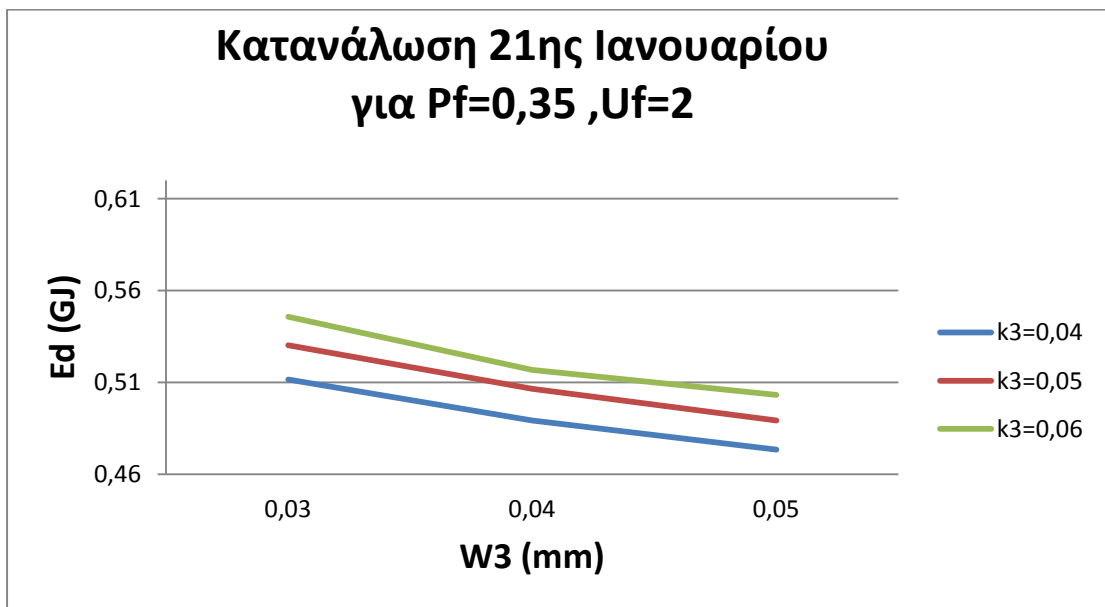
Ε. Συνδυασμός με $P_f=0,25$, $U_f=3$



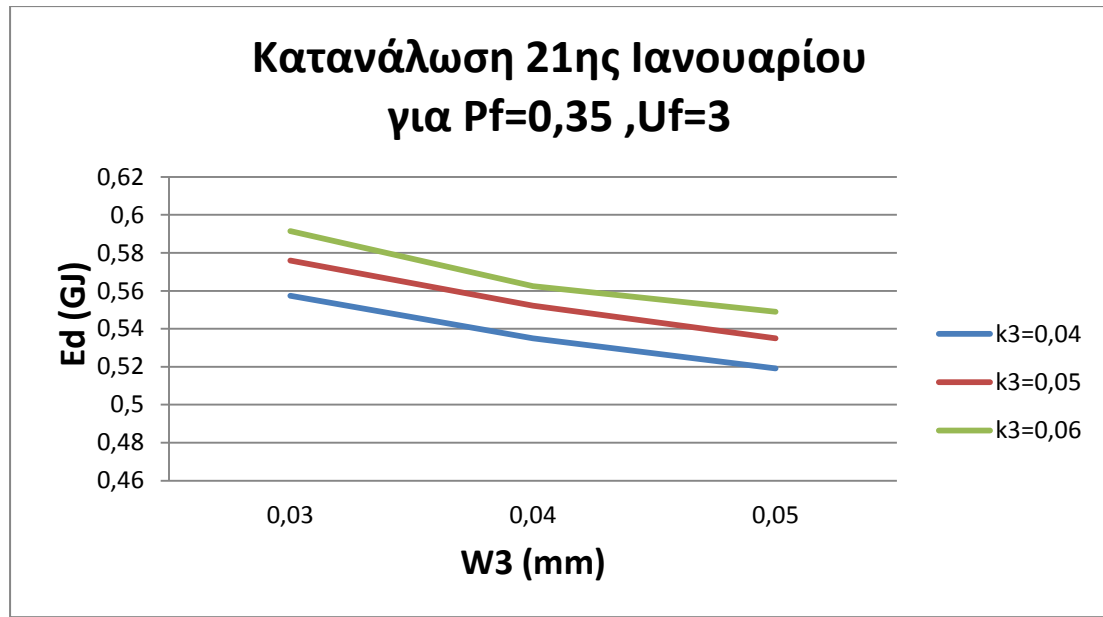
ΣΤ. Συνδυασμός με $P_f=0,25$, $U_f=3,5$



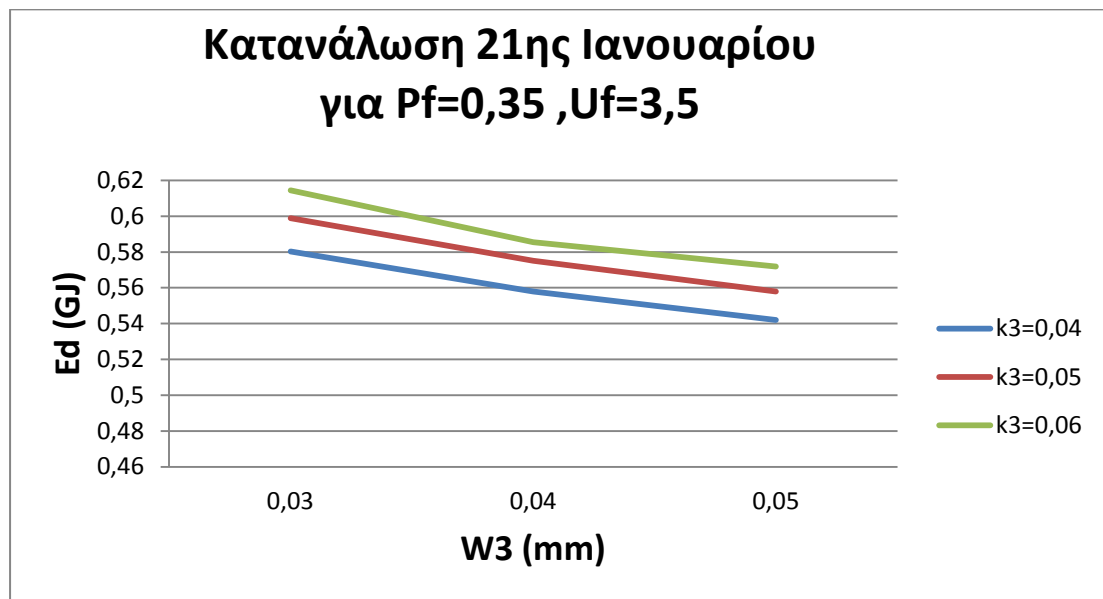
Ζ. Συνδυασμός με $P_f=0,35$, $U_f=2$



Η. Συνδυασμός με $P_f=0,35$, $U_f=3$



Θ. Συνδυασμός με $P_f=0,35$, $U_f=3,5$



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, μελετάται ένα κτίριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας, όμοιο με το κτίριο που χρησιμοποιήθηκε και στα κεφάλαια 8,9, προκειμένου να αναλυθεί η θερμική συμπεριφορά του για τον τυπικό μήνα Νοέμβριο.

Πιο συγκεκριμένα, το κτίριο αναφοράς μελετάται κατά τη διάρκεια της 21^{ης} Νοεμβρίου, ακολουθώντας ακριβώς τα βήματα της προηγούμενης μελέτης, για το μήνα Ιανουάριο. Δηλαδή κάθε πλευρά του κτιρίου θα έχει επιφάνεια $10 \times 3 \text{ m}^2$ και και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μόνωσης (πάχος 0.04 m και ειδική θερμική αγωγιμότητα $0.038 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$) και υαλοπινάκων (ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του

κελύφους $P_f = 25\%$) και συντελεστή θερμοπερατότητας, $U_f = 3,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$ του κτηρίου αναφοράς.

Στις παραδοχές και αυτής της μελέτης, συμπεριλαμβάνεται το γεγονός ότι το δάπεδο θεωρείται αδιαβατικό. Ακόμη, θεωρούμε μόνιμη κατάσταση, γιατί η μελέτη γίνεται για όλη τη διάρκεια του 24ώρου, οπότε παρά τη χρονική υστέρηση (2.7 2ο κεφάλαιο) που παρουσιάζουν οι τοίχοι και οι οροφές, ολόκληρη η θερμότητα που εισήλθε σε αυτά τα δομικά στοιχεία καταλήγει στον αέρα που υπάρχει στο χώρο που μελετάμε. Επιπλέον, καθώς διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου των υαλοπινάκων, θεωρούμε και εδώ προσεγγιστικά ότι το 10% απορροφάται από τον αέρα ή χάνεται λόγω ανάκλασης και το υπόλοιπο 90% από τους τοίχους.

Η ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου, γίνεται σε αυτό το κεφάλαιο, χρησιμοποιώντας το βελτιωμένο κτίριο αναφοράς, σύμφωνα με το επιστημονικό άρθρο με θέμα "Computational analysis of the envelope parameters effects on the transient heating energy consumption of buildings" [2].

Με τον όρο "βελτιωμένο κτίριο αναφοράς", εννοούμε το κτίριο αναφοράς με συγκεκριμένα ποσοστά υαλοπινάκων σε κάθε προσανατολισμό [2], τα οποία βελτιώνουν σημαντικά την ενεργειακή του απόδοση. Συγκεκριμένα, στο νότο το ποσοστό των υαλοπινάκων επί του συνολικού εμβαδού υαλοπινάκων του κτιρίου, είναι 50%, στο βορρά 0% και στην ανατολή και τη δύση 25%.

Ακόμα, στους υπολογισμούς της μελέτης λαμβάνουμε την εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με $20^{\circ}\text{C}=293\text{K}$. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος θεωρούμε τις τιμές των Αθηνών, οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών κατά την 21^η Νοεμβρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος, δηλαδή $h_o/a = 38 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$.

Με δεδομένα όλα τα παραπάνω, υπολογίζουμε το συνολικό φορτίο κελύφους για όλες τις ώρες της ημέρας ξεχωριστά και στη συνέχεια το συνολικό φορτίο όλου του 24ώρου. Στο τέλος γίνεται μία μικρή ανάλυση της γραφικής παράστασης του συνολικού φορτίου - ώρες της ημέρας.

9.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΠΙΠΤΟΥΣΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η προσπίπτουσα στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου (G_t) υπολογίζεται από τη σχέση 9.1.1 [3]

$$G_t = G_b R_b + G_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + G_b + G_d \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \left[\frac{Kw}{m^2} \right] \quad (9.1.1)$$

Η ανάλυση των όρων της σχέσης (9.1.1) παραλείπεται, καθώς έχει γίνει στο 7^ο κεφάλαιο.

9.1.1 Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b και G_d

Για τον υπολογισμό των συντελεστών της εξίσωσης 9.1.1, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες σχέσεις [3]. Θεωρούμε ότι τις πολύ πρωινές ώρες (πριν τις 07:00) και τις βραδινές ώρες (μετά τις 18:00), η ηλιοφάνεια είναι μηδενική.

$$G_b = M_t + A_t \sin \left(\frac{360}{365} D - P_t \right) \left[\frac{Kw}{m^2} \right] \quad (9.1.1.1)$$

$$G_d = m_t + a_t \sin \left(\frac{360}{365} D - p_t \right) \left[\frac{Kw}{m^2} \right] \quad (9.1.1.2)$$

όπου :

$D=325$ (η κάθε μέρα $1 \div 365$ του έτους) [3]

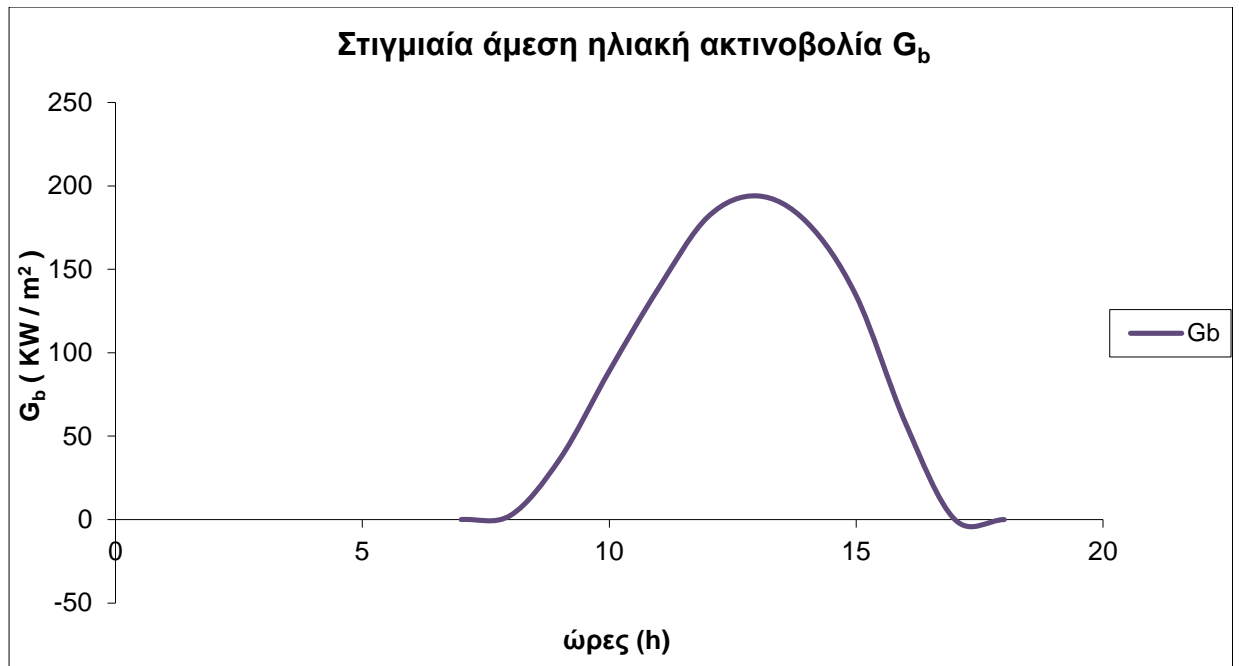
$M_t, A_t, P_t, m_t, a_t, p_t$ = συντελεστές των οποίων οι τιμές δίνονται στον πίνακα 1 του 7^{ου} κεφαλαίου.

Από τις εξισώσεις (9.1.1.1), (9.1.1.2), υπολογίζουμε τους συντελεστές G_b και G_d . Για καλύτερη εποπτεία των τιμών, θα μετατρέψουμε τις μονάδες των συντελεστών G_b και G_d από Kw σε W και έτσι προκύπτουν ο πίνακας 1.

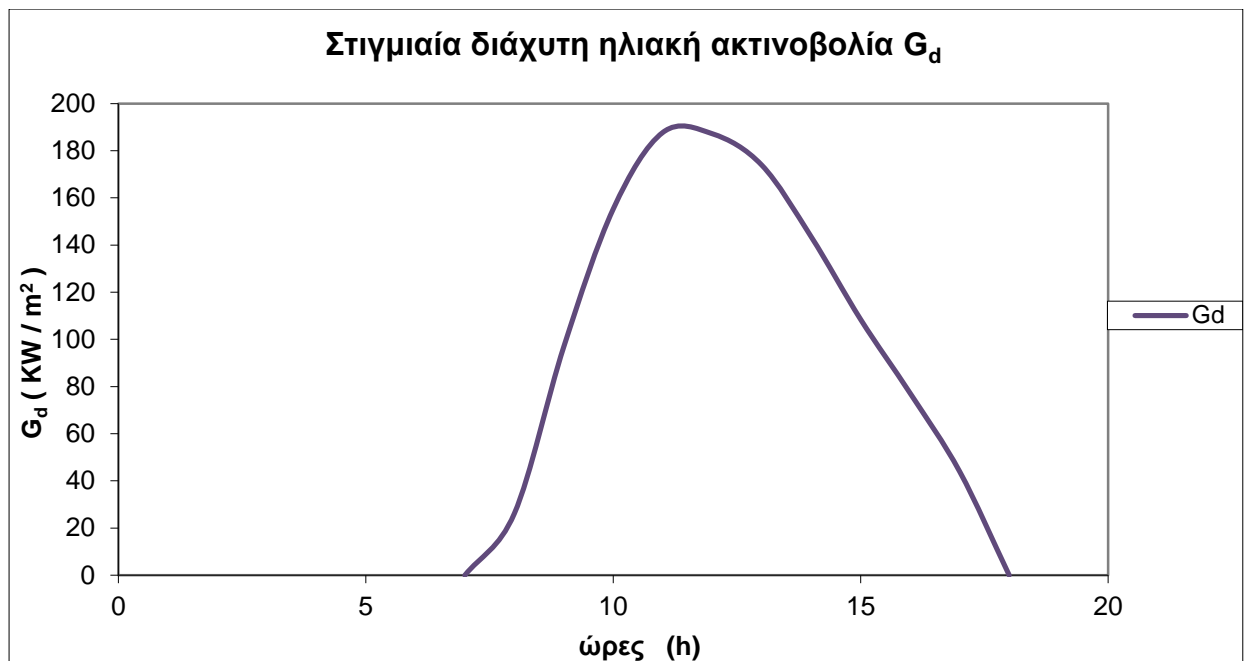
Πίνακας 1: Τιμές των μεγεθών G_b και G_d

<i>Time h</i>	$G_b \left[\frac{W}{m^2} \right]$	$G_d \left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0	0
8	2,523	26,183
9	36,372	96,955
10	89,018	155,397
11	138,765	187,751
12	181,514	187,192
13	193,981	173,864
14	178,203	143,437
15	134,147	108,371
16	57,732	77,105
17	0	43,912
18	0	0

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και διαγραμματικά στην επόμενη σελίδα:



Σχήμα 9.1 : Γραφική παράσταση της στιγμιαίας άμεσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_b για όλες τις ώρες της ημέρας.



Σχήμα 9.2 : Γραφική παράσταση της στιγμιαίας διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου G_d .

9.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου (R_b)

Για τις ίδιες ώρες χρειάζεται να υπολογίσουμε και τις τιμές του συντελεστή R_b για τους διάφορους προσανατολισμούς.

Η σχέση [3] που χρειαζόμαστε εδώ είναι η εξής:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (9.1.2.1)$$

όπου :

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (9.1.2.2)$$

$$\cos \theta = -\sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \quad (9.1.2.3)$$

όπου:

θ = η γωνία πρόσπτωσης,

φ = 38° το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας,

ω = η ωριαία γωνία (είναι $\omega > 0$ για μ.μ. και $\omega < 0$ για π.μ.),

γ = αζιμούθιο επιφανείας,

δ = η ηλιακή απόκλιση, που υπολογίζεται από τη σχέση 9.1.2.4 :

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] = -20,441 \quad (9.1.2.4)$$

αφού : $n = 325$ (21^η Νοεμβρίου)

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι πίνακες των R_b για τους τρεις προσανατολισμούς:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Πίνακας 2: Τιμές R_b για το νότο

<i>Time h</i>	R_b (νότος)
7	0
8	3,648
9	2,221
10	1,823
11	1,669
12	1,626
13	1,669
14	1,823
15	2,221
16	3,648
17	0
18	0

Πίνακας 3: Τιμές R_b για τη δύση

<i>Time h</i>	R_b (δύση)
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0,486
14	1,103
15	2,155
16	5,253
17	0
18	0

Πίνακας 4 : Τιμές R_b για την ανατολή

<i>Time h</i>	R_b (ανατολή)
7	0
8	5,253
9	2,155
10	1,103
11	0,486
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε τη στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου σε $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ βάσει της σχέσης (9.1.1) για κάθε έναν από τους τρεις προσανατολισμούς, (αφού στο βορρά δεν έχω υαλοπίνακες $G_t=0$) για τις ώρες από 07:00 έως 18:00. Οπότε προκύπτουν οι πίνακες :

Πίνακας 5: Τιμές για το νότο

<i>Time h</i>	G_t (νότος) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	25,168
9	142,606
10	264,439
11	358,112
12	425,647
13	447,452
14	428,786
15	376,428
16	262,670
17	26,347
18	0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Πίνακας 6: Τιμές για τη δύση

<i>Time h</i>	G_t (δύση) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	15,962
9	61,810
10	102,140
11	126,527
12	130,467
13	218,061
14	300,401
15	367,528
16	355,325
17	26,347
18	0

Πίνακας 7: Τιμές για την ανατολή

<i>Time h</i>	G_t (ανατολή) $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
7	0
8	26,634
9	128,194
10	178,309
11	164,630
12	97,283
13	90,610
14	74,935
15	56,611
16	39,901
17	22,395
18	0

9.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΔΙΑ ΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Για τον υπολογισμό των θετικών φορτίων που προκύπτουν δια μέσου των υαλοπινάκων θα χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση (9.2.1) [1], η οποία εκφράζει το θερμικό κέρδος του κτιρίου από τους υαλοπίνακες.

$$K_{\text{υαλ}} = 0,9 \cdot 3600 \cdot G_t A_f \left[\frac{J}{h} \right] \quad (9.2.1)$$

όπου :

$G_t \left[\frac{W}{m^2} \right]$ η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στους υαλοπίνακες

$A_f \left[m^2 \right]$ το εμβαδόν του υαλοπίνακα

Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων

Όπως ήδη έχει γίνει αναφορά στην εισαγωγή, οι υπολογισμοί έχουν γίνει σε ένα κτίριο αναφοράς, το οποίο είναι κτήριο τετραγωνικού δαπέδου επιφανείας $10 \times 10 = 100 m^2$, με επιφάνεια κελύφους (πλην αδιαβατικού δαπέδου) $A_{\text{tot}} = 220 m^2$ και όγκο κτηρίου $V = 300 m^3$. Οι τέσσερις πλευρές του κτηρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα. Το συνολικό ποσοστό των υαλοπινάκων είναι το 25% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου, δηλαδή :

$$25\% \cdot 120 = 30 m^2$$

Σε κάθε προσανατολισμό θα έχουμε ξεχωριστό ποσοστό υαλοπινάκων επί του συνολικού, και πιο συγκεκριμένα :

Νότος : $P_f = 50\%$, δηλαδή το εμβαδόν των υαλοπινάκων θα είναι :

$$A_f = 50\% \cdot 30 = 15 m^2.$$

Βορράς : $P_f = 0\%$, δηλαδή το εμβαδόν των υαλοπινάκων θα είναι :

$$A_f = 0 m^2$$

Ανατολή : $P_f = 25\%$, δηλαδή δηλαδή το εμβαδόν των υαλοπινάκων θα είναι :

$$A_f = 25\% \cdot 30 = 7,5 m^2.$$

Δύση : $P_f = 25\%$, δηλαδή δηλαδή το εμβαδόν των υαλοπινάκων θα είναι :

$$A_f = 25\% \cdot 30 = 7,5 m^2.$$

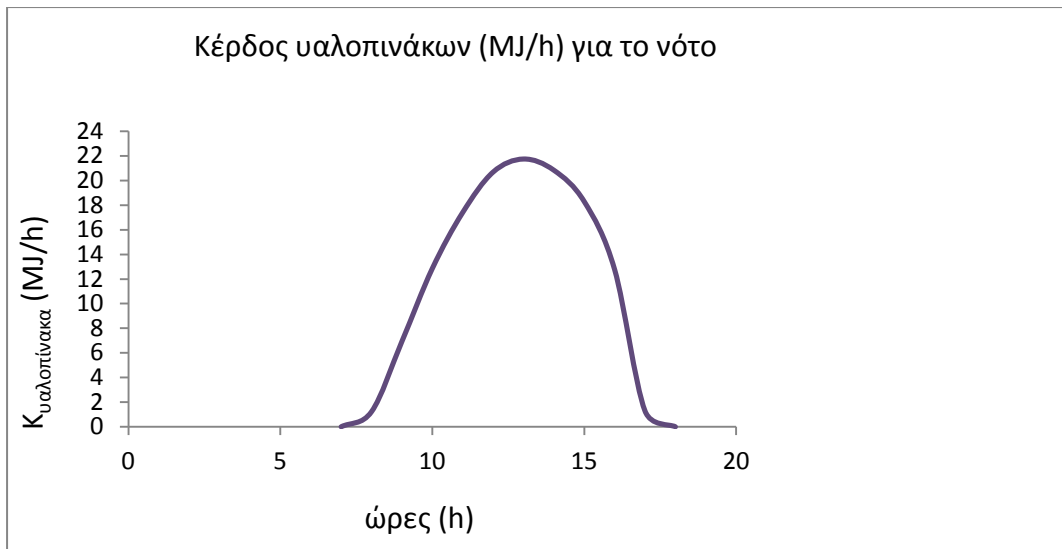
**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ**

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να γίνει υπολογισμός των θετικών φορτίων των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό σύμφωνα με την εξίσωση (9.2.1) και υπολογίζεται για όλο το 24ωρο. Για λόγους καλύτερης εποπτείας θα μετατρέψουμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h} \right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

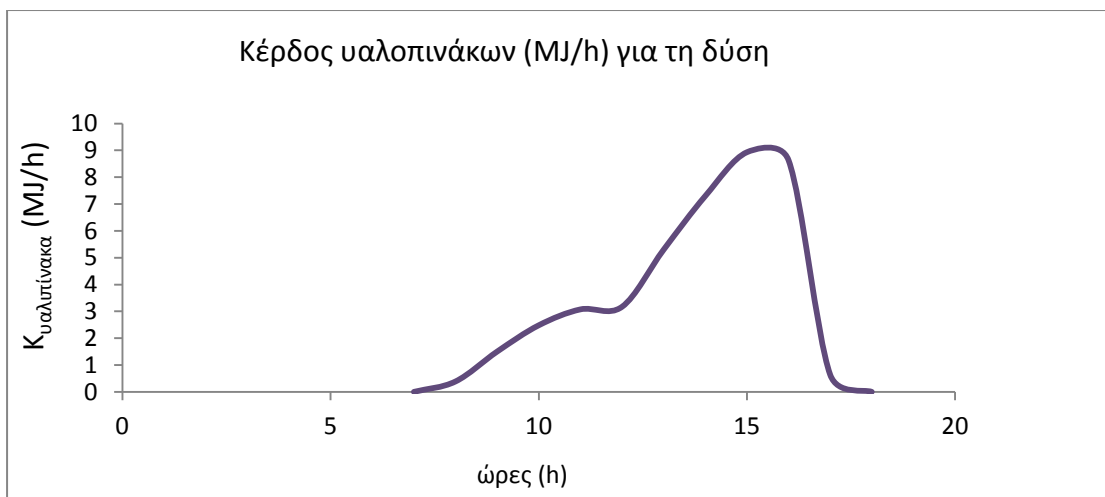
Ο αντίστοιχος πίνακας με τα αποτελέσματα (Πίνακας 8) αλλά και τα διαγράμματα δίνονται στη συνέχεια.

Πίνακας 8: Θερμικά κέρδη υαλοπινάκων σε κάθε προσανατολισμό

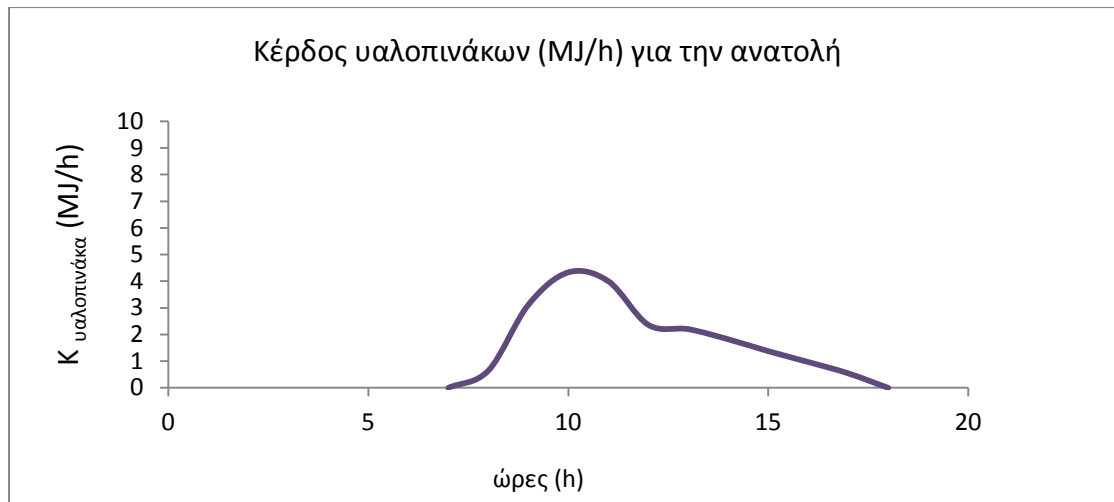
<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$K_{\text{val}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{val}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{val}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{val}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0
06:00	0	0	0	0
07:00	0	0	0	0
08:00	0	1,2232	0,3879	0,6472
09:00	0	6,9307	1,5020	3,1151
10:00	0	12,8517	2,4820	4,3329
11:00	0	17,4042	3,0746	4,0005
12:00	0	20,6864	3,1703	2,3640
13:00	0	21,7462	5,2989	2,2018
14:00	0	20,8390	7,2997	1,8209
15:00	0	18,2944	8,9309	1,3756
16:00	0	12,7658	8,6344	0,9696
17:00	0	1,2805	0,6402	0,5442
18:00	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0
00:00	0	0	0	0



Σχήμα 9.3 : Κέρδος υαλοπίνακα νότου κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 9.4 : Κέρδος υαλοπίνακα δύσης κατά τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 9.5 : Κέρδος υαλοπίνακα ανατολής κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

9.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΔΙΑ ΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Τα αρνητικά φορτία των υαλοπινάκων που προκύπτουν από αγωγή θερμότητας εξαιτίας θερμοκρασιακής διαφοράς, υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση [1]:

$$L_{\text{υαλ}} = -3600 A_f U_f (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (\text{MJ/h}) \quad (9.3.1)$$

όπου:

A_f [m^2] το εμβαδόν των υαλοπινάκων,

U_f [$\frac{W}{m^2 K}$] ο ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων, ο οποίος

σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς ισούται με 3.5,

$T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Στην παραπάνω σχέση (9.3.1), δεν χρησιμοποιούμε την ισοδύναμη θερμοκρασία T_e , η οποία περιέχει την ηλιακή ακτινοβολία, αφού εμείς την υπολογίζουμε ξεχωριστά.

9.3.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας $T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$

Σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς, το οποίο χρησιμοποιούμε για τους υπολογισμούς, η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με $20^\circ\text{C}=293\text{K}$. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές των Αθηνών, οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την 21^η Νοεμβρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος. Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον πίνακα 9 και οι υπολογισμοί έχουν γίνει για όλο το 24ωρο:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Πίνακας 9: Εσωτερική θερμοκρασία κτιρίου αναφοράς T_{in} K , θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος T_{out} K και η διαφορά των δύο θερμοκρασιών $T_{in} - T_{out}$.

Time	T_{in} K	T_{out} K	$T_{in} - T_{out}$
01:00	293	284,4	8,6
02:00	293	284,5	8,5
03:00	293	284,5	8,5
04:00	293	284,4	8,6
05:00	293	284,2	8,8
06:00	293	284,1	8,9
07:00	293	284,1	8,9
08:00	293	284,3	8,7
09:00	293	284,7	8,3
10:00	293	285,4	7,6
11:00	293	286	7
12:00	293	286,6	6,4
13:00	293	287,1	5,9
14:00	293	287,2	5,8
15:00	293	287	6
16:00	293	286,5	6,5
17:00	293	285,8	7,2
18:00	293	285	8
19:00	293	284,4	8,6
20:00	293	283,9	9,1
21:00	293	283,7	9,3
22:00	293	283,7	9,3
23:00	293	283,9	9,1
00:00	293	284,1	8,9

Με βάση τα παραπάνω και με χρήση της εξίσωσης (9.3.1), θα υπολογίσουμε τις απώλειες των υαλοπινάκων σε $\left[\frac{J}{h} \right]$. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 10, αφού έχουν μετατραπεί οι μονάδες σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Πίνακα 10: Απώλειες υαλοπινάκων για την κάθε ώρα

Απώλειες υαλοπινάκων		
<i>Time</i>	Ανατολής-δύσης $L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	Νότου $L_{\text{υαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-0,813	-1,625
02:00	-0,803	-1,606
03:00	-0,803	-1,606
04:00	-0,813	-1,625
05:00	-0,832	-1,663
06:00	-0,841	-1,682
07:00	-0,841	-1,682
08:00	-0,822	-1,644
09:00	-0,784	-1,569
10:00	-0,718	-1,436
11:00	-0,661	-1,323
12:00	-0,605	-1,210
13:00	-0,557	-1,115
14:00	-0,548	-1,096
15:00	-0,565	-1,134
16:00	-0,614	-1,228
17:00	-0,680	-1,361
18:00	-0,756	-1,512
19:00	-0,813	-1,625
20:00	-0,860	-1,720
21:00	-0,879	-1,758
22:00	-0,879	-1,758
23:00	-0,860	-1,720
00:00	-0,841	-1,682

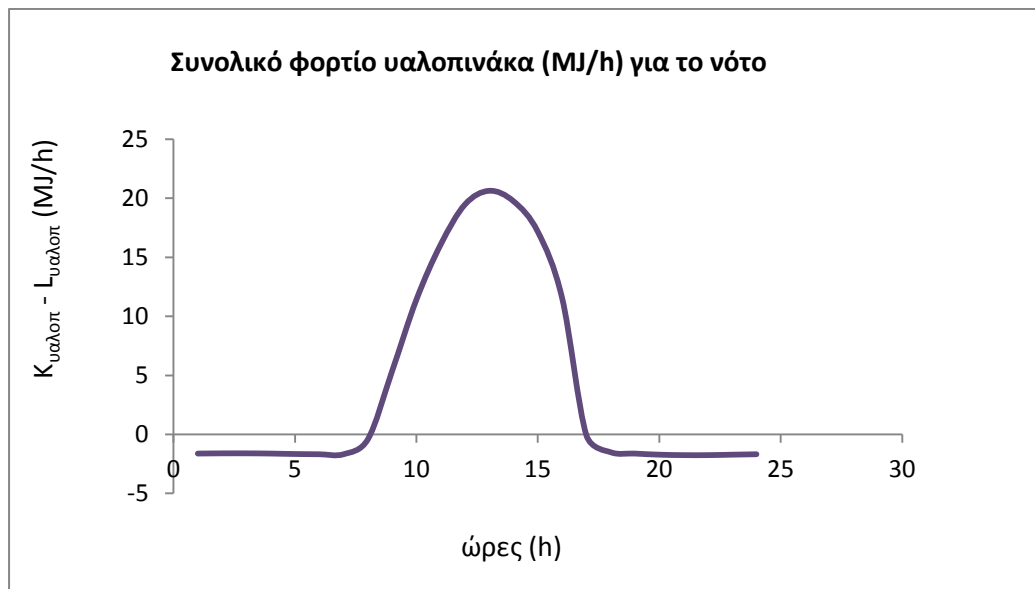
**9.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ
ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΟΝΤΑΙ ΔΙΑ ΜΕΣΟΥ ΤΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ**

Με βάση τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων κεφαλαίων θα υπολογίσουμε τα συνολικά φορτία που δέχονται οι υαλοπίνακες, για να έχουμε καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων. Ακολουθεί συνοπτικός πίνακας 11 :

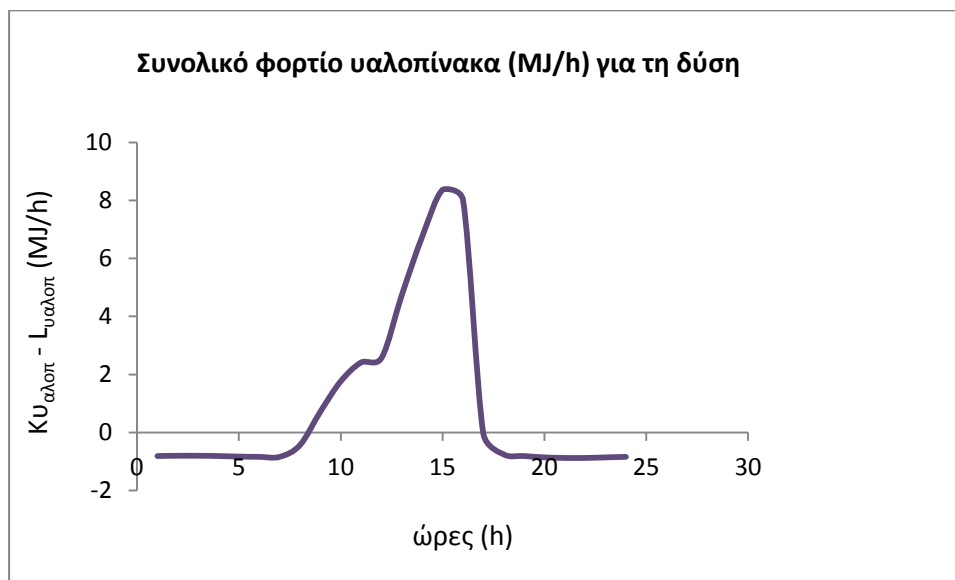
Πίνακας 11 : Συνολικά φορτία που δέχονται οι υαλοπίνακες καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου

Time	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$K_{\text{βαλ}} - L_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{βαλ}} - L_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$	$K_{\text{βαλ}} - L_{\text{βαλ}} \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,625	-0,813	-0,813
02:00	-1,606	-0,803	-0,803
03:00	-1,606	-0,803	-0,803
04:00	-1,625	-0,813	-0,813
05:00	-1,663	-0,832	-0,832
06:00	-1,682	-0,841	-0,841
07:00	-1,682	-0,841	-0,841
08:00	-0,421	-0,434	-0,175
09:00	5,362	0,718	2,331
10:00	11,415	1,764	3,615
11:00	16,081	2,413	3,339
12:00	19,477	2,565	1,759
13:00	20,631	4,741	1,644
14:00	19,743	6,752	1,273
15:00	17,160	8,364	0,809
16:00	11,537	8,020	0,355
17:00	-0,080	-0,040	-0,136
18:00	-1,512	-0,756	-0,756
19:00	-1,625	-0,813	-0,813
20:00	-1,720	-0,860	-0,860
21:00	-1,758	-0,879	-0,879
22:00	-1,758	-0,879	-0,879
23:00	-1,720	-0,860	-0,860
00:00	-1,682	-0,841	-0,841

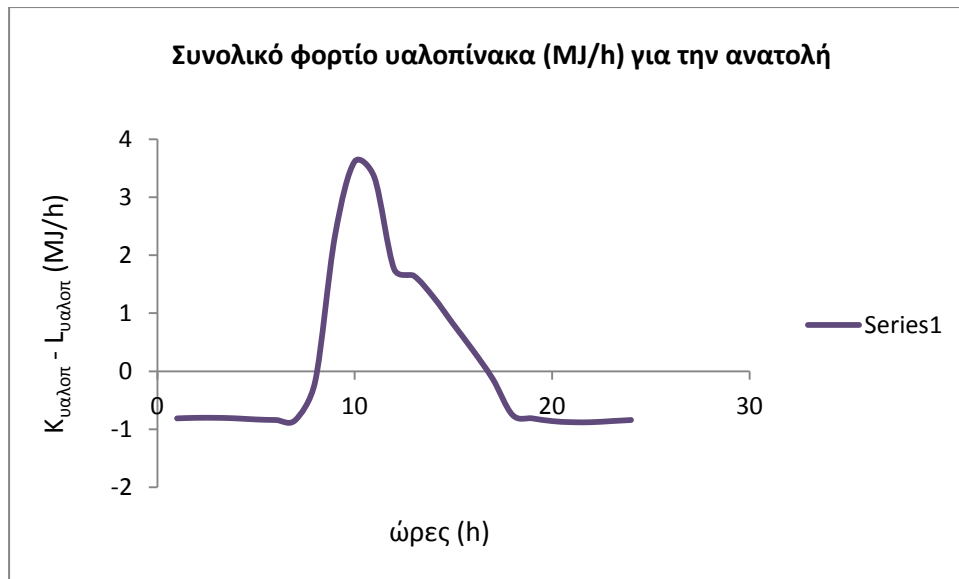
Τα αντίστοιχα διαγράμματα για τους τρεις προσανατολισμούς παρουσιάζονται παρακάτω :



Σχήμα 9.6 : Συνολικό φορτίο υαλοπινάκα νότου καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.



Σχήμα 9.7 : Συνολικό φορτίο υαλοπινάκα δύσης καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.



Σχήμα 9.8 : Συνολικό φορτίο υαλοπίνακα ανατολής καθ' όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.

9.5 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων, δηλαδή το συνολικό κέρδος των τοίχων, υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση [1]:

$$K_{\text{τοιχ}} = -3600 A_w U_w (T_{in} - T_e) \left[\frac{J}{h} \right] \quad (9.5.1)$$

όπου:

A_w [m^2] το εμβαδόν του τοίχου,

U_w [$\frac{W}{m^2 K}$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,

$T_{in} - T_e$ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Υπολογισμός εμβαδού τοίχων

Σύμφωνα με αυτά που έχουμε ή, το εμβαδό όλων των πλευρών του κτηρίου υπολογίστηκε $(220-100)=120 m^2$ και της κάθε πλευράς ξεχωριστά, $\frac{120}{4} = 30 m^2$.

Στον νότο το εμβαδόν των υαλοπινάκων είναι $15 m^2$, οπότε το εμβαδόν του τοίχου θα είναι:

$$A_w = 30 - 15 = 15 m^2$$

Στο βορρά, επειδή δεν έχουμε καθόλου υαλοπίνακες, το εμβαδόν του τοίχου θα είναι $30 m^2$.

Στην ανατολή και τη δύση, το εμβαδόν των υαλοπινάκων είναι $7,5 m^2$, οπότε το εμβαδόν του τοίχου θα είναι:

$$A_w = 30 - 7,5 = 22,5 m^2$$

9.5.1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχων [1]

Στο κτήριο αναφοράς οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- εξωτερικό επίχρισμα πάχους 0.02 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$
- μόνωση πάχους 0.040 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$
- δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.720\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$ και
- εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0.020 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.200\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$.

Τέλος, ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$ και $8\left[\frac{\text{w}}{\text{mK}}\right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας του τοίχου, χρησιμοποιούμε τη σχέση 9.5.1.1.

$$\frac{1}{U_w} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{1}{h_0} \quad \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (9.5.1.1)$$

όπου :

$U_w \quad \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,

$h_i \quad \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,

$h_0 \quad \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,

$\frac{w_i}{k_i} \quad \left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος του τοίχου.

Από την εξίσωση (9.5.1.1), προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας του τοίχου ίσος με $U_w = 0.671067 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$.

9.5.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό, η εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου αναφοράς είναι ίση με $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 293\text{ }^{\circ}\text{K}$.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Νοεμβρίου, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος, για κάθε προσανατολισμό, όπως φαίνεται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12: Θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε προσανατολισμό

Time	T_{in} K	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
		T_e K	T_e K	T_e K	T_e K
01:00	293	284,4	284,4	284,4	284,4
02:00	293	284,5	284,5	284,5	284,5
03:00	293	284,5	284,5	284,5	284,5
04:00	293	284,4	284,4	284,4	284,4
05:00	293	284,2	284,2	284,2	284,2
06:00	293	284,1	284,1	274,1	284,1
07:00	293	284,1	284,1	284,1	284,1
08:00	293	285,4	292,6	285,4	295,9
09:00	293	286,7	299,4	286,7	299,3
10:00	293	287,7	303,9	287,7	297,7
11:00	293	288,7	306,9	288,7	294,1
12:00	293	289,4	308,2	289,4	289,4
13:00	293	289,7	307,9	295,1	289,7
14:00	293	289,6	305,8	299,5	289,6
15:00	293	288,9	301,6	301,5	288,9
16:00	293	287,6	294,7	298,1	287,6
17:00	293	285,8	285,8	285,8	285,8
18:00	293	285	285	285	285
19:00	293	284,4	284,4	284,4	284,4
20:00	293	283,9	283,9	283,9	283,9
21:00	293	283,7	283,7	283,7	283,7
22:00	293	283,7	283,7	283,7	283,7
23:00	293	283,9	283,9	283,9	283,9
00:00	293	284,1	284,1	284,1	284,1

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ**

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ο πίνακας 13 της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, για κάθε προσανατολισμό.

Πίνακας 13: Η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, για κάθε προσανατολισμό.

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	$T_{in} - T_e$ K	$T_{in} - T_e$ K	$T_{in} - T_e$ K	$T_{in} - T_e$ K
01:00	8,6	8,6	8,6	8,6
02:00	8,5	8,5	8,5	8,5
03:00	8,5	8,5	8,5	8,5
04:00	8,6	8,6	8,6	8,6
05:00	8,8	8,8	8,8	8,8
06:00	8,9	8,9	8,9	8,9
07:00	8,9	8,9	8,9	8,9
08:00	7,6	0,4	7,6	-2,9
09:00	6,3	-6,4	6,3	-6,3
10:00	5,3	-10,4	5,3	-4,7
11:00	4,3	-13,9	4,3	-1,1
12:00	3,6	-15,2	3,6	3,6
13:00	3,3	-14,9	-2,1	3,3
14:00	3,4	-12,8	-6,5	3,4
15:00	4,1	-8,6	-8,5	4,1
16:00	5,4	-1,7	-5,1	5,4
17:00	7,2	7,2	7,2	7,2
18:00	8	8	8	8
19:00	8,6	8,6	8,6	8,6
20:00	9,1	9,1	9,1	9,1
21:00	9,3	9,3	9,3	9,3
22:00	9,3	9,3	9,3	9,3
23:00	9,1	9,1	9,1	9,1
00:00	8,9	8,9	8,9	8,9

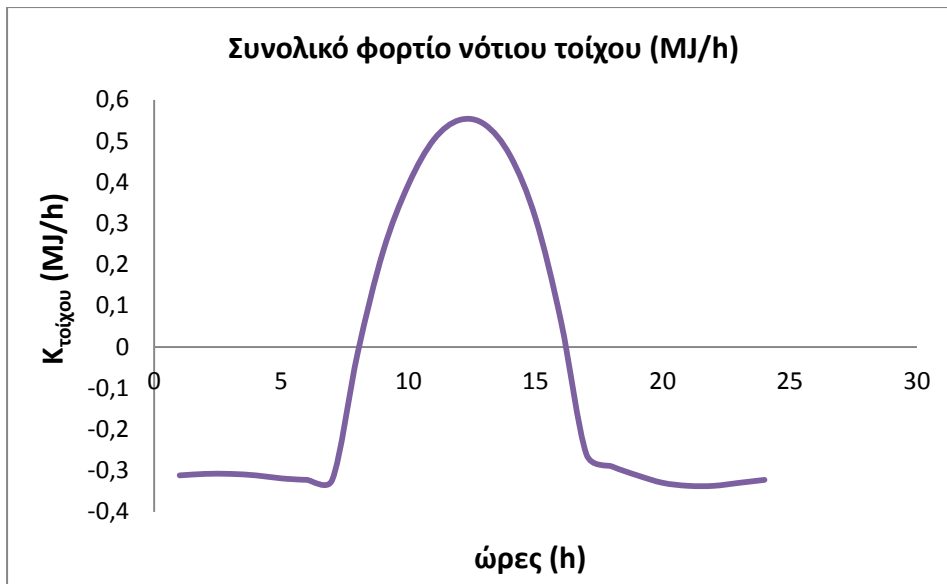
*ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ*

Με δεδομένα όλα τα παραπάνω , χρησιμοποιώντας τη σχέση (9.5.1), μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο των τοίχων, για κάθε προσανατολισμό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 14. Για καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων μετατρέψαμε τις μονάδες από $\left[\frac{J}{h} \right]$ σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$.

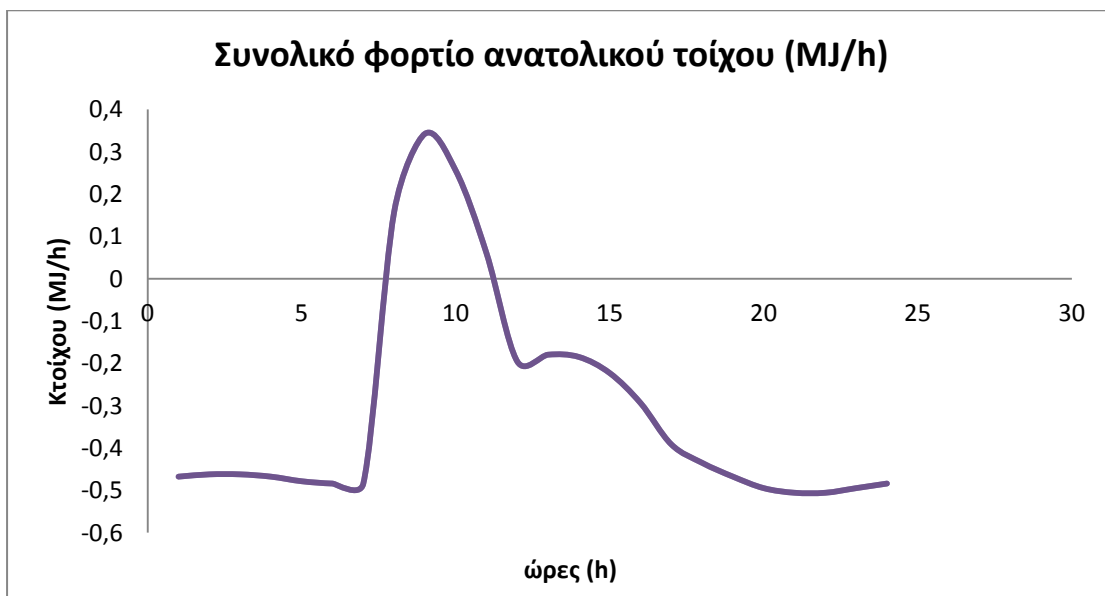
Πίνακας 14: Συνολικά φορτία τοίχων για κάθε προσανατολισμό

<i>Time</i>	ΒΟΡΡΑΣ	ΝΟΤΟΣ	ΔΥΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΗ
	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$	Συνολικό φορτίο $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-0,623	-0,312	-0,467	-0,467
02:00	-0,616	-0,308	-0,462	-0,462
03:00	-0,616	-0,308	-0,462	-0,462
04:00	-0,623	-0,312	-0,467	-0,467
05:00	-0,638	-0,319	-0,478	-0,478
06:00	-0,645	-0,322	-0,484	-0,484
07:00	-0,645	-0,322	-0,484	-0,484
08:00	-0,551	-0,014	-0,413	0,158
09:00	-0,457	0,232	-0,342	0,342
10:00	-0,384	0,395	-0,288	0,255
11:00	-0,312	0,504	-0,234	0,060
12:00	-0,261	0,551	-0,196	-0,196
13:00	-0,239	0,540	0,114	-0,179
14:00	-0,246	0,464	0,353	-0,185
15:00	-0,297	-0,312	0,462	-0,223
16:00	-0,391	0,062	0,277	-0,293
17:00	-0,522	-0,261	-0,391	-0,391
18:00	-0,580	-0,290	-0,435	-0,435
19:00	-0,623	-0,312	-0,467	-0,467
20:00	-0,659	-0,330	-0,495	-0,495
21:00	-0,674	-0,337	-0,505	-0,505
22:00	-0,674	-0,337	-0,505	-0,505
23:00	-0,659	-0,330	-0,495	-0,495
00:00	-0,645	-0,322	-0,484	-0,484

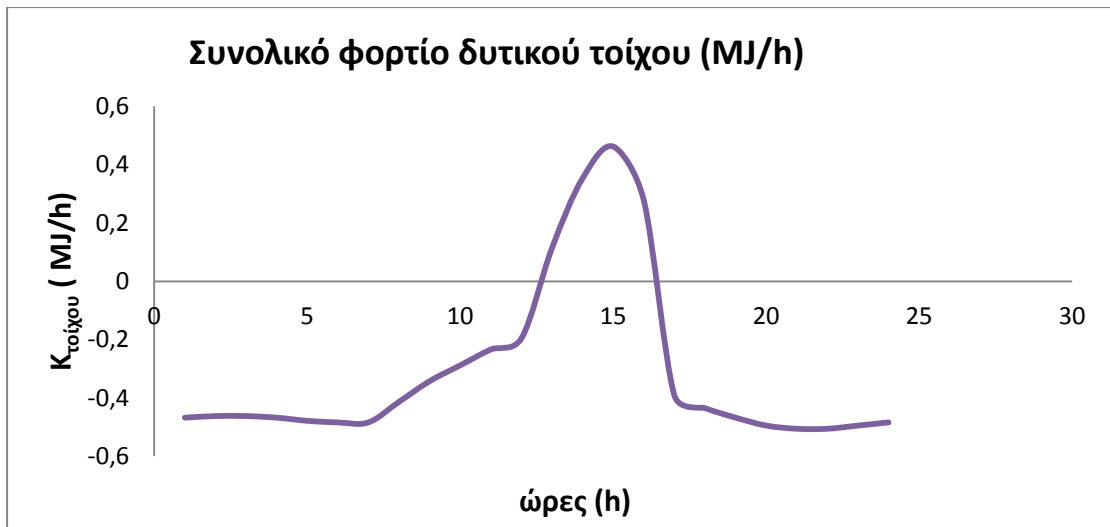
Επομένως προκύπτουν τα διαγράμματα που ακολουθούν στην επόμενη σελίδα:



Σχήμα 9.9 : Συνολικό φορτίο νότιου τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 9.10 : Συνολικό ανατολικού τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 9.11 : Συνολικό φορτίο δυτικού τοίχου καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

9.6 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΔΙΕΡΧΕΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ

Το συνολικό κέρδος της οροφής δίνεται από τον τύπο [1] 9.6.1.

$$\text{Συνολικό κέρδος οροφής} = 3600 \cdot A_{hor} U_{hor} (T_{in} - T_e) \text{ (J/h)} \quad (9.6.1)$$

Υπολογισμός εμβαδού οροφής

Στο κτήριο αναφοράς το εμβαδόν της οροφής είναι $A_{hor} = 100m^2$.

9.6.1 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής [1]

Η οροφή αποτελείται από τα παρακάτω διαδοχικά στρώματα:

- γαμπίλινος 0.07 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- στεγανωτική στρώση 0.01 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- μόνωση πάχους 0.060 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $0.038 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- σκυρόδεμα πάχους 0.07 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$,
- οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 0.14 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $2.200 \left[\frac{w}{mK} \right]$ και
- επίχρισμα πάχους 0.015 m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας $1.2 \left[\frac{w}{mK} \right]$.

Ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι $16 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ και $8 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$ αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας της οροφής, χρησιμοποιούμε τη σχέση 9.6.1.1.

$$\frac{1}{U_{hor}} = \frac{1}{h_i} + \frac{w_1}{k_1} + \frac{w_2}{k_2} + \frac{w_3}{k_3} + \frac{w_4}{k_4} + \frac{w_5}{k_5} + \frac{w_6}{k_6} + \frac{1}{h_0} \left[\frac{m^2 K}{w} \right] \quad (9.6.1.1)$$

όπου:

U_{hor} [W/m²K] είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής,

h_i [W/m²K] είναι ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,

h_0 [W/m²K] είναι ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,

$\frac{w_i}{k_i} \left[\frac{m^2 K}{w} \right]$ είναι ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος της οροφής.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση (9.6.1.1), προκύπτει $U_{hor} = 0,489660 \left[\frac{w}{m^2 K} \right]$.

9.6.2 Υπολογισμός της διαφοράς θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος

Όπως είναι ήδη γνωστό η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με 20°C.

Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21^η Νοεμβρίου, για οριζόντιες επιφάνειες και με επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος. Η διαφορά θερμοκρασιών όλο το 24ωρο φαίνεται στον πίνακα 15.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Πίνακας 15: Η εσωτερική θερμοκρασία T_{in} , η εξωτερική θερμοκρασία T_{hor} και η διαφορά τους $T_{in} - T_{out}$

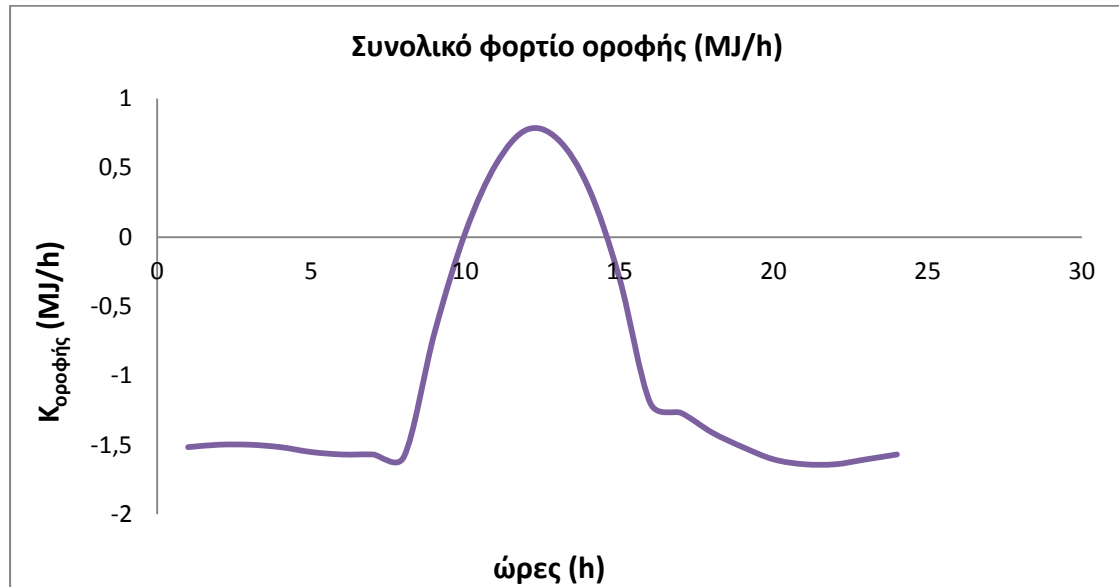
<i>Time</i>	T_{in} K	T_{hor} K	$T_{in} - T_{hor}$ K
01:00	293	284,4	8,6
02:00	293	284,5	8,5
03:00	293	284,5	8,5
04:00	293	284,4	8,6
05:00	293	284,2	8,8
06:00	293	284,1	8,9
07:00	293	284,1	8,9
08:00	293	284	9
09:00	293	289,1	3,9
10:00	293	293,2	-0,2
11:00	293	296	-3
12:00	293	297,4	-4,4
13:00	293	297	-4
14:00	293	295	-2
15:00	293	291,3	1,7
16:00	293	286,2	6,8
17:00	293	285,8	7,2
18:00	293	285	8
19:00	293	284,4	8,6
20:00	293	283,9	9,1
21:00	293	283,7	9,3
22:00	293	283,7	9,3
23:00	293	283,9	9,1
00:00	293	284,1	8,9

Στη συνέχεια φαίνεται ο πίνακας 16 με τις τιμές του συνολικού φορτίου της οροφής για την κάθε ώρα του 24ώρου και σε $\left[\frac{MJ}{h} \right]$:

Πίνακας 16: Συνολικό φορτίο οροφής για κάθε ώρα του 24ώρου

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο οροφής $\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-1,516
02:00	-1,498
03:00	-1,498
04:00	-1,516
05:00	-1,5512
06:00	-1,569
07:00	-1,569
08:00	-1,586
09:00	-0,687
10:00	0,035
11:00	0,529
12:00	0,776
13:00	0,705
14:00	0,352
15:00	-0,300
16:00	-1,199
17:00	-1,269
18:00	-1,410
19:00	-1,516
20:00	-1,604
21:00	-1,639
22:00	-1,639
23:00	-1,604
00:00	-1,569

Ακολουθεί το διάγραμμα της οροφής.



Σχήμα 9.12: Συνολικό φορτίο οροφής καθ'όλη τη διάρκεια του 24 ώρου.

➤ Σαν παρατήρηση για τα διαγράμματα των τοίχων και της οροφής που προηγήθηκαν, οφείλουμε να σχολιάσουμε ότι οι μικροανωμαλίες που παρατηρούνται αφεύλονται καθαρά στις αυξομειώσεις των θερμοκρασιών, τιμές που λήφθηκαν σαν δεδομένα από μετρήσεις και που προφανώς περιέχουν σφάλματα.

9.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΛΟΓΩ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΕΡΑ

Το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα, όπως έχουμε ξανααναφέρει, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση 9.7.1 [1].

$$Q_t = 1,2Q \Delta h \cdot 3600 \left[\frac{J}{h} \right] \quad (9.7.1)$$

όπου:

- Q_t είναι το ολικό ψυκτικό φορτίο $\left[\frac{J}{h} \right]$,
- Q είναι η παροχή εξωτερικού αέρος $\left[\frac{L}{s} \right]$,
- Δh είναι η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος $\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$.

9.7.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα [1]

Η συνήθης παροχή εξωτερικού αέρα είναι $2 \frac{L}{s} \forall m^2$ επιφάνειας δαπέδου, σε θερμοκρασία πραγματικού περιβάλλοντος. Επομένως η παροχή εξωτερικού αέρα στο κτήριο αναφοράς είναι :

$$Q = 200 \left[\frac{L}{s} \right]$$

9.7.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα

Η ενθαλπία ,είτε του εισερχόμενου είτε του εξερχόμενου αέρα ,υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη, συναρτήσει της σταθερής θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας Tdb(Dry Bulb Temperature) και της σχετικής υγρασίας φ.

Συγκεκριμένα, η ενθαλπία του εισερχόμενου αέρα υπολογίζεται από τον ψυχομετρικό χάρτη για θερμοκρασία ξηρής σφαίρας Tdb = 20°C (θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος) και σχετική υγρασία φ=50% και είναι ίση με 38,5

$$\left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$$

*ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ*

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε την ενθαλπία του εξερχόμενου αέρα, με T_{db} (θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος) τις τιμές των Αθηνών, οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών κατά την 21^η Νοεμβρίου (για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος) και σχετικές υγρασίες που προκύπτουν από τον τύπο 9.7.2 [1].

$$\varphi_0 H = m \sum_{i=1}^2 c_i \cos \left[i \frac{360}{24} H - 0,5 \right] + \sum_{i=1}^2 s_i \sin \left[i \frac{360}{24} H - 0,5 \right] \quad (9.7.2)$$

όπου:

H είναι η ώρα της ημέρας $1 \div 24$,

m, c_i, s_i , είναι οι συντελεστές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 17: Τιμές των συντελεστών της εξίσωσης (9.7.2) [1]

<i>day</i>	<i>m</i>	<i>c₁</i>	<i>c₂</i>	<i>s₁</i>	<i>s₂</i>
21 Νοεμβρ.	65,916	5,21	-2.653	7,399	-1,167

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ο πίνακας 18.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΥΠΙΚΟ ΜΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟ

Πίνακας 18: Οι τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα, η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρα, καθώς και η αντίστοιχη διαφορά ενθαλπίας

<i>Time</i>	T_{out}	φ_0	$h_{out} \left[\frac{KJ}{Kg} \xi.α. \right]$	Δh
01:00	11,4	69,182	26	12,5
02:00	11,5	70,860	27	11,5
03:00	11,5	72,740	27	11,5
04:00	11,4	74,517	27	11,5
05:00	11,2	75,796	26	12,5
06:00	11,1	76,192	27	11,5
07:00	11,1	76,463	26	12,5
08:00	11,3	73,460	26	12,5
09:00	11,7	70,482	27	11,5
10:00	12,4	66,727	28	10,6
11:00	11,3	62,883	28	10,6
12:00	13,6	59,456	28	10,6
13:00	14,1	56,920	28	10,6
14:00	14,2	55,560	28	10,6
15:00	14	55,464	28	10,6
16:00	13,5	56,433	27	11,5
17:00	12,8	58,137	26	12,5
18:00	12	60,160	25	13,5
19:00	11,4	62,125	25	13,5
20:00	10,9	63,775	24	14,5
21:00	10,7	65,031	24	14,5
22:00	10,7	65,986	24	14,5
23:00	10,9	66,847	24	14,5
00:00	11,1	67,855	25	13,5

Τέλος, χρησιμοποιώντας την εξίσωση (9.7.1), μπορούμε να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διεύδυσης αέρα, όπως φαίνεται στον πίνακα 19.

Πίνακας 19: Το ψυκτικό φορτίο Q_t

<i>Time</i>	$Q_t \left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-10,8
02:00	-9,936
03:00	-9,936
04:00	-9,936
05:00	-10,8
06:00	-9,936
07:00	-10,8
08:00	-10,8
09:00	-9,936
10:00	-9,072
11:00	-9,072
12:00	-9,072
13:00	-9,072
14:00	-9,072
15:00	-9,072
16:00	-9,936
17:00	-10,8
18:00	-11,664
19:00	-11,664
20:00	-12,528
21:00	-12,528
22:00	-12,528
23:00	-12,528
00:00	-11,664

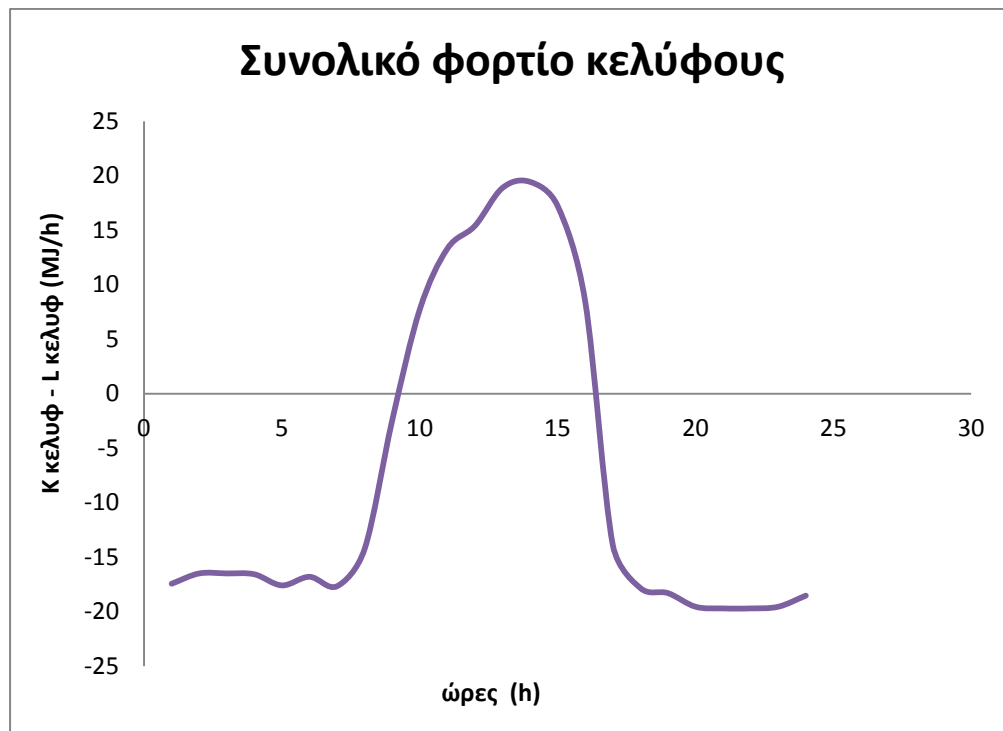
9.8. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Το συνολικό φορτίο κελύφους υπολογίζεται ώστε να έχουμε μια γενική εικόνα του κτιρίου, για τα κέρδη και τις απώλειές του, για την ημερομηνία που μελετάμε. Αυτό επιτυγχάνεται αν αθροίσουμε αλγεβρικά τα θετικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, τα αρνητικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων, το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής και τέλος το ψυκτικό φορτίο που διέρχεται λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα. Οπότε, προκύπτει ο πίνακας 20, ο οποίος δίνει το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου, για κάθε ώρα της 21^{ης} Νοεμβρίου.

Πίνακας 20: Το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου, για κάθε ώρα της 21^{ης} Νοεμβρίου

<i>Time</i>	Συνολικό φορτίο κελύφους
	$\left[\frac{MJ}{h} \right]$
01:00	-30,8591
02:00	-31,8835
03:00	-33,0683
04:00	-34,2531
05:00	-35,3577
06:00	-35,5243
07:00	-34,4135
08:00	-31,5213
09:00	-21,3666
10:00	-12,8382
11:00	-8,1631
12:00	-4,8947
13:00	-2,2881
14:00	-0,7896
15:00	-2,7772
16:00	-8,7685
17:00	-2,5764
18:00	-26,2622
19:00	-27,6876
20:00	-28,1687
21:00	-29,4337
22:00	-29,5941
23:00	-31,4825
00:00	-31,1307

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα του συνολικού φορτίου κελύφους:



Αν προσθέσουμε τις τιμές για κάθε ώρα, βρίσκουμε τις συνολικές απώλειες του κελύφους για όλο το 24ωρο, που είναι ίσες με $-182,390 MJ$.

Από το διάγραμμα είναι εμφανές ότι το συνολικό φορτίο κελύφους, για την 21^η Ιανουαρίου, παρουσιάζεται θετικό κατά τις μεσημεριανές ώρες, όπου το κέρδος των υαλοπινάκων είναι μεγάλο.

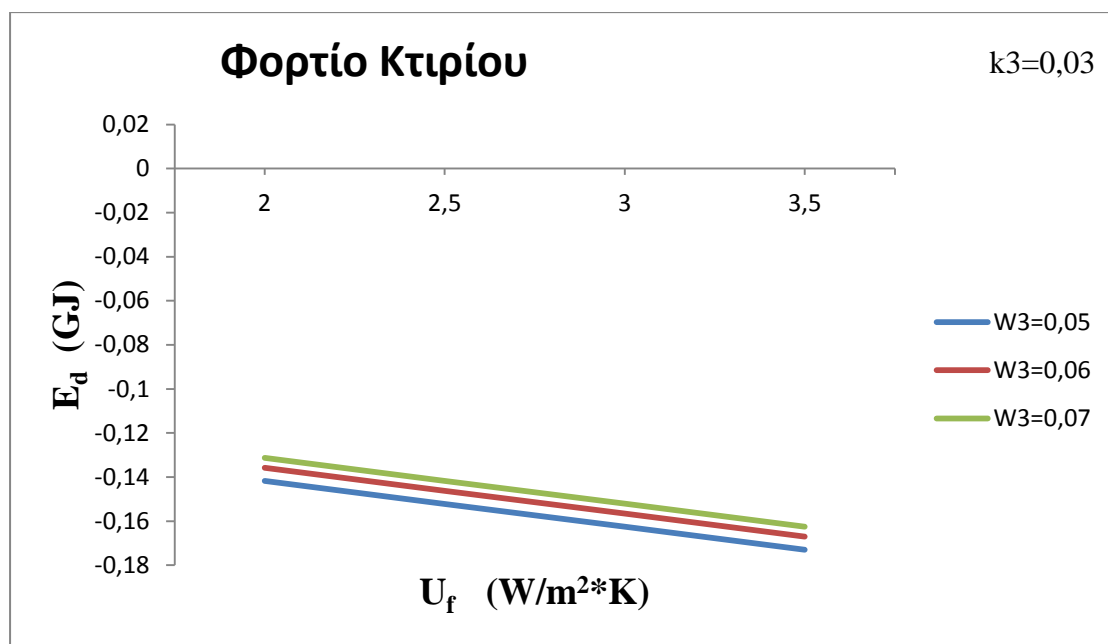
Σημείωση: Οφείλουμε οπωσδήποτε να αναφέρουμε ότι δεν έχει ληφθεί υπόψη η χρονική υστέρηση και αυτό γιατί δεν ενδιαφερόμαστε για ωριαίες τιμές αλλά για ημερήσιες και μέσα στη διάρκεια της ημέρας η χρονική υστέρηση αφομοιώνεται.

Επομένως ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των συνδυασμών των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων, για τα οποία έχουμε "ψευδοαδιαβατικό κέλυφος", δηλαδή συνολικές απώλειες κελύφους μηδέν 0.

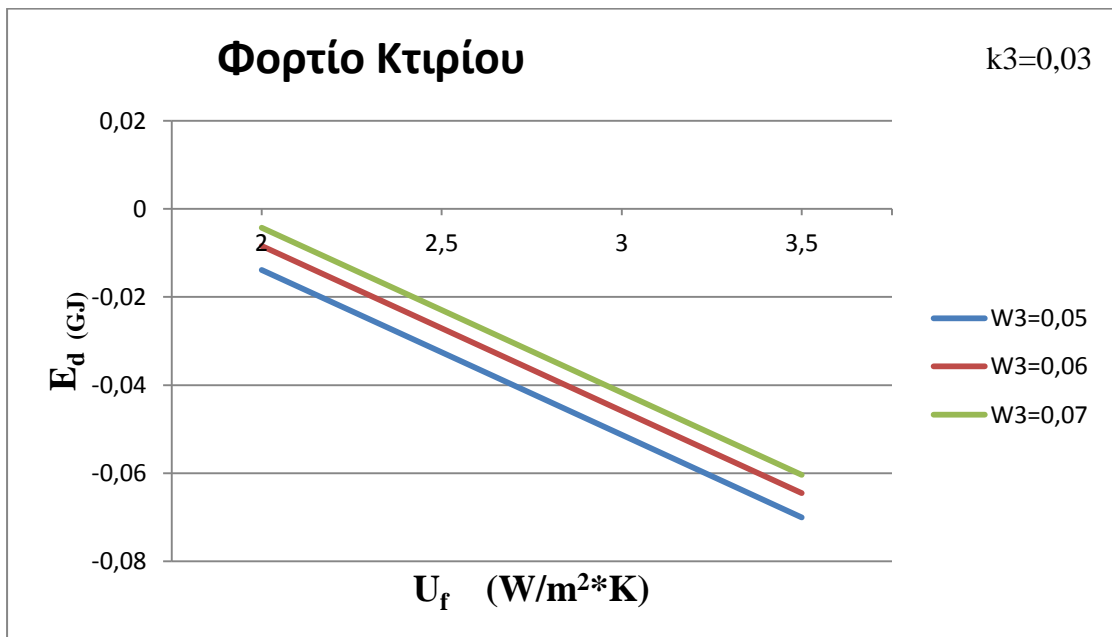
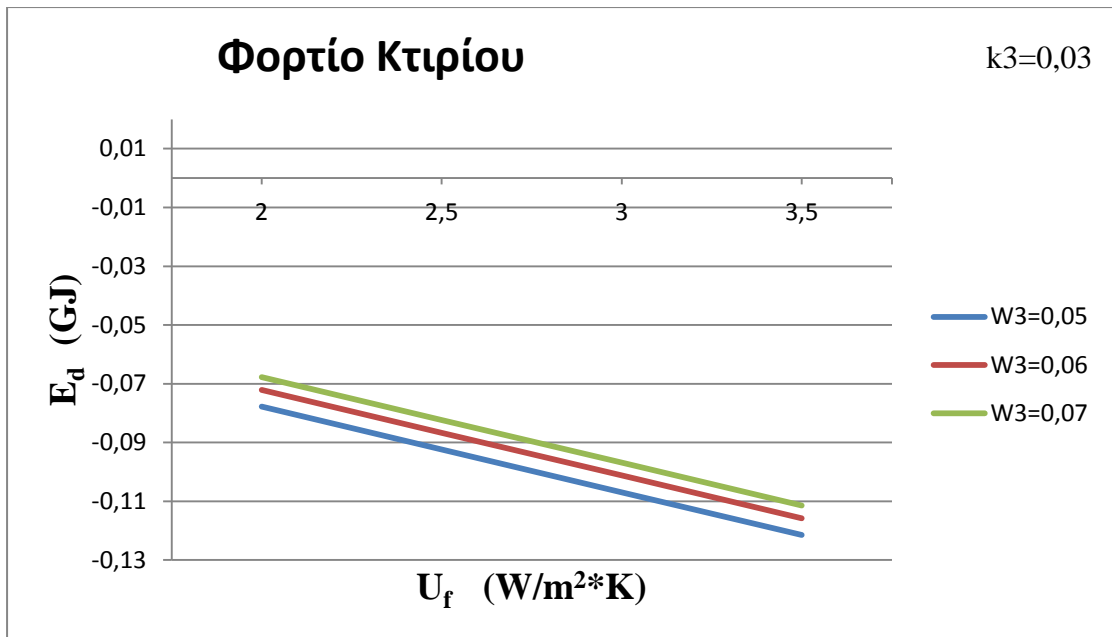
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο : ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ "ΨΕΥΔΟΔΙΑΒΑΤΙΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ"

Σε αυτό το κεφάλαιο , όπως έχουμε αναφέρει αναλυτικά και στην εισαγωγή, θα κάνουμε προσέγγιση του "ψευδοδιαβατικού κελύφους", δηλαδή θα βρούμε τους συνδυασμούς που μας δίνουν απώλειες κτιρίου μηδενικές.

Α. Με $P_f = 0,25\%$, $k_3 = 0,03$,προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα, όπου φαίνεται πως κανένas συνδυασμός από αυτούς δε μας δίνει αδιαβατικό κέλυφος.

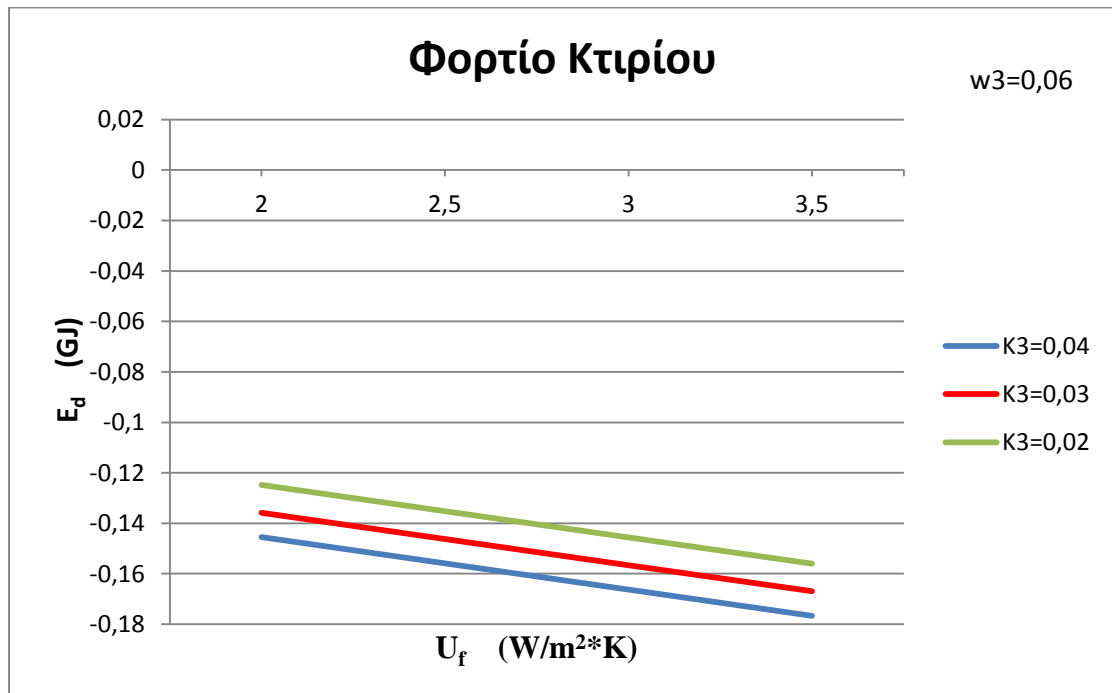


Ελέγγω για $P_f = 0,35\%$ και $P_f = 0,45\%$ με το ίδιο k_3 και προκύπτουν το επόμενα διαγράμματα :

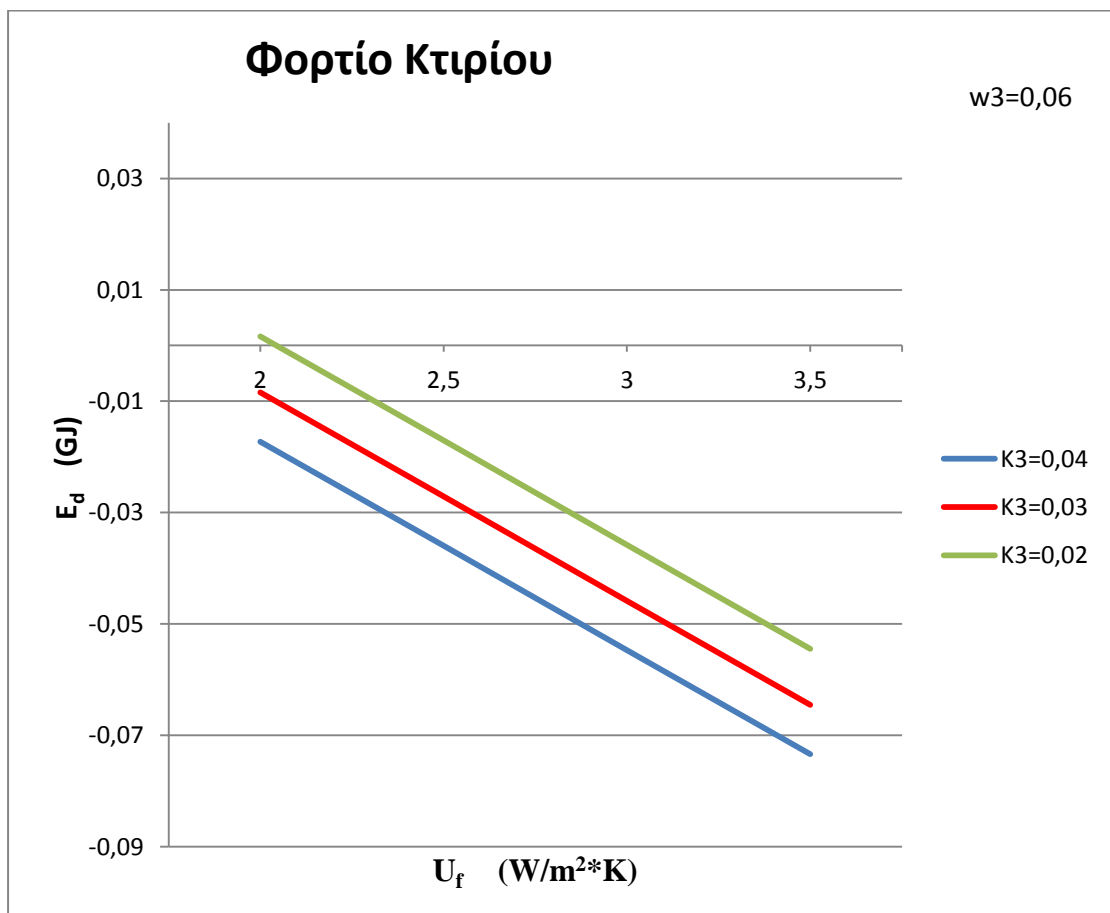
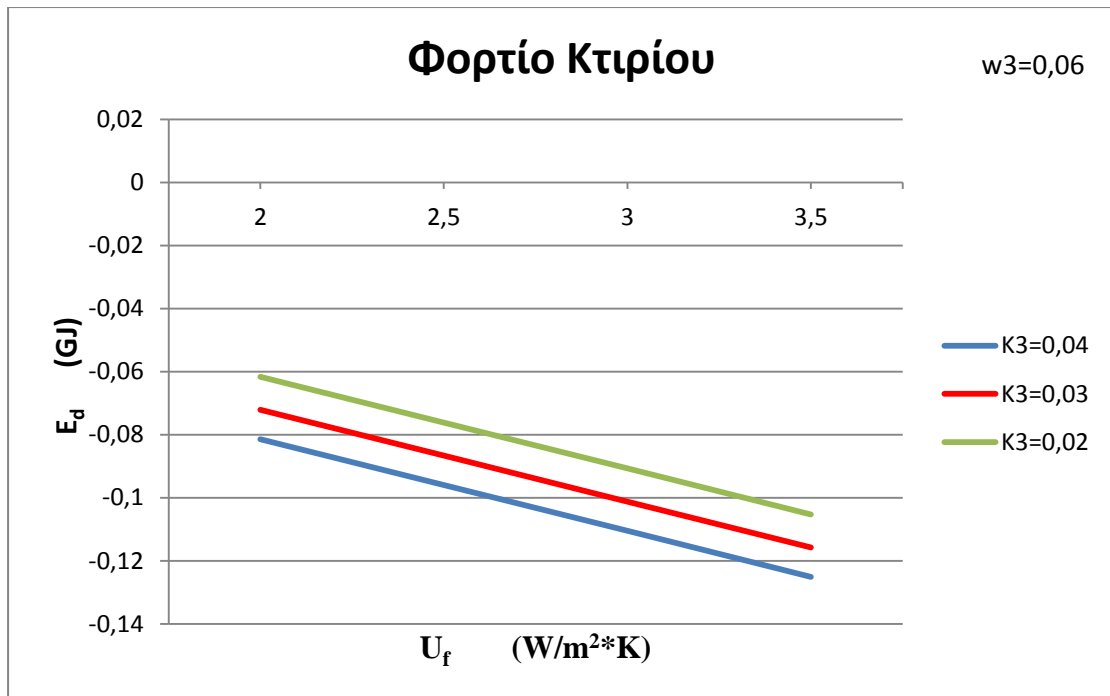


Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, δεν έχουμε κανένα πιθανό συνδυασμό για αδιαβατικό κέλυφος.

Β. Με $P_f = 0,25\%$, $w_3 = 0,03\text{mm}$, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα, όπου φαίνεται πως κανένας συνδυασμός από αυτούς δε μας δίνει αδιαβατικό κέλυφος.

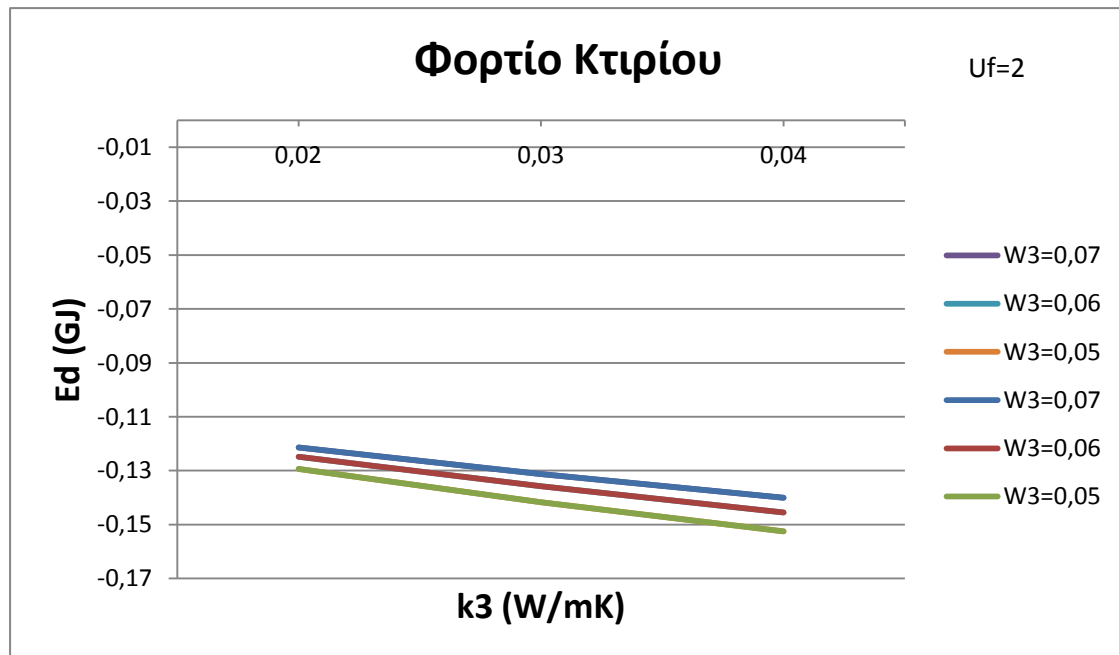


Ελέγγω για $P_f = 0,35\%$ και $P_f = 0,45\%$ με το ίδιο k_3 και προκύπτουν τα επόμενα διαγράμματα αντίστοιχα :

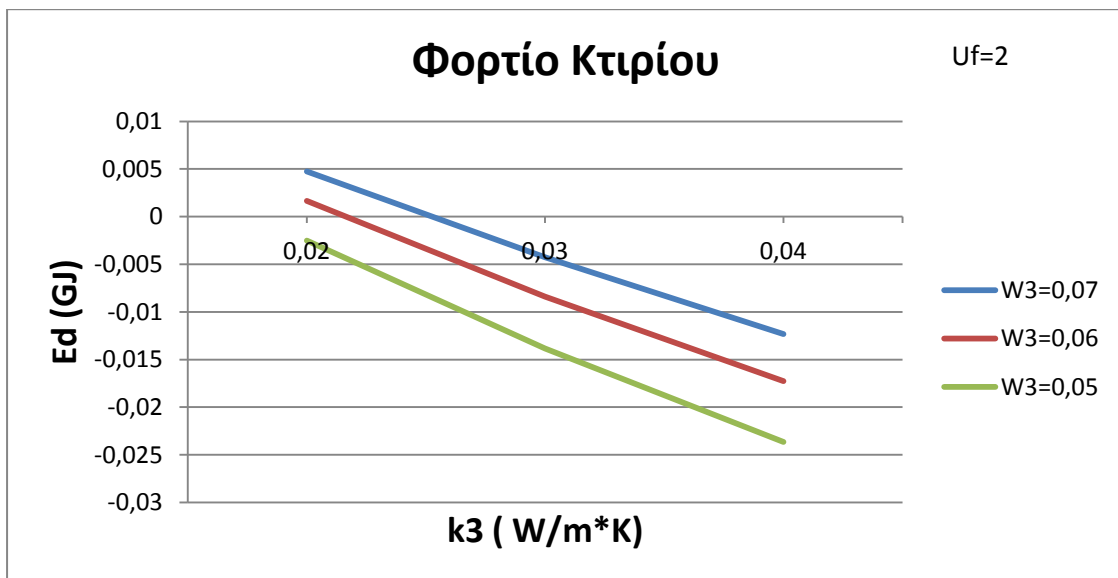
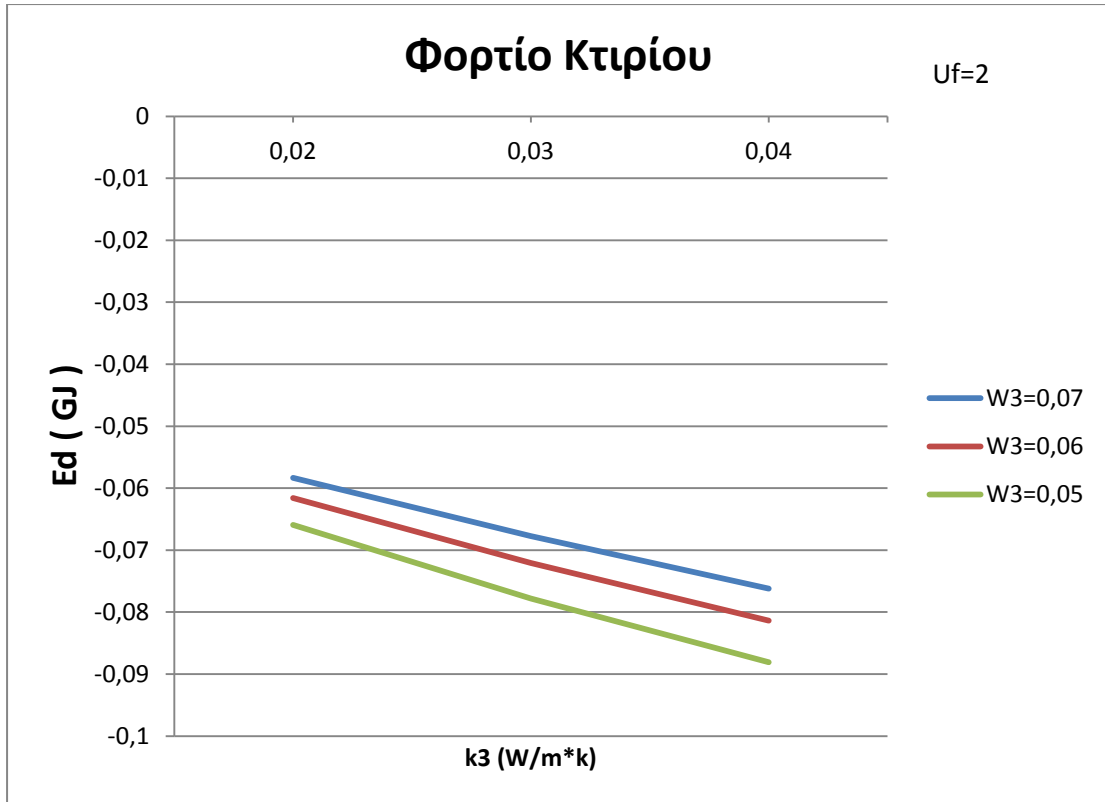


Παρατηρούμε ότι για $P_f=0,45\%$, $U_f=2$, $k_3=0,02$ και $w_3=0,06$, έχουμε αδιαβατικό κέλυφος.

Γ. Τέλος, ελέγγω για $P_f = 0,25\%$, $w_3=0,03\text{mm}$, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα, όπου φαίνεται πως κανένας συνδυασμός από αυτούς δε μας δίνει αδιαβατικό κέλυφος.



Ελέγγω για $P_f=0,35\%$ και $P_f=0,45\%$ με το ίδιο U_f και προκύπτουν το επόμενα διαγράμματα αντίστοιχα :



Δύο ακόμη πιθανοί συνδυασμοί φαίνονται από το τελευταίο διάγραμμα και είναι :

1. $P_f=0,45$
 $U_f=2$
 $W_3=0,07$
 $K_3=0,025$
2. $P_f=0,4$
 $U_f=2$
 $W_3=0,06$
 $K_3=0,023$

10.2 Συμπεράσμα

Ο στόχος μας να προσεγγίσουμε το "ψευδοαδιαβατικό κέλυφος" επιτεύχθει, αφού καταφέραμε να βρούμε αυτούς τους πιθανούς συνδυασμούς, οι οποίοι δίνουν μηδενικές απώλειες στο κτίριο αναφοράς. Είναι, λοιπόν, εφικτό χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα υλικά να πετύχουμε μηδενικές απώλειες σε ένα κτίριο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αντωνόπουλος Κ.Α., *ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ (ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ)*, 2008, Αθήνα.
- [2] Antonopoulos K.A., Tzivanidis C. and Gioti F., *Computational analysis of the envelope parameters effects on the transient heating energy consumption of buildings*, ECOS,
- [3] Αντωνόπουλος Κ.Α., *ΘΕΡΜΙΚΑ – ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ*, 2008, Αθήνα
- [4] Τριανταφύλλου Α.Χ., *ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (8^η έκδοση)*, 2008, Πάτρα
- [6] Πέρδιος Σ.Δ., *ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ-ΑΘΛΗΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ-ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ (ΤΟΜΟΣ Α)*, 2007, Αθήνα, Τ.ΕΚΔΟΤΙΚΗ
- [7] A. Ben Larbi, Statistical modeling of heat transfer for thermal bridges of buildings
- [8] Σημειώσεις για τον Κ.ΕΝ.Α.Κ., ΤΟΤΕΕ
- [9] INTERNET
- [10] Carrier, *ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΤΟΜΟΣ 1)*, Αθήνα, ΦΟΥΝΤΑΣ
- [11] Francesca Cappelletti, Andrea Gasparella, Piercarlo Romagnonia, Paolo Baggioc, Analysis of the influence of installation thermal bridges on windows performance: The case of clay block walls
- [12] Gasparella Andrea, Pernigotto Giovanni, Cappelletti Francesca, Romagnoni Piercarlo and Bggio Paolo, *Analysis and modeling of window and glazing systems energy performance for a well insulated residential building*, Science Direct (Energy and Buildings 43), 2010
- [13] "Traditional, state of the art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities "