

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την επίδραση των χαρακτηριστικών του κτηριακού κελύφους στην ενεργειακή κατανάλωση θέρμανσης. Αρχικά γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους και των χαρακτηριστικών τους. Εν συνεχεία έγινε υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτηρίου αναφοράς για την θέρμανση αυτού συναρτήσει των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων κατά τον οποίο επιτυγχάνεται ψευδοαδιαβατικό κέλυφος. Τέλος, τα αποτελέσματα της μελέτης της παρούσας εργασίας συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της μεθόδου προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων και εμφανίστηκαν αποκλίσεις.

## Abstract

The present diploma thesis examines the influence of the characteristics of the building shell on the energy consumption for heating. Firstly, it is conducted a literature review on the components of the building shell and their characteristics. Secondly, the energy consumption for the heating of a reference building depending on the characteristics of the insulation and the window-panes. What was very interesting was the combination of the characteristics of the insulation and the window-panes that resulted in pseudo-adiabatic shell. Finally, the results of the present study were compared to the results of the simulation method of the transition energy performance of buildings. The two sets of results presented deviations.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Κ. Αντωνόπουλο για την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

# Περιεχόμενα

## Μέρος πρώτο(θεωρητικό μέρος)

### Κεφάλαιο 1.Κτηριακό Κέλυφος

1.1 Τοιχοποιίες.....	6
1.2 Υαλοπίνακες.....	9
1.3 Πλαίσια.....	10
1.4 Οροφές.....	10
1.5 Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης.....	12
1.6 Θερμογέφυρες.....	13
1.7 Αερισμός.....	15
1.7.1 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας.....	15
1.7.2 Φυσικός αερισμός.....	18

### Κεφάλαιο 2.Θερμικά Χαρακτηριστικά Δομικών Υλικών

2.1 Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.....	21
2.2 Θερμοχωρητικότητα.....	21
2.3 Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας.....	22
2.4 Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση ατμών.....	26
2.5 Μηχανική αντοχή.....	26
2.6 Σταθερότητα στις διαστάσεις.....	27
2.7 Αντίσταση στη φωτιά.....	27
2.8 Ειδικό βάρος.....	27
2.9 Συντελεστής θερμοπερατότητας.....	31
2.9.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών υλικών.....	33
2.9.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών δομικών υλικών.....	37
2.10 Ανακλαστικότητα-Απορροφητικότητα.....	43
2.11 Συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία.....	44
2.12 Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και Κουφωμάτων.....	45
2.13 Συντελεστής σκίασης.....	47
2.13.1 Συντελεστής σκίασης ορίζοντα.....	48
2.13.2 Συντελεστής σκίασης από προβόλους.....	49
2.13.3 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές.....	51
2.13.4 Συντελεστής σκίασης λόγω τέντας.....	52
2.13.5 Συντελεστής σκίασης λόγω εξωτερικών περσίδων.....	53
2.14 Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης.....	54

### Κεφάλαιο 3.Σημαντικότεροι Κατασκευαστικοί Παράγοντες.....57

3.1 Επίδραση των χαρακτηριστικών της μόνωσης στην κατανάλωση ενέργειας.....	57
3.1.1 Επίδραση διαφορετικών παχών μόνωσης που εφαρμόζονται στα εξωτερικά αδιαφανή στοιχεία, στο ψυκτικό φορτίο και την κατανάλωση ενέργειας.....	57
3.1.2 Βελτιστοποίηση πάχους μόνωσης των εξωτερικών	

τοίχων, χρησιμοποιώντας διαφορετικές πηγές ενέργειας.....	60
3.1.3 Βελτιστοποίηση του πάχους της μόνωσης των κτιρίων χρησιμοποιώντας το κόστος του κύκλου ζωής.....	64
3.1.4 Συσχέτιση μεταξύ θερμικής αγωγιμότητας και πάχους των επιλεγμένων υλικών μόνωσης για τοίχο κτιρίου.....	69
3.2 Επίδραση υαλοπινάκων στην ενεργειακή κατανάλωση των Κτιρίων.....	71
3.2.1 Επίδραση του ποσοστού επιφανείας επί του κελύφους και του προσανατολισμού των υαλοπινάκων για το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου.....	71
3.2.2 Επίδραση προηγμένων υαλοπινάκων και προεξοχών στην ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ή χάνεται από την αίθουσα μέσω των υαλοπινάκων.....	88
3.2.3 Συντελεστής διαπερατότητας υαλοπινάκων.....	95
<u>Μέρος δεύτερο(θεωρητική προσομοίωση)</u>	
<u>Κεφάλαιο 4.Υπολογισμός θετικών φορτίων δια μέσου υαλοπινάκων.....</u>	<u>97</u>
4.1 Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας των υαλοπινάκων.....	97
4.1.1 Απώλειες στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου.....	97
4.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου,προς την άμεσο ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου.....	99
4.2 Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων.....	105
<u>Κεφάλαιο 5.Υπολογισμός αρνητικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.....</u>	<u>109</u>
5.1 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	109
<u>Κεφάλαιο 6.Διαφορά θετικών-αρνητικών φορτίων που διέρχονται μέσω των υαλοπινάκων.....</u>	<u>112</u>
<u>Κεφάλαιο 7.Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων και της οροφής.....</u>	<u>115</u>
7.1 Υπολογισμός εμβαδού τοίχων.....	115
7.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	115
7.3 Υπολογισμός διαφοράς θερμοκρασίας(ισοδύναμης) μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.....	116
7.4 Υπολογισμός εμβαδού οροφής.....	119
7.5 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.....	120
7.6 Υπολογισμός διαφοράς ισοδύναμης θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος,για οριζόντιες επιφάνειες.....	120
<u>Κεφάλαιο 8.Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα.....</u>	<u>123</u>
8.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα.....	123
8.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος.....	123
<u>Κεφάλαιο 9.Συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου του κελύφους για κάθε ώρα της 21<sup>ης</sup> Ιανουαρίου για δεδομένο κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας.....</u>	<u>127</u>

<u>Κεφάλαιο 10.Εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για διάφορους συνδυασμούς των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων.....</u>	<u>129</u>
<u>Κεφάλαιο 11.Εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για διάφορους συνδυασμούς των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων και για εσωτερική θερμοκρασία μειωμένη κατά 2°C.....</u>	<u>133</u>
<u>Κεφάλαιο 12.Εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης για διάφορους συνδυασμούς των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων ,για εσωτερική θερμοκρασία μειωμένη κατά 2°C και ποσοστό υαλοπινάκων βορρά 0%,ανατολής και δύσης 25% και νότου 50%.....</u>	<u>137</u>
<u>Κεφάλαιο 13.Σύγκριση αποτελεσμάτων μεταξύ μεθόδου που αναπτύχθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία και της μεθόδου προσομοίωσης που αναπτύχθηκε στο ECOS 2011για συγκεκριμένες τιμές των χαρακτηριστικών του κτηριακού κελύφους ,της εσωτερικής θερμοκρασίας και του ποσοστού των υαλοπινάκων επί του κελύφους σε κάθε προσανατολισμό.....</u>	<u>141</u>
<u>Κεφάλαιο 14.Συμπεράσματα.....</u>	<u>144</u>

# ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

## Εισαγωγή

Στο πρώτο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέρονται τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το κτηριακό κέλυφος, τα θερμικά χαρακτηριστικά αυτών και τέλος οι σημαντικότεροι κατασκευαστικοί παράγοντες και τα χαρακτηριστικά τους. Για το μέρος αυτό έγινε μία έρευνα σε θεωρητικό επίπεδο από άρθρα ευκόλως προσβάσιμα αλλά κυρίως από επιστημονικά άρθρα, περισσότερο στο τελευταίο κεφάλαιο του μέρους αυτού, που αποτελεί και το πιο σημαντικό.

## 1. ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

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. Αποτελείται από τοιχοποιίες, συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, οροφές, υαλοπίνακες, πλαίσια και θερμογέφυρες. Παραδείγματα αυτών παρατίθενται παρακάτω.

### 1.1 Τοιχοποιίες

Οι τοιχοποιίες αποτελούνται από διάφορα κατασκευαστικά υλικά, όπως για παράδειγμα ογκόλιθους, κοινώς πέτρες. Ένα άλλο είδος τοιχοποιίας είναι οι οπτόπλινθοι (τούβλα), παραλλαγές των οποίων είναι ο μπατικός, μονός δρομικός και ορθοδρομικός, διπλός δρομικός και ορθοδρομικός. Η τοιχοποιία από οπτόπλινθους (τούβλα) παραμένει ακόμα το κύριο υλικό για την πλήρωση των τοίχων των σημερινών κτιρίων, διότι τα υλικά αυτά έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στο χρόνο καθώς και σε υψηλές θερμοκρασίες, προσφέροντας τις απαραίτητες ιδιότητες υγραμόνωσης, ηχομόνωσης, θερμομόνωσης και συμβάλλουν στην αντισεισμική συμπεριφορά των κτιρίων. Πολλές φορές, κυρίως σε βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες και εμπορικά κτίρια συναντώνται μεταλλικές τοιχοποιίες.



Εικόνα 1.1.1 τοιχοποιία με οπτόπλινθους[1].



Εικόνα 1.1.2 τοιχοποιία με ογκόλιθους[1].

Παρακάτω δίνεται περιγραφή τυπικών εξωτερικών τοίχων, που συναντώνται στις Ελληνικές οικίες.

Πίνακας 1:τυπικοί εξωτερικοί τοίχοι ελληνικών κατοικιών[2].

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
G8	Διπλός δρομικός με μόνωση 5cm και αερισμό	Τούβλο διακ.9 cm Αέρας 2 cm Μόνωση 5 cm Δρομικός 9 cm Επίχρισμα 2 cm
G9	Διακοσμ.τούβλα με στρώμα αέρος 2 cm και δρομικό	τούβλο διακ. 9 αέρας 2cm δρομικός 9 cm επίχρισμα 2 cm
G10	Τοίχος συρομένων με μόνωση 5 cm	Επίχρισμα 2 cm Ορθοδρομικός 9 cm Κενό 13 cm Μόνωση 5 cm Ορθοδρομικός 9 cm Επίχρισμα 2 cm
G11	Τοίχος συρόμενος χωρίς μόνωση	Επίχρισμα 2 cm Ορθοδρομικός 6 cm Κενό 13 cm

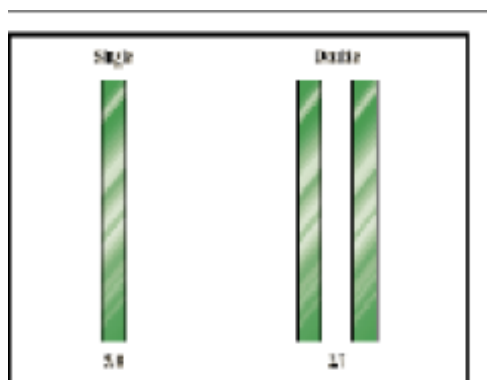
		Ορθοδρομικός 6 cm Επίχρισμα 2 cm
G12	Τοίχος συρομένων με γυψοσανίδες και μόνωση 5 cm	Επίχρισμα 2 cm Ορθοδρομικός 6 cm Κενό 13 cm Γυψοσανίδα 1 cm Μόνωση 2 cm Γυψοσανίδα 1.25 cm
G13	Δοκός 19 cm με μόνωση 5 cm	Επίχρισμα 2 cm Δοκός 19 cm Επίχρισμα 2 cm
G14	Δοκός 19 cm χωρίς μόνωση	Επίχρισμα 2 cm Δοκός 19 cm Επίχρισμα 2 cm
G15	Δοκός 25 cm με μόνωση 5 cm και γυψοσανίδες	Επίχρισμα 2 cm Δοκός 25 cm Μόνωση 5 cm Γυψοσανίδα 1.25 cm
G16	Δοκός 19 cm με μόνωση 5 cm και ορθοδρομικό	Επίχρισμα 2 cm Δοκός 19 cm Μόνωση 5 cm Ορθοδρομικός 6 cm Επίχρισμα 2 cm
G17	Δοκός 19 cm ορθοδρομικό	Επίχρισμα 2 cm Δοκός 19 cm Ορθοδρομικός 6 cm Επίχρισμα 2 cm
G18	Λιθοδομή 60 cm	Επίχρισμα 2 cm Λιθοδομή 60 cm Επίχρισμα 2 cm
1	Τοιχίο 10 cm με μόνωση 5 cm και διακοσμητική πλάκα	Διακοσμητικό σκυρόδεμα 10 cm, μόνωση 5 cm, σκυρόδεμα ελαφρύ 10 cm, επίχρισμα 2 cm
12	Τοιχίο 19 cm με μόνωση 5 cm	Επίχρισμα 2 cm Σκυρόδεμα βαρύ 19 cm Μόνωση 2.5 cm Επίχρισμα 2 cm
13	Τοιχίο 19 cm με μόνωση 2.5 cm	Επίχρισμα 2 cm Σκυρόδεμα βαρύ 19 cm Μόνωση 2.5 cm Επίχρισμα 2 cm
24	Τοιχίο 15 cm με στρώμα αέρα και διακοσμητική πλάκα	Διακοσμητικό σκυρόδεμα 10 cm, στρώμα αέρα σκυρόδεμα ελαφρύ 15 cm, επίχρισμα 2 cm
32	Τοιχίο 10 με εξωτερική μόνωση 5	Φύλλο αλουμινίου, μόνωση 5 cm, σκυρόδεμα βαρύ 10 cm, επίχρισμα 2 cm
34	Τοιχίο 19 cm με μόνωση 5 cm	Σκυρόδεμα βαρύ 19 cm Μόνωση 5 cm Επίχρισμα 2 cm
42	Οπτοπλινθοδομή 20 cm με στρώμα αέρα	Επικάλυψη 2 cm Στρώμα αέρα, Οπτοπλινθοδομή 20 cm Επίχρισμα 2 cm
63	Βαρύ σκυρόδεμα 19 cm με	Επίχρισμα 2 cm



	μόνωση 2.5 cm	Σκυρόδεμα βαρύ 19 cm Μόνωση 2.5 cm Επίχρισμα 2 cm
74	Τοιχίο 10 cm με μόνωση 2.5 cm	Επίχρισμα 2 cm Σκυρόδεμα βαρύ 10 cm Μόνωση 2.5 cm Επίχρισμα 2 cm
84	Τοιχίο 10 cm με διακοσμητική πλάκα χωρίς μόνωση	Διακοσμητικό σκυρόδεμα 10 cm, ελαφρύ σκυρόδεμα 10 cm, επίχρισμα 2 cm
87	Τοιχίο 10 cm	Επίχρισμα 2 cm Σκυροδ.ελαφρύ 10 cm Επίχρισμα 2 cm

## 1.2 Υαλοπίνακες[1].

Οι υαλοπίνακες χωρίζονται σε μονούς, διπλούς και τριπλούς όπως φαίνεται στην εικ.1.2.1. Υπάρχουν πολλές κατηγορίες υαλοπινάκων. Μία κατηγορία αποτελούν οι υαλοπίνακες με επιστρώσεις χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-E), μία άλλη κατηγορία, οι υαλοπίνακες που χρησιμοποιούν στο διάκενό τους αέρια χαμηλότερης θερμικής αγωγιμότητας από αυτήν του ξηρού αέρα και μία τελευταία κατηγορία οι υαλοπίνακες με διάκενο αέρα υπό συνθήκες κενού, παραδείγματα αυτών φαίνονται στις εικόνες 1.2.1, 1.2.2 και 1.2.3.



Εικόνα 1.2.1 μονός και διπλός υαλοπίνακας[1].



Εικόνα 1.2.2 τριπλός και διπλός Low-E[1].



Εικόνα 1.2.3 διπλός Low-E & argon και τριπλός 2 Low-E & 2 argon[1].

Τέλος υπάρχουν διάφορα είδη υαλώσεων σχετικά με τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας. Ένα είδος είναι τα χρωματιστά στη μάζα τους γυαλιά, τα οποία έχουν αυξημένη απορροφητικότητα ενώ ένα δεύτερο είδος είναι τα γυαλιά ανακλαστικής επίστρωσης, τα οποία έχουν αυξημένη ανακλαστικότητα και συνήθως και απορροφητικότητα. Υπάρχουν και συνδυασμοί των δύο παραπάνω ειδών. Επιπλέον υπάρχουν διπλές υαλώσεις με ενσωματωμένα σκιάδια καθώς και γυαλιά μεταβαλλόμενης περατότητας φωτός, όπως για παράδειγμα, οι φωτοχρωματικοί, θερμοχρωματικοί και ηλεκτροχρωματικοί υαλοπίνακες.

### 1.3 Πλαίσια[1].

Τα πλαίσια που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι ξύλινα, πλαστικά ή μεταλλικά. Τα κριτήρια επιλογής ενός πλαισίου είναι η αντοχή τους στο χρόνο, η καλή ποιότητα κατασκευής τους, οι καλές θερμικές τους ιδιότητες, η αεροστεγανότητα και τέλος η αισθητική.

### 1.4 Οροφές[1].

Υπάρχουν πολλών ειδών οροφές που χρησιμοποιούνται στα κτίρια σήμερα. Μία οροφή μπορεί να είναι κατασκευασμένη από κεραμίδια, πλάκες ή μέταλλο. Υπάρχουν επίσης οριζόντιες συμβατικές οροφές, αεριζόμενες οροφές, οροφές με ακτινοβολητή νερού ή αέρα, οροφές με συστήματα εξατμιστικής ψύξης καθώς και οι λεγόμενες «πράσινες στέγες», οι οποίες είναι οροφές με φυτεμένα δώματα. Τέλος υπάρχουν οροφές με ενσωματωμένα θερμικά ηλιακά συστήματα ή φωτοβολταϊκά.

Παραδείγματα αυτών φαίνονται στις εικ.1.4.1 και εικ.1.4.2.



Εικόνα 1.4.1 οροφές με κεραμίδια[1].



Εικόνα 1.4.2 Οροφή με Ακτινοβολητή Νερού[1].

Παρακάτω δίνονται παραδείγματα τυπικών οροφών που συναντώνται στις Ελληνικές οικίες.

πίνακας 2:τυπικές οροφές ελληνικών κατοικιών[2].

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Ταράτσα με μόνωση 6 cm και γορμπιλόδεμα	Γαρμπιλόδεμα 7 cm Στεγανοποίηση 1 cm Μόνωση 6 cm Μπετόν κλίσεως 7 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5 cm
2	Οροφή από σκυρόδεμα 14 cm χωρίς μόνωση	Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 2 cm
3	Οροφή με κισσηρόδεμα και κυψελωτό μπετόν	Κυψελωτό μπετόν 10 cm Κισσηρόδεμα(μπ.κλ.10 cm) Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5 cm

4	Οροφή με πλάκες ταρατσας	Πλάκες ταρατσας 4 cm Ασβεστοτσιμεντοκ. 2 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5 cm
5	Οροφή με κισσηρόδεμα και γαρμπιλόδεμα	Γαρμπιλόδεμα 7 cm Κισσηρόδεμα 10 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5cm
6	Οροφή με κισσηρόδεμα και στεγανοποίηση	Στεγανοποίηση 1 cm Κισσηρόδεμα 10 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5 cm
7	Οροφή με κισσηρόδεμα, στεγανοποίηση και πλάκες ταρατσών	Πλάκες ταρατσών 4 cm Ασβεστοτσιμεντοκ. 2 cm Στεγανοποίηση 1 cm Κισσηρόδεμα 10 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5
8	Μονωμένη στέγη με κεραμίδια γαλλ. τύπου	Κεραμίδι γαλλ. Τύπου Ξύλινος σκελετός 4 cm Μόνωση 8 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5 cm
9	Στέγη με κεραμίδια γαλλ. Τύπου χωρίς μόνωση	Κεραμίδι γαλλ. Τύπου Κενόν(ξύλ.σκελ. 8 cm) Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 1.5 cm
10	Μονωμένη ταρατσα με μπετόν κλίσεως πάνω από μόνωση	Γαρμπιλόδεμα 7 cm Μόνωση 6 cm Οπλ.σκυρόδεμα 14 cm Επίχρισμα 2 cm

### 1.5 Συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης[3].

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης εφαρμόζονται τόσο σε υφιστάμενα όσο και σε νεο-ανεγειρόμενα κτίρια. Το σύστημα αποτελείται από εσωτερικό επίχρισμα(1), υφιστάμενη μπατική τοιχοποιία(2), εξωτερικό επίχρισμα υφιστάμενης τοιχοποιίας(3), κόλλα επικόλλησης θερμομονωτικής στρώσης(4), θερμομονωτική στρώση(5), στοιχεία στήριξης θερμομονωτικής στρώσης(6), πρώτη στρώση επιχρίσματος(7), υαλόπλεγμα(8), δεύτερη στρώση επιχρίσματος(9), προεπάλειψη(10), τελική στρώση επιχρίσματος(11), βάση στήριξης θερμομόνωσης(12),όπως φαίνεται στην εικόνα 1.5.1. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης είναι, η εξοικονόμηση ενέργειας, η αποφυγή δημιουργίας θερμογεφυρών, η πλήρης στεγάνωση των προσόψεων, η αποφυγή ρηγματώσεων στο εσωτερικό επίχρισμα, η εσωτερική ελευθερία και η εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου.



(12)  
 Εικόνα 1.5.1:σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης[3].

## 1.6 Θερμογέφυρες[4].

Θερμογέφυρες ονομάζονται οι θέσεις στο κέλυφος ενός κτιρίου που εμφανίζεται, σε σχέση με τις γειτονικές τους, διαφοροποίηση στην θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων είτε λόγω ασυνέχειας της στρώσης θερμομόνωσης, είτε λόγω διαφοροποίησης του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου, είτε λόγω αλλαγής της γεωμετρίας της διατομής.

Σε αυτές τις θέσεις παρατηρείται μεταβολή στη ροή θερμότητας και στην εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με τις γειτονικές τους. Οι θερμογέφυρες αποτελούν τα "ασθενή" σημεία του κτιριακού περιβλήματος και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία. Επηρεάζουν την

ενεργειακή του συμπεριφορά και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου. Συχνά καταλήγουν να είναι πρόξενοι ποικίλων φθορών και καταστροφών, ενίοτε ασήμαντων και επουσιωδών, κατά το πλείστον όμως επικίνδυνων και σοβαρών. Οι περισσότερες φθορές οφείλονται στην επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών, λόγω της πτώσης της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων σε τιμή χαμηλότερη της θερμοκρασίας δρόσου.

Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους του κτιρίου συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%. Αυτό το ποσοστιαίο εύρος έχει να κάνει με το μέγεθος του κτιρίου, τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, τα αρχιτεκτονικά του στοιχεία και κατ' επέκταση με το πλήθος των εμφανιζόμενων θερμογεφυρών.

Οι θερμογέφυρες μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους:

- στις γραμμικές και
- στις σημειακές.

Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στην δημιουργία θέσεων στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών στις οποίες η ροή θερμότητας έχει τρισδιάστατη φύση. Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση ενώ η επίδραση τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται πρακτικά αμελητέα. Αντίθετα, οι γραμμικές θερμογέφυρες λαμβάνονται υπόψη και συγκριτικά με τις σημειακές έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κελύφους.

Ως προς την θέση εμφάνισης, οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, τις θερμογέφυρες οριζόντιας τομής (κάτοψης), τις θερμογέφυρες κατακόρυφης τομής και τέλος τις θερμογέφυρες κουφωμάτων.

Ως προς τις αιτίες δημιουργίας τους οι γραμμικές θερμογέφυρες διακρίνονται στις γεωμετρικές, κατασκευαστικές και στο συνδυασμό τους. Οι πρώτες δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες οι βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική. Σε αυτή την περίπτωση επειδή η συνολική εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων διαφέρει από την εσωτερική, αναπτύσσονται έντονα φαινόμενα δισδιάστατης ροής θερμότητας. Ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται εσωτερικές ή εξωτερικές διαστάσεις για τους υπολογισμούς των θερμικών ροών, η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας διαφοροποιείται. Στην περίπτωση χρήσης εσωτερικών διαστάσεων παίρνει θετικές τιμές, ενώ στην περίπτωση χρήσης εξωτερικών διαστάσεων παίρνει αρνητικές, λειτουργώντας στην ουσία ως διόρθωση στους υπολογισμούς των ροών θερμότητας με παραδοχή μονοδιάστατης ροής. Για τις ανάγκες υπολογισμών με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ γίνεται παντού χρήση εξωτερικών διαστάσεων.

Οι κατασκευαστικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις στις οποίες υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού. Σε αυτή την περίπτωση αναπτύσσεται έντονη δισδιάστατη ροή θερμότητας στην περιοχή της ασυνέχειας η οποία οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες και μείωση της

επιφανειακής θερμοκρασίας. Σε αυτές τις θερμογέφυρες η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας είναι πάντα θετική.

## 1.7 Αερισμός[4].

Για τον υπολογισμό του αερισμού του κτηρίου λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά ο αερισμός από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες κουφωμάτων κ.ά.), από τη χρήση φυσικού αερισμού για την επίτευξη άνετων και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης και από τη χρήση μηχανικού αερισμού στην περίπτωση που υπάρχει ανάλογη διάταξη.

Οι διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας υπολογίζονται με τη χρήση τιμών αεροστεγανότητας, που αναφέρονται συνολικά στο χώρο, προκειμένου να συμπεριληφθούν οι διαφυγές τόσο από τα κουφώματα (θέσεις συναρμογής με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία και θέσεις επαφής των σταθερών πλαισίων με τα κινητά φύλλα), όσο και από άλλες διόδους του κελύφους (αρμούς κ.τ.λ).

Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών υγιεινής και άνεσης. Οι τιμές για τα δύο είδη αερισμού λαμβάνονται ξεχωριστά, δεδομένου ότι ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας έχει συνεχή λειτουργία, ενώ ο αερισμός για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών ποιότητας αέρα πραγματοποιείται μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου.

### 1.7.1 Αερισμός λόγω αεροστεγανότητας (διείσδυσης του αέρα)[4].

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου ή θερμικής ζώνης (διείσδυσης του αέρα), πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων του κελύφους (συναρμογές κουφωμάτων με περιμετρικά δομικά στοιχεία, συναρμογή κινητών φύλλων κουφωμάτων) ή των θυρίδων αερισμού (για συσκευές φυσικού αερίου) ή των καμινάδων εστιών καύσης (τζάκι, θερμάστρα πετρελαίου ή ξύλων κ.ά.), καθώς επίσης και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών του κτηρίου.

Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν.

Ο αερισμός μέσω θυρίδων αερισμού ή καμινάδων εστιών καύσης (τζακιού, θερμάστρας ξύλων ή πετρελαίου κ.ά.), λαμβάνονται κατά περίπτωση και σύμφωνα με τον αριθμό των θυρίδων του υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτηρίου. Στον *πίνακα 3* δίνονται τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα ανά θυρίδα αερισμού.

Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων στα κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμάδων, την ποιότητα των χαραμάδων (αεροστεγείς ή όχι), τον αριθμό (και την επιφάνεια) των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου, καθώς και από την αναλογία εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα (εσωτερικές πόρτες) στο χώρο. Για τον υπολογισμό του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμάδων (διείσδυση αέρα) χρησιμοποιείται η εξίσωση:

$$(1) \quad V_{\text{inf}} = \Sigma(l \cdot a) \cdot R \cdot H$$

όπου:

-l [m] το συνολικό μήκος των χαραμάδων του ανοίγματος (πόρτα, παράθυρο κ.ά.),

-a [ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$ ] ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα από χαραμάδες του ανοίγματος,

ανάλογα με την ποιότητα του κουφώματος, που λαμβάνει τιμές από τον *πίνακα 4*.

-R [ - ] ο συντελεστής διεισδυτικότητας, που εξαρτάται από το λόγο επιφάνειας των εξωτερικών προς τα εσωτερικά ανοίγματα και λαμβάνει τιμές από τον *πίνακα 5*.

-H [ - ] ο συντελεστής θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωσης, που λαμβάνει τιμές από τον *πίνακα 6*.

πίνακας 3:τυπικές τιμές για τη διείσδυση[4].

Είδος θυρίδας	Διείσδυση αέρα ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
Καμινάδα τζακιού, καπνοδόχος θερμάστρας ξύλου ή πετρελαίου ή άλλης εστίας καύσης	20
Θυρίδες αερισμού, π.χ. για χρήση συσκευών φυσικού αερίου	10

πίνακας 4:συντελεστής λόγω διείσδυσης αέρα από χαραμάδες ανοιγμάτων για τον υπολογισμό του αερισμού[4].

Συντελεστής λόγω διείσδυσης αέρα α		
Υλικό πλαισίου	Είδος ανοίγματος	α [ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$ ]
Ξύλο	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	3,0
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	2,5
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	2,0
Μέταλλο ή Συνθετικό	Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό. Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, επάλληλα συρόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα και χωρίς αεροστεγανότητα.	1,5
	Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα, με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	1,4
	Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, με πιστοποίηση	1,2



πίνακας 5: συντελεστής διεισδυτικότητας R για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων[4].

Συντελεστής διεισδυτικότητας R		
Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα	Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα	R
Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο	< 3	0,9
	3 ÷ 9	0,7
Κούφωμα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο	< 6	0,9
	≥ 6	0,7

Για τον προσδιορισμό του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμάδων λαμβάνεται συντελεστής  $R = 0,7$ , συντελεστής  $H = 1,87$  για κανονική ανεμόπτωση, ελεύθερη θέση και για ελεύθερες όψεις κτηρίου (μη ερχόμενες σε επαφή με όμορου). Μ' αυτές τις παραδοχές και για τις τιμές συντελεστή λόγω διείσδυσης  $a$ , όπως αναγράφονται στον σχετικό *πίνακα 4*, εκτιμήθηκαν τυπικές τιμές του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμάδων (δηλαδή λόγω διείσδυσης του αέρα) ανά τετραγωνικό μέτρο ανοίγματος ( $m^3/h/m^2$ ), όπως δίνονται στον *πίνακα 6*. Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμάδων καταγράφεται ο τύπος και η επιφάνεια των ανοιγμάτων και κατόπιν λαμβάνεται η τιμή αερισμού [ $m^3/(h/m^2)$ ] λόγω χαραμάδων από τον *πίνακα 7*.

Στην περίπτωση που το κτήριο ή η θερμική ζώνη εφάπτεται με μη θερμαινόμενο χώρο ή με χώρο προσαρτημένου θερμοκηπίου ή με χώρο κυκλοφορίας η διείσδυση αέρα μεταξύ των δύο χώρων λαμβάνεται μηδενική.

πίνακας 6: συντελεστής λόγω θέσης του ανοίγματος και ανεμόπτωση H για τον υπολογισμό του αερισμού από χαραμάδες των κουφωμάτων[4].

Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης H			
Ανεμόπτωση	Θέση εξωτερικής επιφάνειας	Τρόπος δόμησης	
		Όψεις σε επαφή με όμορου	Ελεύθερες όψεις
Κανονική	Προστατευμένη	0,78	1,10
	Ελεύθερη	1,32	1,87
	Ακρως απροστάτευτη	1,94	2,71
Ισχυρή	Προστατευμένη	1,32	1,87
	Ελεύθερη	1,94	2,71
	Ακρως απροστάτευτη	2,65	3,65

πίνακας 7: τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος[4].

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
<b>Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο.	10,8	15,6
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, μη πιστοποιημένο.	8,2	13,0
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	7,3	10,4
<b>Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο .	5,5	7,8
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, μη πιστοποιημένο.	5,1	7,0
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	4,4	6,2
<b>Γυάλινες προσόψεις</b>		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

### 1.7.2 Φυσικός αερισμός[4].

Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται μόνο στις κατοικίες, ενώ στα κτήρια του τριτογενούς τομέα η απαίτηση για νωπό αέρα καλύπτεται με σύστημα μηχανικού αερισμού. Ο φυσικός αερισμός των χώρων εφαρμόζεται μέσω της χρήσης των υφιστάμενων κουφωμάτων και καταγράφεται σε m<sup>3</sup>/s. Εάν ένα κτήριο δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας διαχείρισης αέρα ή άλλου συστήματος αερισμού), ως φυσικός αερισμός λαμβάνονται τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο (βάσει κανονισμών). Όταν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού σε ένα χώρο, τότε ο φυσικός αερισμός θεωρείται μηδενικός κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου.

Ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, που υποδηλώνει το μέσο ποσοστό του χρόνου (καθ' όλη τη διάρκεια του έτους) κατά τον οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός, υπολογίζεται από την ποσότητα του απαιτούμενου νωπού αέρα και τη διάρκεια λειτουργίας του κτηρίου. Για τα κτήρια κατοικίας η διάρκεια λειτουργίας θεωρείται κατά σύμβαση ίση με 18 ώρες και στο χρόνο αυτό γίνεται ισοκατανομή του απαιτούμενου νωπού αέρα, προκειμένου να εκτιμηθεί ο ρυθμός παροχής φυσικού αερισμού σε m<sup>3</sup>/s.

Οι απαιτήσεις νωπού αέρα ανά κατηγορία κτηρίου (χρήση) θα πρέπει να καθορίζονται έτσι, ώστε να καλύπτουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό (m<sup>3</sup>/h/άτομο), ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού (άτομα/m<sup>2</sup>) ανά χρήση

κτηρίου. Στον *πίνακα 8* καθορίζονται ο αριθμός ατόμων ανά 100 m<sup>2</sup> μεικτής δομημένης επιφάνειας, ο απαιτούμενος νωπός αέρας ανά άτομο (m<sup>3</sup>/h/άτομο) και ο απαιτούμενος νωπός αέρας ανά επιφάνεια δαπέδου (m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>) για κάθε κατηγορία κτηρίου ή/και χρήση χώρου.

Πίνακας 8:απαιτούμενος νωπός αέρα ανά χρήση κτιρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης[4].

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m <sup>2</sup> επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	15	30	4,50
θερινής λειτουργίας	15	30	4,50
χειμερινής λειτουργίας	15	30	4,50
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	15	30	4,50
θερινής λειτουργίας	15	30	4,50
χειμερινής λειτουργίας	15	30	4,50
Οικοτροφείο και κοιτώνας	10	15	1,50
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	8	15	1,20
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά	30	30	9,00
Εστιατόριο	80	70	56,00
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	80	70	56,00
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	70	70,00
Θέατρο, κινηματογράφος	100	30	30,00
Χώρος συναυλιών	100	22	22,00
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	80	22	17,60
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	110	30	33,00
Τράπεζα	40	30	12,00
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	75	30	22,50
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	75	45	33,75
Λουτρό (κοινόχρηστο)	10	60	6,00
Νηπιαγωγείο	50	22	11,00
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	50	22	11,00

## 2.ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.

Ο σκοπός της ύπαρξης του κτιριακού κελύφους είναι η δημιουργία ενός άνετου και ευχάριστου εσωτερικού κλίματος για τους κατοίκους, σε 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.



Εικόνα 2: παράδειγμα κτιριακού κελύφους[1].

Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και στοιχείων συμβάλλει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών και στοιχείων είναι τα εξής:

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,  $\lambda$  ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )
- Θερμική αντίσταση,  $R$  ( $m^2KW^{-1}$ )
- Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας,  $k$  (ή  $U$ ) ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )
- Θερμοχωρητικότητα,  $C$  ( $JK^{-1}$ )
- Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών,  $g$  (-)
- Αεροπερατότητα,  $q$  ( $m^3h^{-1}m^{-2}$ )
- Υδατοπερατότητα,  $kD$  ( $kg/(m^2hN/m^2)$ )
- Ανακλαστικότητα και διαπερατότητα (για συστήματα υαλοπινάκων , υαλοπετασμάτων)
- Αερισμός
- Συντελεστής εκπομπής
- Συντελεστής σκίασης
- Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας
- Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών ( $\mu$ )
- Μηχανική αντοχή
- Σταθερότητα στις διαστάσεις

- Αντίσταση στη φωτιά
- Ειδικό βάρος

## 2.1 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ $\lambda$ [5].

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που περνά ανά δευτερόλεπτο μέσα από τις απέναντι πλευρές κύβου ακμής 1m (από ομοιογενές και ισότροπο υλικό), όταν η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή, ίση με 1K. Μονάδες του  $\lambda$  είναι  $\{\lambda\}=W/(mK)$  ή  $Kcal/(mh^{\circ}C)$ .

Ο συντελεστής  $\lambda$  αποτελεί φυσική ιδιότητα κάθε υλικού και η τιμή του προσδιορίζεται πειραματικά. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δεν είναι σταθερό μέγεθος αλλά μια γραμμική συνάρτηση που αυξάνεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Συνήθως, χαρακτηρίζεται από μια μέση τιμή. Η θερμική αγωγιμότητα επηρεάζεται αρνητικά από την υγρασία, γεγονός που εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 0,57 W/mk, δηλαδή πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ακίνητου, ξηρού αέρα. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται από τις διάφορες εταιρείες ισχύουν συνήθως με μια ανοχή 5 - 10% ανάλογα με το είδος του υλικού. Η προσαύξηση αυτή λαμβάνει υπόψη της λάθη μετρήσεων και την ανομοιομορφία των περισσότερων μονωτικών.

Στην πράξη, στις κατασκευές, τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν υγρασία παρά τη χρήση φράγματος υδρατμών. Επίσης λόγω των ιδιοτήτων τους και του τρόπου κατασκευής τους τα περισσότερα μονωτικά υλικά γερνάνε εξαιτίας μηχανικών αλληλεξαρτήσεων και θερμοκρασιακών αλλαγών. Έτσι αλλοιώνεται η αρχική ισορροπία των στερεών και των αέριων συστατικών.

Παρά τις έρευνες που γίνονται στον τομέα αυτόν οι μηχανισμοί γήρανσης των θερμομονωτικών υλικών παραμένουν σε μεγάλο άγνωστο. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας πάντοτε αυξάνεται και ποτέ δεν μειώνεται. Η δυνατότητα ενός αντικειμένου να μεταφέρει θερμότητα με αγωγή μπορεί να αναπαρασταθεί επί μία αναλογική σταθερά  $\lambda$  που καλείται συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (*πίνακας 9*).

## 2.2 ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ[5].

Θερμοχωρητικότητα ενός σώματος ή ενός δομικού στοιχείου, ονομάζεται η ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά την θέρμανση του. Η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύεται στο σώμα αυξάνεται όσο αυξάνεται η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του στοιχείου και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα, όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού και όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του υλικού, όπου ως ειδική θερμοχωρητικότητα ορίζεται η ποσότητα θερμότητας ενός σώματος που

απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας του σώματος αυτού κατά  $1^{\circ}\text{C}$ . Μονάδες του  $c$  είναι  $\{c\}=\text{J}/(\text{KgK})$  ή  $\text{Kcal}/(\text{Kg}^{\circ}\text{C})$  (πίνακας 9).

### 2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ[5].

Ο κάθε τύπος θερμογέφυρας, εκφράζεται με ένα συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi$ , μετρούμενο σε  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Οι τιμές του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας έχουν προκύψει με χρήση λογισμικού δισδιάστατης ροής θερμότητας. Στον *πίνακα 10* δίνεται μία βασική κατηγορία γραμμικής θερμοπερατότητας ανάλογα με τη θέση της θερμομόνωσης, ομαδοποιημένη ανάλογα με τη θέση δημιουργίας της θερμογέφυρας και παρουσιάζεται η τιμή του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας ανά περίπτωση.

πίνακας 10: τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ θερμογεφυρών.Απλοποιητική μέθοδος[5].

<b>1. Εξωτερικές γωνίες</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 εξωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	-0,10
-προεξοχή δομικού στοιχείου χωρίς διακοπή θερμομόνωσης	+0,30
-διακοπή θερμομόνωσης λόγω δομικού στοιχείου	+0,90
<b>2 εσωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	-0,25
<b>3 φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στο διάκενο</b>	+0,15
-προεξοχή δομικού στοιχείου χωρίς διακοπή θερμομόνωσης	+0,05
-διακοπή θερμομόνωσης λόγω δομικού στοιχείου	+0,65
<b>2. Εσωτερικές γωνίες</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 εξωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	+0,05
<b>2 εσωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	+0,25
-προεξοχή δομικού στοιχείου χωρίς διακοπή θερμομόνωσης	+0,35
-διακοπή θερμομόνωσης λόγω δομικού στοιχείου	+0,75
<b>3 φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στο διάκενο</b>	+0,10
-προεξοχή δομικού στοιχείου χωρίς διακοπή θερμομόνωσης	+0,50
-διακοπή θερμομόνωσης λόγω δομικού στοιχείου	+0,90
<b>3. Ενώσεις δομικών στοιχείων</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 εξωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	±0,00
<b>2 εσωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	±0,00
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης λόγω ύπαρξης δομικού στοιχείου	+0,35
<b>3 φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στο διάκενο</b>	+0,25
<b>4. Δώμα/ Οροφή σε προεξοχή</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+0,65
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
<b>2 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+0,55
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης προβόλου/μπαλκονιού	+0,10
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
-ύπαρξη οπτοπλινθοδομής θερμομονωμένης εξωτερικά ή στον πυρήνα η οποία φτάνει μέχρι την πλάκα (απουσία δοκού)	-0,50
<b>3 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	-0,05
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης πλάκας λόγω ύπαρξης στηθαίου	+0,30
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης προβόλου/μπαλκονιού	+0,85

-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης πλάκας λόγω ύπαρξης στηθαίου και συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης προβόλου/μπαλκονιού	+0,95
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
<b>4 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	-0,20
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
<b>5. Δάπεδο σε προεξοχή/ πυλωτή</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	-0,20
<b>2 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+0,80
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης προβόλου/μπαλκονιού	+0,20
-ύπαρξη οπτοπλινθοδομής θερμομονωμένης εξωτερικά ή στον πυρήνα η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,15
<b>3 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+0,60
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης προβόλου/μπαλκονιού	+0,10
-ύπαρξη οπτοπλινθοδομής θερμομονωμένης εξωτερικά ή στον πυρήνα η οποία εδράζεται στην πλάκα	-0,55
<b>4 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+0,60
<b>6. Οροφή σε εσοχή</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+1,10
-κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα	+0,60
-συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,15
<b>2 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+0,05
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
<b>3 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+1,00
-κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα	+0,15
-συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,15
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
<b>4 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+1,05
-ύπαρξη οπτοπλινθοδομής θερμομονωμένης εσωτερικά η οποία φτάνει μέχρι την πλάκα	-0,70



<b>7. Δάπεδο σε εσοχή</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+0,50
-κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα	+0,70
<b>2 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+1,15
-συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,40
<b>3 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+0,05
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου λόγω ύπαρξης τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα	+0,25
<b>4 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+1,30
-κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα	+0,30
-συνέχεια της θερμομόνωσης της πλάκας πέραν του σημείου ένωσης με το κατακόρυφο δομικό στοιχείο	-0,60
<b>8. Ενδιάμεσο δάπεδο</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 εσωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	+1,10
<b>2 εξωτερική συνεχής θερμομόνωση</b>	±0,00
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+1,10
<b>3 φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στο διάκενο</b>	+0,50
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,75
<b>9. Δάπεδο επί εδάφους</b>	<b>Ψ [W/(mK)]</b>
<b>1 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	-0,05
-ύπαρξη οπτοπλινθοδομής με θερμομόνωση στον πυρήνα η οποία εδράζεται στην πλάκα	+0,20
<b>2 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+0,40
-διακοπή συνέχειας θερμομόνωσης κατακόρυφου δομικού στοιχείου στην θέση της πλάκας	+0,25
<b>3 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά</b>	+0,20
-κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα	+0,20
-κατακόρυφο δομικό στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα με διακοπή της θερμομόνωσης στη θέση της πλάκας	+0,45
<b>4 κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά</b>	+0,50

•Για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών οριζόντιας τομής δίνονται τρεις βασικές κατηγορίες θέσης θερμομόνωσης:

1. εξωτερική συνεχής θερμομόνωση,
2. εσωτερική συνεχής θερμομόνωση,
3. φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στο διάκενο.

•Για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών κατακόρυφης τομής δίνονται τέσσερις βασικές κατηγορίες θέσης θερμομόνωσης για όλες τις περιπτώσεις πλην των θερμογεφυρών που δημιουργούνται στις θέσεις ενδιάμεσου δαπέδου:

1. κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά,
2. κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά,
3. κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εξωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη άνω παρειά,
4. κατακόρυφα δομικά στοιχεία με εσωτερική θερμομόνωση/ πλάκα με θερμομόνωση στη κάτω παρειά

•και τρεις κατηγορίες για τις θερμογεφυρών κατακόρυφης τομής που δημιουργούνται στις θέσεις ενδιάμεσου δαπέδου:

1. εξωτερική συνεχής θερμομόνωση,
2. εσωτερική συνεχής θερμομόνωση,
3. φέρων οργανισμός με εξωτερική θερμομόνωση, τοιχοποιίες πλήρωσης με θερμομόνωση στο διάκενο.

## 2.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗ ΥΔΡΑΤΜΩΝ ( $\mu$ )[5].

Τα υλικά πρέπει να είναι και να παραμείνουν στεγνά. Αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερα όσο μεγαλύτερη αντίσταση παρουσιάζει ένα υλικό στη διάχυση υδρατμών και καθορίζεται από τον αδιάστατο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών  $\mu$ . Ο συντελεστής αυτός είναι σχετικό μέγεθος αδιάστατο και δίνει κατά πόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ενός στρώματος του υλικού σε σχέση προς το στρώμα αέρα ίσου πάχους. Όσο μικρότερος λοιπόν είναι ο συντελεστής αυτός τόσο πιο ευαίσθητο είναι ένα υλικό στην υγρασία (*πίνακας 9*).

## 2.5 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.

Η μηχανική αντοχή που απαιτείται για μια κατασκευή προσδιορίζει το σύστημα θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι υλικά με μεγάλη μηχανική αντοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοφερόμενα, άλλα με

μικρότερη αντοχή μπορούν να μπου σε ένα φέρον πλέγμα και άλλα με πολύ μικρή ως υλικά πλήρωσης.

Η αντοχή σε συμπίεση είναι ένα καθοριστικό μέγεθος στις θερμομονώσεις δαπέδων. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι χρήσιμη και η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις, που δεν καταστρέφουν το υλικό αλλά μπορούν να δημιουργήσουν υπερβολικές καταπονήσεις σε φέρονται στοιχεία ή επενδύσεις. Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή σε εφελκυσμό. Αυτό απαιτείται ιδιαίτερα σε εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων με μεγάλα ανοίγματα ή σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες.

## 2.6 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ.

Σε θερμομονωτικές πλάκες που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες μπορούν να διαφοροποιηθούν οι ονομαστικές διαστάσεις κατά το στάδιο της ψύξης και η κατάσταση να επιδεινωθεί εξαιτίας της γήρανσης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τεχνική γήρανση κατά τη φάση της παραγωγής έτσι ώστε να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν ως αποτέλεσμα μια αξιόλογη γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Τέλος ορισμένα θερμομονωτικά υλικά έχουν μεγάλους συντελεστές διαστολής, τους οποίους πρέπει να λάβει υπόψη του ο κατασκευαστής κατά την τοποθέτηση. Ακόμη πρέπει να ελέγχονται και οι ανοχές που μπορεί να εμφανίζουν οι διαστάσεις ώστε να ελέγχεται η συμπεριφορά τους.

## 2.7 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ.

Η συμπεριφορά των δομικών υλικών στη φωτιά μπορεί να έχει άμεσες οικονομικές επιπτώσεις. Γενικά παρά το αυξημένο κόστος τους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο υλικά που δεν αναφλέγονται ή τουλάχιστο δύσκολα ή μέτρια αναφλεγόμενα. Γενικά την καλύτερη συμπεριφορά στη φωτιά έχουν το αφρώδες γυαλί, τα ινώδη υλικά, ο περλίτης κλπ.

## 2.8 ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ[5].

Το ειδικό βάρος αποτελεί μια ακόμη χρήσιμη ιδιότητα διότι ακόμη και στην ίδια κατηγορία υλικών μπορεί ένα ελαφρότερο υλικό να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από βαρύτερο επειδή έχει μεγαλύτερες και πυκνότερες κυψέλες(πίνακας 9).

Παρακάτω δίνονται τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, της ειδικής θερμοχωρητικότητας, του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση ατμών καθώς και το ειδικό βάρος των διαφόρων δομικών υλικών (πίνακας 9).

Πίνακας 9: Τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, της ειδικής θερμοχωρητικότητας και του συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών διαφόρων δομικών υλικών [5].

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	$\mu$	
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
<b>1. Ανόργανα δομικά υλικά</b>					
<b>1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες</b>					
1.1.1. Συμπαγείς λίθοι					
1.1.1.1	Κρηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2 600	2,300	1 000	250 200
1.1.1.2	Ομογενής βράχος		3,500		
1.1.1.3	Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000	10 000 10 000
1.1.1.4	Γνεύσιος	2400 - 2700	3,500	1 000	10 000 10 000
1.1.1.5	Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000	10 000 10 000
1.1.1.6	Μάρμαρο	2 800	3,500	1 000	10 000 10 000
1.1.1.7	Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000	1 000 800
1.1.1.8	Ασβεστόλιθοι				
	πολύ σκληρός	2 600	2,300	1 000	250 200
	σκληρός	2 200	1,700	1 000	200 150
	ημίσκληρος	2 000	1,400	1 000	50 40
1.1.2. Πορώδεις λίθοι					
1.1.2.1	Ασβεστόλιθοι μαλακός	1 800	1,100	1 000	40 25
	πολύ μαλακός	1 600	0,850	1 000	30 20
1.1.2.2	Ψαμίτης	2 600	2,300	1 000	40 30
1.1.2.3	Κρηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1 500	0,850	1 000	30 20
1.1.2.4	Κίσηρη υπό μορφή πέτρας, λάβα, πορώδης λάβα	1 600	0,550	800	20 15
1.1.2.5	Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8 6
1.1.2.6	Πλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050		
<b>1.2. Γαιώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.</b>					
1.2.1.	Χώμα συμπαγές	1 800	2,090		
1.2.2.	Άργιλος / ιλύς	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500	50 50
1.2.3.	Ικώδης άμμος (υγρή)	1 700	1,500	1 800	—
1.2.4.	Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000	
	(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500	
1.2.5.	Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1 520	0,350	800	
1.2.6.	Αμμοχάλικο	2 200	2,000	910 - 1180	50 50
1.2.7.	Χονδρόκοκκη κίσηρη		0,190		40 180
1.2.8.	Διογκωμένος περλίτης	50 - 130	0,070	900	1 - 2
1.2.9.	Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm συλλεκτές και θραυστές		0,810		
1.2.10.	Θραύσματα οπτόπλινθων και κεραμιδιών	1 400	0,410		
<b>1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)</b>					
1.3.1.	Ελαφρός πηλός (κίσηρη + πηλός)	760	0,230	1 000	6
1.3.2.	Πηλός μπαδατί		0,470		
1.3.3.	Πηλός, λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50 50
1.3.4.	Ωμόπλινθοι συμπαγείς	1 990	0,800	1 000	10
1.3.5.	Ωμόπλινθοι με πρόσμιξη άχυρου	300	0,100	1 500	5
		660	0,190	1 500	5
		1 400	0,700		
<b>1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών</b>					
1.4.1.	Ασβεστοκονίαμα	1 800	0,870	1 000	15
1.4.2.	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1 800	0,870	1 000	25 - 35
		1 900	1,000	1 100	35
1.4.3.	Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	2 000	1,400	1 100	25 - 35
1.4.4.	Ασβεστογυψοκονίαμα	1 400	0,700	1 000	10
1.4.5.	Γυψοκονίαμα				
	χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1 200	0,350	900	10 6
	με συμπλήρωμα άμμου	1 600	0,800	900	10 6
1.4.6.	Θερμομονωτικό επιχρίσμα (εξωτερικά)	< 200	0,060	1 100	10
		250	0,080	1 100	10
		350	0,100	1 100	10
		500	0,140	1 100	10
1.4.7.	Συνθετικά κονιάματα	1 800	0,870	1 100	80 - 250
1.4.8.	Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900		∞

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	$\mu$	
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
<b>1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)</b>					
1.5.1. Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1 800	1,150	1 000	100	60
	2 000	1,350	1 000	100	60
	2 200	1,650	1 000	120	70
	υψηλής πυκνότητας	2 400	2,000	1 000	130 80
1.5.2. Οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλής ποιότητας (αφραίου τύπου B120)		1,510			
1.5.3. Οπλισμένο σκυρόδεμα (1% σίδηρος)	2 300	2,300	1 000	130	80
	(≥2% σίδηρος)	2 400	2,500	1 000	130 80
1.5.4. Γαρμπιλοσκυρόδεμα, γαρμπιλόδεμα	1 500	0,640		20	
	1 700	0,810		25	
	1 900	1,100		35	
1.5.5. Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0,200		5 - 20	
	600	0,220		5 - 20	
	800	0,280		5 - 20	
	1 000	0,350		5 - 20	
		1 200	0,460		5 - 20
1.5.6. Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρωμένο με ατμό	400	0,140	1 000	3	
	500	0,190	1 000	4	
	600	0,230	1 000	4	
	800	0,290	1 000	5	
		1 000	0,350	1 000	6
1.5.7. Περιλόδεμα (το ειδικό βάρος εξαρτάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περιλίτη)					
1.5.7.1 Περιλόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0,130			
	450	0,140			
	500	0,160			
	600	0,200			
1.5.7.1 Περιλόδεμα με τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0,094			
	450	0,110			
	500	0,116			
	600	0,140			
1.5.8. Πλάκες από σκυρόδεμα, γύψο και αμιαντοτσιμέντο					
1.5.8.1. Πλάκες από κισηρόδεμα	800	0,280		5 - 10	
1.5.8.2. Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμικτα αδρανή	1 400	0,580		10 - 25	
1.5.9. Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες					
1.5.9.1. Γυψοσανίδες	700	0,210	1 000	10	4
	900	0,250	1 000	10	4
	1 150	0,360	1 000	10	
1.5.9.2. Τσιμεντοσανίδες	1200 - 1300	0,28 - 0,32		20 - 30	
1.5.9.3. Ισοπλισμένες τσιμεντόπλακες	2 000	0,480	1 100	60	
<b>1.6. Λιθασώματα</b>					
1.6.1. Τεχνητοί λίθοι	1 750	1,300	1 000	50	40
<b>1.7. Τοιχοποιίες από λιθασώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών <sup>(1)</sup></b>					
1.7.1. Ταχοποιία από πλίνθους τσιμεντοειδούς βάσης					
1.7.1.1. Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ)	1 200	0,560		8 - 10	
	1 400	0,700		8 - 10	
	1 600	0,790		15 - 25	
	1 800	0,990		15 - 25	
	2 000	1,100	1 100	15 - 25	
	2 200	1,300	1 100	15 - 25	
1.7.1.2. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)	400	0,110	1 000	3 - 5	
	500	0,130	1 000	4 - 6	
	600	0,160	1 000	5 - 7	
	700	0,190	1 000	6 - 8	
	800	0,220	1 000	8 - 10	

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Εδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(m·K)	$c_p$ J/(kg·K)	$\mu$ ξηρό	υγρό
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι από κυμαλωτό σκυρόδεμα	800	0,350		5 - 10	
	800	0,470		5 - 10	
	1 000	0,650		5 - 10	
	1 200	0,770		5 - 10	
	1 400	0,910		5 - 10	
	1 600	1,000		5 - 10	
1.7.1.4. Κασηρόλιθοι (πλίνθοι από φυσική ελαφρόπετρα)	500	0,220	1 000	5 - 10	
	600	0,240	1 000	5 - 10	
	700	0,250	1 000	5 - 10	
	800	0,280	1 000	5 - 10	
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπιχρίστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πλάτους 10 mm					
1.7.2.1. Οπτόπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1 200	0,490	1 000	10 - 25	
	1 500	0,640	1 000	10 - 25	
	1 700	0,760	1 000	10 - 25	
	1 900	0,890	1 000	10 - 25	
1.7.2.2. Οπτόπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200 <sup>(2)</sup>	0,450	1 000	5 - 10	
	1500 <sup>(2)</sup>	0,520	1 000	5 - 10	
	1700 <sup>(2)</sup>	0,590	1 000	5 - 10	
	1900 <sup>(2)</sup>	0,660	1 000	5 - 10	
1.8.2.3. Παρώδεις αργιλικές οπτόπλινθοι (παρώδη τούβλα)	940	0,280	1 000	10	
1.8.2.4. Οξύμαχες οπτόπλινθοι (κλίνκερ)	1 800	1,800	900	100	
1.8. Γιαλότουβλα	2 500	1,400	840	∞	
1.9. Κεραμίδια					
1.9.1. Κεραμίδια		0,400			
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επίστωσης	2 000	1,000	800	40	30
2. Ξύλα					
2.1. Συμπαγής ξυλεία					
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικά	450	0,120	1 600	50	20
	500	0,130	1 600	50	20
	700	0,180	1 600	200	50
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600		
2.2. Προϊόντα ξύλου					
2.2.1. Μορισανίδες	300	0,100	1 700	50	10
	600	0,140	1 700	50	15
	900	0,180	1 700	50	20
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50
	500	0,130	1 600	200	70
	700	0,170	1 600	220	90
	1 000	0,240	1 600	250	110
2.2.3. Σκληρές πλάκες πύδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)	250	0,070	1 700	5	3
	400	0,100	1 700	10	5
	600	0,140	1 700	20	12
	800	0,180	1 700	30	20
3. Μέταλλα και γυαλί					
3.1. Γυαλί					
3.1.1. Γυαλί υαλοπίνακας	2 500	1,00	750	∞	∞
3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	2 000	1,20	750	∞	∞
3.2. Μέταλλα					
3.2.1. Σίδηρος, χυτός	7 500	50,00	450	∞	∞
3.2.2. Χάλυβας (ατσάλι)	7 800	50,00	450	∞	∞
3.2.3. Ανοξείδωτος χάλυβας	7 900	17,00	500	∞	∞
3.2.4. Χαλκός	8 900	380,00	380	∞	∞
3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	8 400	120,00	380	∞	∞
3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)	8 700	65,00	380	∞	∞
3.2.7. Μόλυβδος	11 300	35,00	130	∞	∞
3.2.8. Ψευδάργυρος	7 200	110,00	380	∞	∞
3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2 800	160,00	880	∞	∞
3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m <sup>2</sup> (ως φράγμα υδρατμών)	2 500	54,00		∞	∞
3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας		58,00		∞	∞

## 2.9 Ο ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $k(U)$ .

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U$ ), που δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

Τα εξωτερικά δομικά στοιχεία της οικοδομής ή των θερμαινόμενων χώρων της (τοιχώματα, δάπεδα, οροφές, στέγες, πόρτες, παράθυρα, φεγγίτες, αίθρια κά), ανάλογα με την αντίσταση θερμοπερατότητας, μπορούν να θεωρηθούν επαρκή ή να χρειαστεί να ενισχυθούν με την προσθήκη ή παρεμβολή ειδικών θερμομονωτικών υλικών. Άλλωστε, ένα από τα πρώτα και βασικά βήματα στην πορεία εκτελέσεως μιας μελέτης θερμομονώσεως είναι ο καθορισμός (και σε πολλές περιπτώσεις η διόρθωση) του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών δομικών στοιχείων.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις (μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές) του συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών δομικών στοιχείων καθορίζονται από τον Κ.Θ.Κ., με τη βοήθεια του χάρτη που διαχωρίζει την Ελλάδα σε ζώνες και με τον Πίνακα 11 [6]. Ο χάρτης διαχωρίζει την Ελλάδα σε 4 ζώνες (Α, Β, Γ και Δ) ανάλογα με τα κύρια κλιματικά χαρακτηριστικά τους, όπως έχουν προκύψει από μετρήσεις και στατιστικές αναλύσεις πολλών ετών.



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜ-ΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		Α	Β	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	$U_D$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	$U_W$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	$U_{DL}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	$U_G$	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	$U_{WE}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κα)	$U_F$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	$U_{GF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 11: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικά θερμομονωμένων δομικών στοιχείων.



Η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, αναλόγως της θέσης του στο κτίριο, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται στον παραπάνω πίνακα, (*πίνακας 11*), για κάθε κλιματική ζώνη.

### 2.9.1 Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Όταν πρόκειται για οριζόντιο δομικό στοιχείο, ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος, υπολογίζεται συναρτήσει του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, του βάθους έδρασης  $z$  του δομικού στοιχείου και της χαρακτηριστικής διάστασης της πλάκας  $B$ , ενώ όταν πρόκειται για κατακόρυφο δομικό στοιχείο υπολογίζεται συναρτήσει του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου και του βάθους  $z$  μέχρι το οποίο φτάνει το δομικό στοιχείο, όπου ως χαρακτηριστική διάσταση της πλάκας  $B$  σε  $m$  ορίζεται το διπλάσιο του λόγου του καθαρού εμβαδού της πλάκας  $A$  σε  $m^2$  προς την εκτεθειμένη  $P$  σε  $m$ . Για κτήριο πανταχόθεν ελεύθερο η εκτεθειμένη περίμετρος της πλάκας ισούται με την περίμετρο της πλάκας, ενώ για κτήριο σε επαφή με άλλα θερμαινόμενα κτήρια η εκτεθειμένη περίμετρος ισούται με το άθροισμα των μηκών των πλευρών της που δεν έρχονται σε επαφή με τα όμορα θερμαινόμενα κτίσματα. Ομοίως, όταν από κάποια πλευρά της περιμέτρου της πλάκας υπάρχει μη θερμαινόμενος χώρος του κτιρίου, η πλευρά εκείνη δεν συνυπολογίζεται στο άθροισμα των μηκών των πλευρών της περιμέτρου.

Επίσης δίνονται τυπικές τιμές του συντελεστή διαπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα και οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων-1979.

Οι ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας δίνονται στον *πίνακα 12 α,β* και *πίνακα 13* αντίστοιχα.

πίνακας 12α:ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας πλάκας [5].

Ονομαστικός συντελεστής U [W/(m <sup>2</sup> K)]	z [m]	Χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' [m]									
		2	4	6	8	10	14	18	22	26	30
4,50	0,00	1,21	0,83	0,64	0,53	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,20
	0,50	1,05	0,75	0,59	0,49	0,42	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
	1,00	0,92	0,68	0,54	0,45	0,39	0,31	0,26	0,23	0,20	0,18
	1,50	0,82	0,62	0,50	0,42	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17
	2,00	0,74	0,57	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17
	2,50	0,67	0,53	0,44	0,38	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	3,00	0,62	0,50	0,42	0,36	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	4,50	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	6,00	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
9,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	
3,00	0,00	1,06	0,75	0,59	0,49	0,42	0,33	0,28	0,24	0,21	0,19
	0,50	0,93	0,68	0,54	0,46	0,39	0,31	0,26	0,23	0,20	0,18
	1,00	0,83	0,63	0,51	0,43	0,37	0,30	0,25	0,22	0,19	0,17
	1,50	0,74	0,58	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,17
	2,00	0,68	0,54	0,44	0,38	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	2,50	0,62	0,50	0,42	0,36	0,32	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	3,00	0,58	0,47	0,40	0,34	0,31	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15
	4,50	0,47	0,40	0,34	0,30	0,27	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14
	6,00	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
9,00	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	
2,00	0,00	0,89	0,66	0,53	0,45	0,39	0,31	0,26	0,22	0,20	0,18
	0,50	0,80	0,61	0,49	0,42	0,36	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17
	1,00	0,72	0,56	0,46	0,39	0,35	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16
	1,50	0,66	0,53	0,44	0,37	0,33	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	2,00	0,61	0,49	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	2,50	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15
	3,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	4,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	6,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
9,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	
1,00	0,00	0,61	0,49	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	0,50	0,56	0,46	0,39	0,34	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,15
	1,00	0,53	0,43	0,37	0,32	0,29	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
	1,50	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,23	0,20	0,17	0,16	0,14
	2,00	0,47	0,39	0,34	0,30	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	2,50	0,44	0,37	0,32	0,29	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
	3,00	0,42	0,35	0,31	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	4,50	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	6,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
9,00	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	

πίνακας 12α:ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας πλάκας (συνέχεια)[5].

Ονομαστικός συντελεστής U [W/(m <sup>2</sup> K)]	z [m]	Χαρακτηριστική διάσταση πλάκας B' [m]									
		2	4	6	8	10	14	18	22	26	30
0,70	0,00	0,48	0,40	0,35	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14
	0,50	0,45	0,38	0,33	0,29	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14
	1,00	0,43	0,36	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
	1,50	0,41	0,34	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	2,00	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	2,50	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	3,00	0,35	0,30	0,27	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	4,50	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	6,00	0,28	0,25	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
9,00	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	
0,60	0,00	0,43	0,36	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13
	0,50	0,41	0,35	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13
	1,00	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
	1,50	0,37	0,32	0,28	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	2,00	0,36	0,31	0,27	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12
	2,50	0,34	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12
	3,00	0,33	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	4,50	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
	6,00	0,26	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
9,00	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	
0,50	0,00	0,38	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13
	0,50	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12
	1,00	0,35	0,30	0,27	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12
	1,50	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	2,00	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	2,50	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,12
	3,00	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11
	4,50	0,27	0,24	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
	6,00	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10
9,00	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	

πίνακας 12β:ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας κατακόρυφου δομικού στοιχείου ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας που εκτείνεται σε βάθος z [5].

z [m]	Ονομαστικός συντελεστής U [W/(m <sup>2</sup> K)]									
	4,50	3,00	2,00	1,50	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
0,50	2,14	1,70	1,30	1,06	0,77	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43
1,00	1,59	1,31	1,05	0,88	0,67	0,62	0,57	0,51	0,45	0,39
1,50	1,30	1,09	0,89	0,76	0,59	0,55	0,51	0,47	0,42	0,36
2,00	1,10	0,94	0,78	0,68	0,54	0,50	0,47	0,43	0,39	0,34
2,50	0,97	0,83	0,70	0,61	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,32
3,00	0,87	0,75	0,64	0,56	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,30
4,50	0,67	0,59	0,51	0,45	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29	0,26
6,00	0,56	0,49	0,43	0,39	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23
9,00	0,42	0,38	0,33	0,30	0,26	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19

πίνακας 13: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979)[4].

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,60	2,70	4,20	1,00	1,10	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα,τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,15	1,80	2,35	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα,τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75

## 2.9.2 συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων[5].

Στον πίνακα 14 α,β,γ δίδονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπους κουφώματος συναρτήσει του υλικού κατασκευής του πλαισίου (αλουμίνιο, συνθετικό, ξύλο) του τύπου του υαλοπίνακα (διπλός, τριπλός, με επικάλυψη από τη μια πλευρά ή από τις δύο), της ικανότητας θερμικής εκπομπής, του τύπου του αερίου του διακένου μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και της ποσοστιαίας αναλογίας πλαισίου υαλοπίνακα. Σημειώνεται ότι στις τιμές του πίνακα έχει ληφθεί επίσης υπόψη η παρατηρούμενη θερμογέφυρα στην επαφή του υαλοπίνακα με το πλαίσιο του κουφώματος.

Πίνακας 14α: Συντελεστές θερμοπερατότητας δίφυλλου κουφώματος διαστάσεων 1,23×1,48m. Συνθετικό/ξύλινο πλαίσιο[5].

	$U_f$ W/(m <sup>2</sup> K)	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		$U_g$ W/(m <sup>2</sup> K)								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου= 26% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 7,5cm	2,8	3,59	3,44	3,21	3,21	3,05	2,76	2,46	2,16	1,86
	2,6	3,53	3,39	3,16	3,15	3,00	2,70	2,41	2,11	1,81
	2,4	3,48	3,33	3,11	3,10	2,95	2,65	2,36	2,06	1,76
	2,2	3,43	3,28	3,06	3,05	2,90	2,60	2,30	2,01	1,71
	2,0	3,38	3,23	3,01	3,00	2,85	2,55	2,25	1,96	1,66
	1,8	3,33	3,18	2,96	2,95	2,80	2,50	2,20	1,90	1,61
	1,6	3,28	3,13	2,91	2,90	2,75	2,45	2,15	1,85	1,56
	1,4	3,23	3,08	2,86	2,84	2,70	2,40	2,10	1,80	1,50
	1,2	3,18	3,03	2,80	2,79	2,64	2,35	2,05	1,75	1,45
1,0	3,13	2,98	2,75	2,74	2,59	2,30	2,00	1,70	1,40	
ποσοστό πλαισίου= 33% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 10cm	2,8	3,57	3,44	3,24	3,25	3,11	2,85	2,58	2,31	2,05
	2,6	3,50	3,37	3,17	3,18	3,05	2,78	2,51	2,25	1,98
	2,4	3,44	3,30	3,10	3,12	2,98	2,71	2,45	2,18	1,91
	2,2	3,37	3,24	3,04	3,05	2,92	2,65	2,38	2,11	1,85
	2,0	3,30	3,17	2,97	2,98	2,85	2,58	2,31	2,05	1,78
	1,8	3,24	3,10	2,90	2,92	2,78	2,52	2,25	1,98	1,71
	1,6	3,17	3,04	2,84	2,85	2,72	2,45	2,18	1,91	1,65
	1,4	3,10	2,97	2,77	2,78	2,65	2,38	2,12	1,85	1,58
	1,2	3,04	2,90	2,70	2,72	2,58	2,32	2,05	1,78	1,51
1,0	2,97	2,84	2,64	2,65	2,52	2,25	1,98	1,72	1,45	
ποσοστό πλαισίου= 41% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 12,5cm	2,8	3,56	3,44	3,26	3,30	3,18	2,94	2,70	2,46	2,23
	2,6	3,48	3,36	3,18	3,22	3,10	2,86	2,62	2,38	2,15
	2,4	3,40	3,28	3,10	3,14	3,02	2,78	2,54	2,30	2,06
	2,2	3,32	3,20	3,02	3,05	2,94	2,70	2,46	2,22	1,98
	2,0	3,24	3,12	2,94	2,97	2,85	2,62	2,38	2,14	1,90
	1,8	3,15	3,04	2,86	2,89	2,77	2,54	2,30	2,06	1,82
	1,6	3,07	2,95	2,78	2,81	2,69	2,45	2,22	1,98	1,74
	1,4	2,99	2,87	2,69	2,73	2,61	2,37	2,14	1,90	1,66
	1,2	2,91	2,79	2,61	2,65	2,53	2,29	2,05	1,82	1,58
1,0	2,83	2,71	2,53	2,57	2,45	2,21	1,97	1,74	1,50	

Πίνακας 14β: Συντελεστές θερμοπερατότητας διφυλλου κουφώματος διαστάσεων 1,48x2,18. Συνθετικό/ξύλινο πλαίσιο[5].

	$U_f$ W/(m <sup>2</sup> K)	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		$U_{g_2}$ W/(m <sup>2</sup> K)								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου= 19%  ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 7,5cm	2,8	3,51	3,34	3,10	3,04	2,88	2,56	2,24	1,91	1,59
	2,6	3,47	3,31	3,06	3,00	2,84	2,52	2,20	1,88	1,55
	2,4	3,43	3,27	3,03	2,97	2,80	2,48	2,16	1,84	1,51
	2,2	3,39	3,23	2,99	2,93	2,77	2,44	2,12	1,80	1,48
	2,0	3,35	3,19	2,95	2,89	2,73	2,40	2,08	1,76	1,44
	1,8	3,31	3,15	2,91	2,85	2,69	2,37	2,04	1,72	1,40
	1,6	3,27	3,11	2,87	2,81	2,65	2,33	2,00	1,68	1,36
	1,4	3,23	3,07	2,83	2,77	2,61	2,29	1,97	1,64	1,32
	1,2	3,20	3,03	2,79	2,73	2,57	2,25	1,93	1,60	1,28
1,0	3,16	3,00	2,75	2,69	2,53	2,21	1,89	1,57	1,24	
ποσοστό πλαισίου= 25%  ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 10cm	2,8	3,49	3,34	3,12	3,07	2,92	2,62	2,33	2,03	1,73
	2,6	3,44	3,29	3,06	3,02	2,87	2,57	2,27	1,98	1,68
	2,4	3,39	3,24	3,01	2,97	2,82	2,52	2,22	1,93	1,63
	2,2	3,34	3,19	2,96	2,92	2,77	2,47	2,17	1,87	1,58
	2,0	3,28	3,14	2,91	2,87	2,72	2,42	2,12	1,82	1,53
	1,8	3,23	3,08	2,86	2,82	2,67	2,37	2,07	1,77	1,47
	1,6	3,18	3,03	2,81	2,77	2,62	2,32	2,02	1,72	1,42
	1,4	3,13	2,98	2,76	2,72	2,57	2,27	1,97	1,67	1,37
	1,2	3,08	2,93	2,71	2,66	2,52	2,22	1,92	1,62	1,32
1,0	3,03	2,88	2,66	2,61	2,46	2,17	1,87	1,57	1,27	
ποσοστό πλαισίου= 31%  ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 12,5cm	2,8	3,47	3,33	3,13	3,10	2,96	2,69	2,41	2,14	1,86
	2,6	3,41	3,27	3,07	3,04	2,90	2,62	2,35	2,07	1,80
	2,4	3,35	3,21	3,00	2,98	2,84	2,56	2,29	2,01	1,74
	2,2	3,29	3,15	2,94	2,91	2,78	2,50	2,22	1,95	1,67
	2,0	3,22	3,09	2,88	2,85	2,71	2,44	2,16	1,89	1,61
	1,8	3,16	3,02	2,82	2,79	2,65	2,38	2,10	1,82	1,55
	1,6	3,10	2,96	2,75	2,73	2,59	2,31	2,04	1,76	1,49
	1,4	3,04	2,90	2,69	2,66	2,53	2,25	1,98	1,70	1,42
	1,2	2,97	2,84	2,63	2,60	2,46	2,19	1,91	1,64	1,36
1,0	2,91	2,77	2,57	2,54	2,40	2,13	1,85	1,58	1,30	

Πίνακας 14γ: Συντελεστές θερμοπερατότητας διφυλλου κουφώματος διαστάσεων 1,23×1,48m. Μεταλλικό πλαίσιο[5].

	$U_f$ W/(m <sup>2</sup> K)	διπλός υαλοπίνακας			διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής σε ένα ή δύο φύλλα					
		$U_g$ W/(m <sup>2</sup> K)								
		3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
ποσοστό πλαισίου= 26% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 7,5cm	7,0	4,38	4,23	4,01	4,07	3,92	3,62	3,32	3,03	2,73
	3,8	3,98	3,83	3,61	3,66	3,52	3,22	2,92	2,62	2,32
	3,4	3,88	3,73	3,50	3,56	3,41	3,12	2,82	2,52	2,22
	3,0	3,77	3,63	3,40	3,46	3,31	3,01	2,72	2,42	2,12
	2,6	3,67	3,52	3,30	3,36	3,21	2,91	2,61	2,32	2,02
	2,2	3,57	3,42	3,20	3,26	3,11	2,81	2,51	2,21	1,92
	2,0	3,52	3,37	3,15	3,20	3,06	2,76	2,46	2,16	1,86
	1,8	3,47	3,32	3,10	3,15	3,00	2,71	2,41	2,11	1,81
	1,6	3,42	3,27	3,04	3,10	2,95	2,66	2,36	2,06	1,76
	1,4	3,37	3,22	2,99	3,05	2,90	2,60	2,31	2,01	1,71
1,2	3,31	3,17	2,94	3,00	2,85	2,55	2,26	1,96	1,66	
1,0	3,26	3,11	2,89	2,95	2,80	2,50	2,20	1,91	1,61	
ποσοστό πλαισίου= 33% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 10cm	7,0	4,68	4,54	4,34	4,43	4,29	4,03	3,76	3,49	3,22
	3,8	4,05	3,91	3,71	3,80	3,67	3,40	3,13	2,86	2,60
	3,4	3,92	3,78	3,58	3,67	3,53	3,27	3,00	2,73	2,46
	3,0	3,78	3,65	3,45	3,53	3,40	3,13	2,87	2,60	2,33
	2,6	3,65	3,52	3,32	3,40	3,27	3,00	2,73	2,47	2,20
	2,2	3,52	3,38	3,18	3,27	3,13	2,87	2,60	2,33	2,07
	2,0	3,45	3,32	3,12	3,20	3,07	2,80	2,53	2,27	2,00
	1,8	3,38	3,25	3,05	3,13	3,00	2,73	2,47	2,20	1,93
	1,6	3,32	3,18	2,98	3,07	2,93	2,67	2,40	2,13	1,87
	1,4	3,25	3,12	2,92	3,00	2,87	2,60	2,33	2,07	1,80
1,2	3,18	3,05	2,85	2,93	2,80	2,53	2,27	2,00	1,73	
1,0	3,12	2,98	2,78	2,87	2,73	2,47	2,20	1,93	1,67	
ποσοστό πλαισίου= 41% ισοδύναμο πλάτος πλαισίου= 12,5cm	7,0	4,95	4,83	4,66	4,77	4,65	4,41	4,17	3,93	3,70
	3,8	4,12	4,00	3,82	3,93	3,81	3,58	3,34	3,10	2,86
	3,4	3,96	3,84	3,66	3,77	3,65	3,41	3,18	2,94	2,70
	3,0	3,79	3,68	3,50	3,61	3,49	3,25	3,01	2,78	2,54
	2,6	3,63	3,51	3,34	3,45	3,33	3,09	2,85	2,61	2,38
	2,2	3,47	3,35	3,17	3,29	3,17	2,93	2,69	2,45	2,21
	2,0	3,39	3,27	3,09	3,20	3,09	2,85	2,61	2,37	2,13
	1,8	3,31	3,19	3,01	3,12	3,00	2,77	2,53	2,29	2,05
	1,6	3,23	3,11	2,93	3,04	2,92	2,69	2,45	2,21	1,97
	1,4	3,15	3,03	2,85	2,96	2,84	2,60	2,37	2,13	1,89
1,2	3,07	2,95	2,77	2,88	2,76	2,52	2,29	2,05	1,81	
1,0	2,98	2,87	2,69	2,80	2,68	2,44	2,20	1,97	1,73	

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος[4], εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, τον υαλοπίνακα που φέρει, το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς, κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Γι' αυτό το λόγο συστήνεται να υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε κουφώματος διαφορετικού μεγέθους ξεχωριστά.

Τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα[4], οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή

θερμοπερατότητας κουφωμάτων δίνονται στον *πίνακα 15*, ενώ τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου[4], οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων δίνονται στον *πίνακα 16* συναρτήσει του είδους του πλαισίου.

πίνακας 15:τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων[4].

Τύπος υαλοπίνακα	$U_g$
	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Μονός υαλοπίνακας.	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm .	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm ..	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ( $\epsilon = 0,10$ )	1,80

πίνακας 16:τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων[4].

Τύπος πλαισίου	$U_f$ (W/(m <sup>2</sup> K))
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	7,00
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	2,80
Συνθετικό πλαίσιο	2,80
Ξύλινο πλαίσιο	2,20

Για τον προσδιορισμό της θερμοπερατότητας του κουφώματος είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της γραμμικής θερμογέφυρας που εμφανίζεται κατά μήκος της συναρμογής της υάλωσης με το πλαίσιο.

- Στην περίπτωση κουφωμάτων που φέρουν μονούς υαλοπίνακες, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi_g$  ισούται με 0 (μηδέν).
- Στην περίπτωση κουφωμάτων με μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και μονούς ή διπλούς υαλοπίνακες, χωρίς κάποια ειδική επίστρωση χαμηλής



εκπομπής, η επίδραση της θερμογέφυρας στο συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας είναι μικρή και γι' αυτό το λόγο γενικά μπορεί να αγνοηθεί.

Γενικώς, ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα [2] λαμβάνεται από τον *πίνακα 17* ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου και του υαλοπίνακα. Το μήκος της θερμογέφυρας ισούται με το μήκος της περιμέτρου της συναρμογής του υαλοπίνακα με το πλαίσιο. Επίσης, συντελεστές θερμοπερατότητας υαλοπινάκων [3] δίνονται στον *πίνακα 18* για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων. Τέλος, τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_w$  [ $W/(m^2K)$ ] ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου, τον τύπο του υαλοπίνακα και το ποσοστό πλαισίου δίνονται στον *πίνακα 19*.

πίνακας 17: τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα [4].

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_g$ [ $W/(m.K)$ ]	
	Χωρίς επίστρωση	Με επίστρωση
	χαμηλής εκπομπής	χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

πίνακας 18: τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας υαλοπινάκων[4].

Υάλωση			$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

πίνακας 19:τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου, τον τύπο του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου[4].

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου $F_f$	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm
			[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–

## 2.10 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ[4] .

Η ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία αδιαφανή επιφάνεια μπορεί να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί από αυτή. Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού που απορροφάται από μια επιφάνεια ισούται με τη μονάδα:  $\rho + \alpha = 1$  ,όπου:  $\rho$  ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,  $\alpha$  ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Τόσο η ανακλαστικότητα, όσο και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς υλικού ή μιας επιφάνειας εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή της. Η ανακλαστικότητα σιλιπνών και λείων επιφανειών πλησιάζει προς τη μονάδα, ενώ η απορροφητικότητά τους είναι αντίστοιχα μειωμένη. Από την άλλη, σκουρόχρωμες και τραχιές επιφάνειες εμφανίζουν υψηλή απορροφητικότητα και χαμηλή ανακλαστικότητα. Οι ιδιότητες αυτές των τελικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους προσδιορίζουν ουσιαστικά τα ηλιακά κέρδη των αδιαφανών δομικών στοιχείων και μπορεί να έχουν

σημαντικό ρόλο, κυρίως όταν οι επιφάνειες δέχονται μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των δωματίων.

Στον πίνακα 20 δίνονται τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας για διάφορες επιφάνειες που συναντώνται ως τελικές επιστρώσεις των κατακόρυφων και οριζόντιων δομικών στοιχείων του περιβλήματος.

πίνακας 20: Τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
<b>Κατακόρυφα δομικά στοιχεία</b>		
Επίχρισμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0,70	0,30
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (π.χ. ανοιχτό γκρι, μπεζ, κίτρινο, ροζ ή γαλάζιο)	0,60	0,40
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (π.χ. γκρι, μπεζ, σκούρη ώχρα, σομόν)	0,40	0,60
Επίχρισμα σκουρόχρωμο (π.χ. σκούρο λαδί, καφέ, γκρι)	0,20	0,80
Εμφανής οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,20	0,80

Εμφανής ανοιχτόχρωμη οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,40	0,60
<b>Οριζόντια δομικά στοιχεία (οροφές)</b>		
Κόκκινο κεραμίδι	0,40	0,60
Πολύ σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (ασφαλτόπανα)	0,10	0,90
Σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (π.χ. επικάλυψη με σχιστολιθικές πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια)	0,20	0,80
Ανοιχτόχρωμες επιστρώσεις στεγών ή δωματίων (π.χ. επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου, ασφαλτόπανα με χαλαζιακή ψηφίδα)	0,35	0,65
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. ανακλαστικές μεμβράνες)	0,80	0,20
Γαρμπίλι	0,70	0,30

## 2.11 Συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία[4].

Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση της τελικής του επιφάνειας.

Για τα περισσότερα δομικά υλικά ο συντελεστής εκπομπής (εκπεμπτικότητα) κυμαίνεται μεταξύ 0,80 και 0,90. Χαμηλές τιμές του

συντελεστή εκπομπής των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους συναντώνται σε στιλπνές επιφάνειες από μέταλλο (αλουμίνιο, ορείχαλκο ή κασσίτερο). Ο συντελεστής εκπομπής σε θερμική ακτινοβολία  $\epsilon$  μπορεί να ληφθεί από τον *πίνακα 21*.

πίνακας 21: τιμές του συντελεστή εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (εκπεμπτικότητα).

Περιγραφή επιφάνειας	Συντελεστής εκπομπής
Συνήθης δομικό υλικό	0,80
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες	0,20
Γαρμπίλι	0,30

## 2.12 Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων.

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος  $g_w$  εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό [2]. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι' αυτό αγνοείται. Επειδή όπως αναφέρθηκε η τιμή του  $g_w$  εξαρτάται από το ποσοστό του πλαισίου θα πρέπει να υπολογίζεται για κάθε τύπο κουφώματος ξεχωριστά.

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα ( $g_{gl}$ ), εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του υαλοπίνακα προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σ' αυτό και λαμβάνεται ίση με το 90% του συντελεστή ηλιακού κέρδους  $g$  σε κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας.

Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση για διάφορους τύπους υαλοπίνακα, δίνονται στον *πίνακα 22*. Όταν δεν υπάρχει από τη μελέτη ο συντελεστής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφώματος, τότε λαμβάνονται οι συντελεστές του *πίνακα 23* της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφώματος, ανάλογα με το ποσοστό του πλαισίου και τον τύπο του υαλοπίνακα.

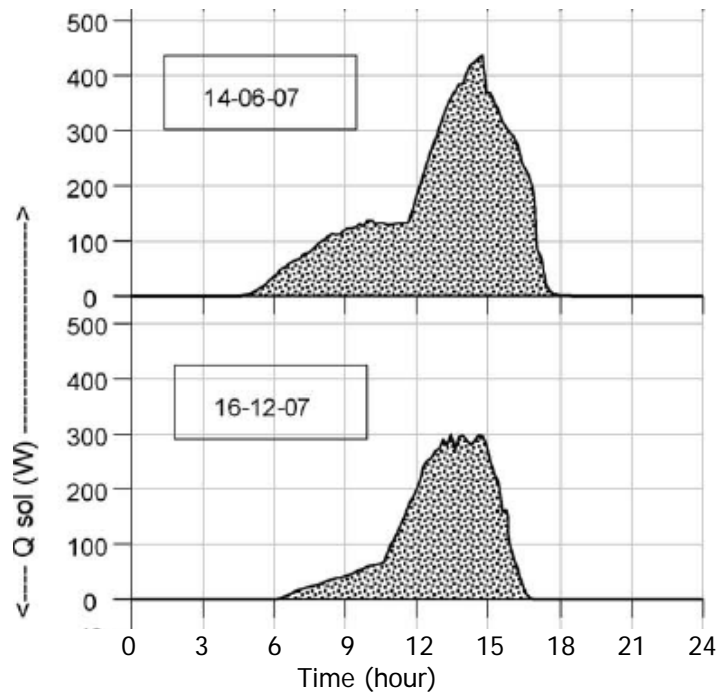
πίνακας 22:τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση για διάφορους τύπους υαλοπίνακα[4].

Τύπος υαλοπίνακα	$g$	$g_{gl}$
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68

πίνακας 23:τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων[4].

Τύπος υαλοπίνακα	Ποσοστό πλαισίου $F_f$			
	10%	20%	30%	40%
Μονός υαλοπίνακας	0,69	0,62	0,54	0,46
Διπλός υαλοπίνακας	0,61	0,54	0,48	0,41
Διπλός υαλοπίνακας, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,54	0,48	0,42	0,36
Διπλό παράθυρο	0,61	0,54	0,48	0,41

Σύμφωνα με μία πειραματική μελέτη[7] που πραγματοποιήθηκε σε ένα δωμάτιο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του υαλοπίνακα, λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτό, υποβλήθηκε το ηλιακό κέρδος στο εσωτερικό του κτιρίου, από μοντέλα μεταφοράς θερμότητας. Λόγω της αύξησης της παγκόσμιας ακτινοβολίας στο παράθυρο, το ηλιακό κέρδος θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου, αυξάνεται με το χρόνο. Για το ηλιακό θερμικό κέρδος στο εσωτερικό του κτιρίου, έχει γίνει προσομοίωση για δύο ακραίες καιρικές συνθήκες, το καλοκαίρι και το χειμώνα(Ιούλιο και Δεκέμβριο), όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Από το σχήμα παρατηρείται ότι το ηλιακό κέρδος θερμότητας  $Q_{sol}$  είναι αυξημένο το καλοκαίρι σε σχέση με το χειμώνα, πράγμα που οφείλεται στην αύξηση της ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 1: ηλιακό κέρδος θερμότητας για χειμώνα και καλοκαίρι[7].

## 2.13 Συντελεστές σκίασης[4].

Τα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτηρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές). Η κινητή εσωτερική σκίαση δεν λαμβάνεται υπόψη. Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς με τη χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ του συντελεστών σκίασης.

Οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα με το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκιάστρα) και την γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Στην περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης προβόλου και εξωτερικού σκιάστρου η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται.

Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γειτνιάζοντα κτήρια κ.τ.λ.) ή συντελεστής σκίασης ορίζοντα,
- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο
- και του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκιάστρο κατά περίπτωση. Τονίζεται ότι όλοι οι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας τιμή ίση με την μονάδα (1), όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και ίση με μηδέν (0) για πλήρη σκίαση.

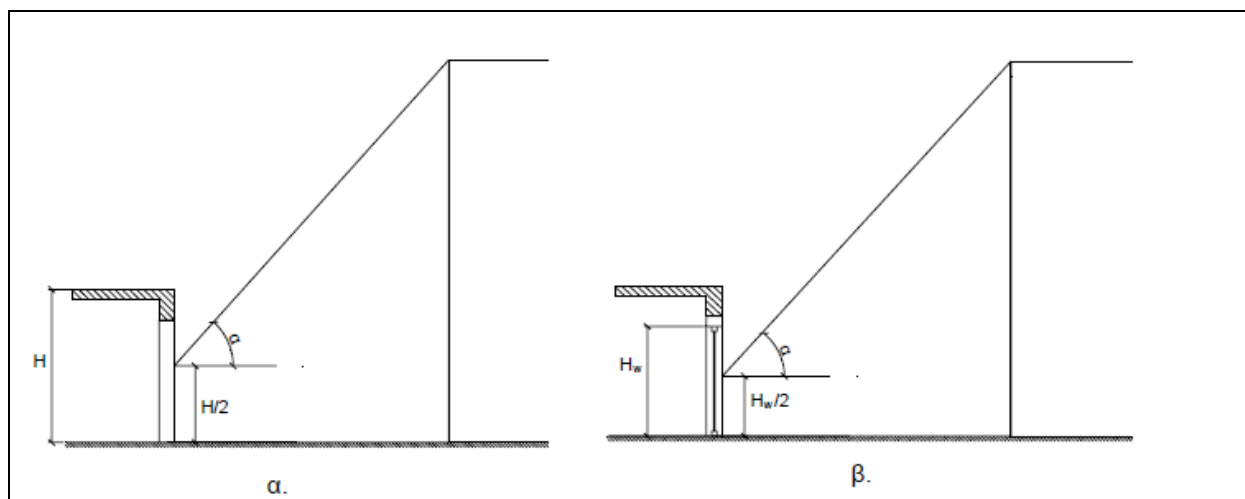
### 2.13.1 Συντελεστής σκίασης οριζοντα[4].

Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτηρίου από την ύπαρξη φυσικών εμποδίων (π.χ. λόφων) ή τεχνητών (π.χ. υψηλών κτηρίων). Όταν ο οριζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ( $F_{hor} = 1$ ), ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν ( $F_{hor} = 0$ ). Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σκίασης οριζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας  $\alpha$  του εμποδίου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης.

Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης οριζοντα για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία  $\alpha$  ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της κατακόρυφης επιφάνειας με την ανώτερη παρειά του εμποδίου (σχήμα 2).

Αντίθετα, η τιμή της γωνίας  $\alpha$  πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο ξεχωριστά και αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το κέντρο του ανοίγματος με την άνω παρειά του εμποδίου (σχήμα 2).

Η τιμή του συντελεστή σκίασης οριζοντα τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον *πίνακα 24* ανάλογα με τη γωνία θέασης του εμποδίου  $\alpha$  (κυμαίνεται από  $10^\circ$  έως  $70^\circ$ ) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Τιμές για ενδιάμεσες γωνίες εμποδίου και ενδιάμεσους προσανατολισμούς θα λαμβάνονται με χρήση γραμμικής παρεμβολής.



Σχήμα 2: γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\alpha$  που σχηματίζουν τα εμπόδια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) σε ένα δομικό στοιχείο (β)[4].



Πίνακας 24: συντελεστής σκίασης από οριζοντα[4].

Γωνία α	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και NΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,96	0,95	0,93	0,95	1,00
	ψύξης	1,00	0,97	0,94	0,93	0,94
20°	θέρμανσης	0,86	0,84	0,80	0,89	1,00
	ψύξης	0,98	0,91	0,85	0,84	0,90
30°	θέρμανσης	0,61	0,62	0,65	0,85	1,00
	ψύξης	0,94	0,85	0,78	0,80	0,89
40°	θέρμανσης	0,44	0,47	0,57	0,83	1,00
	ψύξης	0,85	0,76	0,69	0,74	0,88
50°	θέρμανσης	0,36	0,40	0,53	0,81	1,00
	ψύξης	0,75	0,65	0,61	0,69	0,88
60°	θέρμανσης	0,32	0,37	0,51	0,81	1,00
	ψύξης	0,66	0,58	0,55	0,66	0,88
70°	θέρμανσης	0,31	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,58	0,52	0,51	0,66	0,88

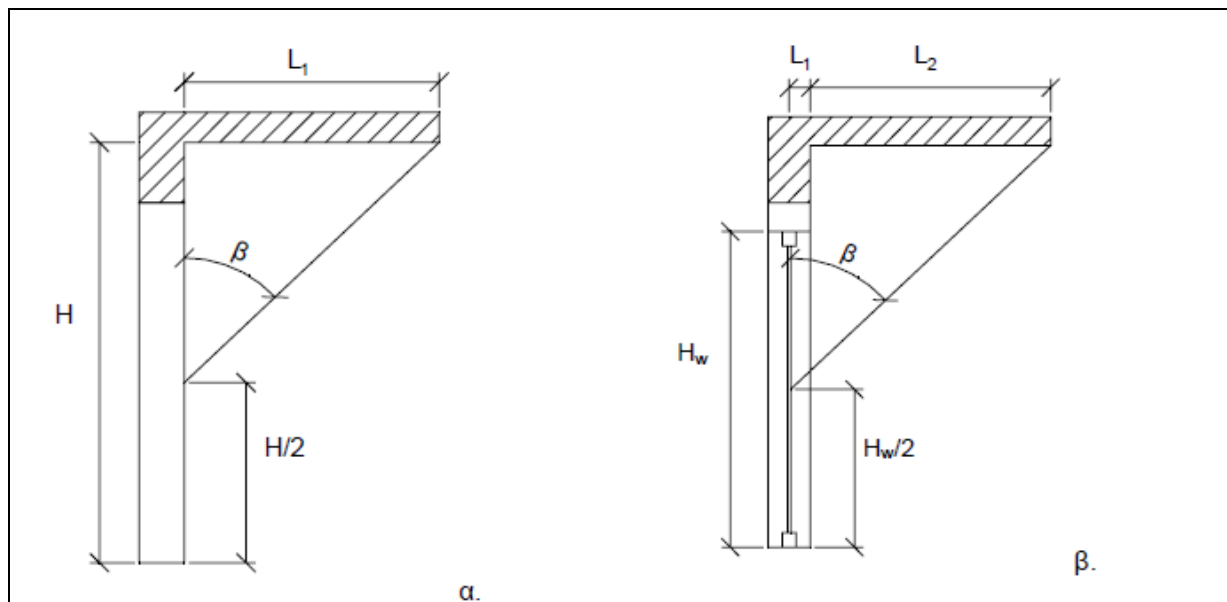
### 2.13.2 Συντελεστής σκίασης από προβόλους[4].

Ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων ( $F_{ov}$ ) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης οριζόντιων προεξοχών (εξωστών, προστεγασμάτων, υπέρθυρων ανοιγμάτων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με την μονάδα ( $F_{ov} = 1$ ), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ( $F_{ov} = 0$ ).

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από προβόλους είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας  $\beta$  του προβόλου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης προβόλου για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία  $\beta$  αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο, που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρας του προβόλου (σχήμα 3).

Αντίθετα, η γωνία  $\beta$  πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο ξεχωριστά. Αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το κέντρο του ανοίγματος με το πέρας του προβόλου (σχήμα 3).

Η τιμή του συντελεστή σκίασης από προβόλους τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον *πίνακα 25* ανάλογα με τη γωνία  $\beta$  του προβόλου (κυμαίνεται από  $10^\circ$  έως  $90^\circ$ ) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.



Σχήμα 3: γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\beta$ , που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β)[4].

πίνακας 25: συντελεστής σκίασης από οριζόντιους προβόλους[4].

Γωνία $\beta$	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
$0^\circ$	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$10^\circ$	θέρμανσης	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92
	ψύξης	0,91	0,92	0,93	0,94	0,93
$20^\circ$	θέρμανσης	0,87	0,88	0,88	0,86	0,85
	ψύξης	0,81	0,83	0,86	0,87	0,87
$30^\circ$	θέρμανσης	0,80	0,81	0,82	0,80	0,77
	ψύξης	0,71	0,74	0,78	0,80	0,80
$40^\circ$	θέρμανσης	0,72	0,73	0,75	0,73	0,70
	ψύξης	0,60	0,64	0,69	0,73	0,73
$50^\circ$	θέρμανσης	0,63	0,64	0,66	0,65	0,62
	ψύξης	0,50	0,54	0,60	0,65	0,66
$60^\circ$	θέρμανσης	0,50	0,52	0,57	0,57	0,55
	ψύξης	0,39	0,44	0,50	0,56	0,59

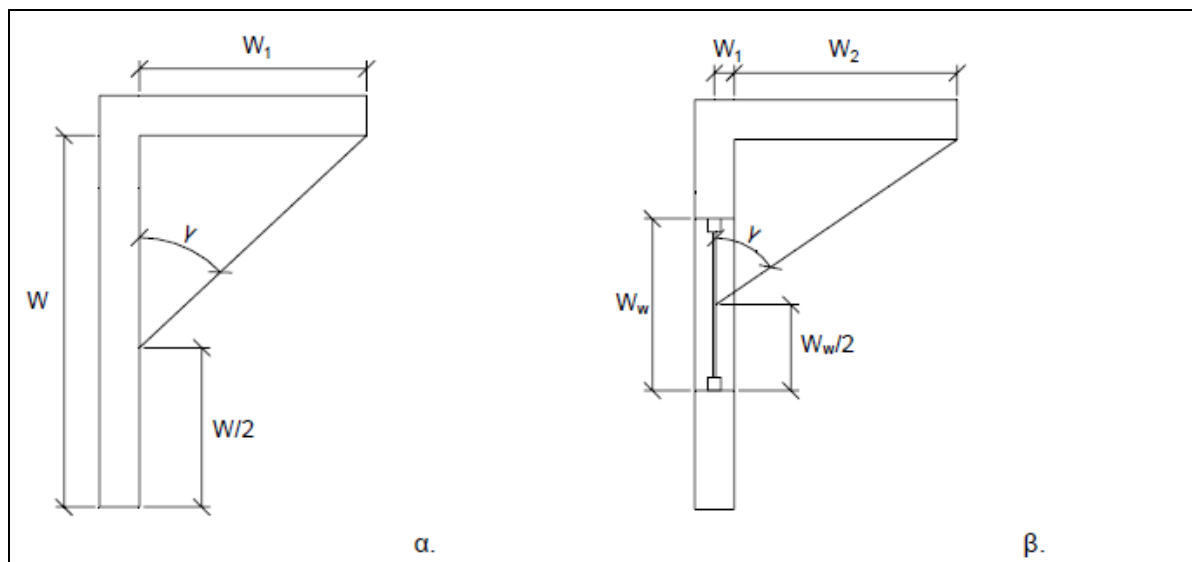
### 2.13.3 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές[4].

Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές προσδιορίζει τη σκίαση επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης κατακόρυφων προεξοχών (πλευρικών προεξοχών, τμημάτων του ίδιου του κτηρίου, διπλανών κτηρίων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα ( $F_{fin} = 1$ ), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ( $F_{fin} = 0$ ).

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας  $\gamma$  της πλευρικής προεξοχής. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης.

Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης πλευρικής προεξοχής για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία  $\gamma$  αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με πλευρικής προεξοχής (σχήμα 4).

Η τιμή του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον πίνακα 26 ανάλογα με τη γωνία  $\gamma$  της πλευρικής προεξοχής (κυμαίνεται από  $10^\circ$  έως  $70^\circ$ ) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.



Σχήμα 4: γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\gamma$  που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β)[4].

Πίνακας 26: συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές[4].

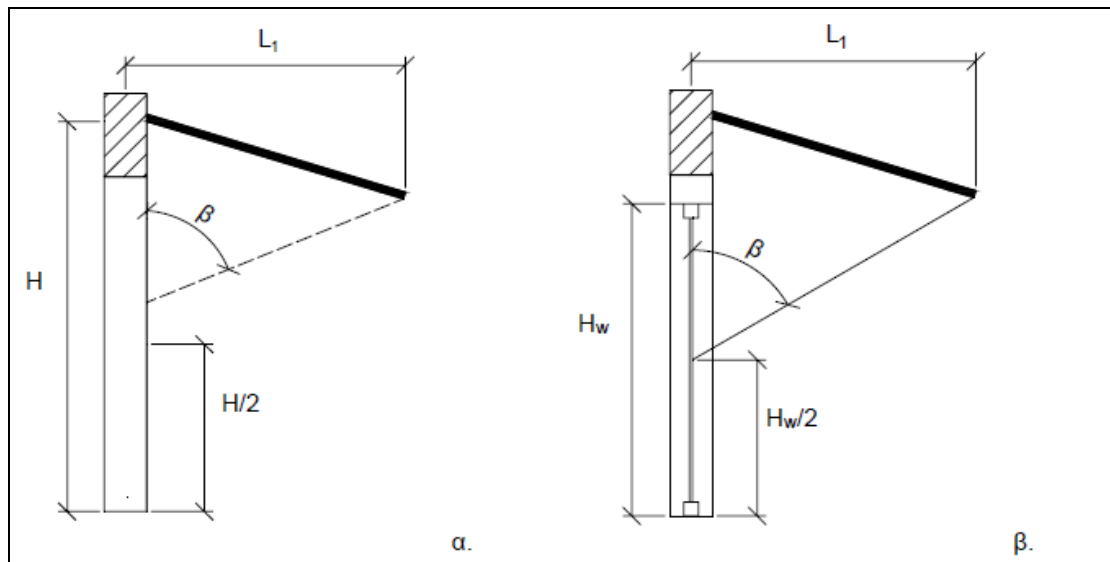
Γωνία $\gamma$	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,95	0,95	1,00
	ψύξης	0,97	0,99	0,98	0,96	0,98
20°	θέρμανσης	0,95	0,93	0,90	0,92	1,00
	ψύξης	0,95	0,97	0,96	0,92	0,96
30°	θέρμανσης	0,92	0,90	0,86	0,89	1,00
	ψύξης	0,92	0,96	0,94	0,88	0,95
40°	θέρμανσης	0,89	0,87	0,80	0,86	1,00
	ψύξης	0,90	0,95	0,92	0,84	0,94
50°	θέρμανσης	0,85	0,83	0,75	0,84	1,00
	ψύξης	0,87	0,93	0,89	0,79	0,94
60°	θέρμανσης	0,81	0,79	0,69	0,82	1,00
	ψύξης	0,85	0,92	0,86	0,74	0,94
70°	θέρμανσης	0,76	0,73	0,62	0,81	1,00
	ψύξης	0,82	0,90	0,82	0,68	0,94

#### 2.13.4 Συντελεστής σκίασης λόγω τέντας[4].

Στην περίπτωση ύπαρξης τέντας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η προστασία που προσφέρει κατά τη θερινή περίοδο. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου θεωρείται ότι δεν υπάρχει σκίαση λόγω τέντας. Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, όταν υπάρχει παράλληλη σκίαση λόγω τέντας και λόγω προβόλου, η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται.

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από τέντες είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας  $\beta$  της τέντας. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Η γωνία  $\beta$  αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το κέντρο του ανοίγματος με το πέρας της τέντας σε πλήρη έκταση (σχήμα 5).

Η τιμή του συντελεστή σκίασης από τέντα για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον πίνακα 25 (πίνακας συντελεστών σκίασης λόγω προβόλου) ανάλογα με τη γωνία  $\beta$  της τέντας και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Για την περίοδο θέρμανσης ο συντελεστής σκίασης λόγω τέντας λαμβάνεται ίσος με την μονάδα.

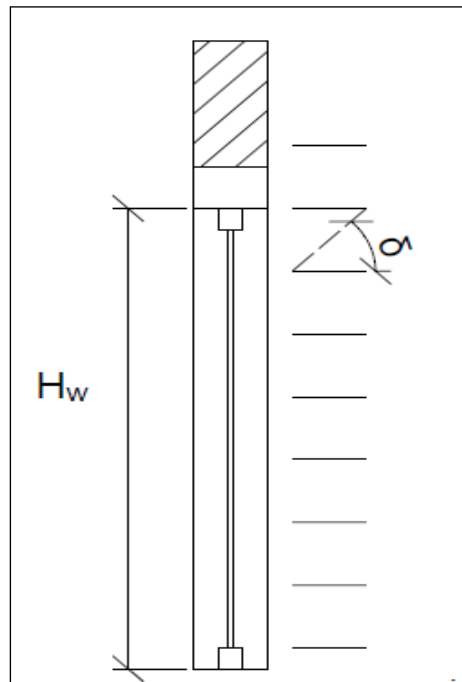


Σχήμα 5: γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\beta$  που σχηματίζει η τέντα με την κατακόρυφη επιφάνεια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο (α) και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (β)[4].

### 2.13.5 Συντελεστής σκίασης λόγω εξωτερικών περσίδων[4].

Στην περίπτωση ύπαρξης μόνιμων εξωτερικών περσίδων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η προστασία που προσφέρουν κατά τη θερινή περίοδο αλλά και κατά τη χειμερινή περίοδο με χρήση του συντελεστή σκίασης  $F_{sh}$ . Για την εκτίμηση του συντελεστή γωνίας  $\delta$  (σχήμα 6) που σχηματίζουν οι περσίδες, ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης.

Η τιμή του συντελεστή σκίασης από οριζόντιες περσίδες τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον πίνακα 27. ανάλογα με τη γωνία  $\delta$ , τον τύπο των περσίδων και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.



Σχήμα 6: γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\delta$ , που σχηματίζουν οριζόντιες εξωτερικές περισίδες για τον υπολογισμό της σκίασης σε διαφανές δομικό στοιχείο[4].

πίνακας 27: συντελεστής σκίασης από οριζόντιες περισίδες[4].

Τύπος περισίδων	Γωνία $\delta$	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
			N	NA και ΝΔ	A και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
Σταθερές οριζόντιες	30°	θέρμανσης	0,65	0,65	0,64	0,64	0,65
		ψύξης	0,51	0,57	0,61	0,62	0,64
Σταθερές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,36	0,39	0,44	0,45	0,49
Κινητές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,03	0,07	0,12	0,23	0,41

## 2.14 Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης[5].

Η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$R = d/\lambda \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (2)$$

όπου:

- R [W/(m<sup>2</sup>·K)], η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση,
- d [m] το πάχος της στρώσης,

-λ [W/(m·K)], ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης.

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής. Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους.

- Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του.

- Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του.

Ωστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευόμενη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του.

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (3)$$

όπου:

$R_T$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

$n$  το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_i$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

στη μονάδα του χρόνου.

Στον *πίνακα 28* δίνονται τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, με την παραδοχή ότι η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι  $\theta_i = 20^\circ\text{C}$  ενώ οι τιμές για την αντίσταση θερμικής μετάβασης εξωτερικού χώρου έχουν υπολογισθεί κατά παραδοχή για θερμοκρασία εξωτερικού χώρου  $\theta_a = 0^\circ\text{C}$  και ταχύτητα ανέμου  $u = 4 \text{ m/s}$ . Διαφορετικά, οι τιμές της αντίστασης θερμικής μετάβασης ορίζονται από τον *πίνακα 29* συναρτήσει της ταχύτητας του αέρα.

πίνακας 28:τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης, κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο[5].

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R <sub>i</sub>	1/R <sub>a</sub>	R <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>
		W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	(m <sup>2</sup> K)/W	(m <sup>2</sup> K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πιλοτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

πίνακας 29:τιμές της αντίστασης θερμικής μετάβασης προς το εξωτερικό περιβάλλον συναρτήσει της ταχύτητας του αέρα κατά το ISO 6946[5].

Ταχύτητα ανέμου	m/s	1	2	3	4	5	7	10
R <sub>a</sub>	(m <sup>2</sup> K)/W	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02



### 3.ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ[8].

Οι σημαντικότεροι κατασκευαστικοί παράγοντες που επιδρούν στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων είναι η μόνωση, με χαρακτηριστικά το πάχος και την ειδική θερμική αγωγιμότητα και οι υαλοπίνακες, με χαρακτηριστικά το συντελεστή θερμικής διαπερατότητας, το ποσοστό επιφανείας επί του κελύφους και τον προσανατολισμό. Αυτό συμβαίνει διότι τα δύο αυτά δομικά στοιχεία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη θερμική αντίσταση σε σχέση με όλα τα άλλα στοιχεία του κτιριακού κελύφους. Εκτός από αυτό οι υαλοπίνακες επιτρέπουν την είσοδο ηλιακών φορτίων υπό μορφή ακτινοβολίας καθώς επίσης σχετίζονται με το φωτισμό του κτιρίου, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την δημιουργία ενός από τα σημαντικότερα φορτία θέρους. Η λειτουργία της μόνωσης και των υαλοπινάκων διαφέρει κατά τη διάρκεια της χειμερινής και της θερινής περιόδου επειδή το χειμώνα που η ηλιακή ενέργεια είναι θεμιτή, οι υαλοπίνακες επιτρέπουν την είσοδό της, ενώ η μόνωση τη δυσκολεύει. Η ιδιότητα αυτή των υαλοπινάκων να επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ενέργειας κατά την χειμερινή περίοδο, γίνεται ακόμα πιο σημαντική εάν στους απέναντι τοίχους υπάρχουν συστήματα τα οποία αυξάνουν το θερμοαποθηκευτικό δυναμικό, όπως για παράδειγμα τα υλικά αλλαγής φάσης.

Με βάση τα όσα προανέφερα οι υαλοπίνακες κυρίως και λιγότερο η θερμομόνωση, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά τη χειμερινή περίοδο, αφού επιτρέπουν την είσοδο θετικών (ηλιακή ακτινοβολία) και αρνητικών (αγωγή θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας) φορτίων. Συνεπώς, με την επιλογή των κατάλληλων τιμών των χαρακτηριστικών των δύο αυτών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, μπορεί να επιτευχθεί θετικό αλγεβρικό άθροισμα των θετικών και αρνητικών φορτίων, που θα έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης και επομένως να εξοικονομηθεί ενέργεια.

Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με τις βέλτιστες επιλογές του πάχους και της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας της μόνωσης καθώς και του ποσοστού επιφανείας επί του κελύφους και του προσανατολισμού των υαλοπινάκων. Όσον αφορά στους υαλοπίνακες έρευνα έχει διεξαχθεί και σχετικά με την επίδραση των προηγμένων υαλοπινάκων και προεξοχών, στην ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ή χάνεται μέσω των περιοχών των υαλοπινάκων.

#### 3.1 Επίδραση της μόνωσης στην κατανάλωση ενέργειας.

3.1.1 επίδραση διαφορετικών παχών μόνωσης που εφαρμόζονται στα αδιαφανή εξωτερικά στοιχεία, στο ψυκτικό φορτίο και την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κλιματισμού.

Από μελέτη που έγινε σχετικά με την επίδραση του πάχους της μόνωσης που εφαρμόζεται στα αδιαφανή εξωτερικά στοιχεία , στο ψυκτικό φορτίο και την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος κλιματισμού [9] , προέκυψε ότι τόσο το αρχικό όσο και το κόστος λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού μειώνονται σημαντικά για διάφορα είδη πάχους της μόνωσης. Το σύστημα κλιματισμού(ACS) είναι υπεύθυνο για ένα σημαντικό μέρος της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στο κτίριο. Η χωρητικότητα του ACS καθορίζεται ανάλογα με το συνολικό ψυκτικό φορτίο του κτιρίου. Ένα κτίριο ψυκτικών φορτίων αποτελείται από κέρδη θερμότητας μέσω των αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών, των υαλοπινάκων του κτιρίου και των εσωτερικών θερμικών κερδών. Αρχιτεκτονικές και φυσικές ιδιότητες των κτιρίων, όπως η θερμική μάζα, το δομικό υλικό και το σχήμα του, είναι οι πιο σημαντικές παράμετροι, που επηρεάζουν το ψυκτικό φορτίο του χώρου . Μια άλλη παράμετρος είναι το τοπικό κλίμα.

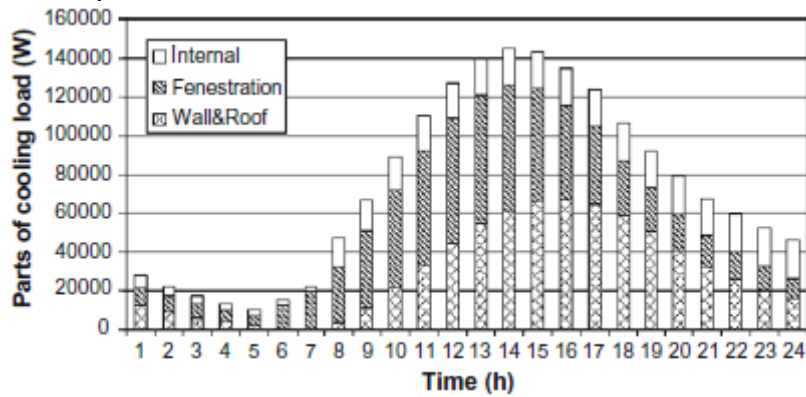
Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, διάφορες αποτελεσματικές τεχνικές, όπως ελεύθερη ψύξη, φυσικός αερισμός, θερμική μάζα και ψύξη τη νύχτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο. Ως εκ τούτου, μια σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (περισσότερο από 50% σε σύγκριση με ένα υφιστάμενο κτίριο) μπορεί να επιτευχθεί. Από την άλλη πλευρά, η θερμομόνωση εφαρμόζεται για τη μείωση των απωλειών θερμότητας σε κτίρια μέσω του κελύφους. Το ετήσιο ψυκτικό φορτίο του κτιρίου και η μέγιστη ψύξη του κτιρίου μπορούν να μειωθούν σημαντικά στα θερμομονωτικά κτίρια. Ως εκ τούτου, η μείωση της χρήσης ενέργειας για κλιματισμό στα κτίρια αποτελεί βασικό μέτρο για την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Δύο είναι τα κύρια συστήματα διανομής αέρα που συνδέονται με όλα τα συστήματα κλιματισμού : συστήματα αέρα σταθερού όγκου (CAV) και μεταβλητού όγκου(VAV). Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένας από τους κύριους λόγους που τα VAV συστήματα είναι πολύ δημοφιλείς επιλογές σχεδιασμού σήμερα για κάποια εμπορικά κτήρια και πολλές βιομηχανικές εφαρμογές.

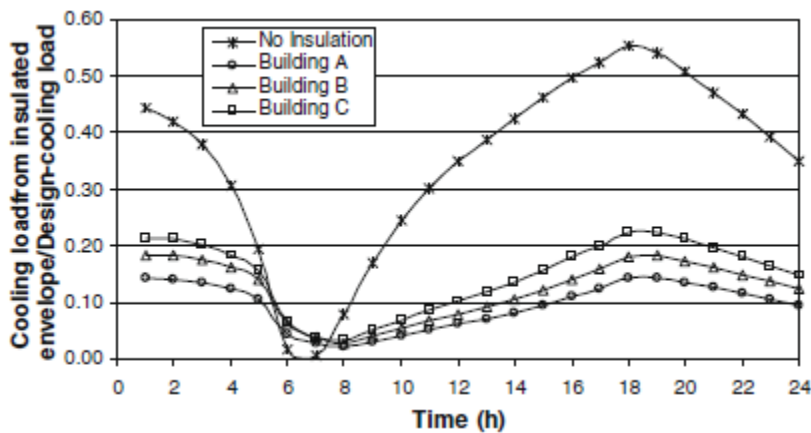
Το ψυκτικό φορτίο μπορεί να μειωθεί έως και 33% λόγω της θερμομόνωσης. Η αύξηση του πάχους του μονωτικού υλικού δε μειώνει σημαντικά το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου. Το ψυκτικό φορτίο λόγω των αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών (εξωτερικός τοίχος, οροφή και δάπεδο) του κτιρίου χωρίς μόνωση είναι περίπου το 40% του μέγιστου φορτίου ψύξης συνολικά(σχήμα 7). Για το λόγο αυτό, η θερμική μόνωση εφαρμόζεται στις αδιαφανείς επιφάνειες του κτιρίου για τη μείωση του κέρδους θερμότητας σε κτίρια μέσω του κελύφους.Επιπλέον, το ψυκτικό φορτίο μπορεί να μειωθεί λόγω της χαμηλής ηλιακής ενέργειας που κερδίζεται, όταν η επιφάνεια των υαλοπινάκων (ανοίγματα) είναι μειωμένη. Ομοίως,(το ψυκτικό φορτίο) επηρεάζεται από τη θερμική μάζα των αδιαφανών στοιχείων.

Η μεταβολή του λόγου του ψυκτικού φορτίου λόγω της μόνωσης που εφαρμόζεται στα αδιαφανή εξωτερικά εξαρτήματα προς το συνολικό φορτίο ψύξης της κατασκευής κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης φαίνεται στο (σχήμα 8). Όπως προκύπτει από το (σχήμα 8), τα αδιαφανή εξωτερικά μέρη του χωρίς μόνωση κτιρίου αποτελούν περίπου το 50% του συνολικού

φορτίου, ενώ το ποσοστό αυτό είναι μεταξύ 2% και 20% για τα κτίρια με μόνωση.



Σχήμα 7: Ωριαίες διανομές του ψυκτικού φορτίου για οικοδόμηση χωρίς μόνωση[9].



Σχήμα 8: Μεταβολή του λόγου του ψυκτικού φορτίου λόγω της μόνωσης που εφαρμόζεται στα αδιαφανή εξωτερικά εξαρτήματα προς το συνολικό φορτίο ψύξης της κατασκευής κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης[9].

Η σημερινή αξία του κόστους για τα μονωμένα κτίρια είναι περίπου 26% μικρότερη από εκείνη για τα χωρίς μόνωση κτίρια. Από τα στοιχεία διαπιστώνεται ότι η παρούσα-αξία του κόστους του κτιρίου χωρίς μόνωση είναι πάντοτε υψηλότερη από εκείνη των κτιρίων με μόνωση, ακόμη και από την αρχική εγκατάσταση του συστήματος. Η διαφορά μεταξύ του κτιρίου χωρίς μόνωση και των μονωμένων κτιρίων συνεχώς αυξάνεται στη διάρκεια της ζωής. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η μόνωση που απαιτείται από το κέλυφος του κτιρίου για όλα τα πάχη που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη είναι συμφέρουσα.

Σε ένα κτίριο πρέπει να εφαρμοστεί μόνωση, για τη μείωση της ετήσιας ενέργειας που απαιτείται στο κτίριο, όταν ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης (αναλογία ετήσιων αναγκών της ενέργειας του κτιρίου  $E$  προς τη μέγιστη επιτρεπόμενη ετήσια ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου  $QI$ ), είναι μεγαλύτερος από 0,99. Στη μελέτη αυτή [7] συγκρίθηκαν 3 κτίρια με διαφορετικά πάχη μόνωσης και διαπιστώθηκε ότι το κτίριο με τη λιγότερη θερμική μόνωση (δείκτη ενεργειακής απόδοσης 0,99), αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή από

οικονομική άποψη, εφόσον σε σχέση με τις επιπλέον επενδύσεις που απαιτούνται, οι αποταμιεύσεις λόγω παχύτερης μόνωσης δεν είναι σημαντικές.

Η ετήσια εξοικονόμηση στο λειτουργικό κόστος της ACS και για τα δύο συστήματα (CAV & VAV), για τα κτίρια με μόνωση παχύτερη του κτιρίου με δείκτη ενεργειακής απόδοσης 0.99 είναι πολύ μικρή ενώ ο χρόνος αποπληρωμής από την εφαρμογή επιπλέον μόνωσης είναι μεγάλος δηλαδή μεταξύ 40 και 125 ετών. Συνεπώς το πάχος μόνωσης που εφαρμόζεται στα κτίρια με δείκτη ενεργειακής απόδοσης 0.99 είναι αρκετό. Λεπτότερες μονώσεις δεν προσφέρουν επιπλέον εξοικονόμηση.

Συμπερασματικά προκύπτει ότι οι επενδύσεις για τη μόνωση κτιρίων είναι συμφέρουσες, λόγω της μειωμένης λειτουργίας και του αρχικού κόστους της ACS. Ωστόσο, όταν τα διαφορετικά πάχη συγκριθούν μεταξύ τους, είναι προφανές ότι τα κτίρια με δείκτη ενεργειακής απόδοσης 0.99 (δηλαδή μετρίου πάχους μόνωση), είναι η βέλτιστη επιλογή από οικονομική πλευρά. Προτείνεται, τέλος, ότι το πάχος του θερμομονωτικού υλικού για τα κτίρια στις παράκτιες επαρχίες που βρίσκονται στις χώρες της Μεσογείου (όπως η Τουρκία, Ιταλία, Ισπανία και Ελλάδα), οι οποίες έχουν ζεστά καλοκαίρια και θερμούς χειμώνες, θα πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με το βαθμό ψύξης της ημέρας (cooling-degree days). Σε αντίθετη περίπτωση, η θερμική μόνωση η οποία εφαρμόζεται λαμβάνοντας υπόψη μόνο το βαθμό θέρμανσης της ημέρας (heating degree-day) μπορεί να είναι ανεπαρκής κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης.

### 3.1.2 Βελτιστοποίηση του πάχους μόνωσης των εξωτερικών τοίχων χρησιμοποιώντας διαφορετικές πηγές ενέργειας.

Το πιο σημαντικό μέρος της ενεργειακής στρατηγικής της χώρας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Λόγω των περιορισμένων πηγών ενέργειας και της περιβαλλοντικής ρύπανσης που προέρχεται από τη χρήση των καυσίμων, η εξοικονόμηση ενέργειας έχει καταστεί υποχρεωτική. Είναι σαφές ότι η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί σημαντικό προληπτικό μέτρο που μπορεί να εμποδίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση, διότι, το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου, και σωματιδίων μειώνονται με τη μείωση της χρήσης της ενέργειας. Ένας από τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν τις ενεργειακές πολιτικές των χωρών είναι η οικονομική, φιλική προς το περιβάλλον παραγωγή ενέργειας.

Σε έρευνα που διεξήχθη στην Τουρκία[8], αποταμιεύσεις του κύκλου ζωής (life cycle) έχουν υπολογιστεί. Ο πετροβάμβακας και η διογκωμένη πολυστερίνη ως μόνωση μπορούν να παράγουν εξοικονόμηση ενέργειας έως και 21 \$ / m<sup>2</sup> στην περιοχή του τοίχου. Περίοδος αποπληρωμής 1 – 1.7 και 1.3 έως 2.3 έτη είναι δυνατή από πετροβάμβακα και διογκωμένη πολυστερίνη ως μονωτικά υλικά αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του 1999, οι σημαντικότεροι τομείς για την κατανάλωση ενέργειας ανήκει στη βιομηχανία και σε κτίρια. Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση κατανέμεται μεταξύ της βιομηχανίας, τα κτίρια, τις

μεταφορές, τη γεωργία και τους άλλους τομείς, 37%, 32%, 23%, 5% και 3% αντιστοίχως . Θερμότητα χάνεται από τα κτίρια μέσω εξωτερικών τοίχων , παράθυρα, οροφές, το δάπεδο και την διήθηση. Οι μεγάλες απώλειες είναι μέσα από το δάπεδο και την οροφή. Αυτό δείχνει σαφώς τη σημασία της θερμομόνωσης. Σε έρευνα που έγινε για ένα κτίριο στην Τουρκία [8], τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των κτιρίων είναι πέτρες, τσιμέντο, τούβλα και σίδερα οπλισμού. Οι απώλειες θερμότητας από τα κτίρια επέρχονται μέσω εξωτερικών τοίχων, παράθυρα, οροφές και το δάπεδο, καθώς επίσης και μέσω της διείσδυσης του αέρα.

Από την εξίσωση 4 μπορεί να διαπιστωθεί ότι η βέλτιστη μόνωση πάχους εξαρτάται από παραμέτρους όπως η τιμή των καυσίμων, η τιμή του μονωτικού υλικού, ιδιότητες των τοίχων και μόνωση υλικού και η PWF(present worth factor).

$$\chi_{op} = 293.94 \cdot [(DD \cdot C_f \cdot PWF \cdot k) / H_n \cdot C_i \cdot \eta]^{1/2} - k \cdot R_{wt} \quad (4)$$

Η περίοδος απόσβεσης ορίζεται ως ο λόγος του κόστους ενέργειας του κτιρίου χωρίς μόνωση για την εξοικονόμηση ενέργειας. Σε κτίρια με αυξημένη μόνωση πάχους, η απώλεια θερμότητας μειώνεται. Αν το πάχος της μόνωσης αυξάνεται, το φορτίο θέρμανσης και το κόστος των καυσίμων μειώνονται. Ωστόσο, η αύξηση του πάχους σημαίνει αύξηση του κόστους της μόνωσης. Το συνολικό κόστος, που είναι το άθροισμα του κόστους των καυσίμων και της μόνωσης, μειώνεται μέχρι μια ορισμένη αξία του πάχους της μόνωσης. Πάνω από αυτό το επίπεδο, το συνολικό κόστος αυξάνεται. Το βέλτιστο πάχος μόνωσης για τα διάφορα είδη καυσίμου υπολογίστηκαν με χρήση Εξ. (4) και τα αποτελέσματα για τα διάφορα καύσιμα και τα μονωτικά υλικά (διογκωμένης πολυστερίνης και πετροβάμβακα) παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.

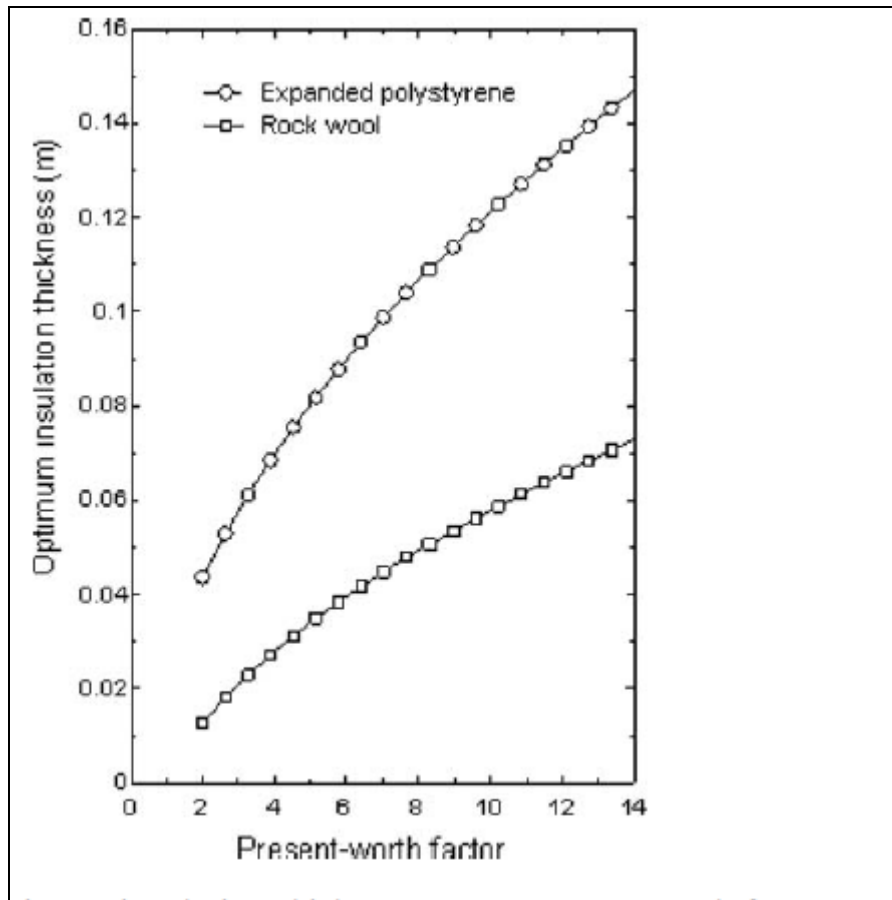
Πίνακας 29:βέλτιστο πάχος μόνωσης για διάφορα καύσιμα και μονωτικά υλικά[10].

Optimum insulation-thickness for different fuel types

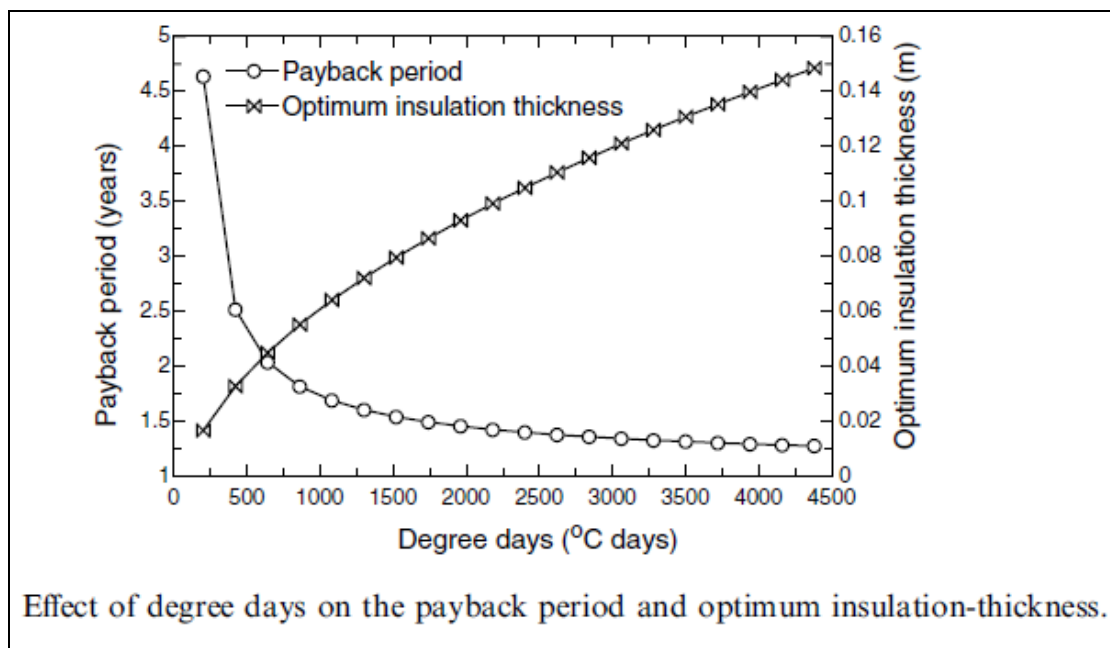
Fuel type	Expanded-polystyrene thickness (m)	Rock-wool thickness (m)
Coal	0.095	0.043
Natural gas	0.076	0.032
LPG	0.174	0.089
Fuel oil	0.138	0.068
Electricity	0.259	0.138

Η διάρκεια ζωής, οι τόκοι και τα επιτόκια πληθωρισμού επηρεάζουν την PWF, και κατά συνέπεια το καλύτερο δυνατό πάχος μόνωσης επηρεάζεται επίσης από αυτούς τους παράγοντες. Η επίδραση της PWF σχετικά με το βέλτιστο πάχος μόνωσης φαίνεται στο σχήμα 9 για τους δύο τύπους υλικών μόνωσης. Το σχήμα 10 δείχνει το αποτέλεσμα των βαθμομερών για το χρόνο αποπληρωμής και το βέλτιστο πάχος μόνωσης. Η περίοδος απόσβεσης μειώνεται με την αύξηση των βαθμομερών (degree days). Το βέλτιστο πάχος μόνωσης αυξάνεται με την αύξηση των βαθμομερών. Θερμότερα κλίματα

έχουν χαμηλότερες βαθμομέρες και έτσι απαιτούν μικρότερο πάχος μόνωσης. Έτσι το βέλτιστο πάχος μόνωσης για την Ντενιζλί, μειώνεται αφού έχει πιο ζεστές μέρες.



Σχήμα 9: επίδραση PWF σχετικά με το βέλτιστο πάχος μόνωσης[10].

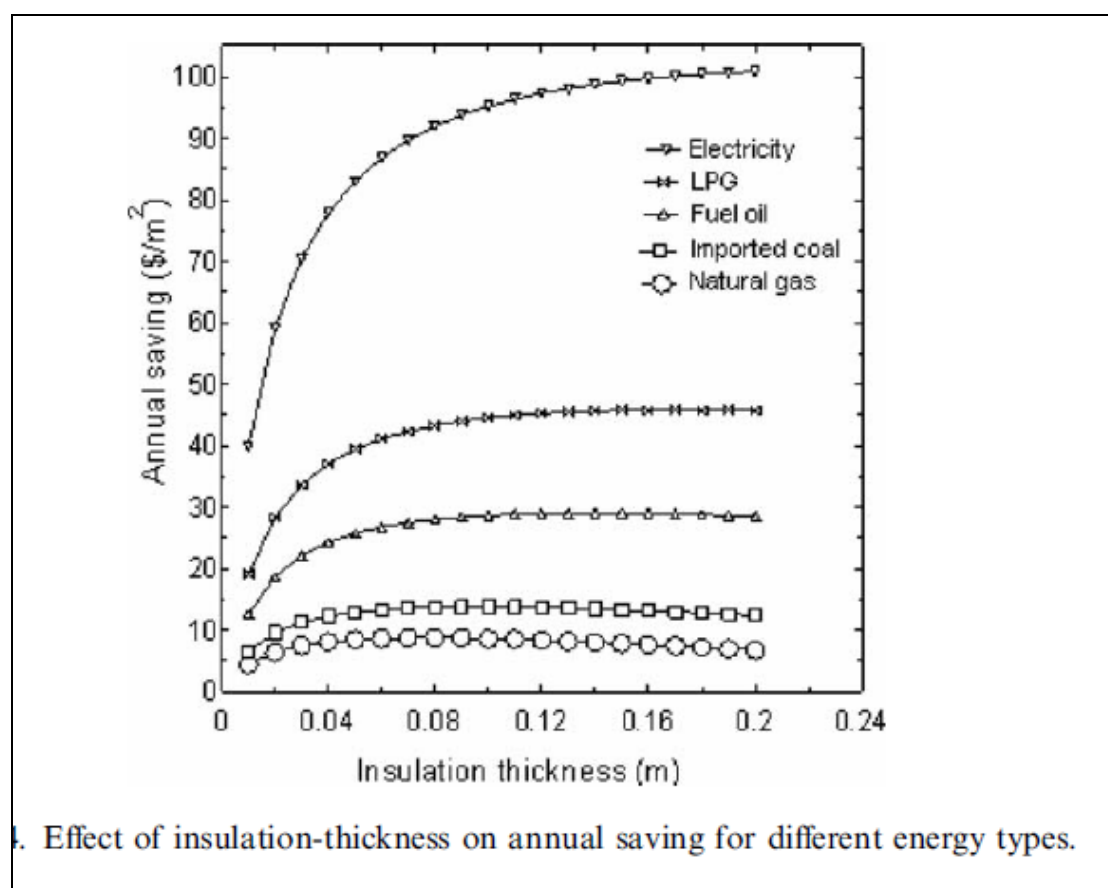


Effect of degree days on the payback period and optimum insulation-thickness.

Σχήμα 10 :αποτελέσματα βαθμομερών για για το χρόνο αποπληρωμής και το βέλτιστο πάχος μόνωσης[10].

Οι επιπτώσεις των διαφόρων μορφών ενέργειας στην εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται στο *σχήμα 11*. Όταν το βέλτιστο πάχος μόνωσης εφαρμόζεται σε εξωτερικούς τοίχους, μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί. Ως αποτέλεσμα, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πιο σημαντική σε περιοχές όπου δαπανηρά καύσιμα χρησιμοποιούνται. Η ανάλυση δείχνει ότι προτιμότερα καύσιμα είναι ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Όταν η ρύπανση που προκύπτει από τα ορυκτά καύσιμα, είναι σημαντική, η χρήση του φυσικού αερίου θα είναι πιο αποδεκτή και οικονομική. Η εξοικονόμηση του κύκλου ζωής και της περιόδου αποπληρωμής για τους πέντε διαφορετικούς τύπους ενέργειας και δύο διαφορετικά μονωτικά υλικά σε αυτή τη μελέτη αναφέρεται στον *πίνακα 30*.

Το βέλτιστο αποτέλεσμα, ελήφθη με τη χρήση του άνθρακα ως πηγής ενέργειας και διογκωμένη πολυστερίνη ως μονωτικό υλικό. Όταν η βέλτιστη μόνωση πάχους χρησιμοποιείται, η περίοδος αποπληρωμής και εξοικονόμησης του κύκλου ζωής είναι 1,43 χρόνια και 14,09 \$ / m<sup>2</sup>, αντίστοιχα.



Σχήμα 11:επιπτώσεις των διαφόρων μορφών ενέργειας στην εξοικονόμηση ενέργειας[10].

Πίνακας 30:εξοικονόμηση κύκλου ζωής και περιόδου αποπληρωμής για 5 διαφορετικούς τύπους ενέργειας και 2 διαφορετικά μονωτικά υλικά[10].

Fuel type	Payback period (years)		Life-cycle savings (\$/m <sup>2</sup> )	
	Expanded polystyrene	Rock wool	Expanded polystyrene	Rock wool
Coal	1.43	2.39	14.09	8.43
Natural gas	1.55	3.03	8.98	4.60
LPG	1.22	1.60	46.65	35.75
Fuel oil	1.29	1.81	29.54	21.02
Electricity	1.15	1.37	102.95	86.41

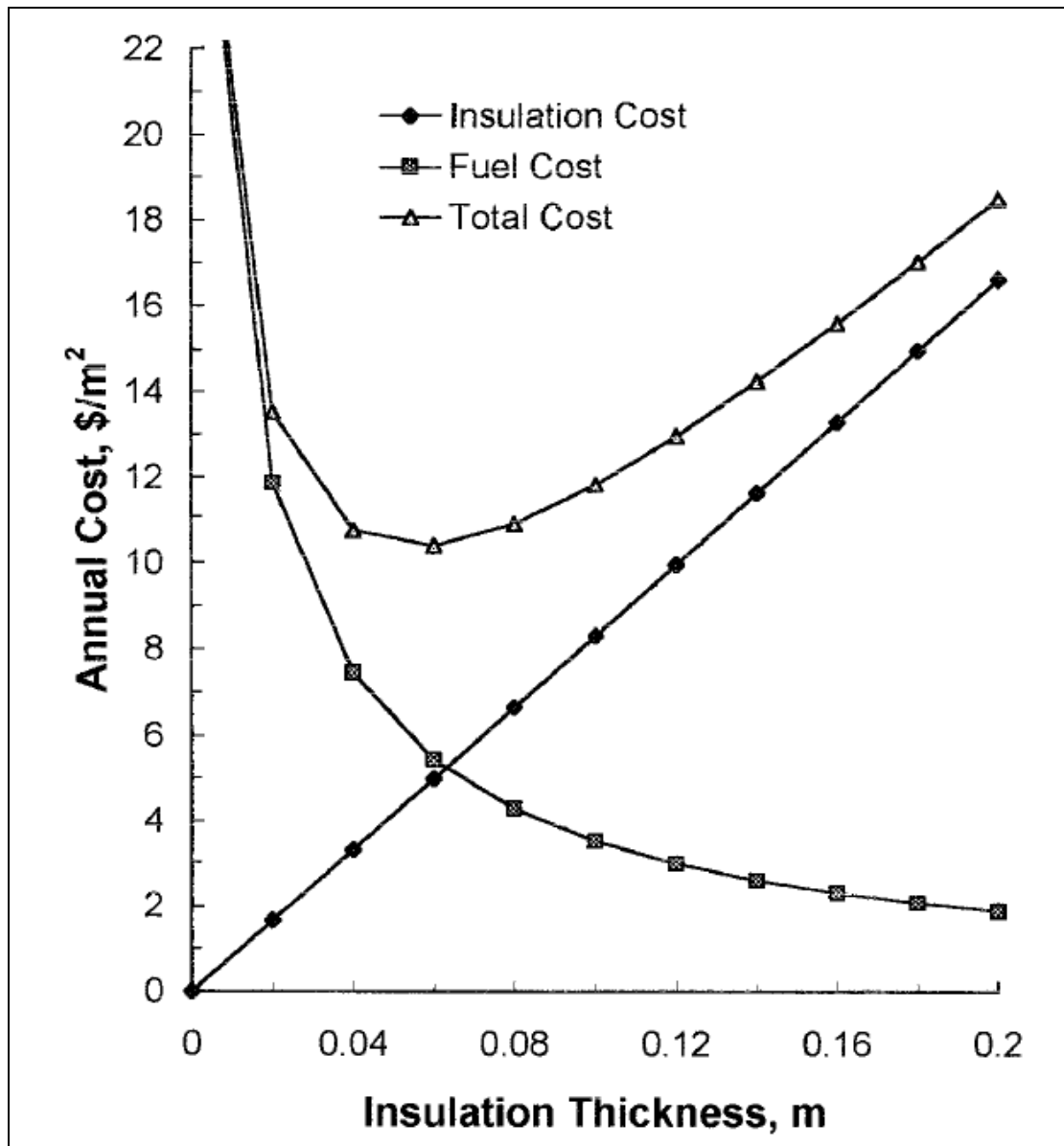
### 3.1.3 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ.

Καθώς το πάχος της μόνωσης αυξάνει ,το θερμικό φορτίο μειώνεται, και κατά συνέπεια το κόστος του καυσίμου και το συνολικό κόστος της θέρμανσης. Από την άλλη πλευρά, το κόστος μόνωσης αυξάνεται καθώς αυξάνει το πάχος. Σύμφωνα με έρευνα που έλαβε χώρα στην Παλαιστίνη[11] σχετικά με τη βελτιστοποίηση του πάχους της μόνωσης χρησιμοποιώντας τη διάρκεια ζωής της μόνωσης, αποδείχθηκε ότι το συνολικό κόστος της καύσιμης ύλης και της μόνωσης θα δείτε να είναι ελάχιστο όταν παρίστανται γραφικώς συναρτήσει του πάχους της μόνωσης, όπως φαίνεται στο *σχήμα 12* για τοίχο I.

Το πάχος μόνωσης κατά το ελάχιστο συνολικό κόστος λαμβάνεται ως το βέλτιστο πάχος μόνωσης. Τα βέλτιστα πάχη μόνωσης για τους διάφορους τύπους τοίχων φαίνεται στον *πίνακα 29* και υπολογίστηκαν με χρήση της εξίσωσης (5) και τις τιμές των παραμέτρων στον *Πίνακα 32*. Ο *πίνακας 33* παρουσιάζει τα αποτελέσματα για τα διάφορα ήδη τοίχων και για δύο τύπους μόνωσης, πετροβάμβακα και πολυστερίνη. Προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές τιμές των τόκων και των ποσοστών αξιολόγησης, το βέλτιστο πάχος μόνωσης για τοίχο I παρίσταται ως γραφική συνάρτηση του PWF, όπως φαίνεται στο *σχήμα 13*, για τους δύο τύπους μόνωσης. Για παράδειγμα, ένα επιτόκιο 8% και σε ποσοστό 10% του PWF είναι 9,05 και το ελάχιστο πάχος μόνωσης είναι 0,067 m για πολυστερίνη.

Η εξοικονόμηση κύκλου ζωής ανά τετραγωνικό μέτρο της περιοχής τοίχου υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ του κόστους της θέρμανσης του κτιρίου χωρίς μόνωση και του κόστους της μόνωσης του κτιρίου.





Σχήμα 12: συνολικό κόστος της καύσιμης ύλης και της μόνωσης συναρτήσει του πάχους της μόνωσης[11].

Πίνακας 31:βέλτιστα πάχη μόνωσης για διάφορους τύπους τοίχων[11].

Wall structure and thermal characteristics				
Wall type	Thickness (m)	Thermal conductivity (W/mK)	Conductance U (W/m <sup>2</sup> K)	Resistance (m <sup>2</sup> K/W)
Wall I			2.77	0.361
Stone	.70	1.70		
Concrete	.20	1.75		
Plaster	.03	1.20		
Wall II			2.98	0.336
Ext. plaster	0.02	1.20		
Concrete	0.20	1.75		
Int. plaster	0.03	1.20		
Wall III			2.25	0.444
Ext. plaster	0.02	1.20		
Hollow brick	0.20	0.90		
Int. plaster	0.03	1.20		
Wall IV			2.28	0.438
Stone	0.70	1.70		
Concrete	0.20	1.75		
Hollow brick	0.07	0.90		
Plaster	0.03	1.20		
Wall V			1.62	0.617
Stone	0.70	1.70		
Concrete	0.20	1.75		
Air gap	0.05	0.28		
Brick	0.07	0.90		
Plaster	0.03	1.20		

$$X_{op} = 293.94 \{ C_f \cdot DD \cdot k \cdot PWF / H \cdot C_i \cdot \eta \}^{1/2} - k \cdot R_{wt} \quad (5)$$

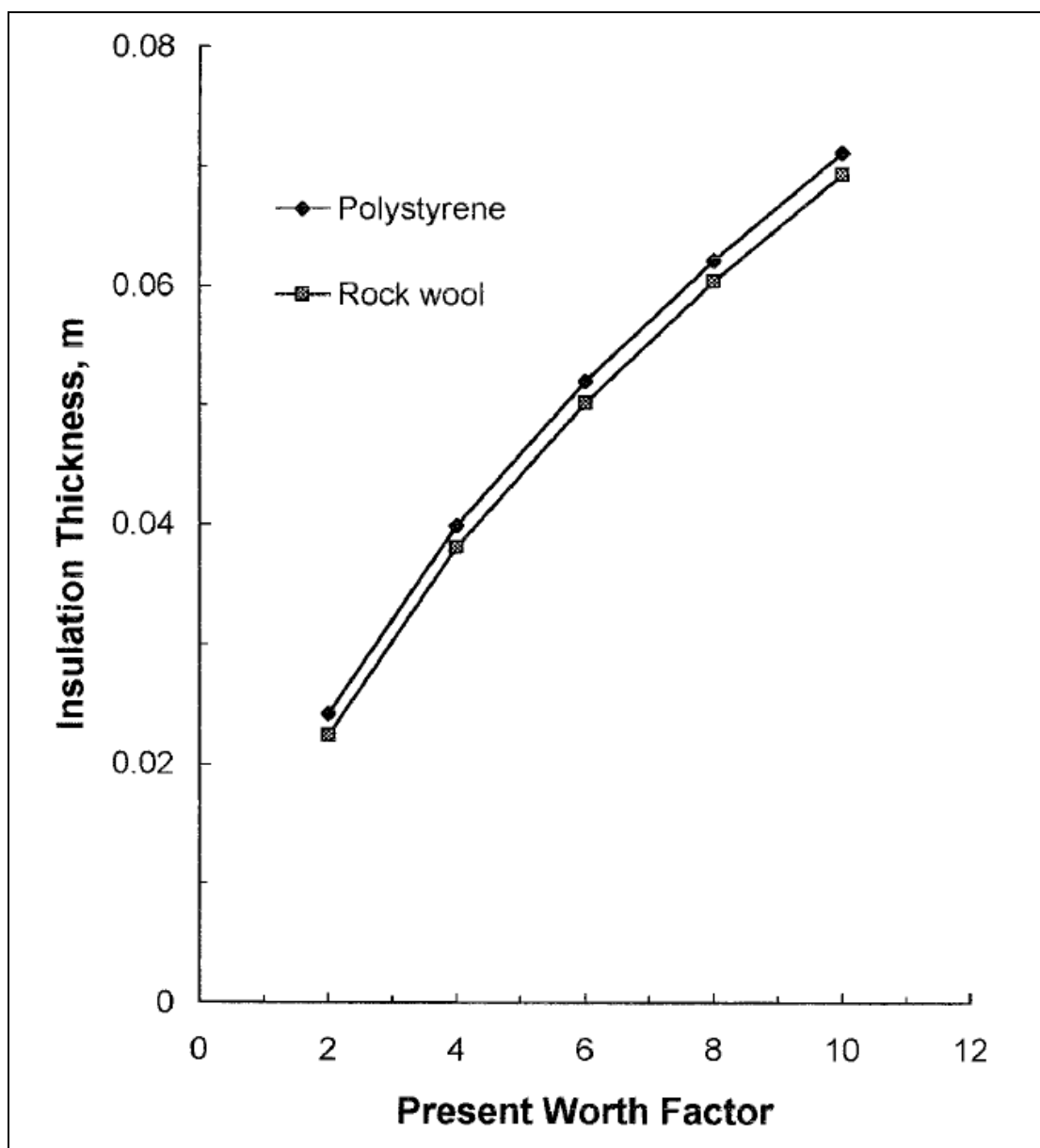
Πίνακας 32:Τιμές παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στη διαφορική εξίσωση (2) [11].

Parameters used in the optimization of insulation thickness	
Parameter	Value
Degree days °C days	1354 West Bank 525 Gaza
Fuel	Diesel
Cost	0.38 \$/l
Heating value	40.5×10 <sup>6</sup> J/l
System efficiency	0.70
Interest rate	8%
Inflation	0
PWF	6.71
Insulation	
Polystyrene	
Cost	83 \$/m <sup>3</sup>
Conductivity	0.038 W/m K
Rock wool	
Cost	59.3 \$/m <sup>3</sup>
Conductivity	0.043 W/m K

Πίνακας 33:αποτελέσματα για διάφορα είδη τοίχων και δύο είδη μόνωσης[11].

Optimum insulation thickness for various wall structures

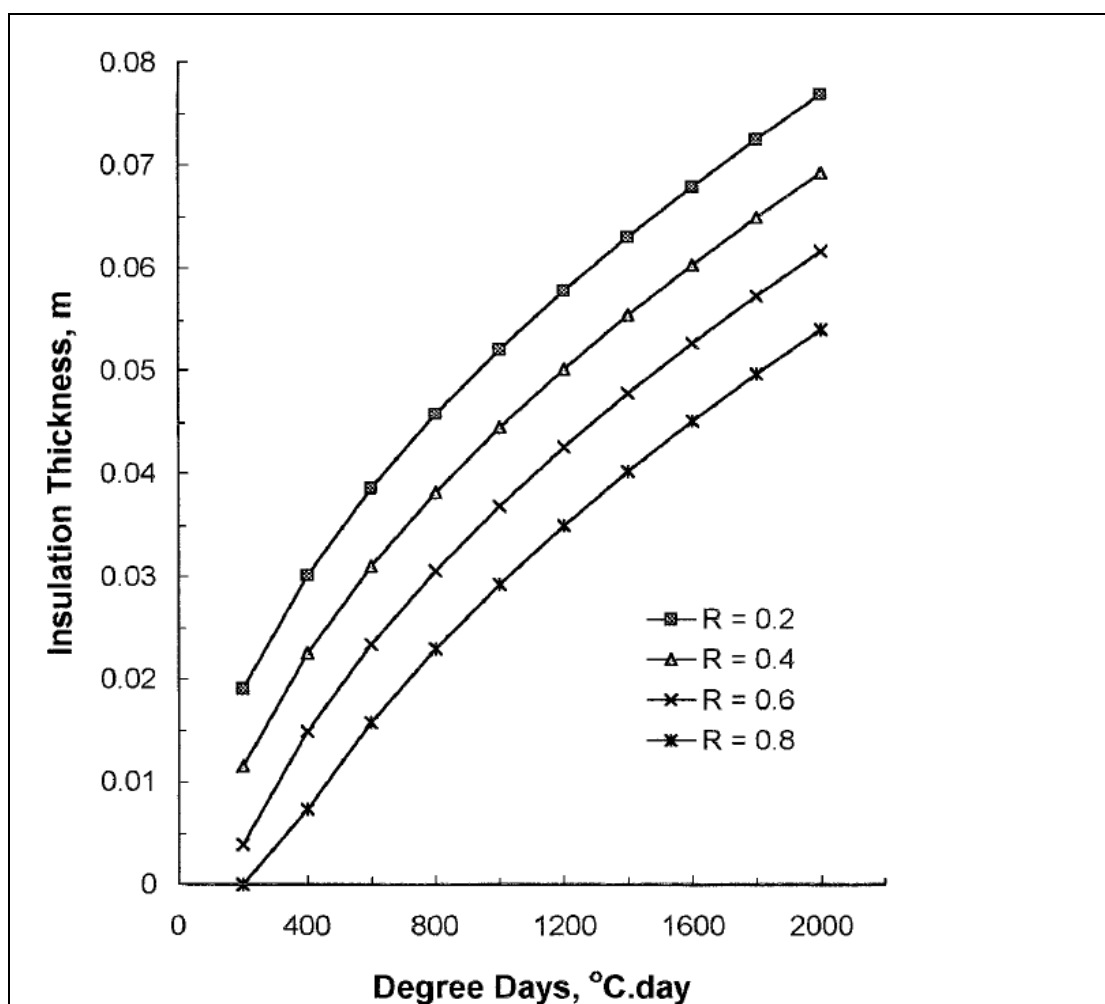
Wall type	Resistance (m <sup>2</sup> K/W)	Rock wool thickness (m)		Polystyrene thickness (m)	
		West Bank	Gaza	West Bank	Gaza
Wall I	0.361	0.072	0.039	0.056	0.043
Wall II	0.366	0.073	0.040	0.057	0.030
Wall III	0.444	0.068	0.035	0.052	0.026
Wall IV	0.438	0.069	0.036	0.053	0.027
Wall V	0.617	0.061	0.028	0.046	0.02



Σχήμα 13:γραφική συνάρτηση του PWF για τους 2 τύπους μόνωσης[11].

Η επίδραση των βαθμομερών και της θερμικής αντίστασης τοίχων για το βέλτιστο πάχος μόνωσης φαίνεται στο *σχήμα 14*. Ψυχρότερα κλίματα που έχουν υψηλότερες βαθμομέρες (degree days) απαιτούν μεγαλύτερα στρώματα της μόνωσης, όπως φαίνεται στο σχήμα. Σε ένα δεδομένο αριθμό βαθμομερών, κτίρια που έχουν υψηλότερη θερμική αντίσταση απαιτούν λιγότερη μόνωση.

Αποταμιεύσεις της διάρκειας ζωής 10 ετών υπολογίστηκαν για διαφορετικές δομές τοίχου και αριθμό βαθμομερών κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Συμπερασματικά ακόμη και για κλίματα με 500 βαθμομέρες, εξοικονόμηση θα γίνει με την προσθήκη μόνωσης. Η εξοικονόμηση σε ψυχρά κλίματα, όπως στις οροσειρές της Δυτικής Όχθης μπορεί να είναι μέχρι και 22 \$ /  $\mu^2$  της περιοχής τοίχου κατά τη διάρκεια ζωής 10 ετών. Περίοδοι αποπληρωμής είναι  $1 \pm 1,7$  χρόνια για τη μόνωση πετροβάμβακα, και  $1,3 \pm 2,3$  χρόνια για πολυστερίνη, ανάλογα με τον τύπο του τοίχου.



Σχήμα 14: επίδραση των βαθμομερών και της θερμικής αντίστασης τοίχων για το βέλτιστο πάχος μόνωσης[11].

### 3.1.4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΩΝ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΜΟΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟ ΚΤΙΡΙΟΥ.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, το σύστημα κλιματισμού χρησιμοποιείται για την ψύξη του χώρου σε ένα κτίριο, λόγω του θερμού αέρα έξω από το κτίριο και την απορροφόηση της θερμότητας που παράγεται από τους ανθρώπους και τις συσκευές από το εσωτερικό κτιρίων, προκειμένου να παράσχει σύγχρονο εργασιακό περιβάλλον. Δεδομένου ότι ο εξοπλισμός αυτός λειτουργεί συνεχώς όλη την ώρα στην τροπική χώρα, η κατανάλωση ενέργειας και το κόστος για τον εξοπλισμό αυτό είναι αρκετά υψηλό.

Η μεγαλύτερη συνιστώσα του ψυκτικού φορτίου σε χώρους μέσα στο κτίριο είναι η θερμότητα που μεταφέρεται μέσω του τοιχώματος. Κάθε μείωση αυτού του ψυκτικού φορτίου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από conditioner. Επομένως, μια σωστή επιλογή μονωτικού υλικού με στόχο την επίτευξη αποδεκτής άνεσης για τους επιβαίνοντες στο κτίριο και μείωση του ψυκτικού φορτίου είναι επιτακτική. Μια σωστή επιλογή μονωτικού υλικού μειώνει επίσης έμμεσα τις εκπομπές από τη μονάδα παραγωγής ενέργειας. Η σωστή επιλογή μονωτικού υλικού σημαίνει ένα βέλτιστο πάχος μόνωσης, όπου το συνολικό κόστος της επένδυσης για τη μόνωση και την ψύξη μπορεί να ελαχιστοποιηθεί κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Το κόστος της εγκατάστασης της μόνωσης θα αυξηθεί με το πάχος, ενώ το κόστος της ψύξης θα μειωθεί έτσι όταν το συνολικό κόστος της μόνωσης και της ψύξης είναι ελάχιστο, το πάχος της μόνωσης είναι η βέλτιστο. Δεν εξοικονομείται ενέργεια με την αύξηση του πάχους της μόνωσης πέρα από το οικονομικό πάχος.

Υπάρχουν διάφορα είδη μονωτικών υλικών που διατίθενται στο εμπόριο όπως (fiberglass)ουρεθάνη, υαλοβάμβακας(σκληρός), ουρεθάνη (σκληρή), περλίτης, εξηλασμένη πολυστερίνη και ουρεθάνη. Παρ'όλα αυτά, είναι πολύ δύσκολο να επιλέξει κάποιος ποιο είναι το καλύτερο, δηλαδή ποιο είναι φτηνό και λεπτό, αλλά θα εξοικονομούσε ηλεκτρική ενέργεια του κλιματιστικού σημαντικά. Ο τοίχος του κτιρίου επηρεάζεται από τους τρεις μηχανισμούς μεταφοράς της θερμότητας: την αγωγή, τη συναγωγή και την ακτινοβολία. Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου θα μετατρέπεται σε θερμότητα με απορρόφηση και θα διαβιβάζονται στο κτίριο με αγωγή. Την ίδια στιγμή, κατακόρυφη θερμική διαβίβαση γίνεται από τον αέρα έξω από το κτίριο στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου και από την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου στον αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Προκειμένου να μειωθεί η ροή θερμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό κτιρίων που έχουν air conditioner σύστημα, χρησιμοποιείται μονωτικό υλικό. Αυτό το υλικό έχει πολύ μικρή θερμική απορρόφηση. Σε αυτή την περίπτωση, το κατάλληλο μονωτικό υλικό με το βέλτιστο πάχος του είναι αναγκαία προκειμένου να έχουμε ένα οικονομικό σύστημα κλιματισμού αέρα. Το πάχος της μόνωσης θα αυξήσει την αποδοτικότητα των επενδύσεων, ενώ το κόστος της ενέργειας θα μειωθεί, μέχρι σε ένα σημείο όπου το πάχος του υλικού είναι βέλτιστο και θα συμβάλει στην υψηλότερη συνολική εξοικονόμηση κόστους. Αυτό μπορεί να γίνει με τη διεξαγωγή του κόστους

του κύκλου ζωής ή ανάλυση του οφέλους στο κόστος, λόγω της εγκατάστασης του μονωτικού υλικού.

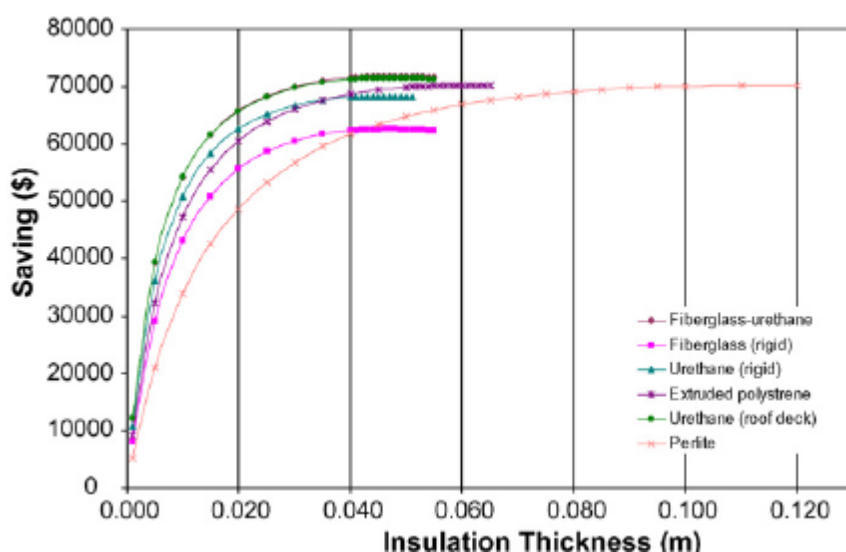
Το σύστημα κλιματισμού έχει σχεδιαστεί για να δημιουργήσει τη ρυθμισμένη θερμοκρασία μέσα στο δωμάτιο, όταν η θερμοκρασία στο δωμάτιο φθάνει τη ρυθμισμένη θερμοκρασία, το σύστημα θα σταματήσει αυτόματα. Έτσι, οι συνολικές ώρες λειτουργίας του κλιματιστικού θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης.

Σύμφωνα με μελέτη που διεξήχθη στη Μαλαισία [12] προέκυψαν αποτελέσματα, για μονωτικά υλικά, τα οποία βρίσκονται στον *πίνακα 34* και εμφανίζονται στο σχήμα 16. Η θερμική μετάδοση μέσα από τον τοίχο (QW), η κατανάλωση ενέργειας (EE), το κόστος της μόνωσης (Ci), το κόστος της κατανάλωσης ενέργειας (CF), και η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζονται σε συνάρτηση με το πάχος του μονωτικού υλικού. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι όταν το πάχος της μόνωσης αυξάνεται, το κόστος αυξάνεται, αλλά το κόστος της ενέργειας μειώνεται σημαντικά μέχρι που κάποια στιγμή το κόστος μόνωσης είναι περίπου ίσο με το κόστος της ενέργειας.

Πίνακας 34: πάχος μόνωσης και αποταμιεύσεις για διάφορα είδη μόνωσης[12].

Optimum insulation thickness and cost savings for each insulation material

Insulation material	Energy consumption (kWh/year)	Optimum thickness (m)	Life cycle savings (\$)
Fibreglass-urethane	4657.1	0.048	71773
Fiberglass (rigid)	6974.5	0.047	62528
Urethane (rigid)	5533.7	0.045	68250
Perlite	5151.2	0.11	70115
Extruded polystyrene	5081.9	0.060	70134
Urethane (roof deck)	4744.3	0.047	71450



Σχήμα 15: σύγκριση αποταμίευσης για διαφορετικά μονωτικά υλικά[12].

Το συνολικό κόστος (άθροισμα του κόστους μόνωσης και το κόστος ενέργειας) εξαρτάται από το πάχος της μόνωσης, όπου σε ένα ορισμένο πάχος το κόστος είναι ελάχιστο. Η εξοικονόμηση του κύκλου ζωής τους είναι απαραίτητη προϋπόθεση για το πάχος της μόνωσης. Πέρα από ένα ορισμένο πάχος, το οριακό κόστος θα υπερβεί τις οικονομίες, κάτι που σημαίνει ότι το πρόσθετο πάχος της μόνωσης υλικού δεν είναι οικονομικό πλέον. Το ελάχιστο πάχος μόνωσης επιτυγχάνεται όταν η εξοικονόμηση αρχίσει να πέφτει, καθώς το πάχος του μονωτικού υλικού αυξάνεται. Το ελάχιστο πάχος για fiberglass-ουρεθάνη βρίσκεται να είναι 0,048 μ. Τα βέλτιστα πάχη για άλλα μονωτικά υλικά συνοψίζονται στον *πίνακα 34*. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι fiberglass-ουρεθάνη είναι το πιο οικονομικό (εξοικονόμηση μέχρι και 71.773 δολάρια σε 20 χρόνια) ανάμεσα σε άλλα μονωτικά υλικά.

Αν δούμε τη θερμική αγωγιμότητα, ο Περλίτης έχει την υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα μεταξύ των μονωτικών υλικών. Όσο υψηλότερη είναι η θερμική αγωγιμότητα του μονωτικού υλικού τόσο χαμηλότερη η θερμική αντίσταση. Ως εκ τούτου πιο παχύ πάχος απαιτείται προκειμένου να πάρει τη βέλτιστη θερμομόνωση. Το πάχος του μονωτικού υλικού είναι ένα σημαντικό μέρος στο σχεδιασμό του κτιρίου το παχύ μονωτικό υλικό, θα μειώσει το χώρο του κτιρίου σημαντικά.

Χαμηλότερη τιμή θερμικής αγωγιμότητας σημαίνει μικρότερη θερμική μετάδοση. Ομοίως, το παχύτερο μονωτικό υλικό σημαίνει μικρότερη θερμική μετάδοση. Επομένως, πρέπει να υπάρχει σχέση μεταξύ της θερμικής αγωγιμότητας και ελάχιστο πάχος για κάθε μονωτικό υλικό. Ωστόσο, στις γνώσεις μας, αυτή η σχέση δεν έχει βρεθεί ακόμα. Στην παρούσα μελέτη διαπιστώνουμε ότι η σχέση μεταξύ της θερμικής αγωγιμότητας ( $k$ ) και ελάχιστου πάχους ( $x_{opt}$ ) είναι μη γραμμική. Όπως φαίνεται υπακούει ένα πολυώνυμο:  $x_{opt} = a + bk + Ck^2$ , όπου  $a = 0,0818$ ,  $b = 2.973$ , και  $c = 64,6$ . Αυτή η σχέση θα είναι πολύ σημαντική στο μέλλον, γιατί θα είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε το ελάχιστο πάχος του μονωτικού υλικού εύκολα (χωρίς να κάνει μεγάλη ανάλυση), γνωρίζοντας τη θερμική αγωγιμότητά του μόνο.

### 3.2 Επίδραση των υαλοπινάκων στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

#### 3.2.1 Επίδραση του ποσοστού επιφάνειας επί του κελύφους και του προσανατολισμού του υαλοπίνακα για το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου.

Έρευνα που έλαβε χώρα στο Αμάν[13], στοχεύει να μελετήσει την ενεργειακή απόδοση των παραθύρων ενός διαμερίσματος-κτιρίου στο Αμάν, προκειμένου να επιλεγούν τα πιο ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα που μπορούν να σώσουν περισσότερη ενέργεια, να αυξήσουν το φορτίο θέρμανσης το χειμώνα, το ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας και την εξοικονόμηση καυσίμων και χρημάτων μέσα στο χρόνο. Παραλλαγές του τύπου των υαλοπινάκων με οκτώ τύπους υαλοπινάκων (διαφανές γυαλί, οι

τύποι A, B, C, D, E, F και G) γίνονται για να ανακαλυφθεί ο καταλληλότερος τύπος υαλοπινάκων σε κάθε κατεύθυνση. Επίσης, ο προσανατολισμός του παραθύρου είναι ευμετάβλητος στις κύριες τέσσερις κατευθύνσεις (N, S, E και W). Η περιοχή των υαλοπινάκων ποικίλλει επίσης σε διαφορετικό προσανατολισμό ώστε να βρεθεί η επιρροή της περιοχής του παραθύρου στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, αν χρησιμοποιούνται ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα, η ευελιξία της επιλογής του υαλοπίνακα και του προσανατολισμού αυξάνεται.

Η ενέργεια είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για τη δημιουργία πλούτου, οικονομικής ανάπτυξης και κοινωνικής ανάπτυξης σε όλες τις χώρες. Είναι πολύ σημαντικό να σκεφτούμε πιο αποτελεσματικά για την ενέργεια και νέους πόρους των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επειδή δεν έχουμε ανεξάντλητες πηγές ενέργειας θα πρέπει να αρχίσουμε να περιορίζουμε την κατανάλωση ενέργειας και να εκμεταλλευτούμε την ηλιακή ενέργεια στα νέα σχέδια κτιρίων. Στο σχεδιασμό για σπίτια με χαμηλή ενέργεια, κατασκευαστικές λεπτομέρειες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι οποίες αφορούν: τοίχους, οροφές, ισόγεια και παράθυρα.

Τα παράθυρα είναι σημαντικά όχι μόνο γιατί προσφέρουν μία ωραία θέα, αλλά και γιατί αφήνουν το φως μέσα στο κτίριο δημιουργώντας ένα άνετο εσωτερικό περιβάλλον. Η κατασκευή ενός χαμηλής ενέργειας σπιτιού θα επιδιώξει να αξιοποιήσει το ηλιακό κέρδος από τα παράθυρα κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, προκειμένου γίνει αυτό, τα νότια παράθυρα θα προσφέρουν μια ανεμπόδιστη θέα του μικρού χειμωνιάτικου ήλιου κατά τη διάρκεια της μέσης της ημέρας. Γενικά, τα παράθυρα χάνουν περισσότερη θερμότητα από ό, τι κερδίζουν. Οι νέες τεχνολογίες παραθύρων αυξάνουν τα οφέλη της ενέργειας και την άνεση, και παράγουν περισσότερες πρακτικές επιλογές για τους καταναλωτές.

Οι τύποι παραθύρων που χρησιμοποιούνται σε κτίρια κατοικίας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις τύπους:

*Τύπος A.* Μονωτική μονάδα γυαλιού η οποία αποτελείται από: εξωτερικό τζάμι: 6 mm διαφανές γυαλί, εναέριο χώρο: 12 mm, εσωτερικό τζάμι: 6 mm , διαφανές γυαλί.

*Τύπος B.* Μονωτική μονάδα γυαλιού η οποία αποτελείται από: εξωτερικό τζάμι: 6 mm διαφανές γυαλί, εναέριο χώρο: 12 mm, εσωτερικό τζάμι: 6 mm , low-e

*Τύπος C.* Μονωτικό γυαλί που αποτελείται από: εξωτερικό τζάμι: 6 mm , εναέριο χώρο: 12 mm, εσωτερικό παράθυρο 6mm, διαφανές γυαλί.

*Τύπος D.* Μονωτικό γυαλί που αποτελείται από: εξωτερικό τζάμι: 6 mm , εναέριο χώρο: 12 mm, εσωτερικό τζάμι: 6 mm , διαφανές γυαλί.

Σε κατοικίες και εμπορικά κτίρια είναι τα εξής παρακάτω είδη εκτός από τους παραπάνω A-D τύπους:

*Τύπος E.* Μονωτική μονάδα γυαλιού η οποία αποτελείται από: εξωτερικό παράθυρο: 6mm μπλε φιμέ (Visteon), εναέριο χώρο: 12mm, εσωτερικό παράθυρο: 6mm διαφανές γυαλί.

*Τύπος F.* Μονωτική μονάδα γυαλιού η οποία αποτελείται από: εξωτερικό παράθυρο: 6mm χάλκινο Φιμέ (Glaverbel), εναέριο χώρο: 12mm, εσωτερικό παράθυρο: 6mm διαφανές γυαλί.



*Τύπος G.* Μονωτική μονάδα γυαλιού η οποία αποτελείται από: εξωτερικό παράθυρο: 6mm γκρι Φιμέ (Glauberbel), εναέριο χώρο: 12mm, εσωτερικό παράθυρο: 6mm διαφανές γυαλί.

Τα σχήματα 16-18 δείχνουν το ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας ή τις απώλειες ενέργειας ως συνάρτηση του υαλοπίνακα σε σχέση με την περιοχή του τοίχου για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με διείσδυση.

Το *σχήμα 16* δείχνει την επίδραση της χρήσης διαφανών υαλοπινάκων για το ποσοστό της αποταμίευσης ενέργειας ως συνάρτηση του υαλοπίνακα για όλες τις βασικές κατευθύνσεις με και χωρίς διείσδυση. Χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις της ενέργειας, έχει διαπιστωθεί ότι το καθαρό γυαλί είναι πολύ αποτελεσματικό στις νότιες, δυτικές και ανατολικές κατευθύνσεις. Επίσης, διαπιστώνεται ότι το ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας αυξάνεται ανάλογα με το ποσοστό των υαλοπινάκων στον τοίχο, που εκτίθενται. Αυτή η σχέση μεταξύ της εξοικονόμησης ενέργειας και των υαλοπινάκων αντιστρέφεται για την βόρεια κατεύθυνση, δηλαδή όσο αυξάνεται το ποσοστό του υαλοπίνακα από διαφανές γυαλί στη βόρεια κατεύθυνση, τόσο αυξάνονται και οι απώλειες ενέργειας. Το αρνητικό πρόσημο της εξοικονόμησης ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση σημαίνει ότι οι απώλειες ενέργειας είναι υψηλότερες από την ενέργεια που αποταμιεύεται.

Το γυαλί τύπου A εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια σε όλες τις κατευθύνσεις από ότι το διαφανές γυαλί όπως φαίνεται στο *σχήμα 17*, που δείχνει την επίδραση της χρήσης γυαλιού τύπου A στο ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας σαν συνάρτηση του υαλοπίνακα με τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας λόγω διείσδυσης.

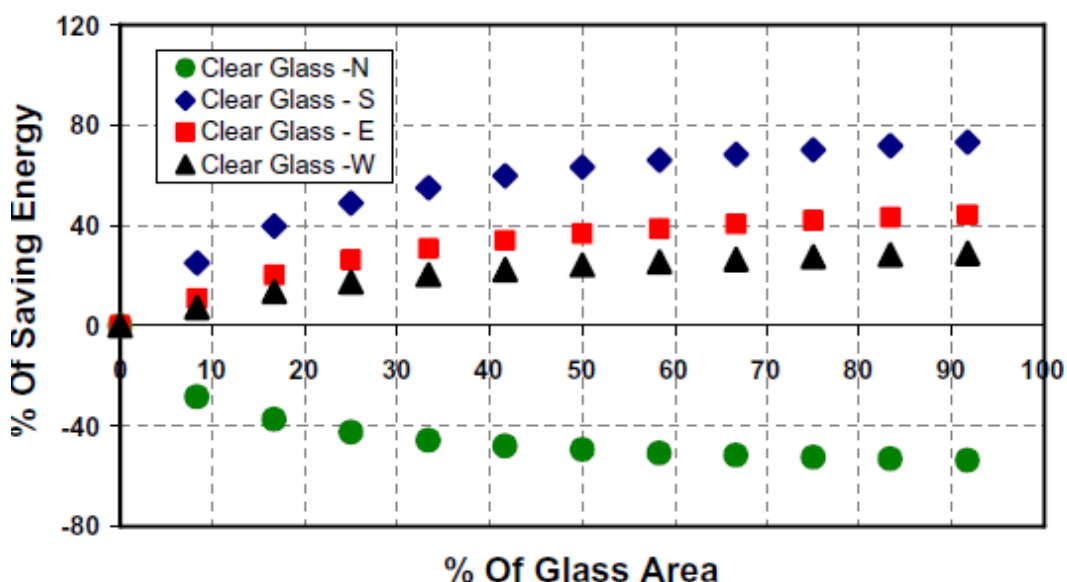
Το ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας, όταν ο υαλοπίνακας είναι κατασκευασμένος από γυαλί τύπου A είναι πολύ υψηλό και φτάνει στο 250% για τη νότια κατεύθυνση όταν ολόκληρη η ζώνη του τοίχου είναι κατασκευασμένη από γυαλί. Η τιμή αυτή είναι τρεις φορές υψηλότερη από εκείνη για το διαφανές γυαλί. Στη βόρεια κατεύθυνση, η αυξημένη περιοχή (υαλοπινάκων) έχει μια μικρή επίδραση στην εξοικονόμηση ενέργειας και ακόμα χάνει ένα μικρό ποσό ενέργειας, μπορεί επίσης να αποθηκευτεί περισσότερη ενέργεια στη νότια κατεύθυνση, αυξάνοντας την περιοχή των υαλοπινάκων, όπως φαίνεται στο *σχήμα 17*. Η ενέργεια που εξοικονομείται με τη χρήση γυαλιού τύπου B φτάνει περίπου πέντε φορές την εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση διαφανών υαλοπινάκων στη νότια κατεύθυνση η οποία μπορεί να μειώσει το φορτίο θέρμανσης το χειμώνα. Αυτός ο τύπος υαλοπίνακα (Τύπος B) μπορεί επίσης να αποθηκεύσει ένα καλό ποσό της ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση γεγονός που τον καθιστά πολύ κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί στα βόρεια υψώματα ή προσανατολισμούς των κτιρίων, όπως φαίνεται στο *σχήμα 18*. Το γυαλί τύπου B είναι το μόνο είδος γυαλιού που μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια στη βόρεια κατεύθυνση.

Η χρήση του γυαλιού τύπου C στη βόρεια κατεύθυνση προκαλεί απώλειες ενέργειας οι οποίες μπορεί να φθάσουν το 20%, όταν ο τοίχος είναι εντελώς από τζάμι, αλλά είναι πιο αποτελεσματική στη νότια κατεύθυνση όπου αυξάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας όσο αυξάνεται το ποσοστό του γυαλιού. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του γυαλιού τύπου D με διαφανές γυαλί, είναι σαφές ότι το ποσό της εξοικονόμησης ενέργειας στην περίπτωση του γυαλιού

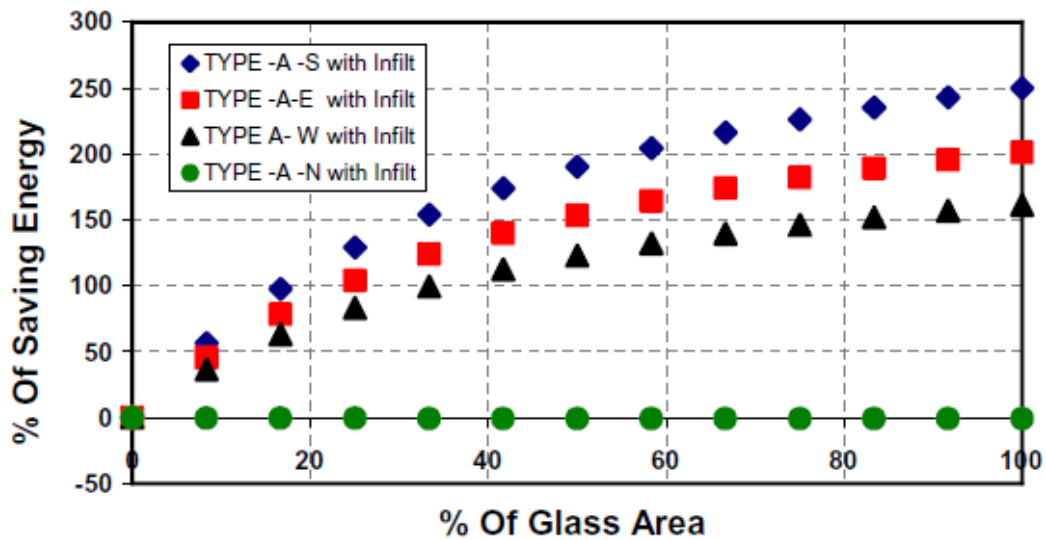
τύπου D είναι μεγαλύτερο από ότι του διαφανούς γυαλιού σε όλες τις κατευθύνσεις.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση, για το γυαλί τύπου A έχει αρνητικό πρόσημο (απώλειες ενέργειας). Αυτό σημαίνει ότι το γυαλί τύπου A μπορεί να θεωρηθεί σαν δεύτερη επιλογή μετά το γυαλί τύπου B για τη βόρεια κατεύθυνση. Οι τύποι E, ΣΤ και Z έχουν περίπου το ίδιο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας σε όλες τις κατευθύνσεις και μπορούν να εξοικονομήσουν περίπου 160% της ενέργειας στη νότια κατεύθυνση και χάνουν περίπου το 20% της ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση. Οι επιδόσεις των τύπων E, ΣΤ και Z είναι υψηλότερες από εκείνες του καθαρού γυαλιού και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι περίπου διπλάσια από ό, τι στο διαφανές γυαλί (clear glass). Οι πίνακες 35-38 συνοψίζουν τα αποτελέσματα της εξοικονόμησης ενέργειας ή απωλειών ενέργειας για διάφορα είδη υαλοπινάκων για όλους τους τύπους γυαλιών με την παρουσία διείσδυσης για τις τέσσερις βασικές κατευθύνσεις.

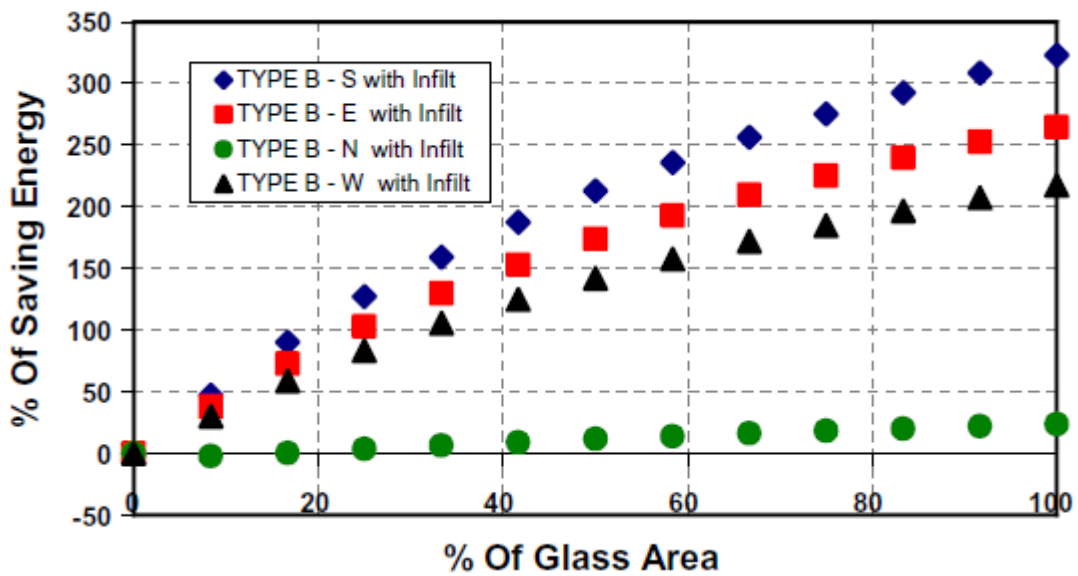
Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι η αύξηση του ποσοστού των υαλοπινάκων στη νότια κατεύθυνση, μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια το χειμώνα, ανάλογα με τον τύπο του γυαλιού όπως φαίνεται στους πίνακες 33-36. Επίσης, διαπιστώνεται ότι ο καλύτερος τρόπος για την εξοικονόμηση ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση είναι η μείωση του ποσοστού των υαλοπινάκων όσο το δυνατόν περισσότερο. Ορισμένοι τύποι γυαλιών είναι πιο αποτελεσματικοί από άλλους και οι περισσότεροι τύποι υαλοπινάκων προκαλούν απώλειες θερμότητας στη βόρεια κατεύθυνση, εκτός από τον τύπο B που μπορεί να εξοικονομήσει ένα εύλογο ποσό ενέργειας σε αυτήν την κατεύθυνση.



Σχήμα 16: δείχνει την επίδραση της χρήσης διαφανών υαλοπινάκων για το ποσοστό της αποταμίευσης ενέργειας ως συνάρτηση του υαλοπίνακα για όλες τις βασικές κατευθύνσεις με και χωρίς διείσδυση[13].



Σχήμα 17: επίδραση της χρήσης γυαλιού τύπου Α στο ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας σαν συνάρτηση του υαλοπίνακα με τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας λόγω διείσδυσης[13].



Σχήμα 18: επίδραση της χρήσης γυαλιού τύπου Β στο ποσοστό της εξοικονόμησης ενέργειας σαν συνάρτηση του υαλοπίνακα με τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας λόγω διείσδυσης[13].

Πίνακας 35:εξοικονόμηση ή απώλεια ενέργειας για ποσοστά υαλοπινάκων για όλα τα είδη γυαλιών για τη βόρεια κατεύθυνση[13].

Orientation: North						
	% Energy saving					
% A <sub>Glass</sub>	8	25	50	75	100	
Clear	-25	-40	-48	-51	-53	
Type A	-8	-11	-11	-11	-11	
Type B	-2	4	12	18	24	
Type C	-12	-19	-24	-27	-28	
Type D	-7	-8	-7	-5	-4	
Type E	-12	-19	-24	-27	-28	
Type F	-12	-21	-26	-28	-30	
Type G	-12	-21	-26	-28	-30	

Πίνακας 36: εξοικονόμηση ή απώλεια ενέργειας για ποσοστά υαλοπινάκων για όλα τα είδη γυαλιών για νότιο προσανατολισμό[13].

Orientation: South						
	% Energy saving					
% A <sub>Glass</sub>	8	25	50	75	100	
Clear	25	49	63	70	74	
Type A	44	106	160	193	215	
Type B	47	127	213	275	323	
Type C	22	57	88	108	122	
Type D	29	79	134	172	202	
Type E	25	64	98	120	135	
Type F	24	60	93	113	127	
Type G	24	60	93	113	127	

Πίνακας 37: εξοικονόμηση ή απώλεια ενέργειας για ποσοστά υαλοπινάκων για όλα τα είδη γυαλιών για ανατολικό προσανατολισμό[13].

Orientation: East						
	% Energy saving					
% A <sub>Glass</sub>	8	25	50	75	100	
Clear	15	31	42	47	50	
Type A	34	83	127	153	171	
Type B	38	103	174	225	265	
Type C	15	42	66	81	92	
Type D	22	62	106	138	162	
Type E	18	48	75	91	103	
Type F	17	45	70	86	96	
Type G	17	45	70	86	96	

Πίνακας 38: εξοικονόμηση ή απώλεια ενέργειας για ποσοστά υαλοπινάκων για όλα τα είδη γυαλιών για δυτικό προσανατολισμό[13].

Orientation: West					
	% Energy saving				
% A <sub>Glass</sub>	8	25	50	75	100
Clear	7	17	24	27	29
Type A	26	65	100	121	136
Type B	30	84	142	185	217
Type C	10	30	48	60	68
Type D	16	49	84	110	129
Type E	12	34	55	68	78
Type F	11	32	51	63	72
Type G	11	32	51	63	72

Μια ολοκληρωμένη σύγκριση για οκτώ τύπους υαλοπινάκων γίνεται για να συγκριθεί το ύψος της εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε τύπο γυαλιού σε όλες τις κατευθύνσεις και για διαφορετικό ποσοστό υαλοπινάκων για να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός για το σχεδιαστή ώστε να επιλέξει τα πιο αποδοτικά- από ενεργειακής άποψης-παράθυρα. Η σύγκριση των ενεργειακών εξοικονομήσεων ή απωλειών για τις οκτώ κατηγορίες υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται στη βόρεια κατεύθυνση για μια περιοχή τοιχώματος 12m<sup>2</sup> και για ένα ποσοστό υαλοπινάκων κυμαίνεται από 0% έως 100%. Με τη διεξαγωγή της προσομοίωσης για κάθε τύπο υαλοπίνακα και ποσοστό, διαπιστώνεται, όπως φαίνεται στο σχ.18 ότι το γυαλί τύπου B μπορεί να σώσει το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση επομένως είναι πολύ χρήσιμο να χρησιμοποιηθεί στα βόρεια υψόμετρα.

Οι άλλοι τύποι γυαλιών δεν είναι ενεργειακά αποδοτικοί, στη βόρεια κατεύθυνση. Η εξοικονόμηση ενέργειας αυξάνεται με την αύξηση της έκτασης(ποσοστού) του παραθύρου για τον τύπο B, αλλά αν άλλοι τύποι γυαλιών χρησιμοποιούνται στη βόρεια κατεύθυνση, τότε περισσότερες απώλειες ενέργειας μπορεί να προκύψουν καθώς αυξάνεται η έκταση των υαλοπινάκων. Ως εκ τούτου, συνιστάται να μειωθεί η έκταση του παραθύρου στο ελάχιστο εάν οι άλλοι τύποι υαλοπινάκων χρησιμοποιούνται για να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας από το θερμαινόμενο χώρο.

Από την άλλη πλευρά, εάν ένα παράθυρο χρησιμοποιείται στη νότια κατεύθυνση, τότε η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί για όλους τους τύπους υαλοπινάκων όπως φαίνεται στο *σχήμα 19*. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για προσομοιώσεις της ενέργειας στο *σχήμα 19* αν οκτώ τύποι υαλοπινάκων εγκατασταθούν στη νότια κατεύθυνση ενός τοίχου που έχει έκταση 12 m<sup>2</sup> και η περιοχή των υαλοπινάκων κυμαίνεται από 0 έως 12 m<sup>2</sup>. Διαπιστώθηκε ότι η αύξηση του ποσοστού των παραθύρων επί του κελύφους στη νότια κατεύθυνση, μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια για κάθε τύπο γυαλιού. Επιπλέον, η αύξηση του ποσοστού του υαλοπίνακα επί του κελύφους με νότιο προσανατολισμό μειώνει τις απαιτήσεις θέρμανσης αν χρησιμοποιηθούν low-e παράθυρα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στις ανατολικές και δυτικές κατευθύνσεις για διαφορετικά ποσοστά υαλοπινάκων και για τα διάφορα είδη γυαλιών μπορεί να αποδειχθεί στα *σχήματα 20 και 21*. Όπως μπορεί να αποδειχθεί, η αύξηση της έκτασης των υαλοπινάκων για κάθε τύπο γυαλιού στην ανατολική και δυτική κατεύθυνση μπορεί να προσφέρει μία καλή ευκαιρία για εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης, διαπιστώνεται ότι η αύξηση της περιοχής των υαλοπινάκων στη δυτική ή ανατολική κατεύθυνση μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια τη χειμερινή περίοδο, ανάλογα με τον τύπο του υαλοπίνακα. Η εξοικονόμηση ενέργειας στη δυτική ή ανατολική κατεύθυνση είναι μικρότερη από την εξοικονόμηση ενέργειας στη νότια κατεύθυνση, αλλά είναι υψηλότερη από την εξοικονόμηση ενέργειας στη βόρεια κατεύθυνση. Η εξοικονόμηση ενέργειας στην ανατολική κατεύθυνση είναι ελαφρώς υψηλότερη από ότι η εξοικονόμηση ενέργειας στη δυτική κατεύθυνση για τους εξεταζόμενους τύπους υαλοπινάκων. Αυτή η μικρή διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας μεταξύ ανατολικής και δυτικής κατεύθυνσης οφείλεται σε μικρές διαφορές στο ψυκτικό φορτίο κατά τη διάρκεια της ημέρας μεταξύ ανατολής και δύσης του ηλίου.

Η επιλογή του βέλτιστου μεγέθους παραθύρου για κάθε κατεύθυνση δεν εξαρτάται μόνο από το ύψος της εξοικονόμησης ενέργειας που παρέχεται από το παράθυρο, αλλά και το κόστος των υαλοπινάκων και το ποσό των χρημάτων που θα εξοικονομηθούν. Ως εκ τούτου, ο καλύτερος τύπος του παραθύρου από ενεργειακή άποψη, μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

- Εξοικονομεί ενέργεια
- Μειώνει την απώλεια θερμότητας
- Εξοικονομεί χρήματα
- Έχει χαμηλό κόστος.

Για να μελετηθεί το οικονομικό αποτέλεσμα της χρήσης ενός συγκεκριμένου είδους και μεγέθους παραθύρου, μελετήθηκε ένα δωμάτιο με  $4 \times 4\text{m}^2$  και ένας τοίχος ύψους 3 μ. έχει χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας ή των απωλειών από έναν τοίχο έκθεσης το οποίο έχει ένα παράθυρο με μια ορισμένη περιοχή. Ένα σύστημα θέρμανσης με μια ορισμένη ικανότητα είναι απαραίτητο για τη θέρμανση του χώρου που μελετάται στην περίπτωση του χειμώνα.

Ορισμένοι παράγοντες επηρεάζουν το κόστος ιδιοκτησίας και λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, όπως το κόστος εγκατάστασης, οι λειτουργικές δαπάνες και οι δαπάνες συντήρησης, αλλά το κόστος αυτό θεωρήθηκε το ίδιο και στην παρούσα μελέτη με και χωρίς αύξηση της θερμότητας από την ηλιακή ενέργεια μέσα από τα παράθυρα.

Μια σύγκριση μεταξύ του συνολικού κόστους του παραθύρου σε διαφορετικές περιοχές υαλοπινάκων και τα χρηματικά κέρδη που προκύπτουν από την εξοικονόμηση ενέργειας σε 1 χρόνο έχει υπολογιστεί και παρουσιάζεται στα *σχήματα 22 και 23* για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων, διάφορες εκτάσεις υαλοπινάκων και διαφορετικούς προσανατολισμούς. Η προσομοίωση της ενέργειας έχει διενεργηθεί για διάφορες εκτάσεις υαλοπινάκων που κυμαίνονται από 1 έως  $12\text{ m}^2$  και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για 17% ποσοστό υαλοπινάκων και για τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς (N, E, S, W). Τα στοιχεία απεικονίζονται σε τέτοιο τρόπο ώστε ο άξονας y να αντιπροσωπεύει το κόστος κεφαλαίου

του παραθύρου καθώς και το κέρδος ή απώλεια χρημάτων σε 1 έτος για μια συγκεκριμένη έκταση γυαλιού και ο άξονας x να αντιπροσωπεύει τα διάφορα είδη των υαλοπινάκων. Το κόστος κεφαλαίου του παραθύρου και το ποσό των χρημάτων που αποθηκεύονται ή χάνονται σε 1 χρόνο για τα οκτώ είδη υαλοπινάκων απεικονίζονται στο *σχήμα 22* για βόρεια κατεύθυνση. Όπως μπορεί να αποδειχθεί από αυτό το σχήμα, δεν συνιστάται να υπάρχει ένα παράθυρο στο βορρά.

Οι απώλειες ενέργειας αυξάνονται με την αύξηση του μεγέθους του παραθύρου και ως εκ τούτου δεν υπάρχει κέρδος, αλλά απώλειες χρημάτων. Έτσι, εκτός από το κόστος του παραθύρου, υπάρχει απώλεια ενέργειας για όλους τους τύπους παραθύρων, εκτός από τον τύπο Β που μπορεί να εξοικονομήσει ένα μικρό ποσό ενέργειας. Το ποσό της ενέργειας που εξοικονομήθηκε στην βόρεια κατεύθυνση για παράθυρα Τύπου Β είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με το κόστος της και συνεπώς, δεν είναι εφικτό να έχουμε οικονομικά παράθυρα στη βόρεια κατεύθυνση.

Το *σχήμα 23* αντιπροσωπεύει το κόστος κεφαλαίου του γυαλιού του παραθύρου και το χρηματικό ποσό αποταμίευσης σε 1 έτος για τα διάφορα είδη υαλοπινάκων στη νότια κατεύθυνση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει πάντα μια εξοικονόμηση στον τομέα της ενέργειας και κατά συνέπεια εξοικονόμηση χρημάτων για όλα τα είδη των υαλοπινάκων τα οποία είναι εγκατεστημένα στη νότια κατεύθυνση και το ύψος της εξοικονόμησης αυξάνεται με την αύξηση της περιοχής των υαλοπινάκων.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης για το κόστος γυαλιού και το ποσό της εξοικονόμησης ενέργειας στη νότια κατεύθυνση, δείχνει ότι η αύξηση της νότιας περιοχής των υαλοπινάκων θα εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια και χρήματα, αν χρησιμοποιηθούν διαφανές γυαλί και γυαλί τύπου Α. Ο τύπος Β μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερα χρήματα σε σύγκριση με το διαφανές γυαλί, αλλά το αρχικό κόστος του είναι πολύ υψηλό και έτσι δεν είναι οικονομικά συμφέρον. Ο τύπος Α μπορεί να θεωρηθεί ο καλύτερος τύπος στη νότια κατεύθυνση, διότι εξοικονομεί περισσότερα χρήματα από ό,τι τα άλλα είδη γυαλιών και η τιμή του είναι αποδεκτή. Επίσης το διαφανές γυαλί είναι πολύ καλό και το αρχικό κόστος του είναι χαμηλό, επομένως αυτό το είδος παραθύρου είναι πολύ συμφέρον να χρησιμοποιείται το χειμώνα. Όπως είναι γνωστό, το γυαλί τύπου Α αποτελείται από δύο στρώσεις καθαρό γυαλί με 12 mm απόσταση αέρα.

Σύγκριση ως προς την εξοικονόμηση χρημάτων για κάθε τύπο υαλοπίνακα στη νότια κατεύθυνση έχει πραγματοποιηθεί και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο *σχήμα 24*. Αυτό το σχήμα παρουσιάζει το ποσό των χρημάτων που εξοικονομούνται στη νότια κατεύθυνση για κάθε τύπο υαλοπίνακα ως συνάρτηση της έκτασης των υαλοπινάκων. Όπως είναι αναμενόμενο, περισσότερη ενέργεια ή χρήματα μπορούν να σωθούν εάν αυξηθεί η έκταση των υαλοπινάκων. Επίσης, το *σχήμα 24* δείχνει ότι περισσότερα χρήματα ή ενέργεια μπορεί να εξοικονομηθεί εάν τύπος γυαλιού Α ή Β χρησιμοποιείται στη νότια κατεύθυνση. Τα δεδομένα στο *σχήμα 24* δεν δείχνουν το κόστος κεφαλαίου των υαλοπινάκων και ως εκ τούτου δεν μπορούν να ληφθούν ως οδηγός για την επιλογή του καλύτερου τύπου υαλοπίνακα. Συνήθως, η περίοδος αποπληρωμής μπορεί να ληφθεί ως οδηγός για την επιλογή του πιο οικονομικού τύπου υαλοπίνακα. Το *σχήμα 26* δείχνει

μια σύγκριση της απόσβεσης του κόστους για κάθε τύπο υαλοπίνακα στη νότια κατεύθυνση ως συνάρτηση της έκτασης των υαλοπινάκων. Η σύγκριση δείχνει ότι η περίοδος αποπληρωμής για το διαφανές γυαλί είναι μικρότερη από άλλα είδη, ενώ η περίοδος αποπληρωμής των τύπων γυαλιού Α και Β είναι λογική. Συνιστάται η χρήση γυαλιού τύπου Α στη νότια κατεύθυνση, ακόμη και αν η περίοδος αποπληρωμής είναι περίπου 5 έτη ενώ η περίοδος αποπληρωμής του διαφανούς γυαλιού είναι περίπου 2 χρόνια. Το διαφανές γυαλί μπορεί να χρησιμοποιηθεί συχνά, αλλά το γυαλί τύπου Α μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια και συνεπώς, περισσότερα χρήματα από ότι το διαφανές γυαλί και είναι πιο συμφέρον για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το γυαλί τύπου Γ ή ΣΤ ή Ζ δεν συνιστάται να χρησιμοποιούνται στη νότια κατεύθυνση, διότι η περίοδος αποπληρωμής του είναι πάρα πολύ μεγάλη, όπως φαίνεται στο *σχήμα 25*.

Το *σχήμα 26* δείχνει τα αποτελέσματα του αρχικού κόστους του παραθύρου και της εξοικονόμησης χρημάτων για όλα τα είδη γυαλιών στην ανατολική κατεύθυνση και το *σχήμα 27* δείχνει τα ίδια αποτελέσματα, αλλά για τη δυτική κατεύθυνση. Τα στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχει πάντα μια εξοικονόμηση χρημάτων για όλα τα είδη υαλοπινάκων που είναι εγκατεστημένα στις ανατολικές και δυτικές κατευθύνσεις και το ποσό της εξοικονόμησης χρημάτων αυξάνεται με την αύξηση της περιοχής του υαλοπίνακα. Το ποσό χρημάτων που εξοικονομούνται στις δυτικές ή ανατολικές κατευθύνσεις είναι μικρότερο από το ποσό των χρημάτων που εξοικονομούνται στη νότια κατεύθυνση για τον ίδιο τύπο γυαλιού και τη ίδια επιφάνεια υαλοπίνακα. Επίσης, το κέρδος χρημάτων στην ανατολική κατεύθυνση είναι πολύ κοντά σε εκείνο στη δυτική κατεύθυνση. Τα *σχήματα 26 και 27* δείχνουν ότι η καλύτερη επιλογή για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό είναι το γυαλί τύπου Α και το διαφανές γυαλί. Και οι δύο τύποι μπορούν να εξοικονομήσουν περισσότερη ενέργεια και χρήματα από τους άλλους τύπους γυαλιών.

Ο τύπος Β μπορεί να εξοικονομήσει χρήματα περισσότερα από το διαφανές γυαλί, αλλά το αρχικό κόστος του είναι πολύ υψηλό και η περίοδος αποκατάστασης για το κόστος του είναι μεγαλύτερη από εκείνη για το διαφανές γυαλί. Επίσης, συνιστάται να αυξηθεί η επιφάνεια των υαλοπινάκων τύπου Α ή διαφανούς γυαλιού στην ανατολική και δυτική κατεύθυνση όσο το δυνατόν περισσότερο για να αποθηκεύεται περισσότερη ενέργεια και περισσότερα χρήματα επειδή οι δύο αυτοί τύποι είναι πολύ αποτελεσματικοί.

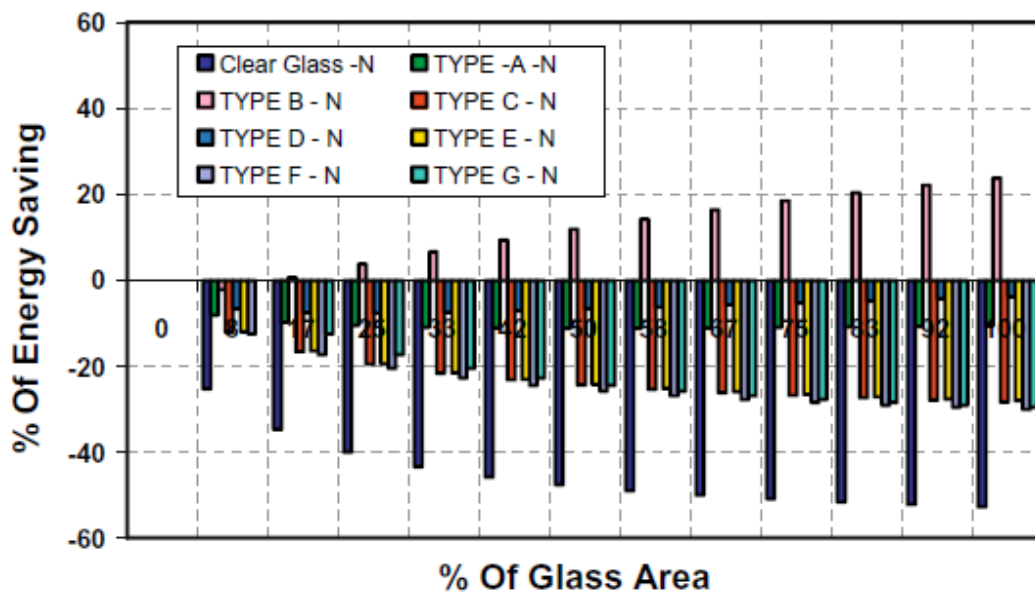
Η σύγκριση του ποσού της εξοικονόμησης χρημάτων για κάθε τύπο υαλοπινάκων στην ανατολή και δύση ως συνάρτηση της επιφάνειας του υαλοπίνακα παρουσιάζονται στα *σχήματα 28 και 29*. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα *σχήματα 28 και 29* για την ανατολική και δυτική κατεύθυνση είναι παρόμοια με τα παραγόμενα αποτελέσματα για τη νότια κατεύθυνση. Περισσότερα χρήματα ή ενέργεια μπορούν να σωθούν αν γυαλί τύπου Α ή Β χρησιμοποιείται στην ανατολική, δυτική και νότια κατεύθυνση.

Τα *σχήματα 30 και 31* δείχνουν τη σύγκριση της απόσβεσης του κόστους κάθε τύπου υαλοπίνακα στην ανατολική και δυτική κατεύθυνση, ως συνάρτηση της επιφάνειας των υαλοπινάκων. Ο καλύτερος τύπος υαλοπινάκων που δίνει μικρότερη περίοδο αποπληρωμής είναι το καθαρό γυαλί και στη συνέχεια τα είδη γυαλιού Α και Β. Όπως εξηγήθηκε και

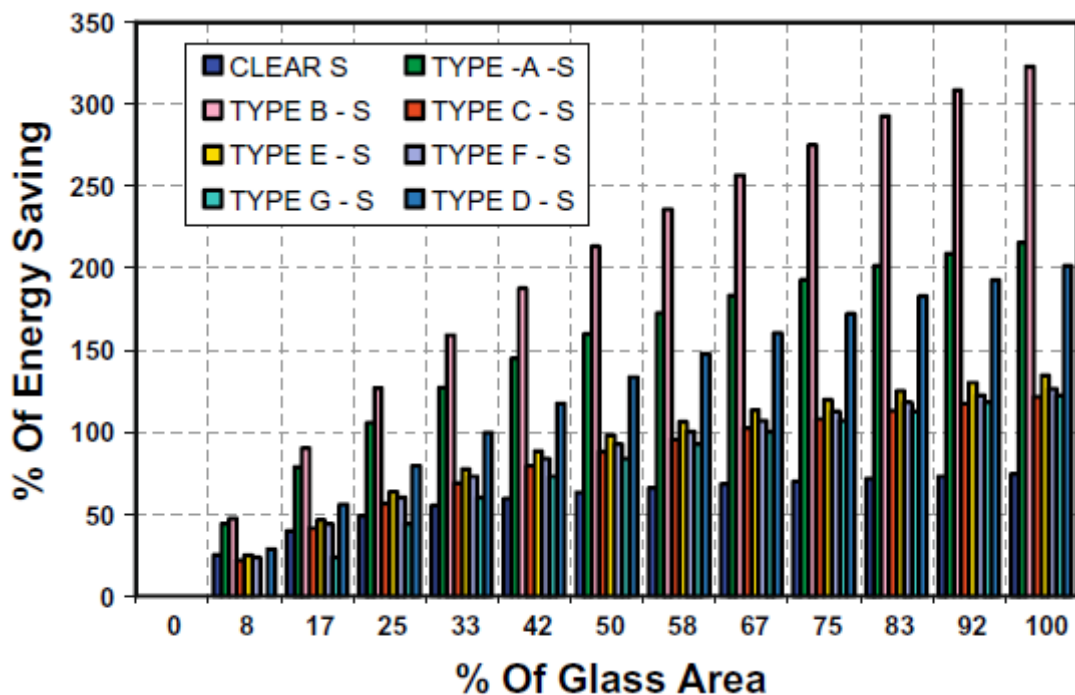


προηγουμένως, τα είδη γυαλιού A και B μπορούν να εξοικονομήσουν περισσότερη ενέργεια και περισσότερα χρήματα από ότι το διαφανές γυαλί στην ανατολική και δυτική κατεύθυνση. Οι άλλοι τύποι γυαλιών δε συνιστώνται να χρησιμοποιούνται στην ανατολή και δύση, διότι η περίοδος αποπληρωμής τους είναι πολύ υψηλή, όπως φαίνεται στα *σχήματα 30 και 31*.

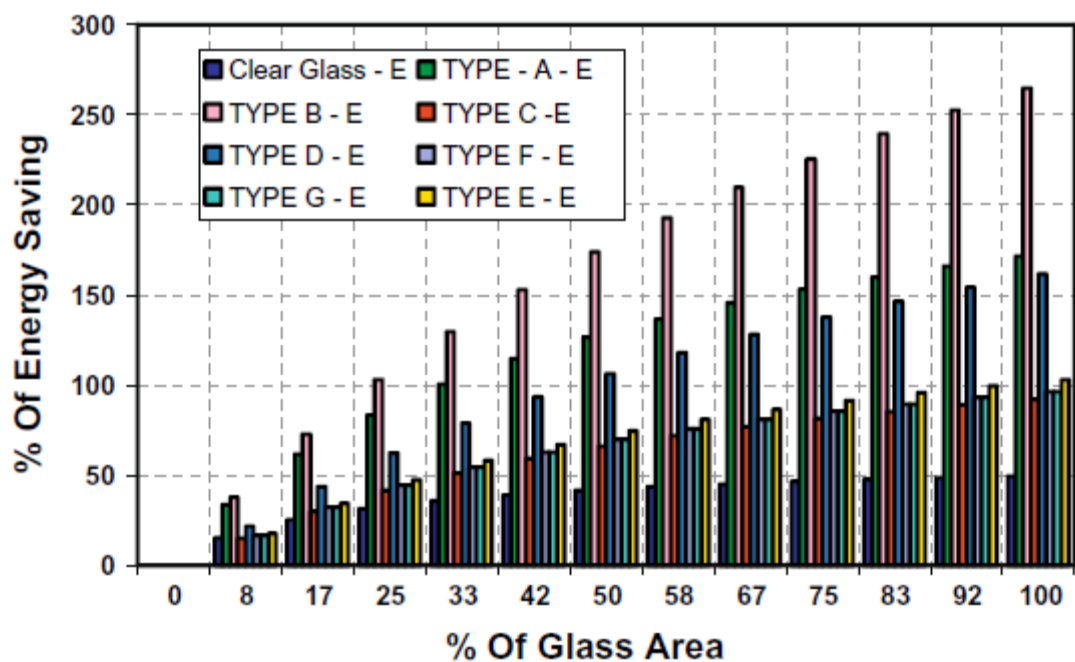
Τέλος, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι υαλοπίνακες στη βόρεια κατεύθυνση συνήθως χάνουν ενέργεια. Μειώνοντας έτσι το χώρο των υαλοπινάκων στη βόρεια κατεύθυνση μπορούμε να εξοικονομήσουμε ενέργεια και χρήματα. Το γυαλί τύπου B συνιστάται να χρησιμοποιείται για τη βόρεια κατεύθυνση, διότι μπορεί να μειώσει τις απώλειες ενέργειας και να εξοικονομήσει ενέργεια στη βόρεια κατεύθυνση και αυξάνοντας τις περιοχές των υαλοπινάκων τύπου B μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια και χρήματα στη βόρεια κατεύθυνση όπως φάνηκε στα αποτελέσματα. Από την άλλη πλευρά, διαπιστώθηκε ότι η αύξηση της επιφάνειας του υαλοπίνακα στο νότο, ανατολή και δύση μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερη ενέργεια και, συνεπώς, περισσότερα χρήματα. Συνιστάται να αυξηθεί το μέγεθος των παραθύρων σε αυτές τις κατευθύνσεις και κυρίως στη νότια κατεύθυνση. Ο τύπος A και το διαφανές γυαλί είναι οι καλύτερες επιλογές σε αυτές τις τρεις κατευθύνσεις, όπως εξηγήθηκε προηγουμένως.



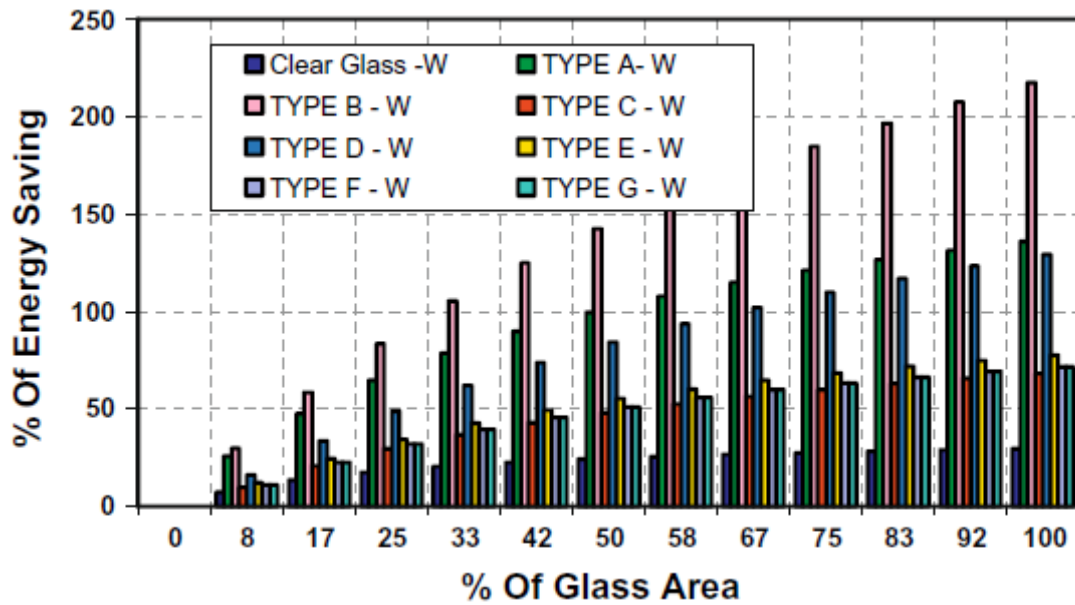
Σχήμα 18: σύγκριση των ενεργειακών εξοικονομήσεων ή απωλειών για τις 8 κατηγορίες υαλοπινάκων με ποσοστό υαλοπίνακα επί του κελύφους από 0-100% για βόρειο προσανατολισμό[13].



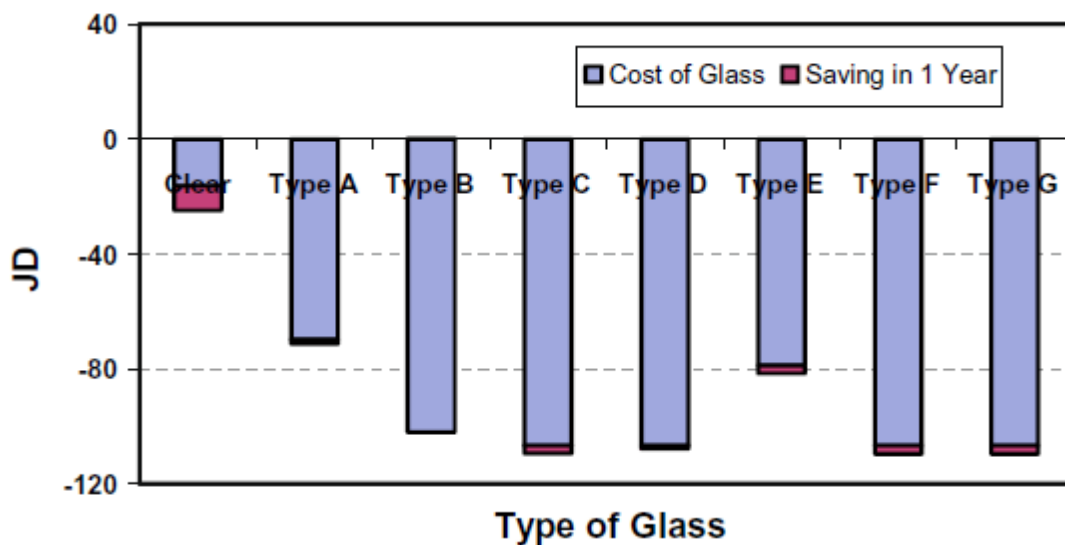
Σχήμα 19: σύγκριση των ενεργειακών εξοικονομήσεων ή απωλειών για τις 8 κατηγορίες υαλοπινάκων με ποσοστό υαλοπίνακα επί του κελύφους από 0-100% για νότιο προσανατολισμό[13].



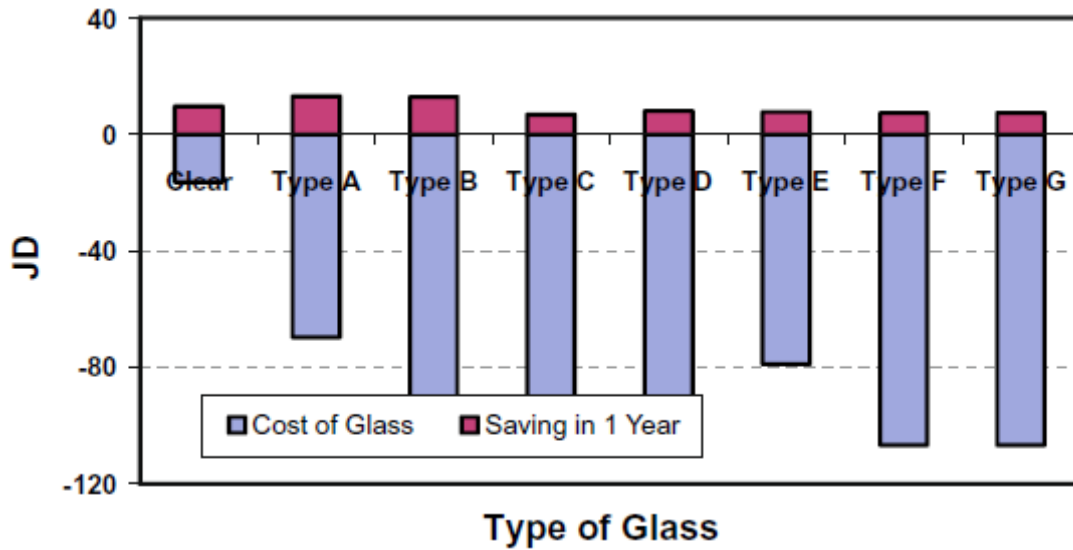
Σχήμα 20: σύγκριση των ενεργειακών εξοικονομήσεων ή απωλειών για τις 8 κατηγορίες υαλοπινάκων με ποσοστό υαλοπίνακα επί του κελύφους από 0-100% για ανατολικό προσανατολισμό[13].



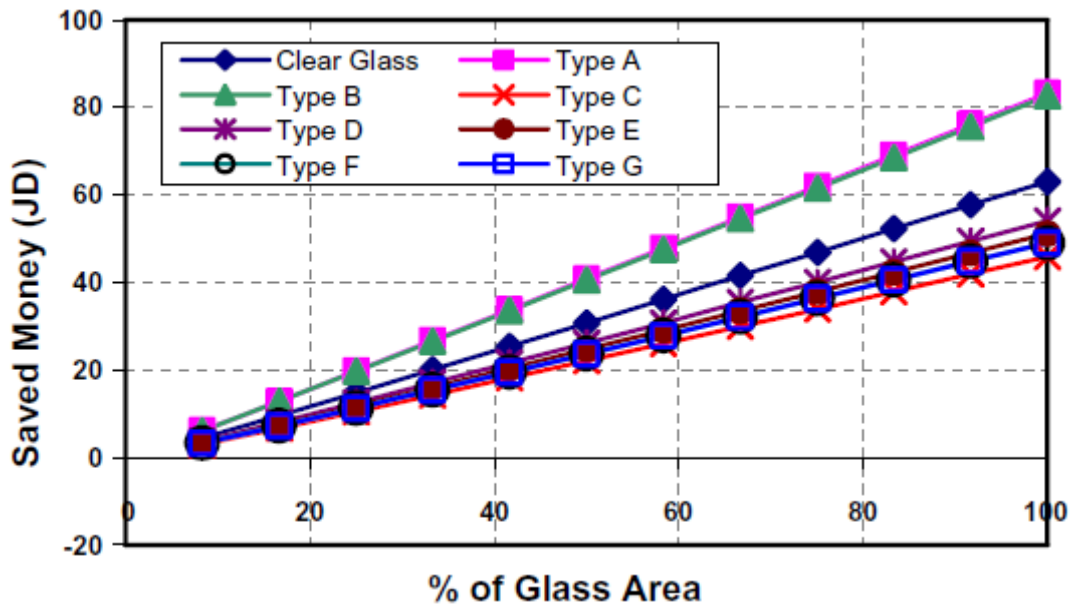
Σχήμα 21: σύγκριση των ενεργειακών εξοικονομήσεων ή απωλειών για τις 8 κατηγορίες υαλοπινάκων με ποσοστό υαλοπίνακα επί του κελύφους από 0-100% για δυτικό προσανατολισμό[13].



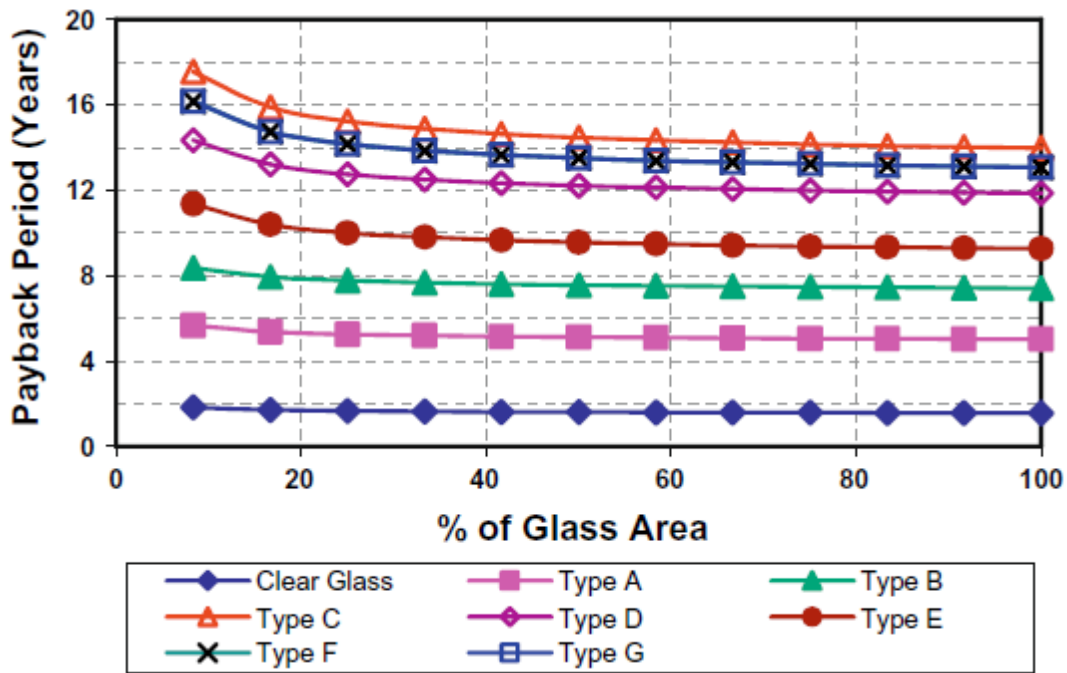
Σχήμα 22: σύγκριση του κόστους υαλοπίνακα και των συνολικών απωλειών ή κερδών για όλους τους τύπους υαλοπινάκων και ποσοστό υαλοπίνακα 17% επί του κελύφους, στη βόρεια κατεύθυνση[13].



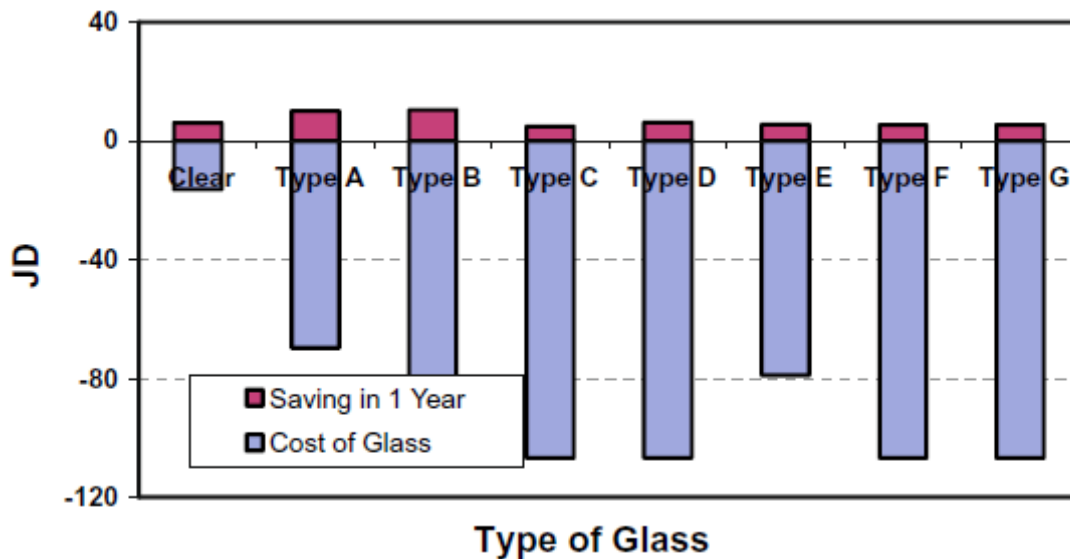
Σχήμα 23: σύγκριση του κόστους υαλοπίνακα και των συνολικών απωλειών ή κερδών, κατά τη διάρκεια ενός έτους, για όλους τους τύπους υαλοπινάκων και ποσοστό υαλοπίνακα 17% επί του κελύφους, στη νότια κατεύθυνση[13].



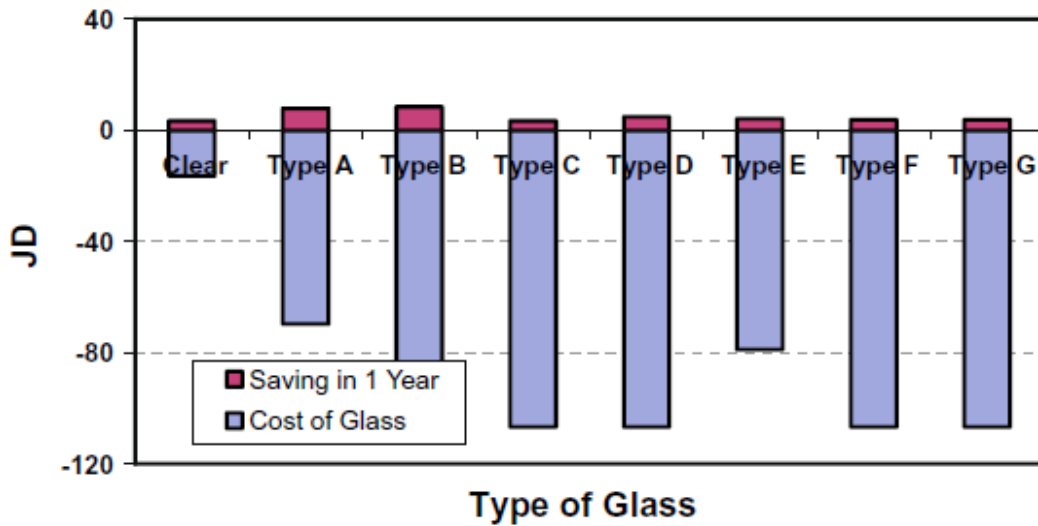
Σχήμα 24: σύγκριση ως προς την εξοικονόμηση χρημάτων για κάθε τύπο υαλοπίνακα στη νότια κατεύθυνση[13].



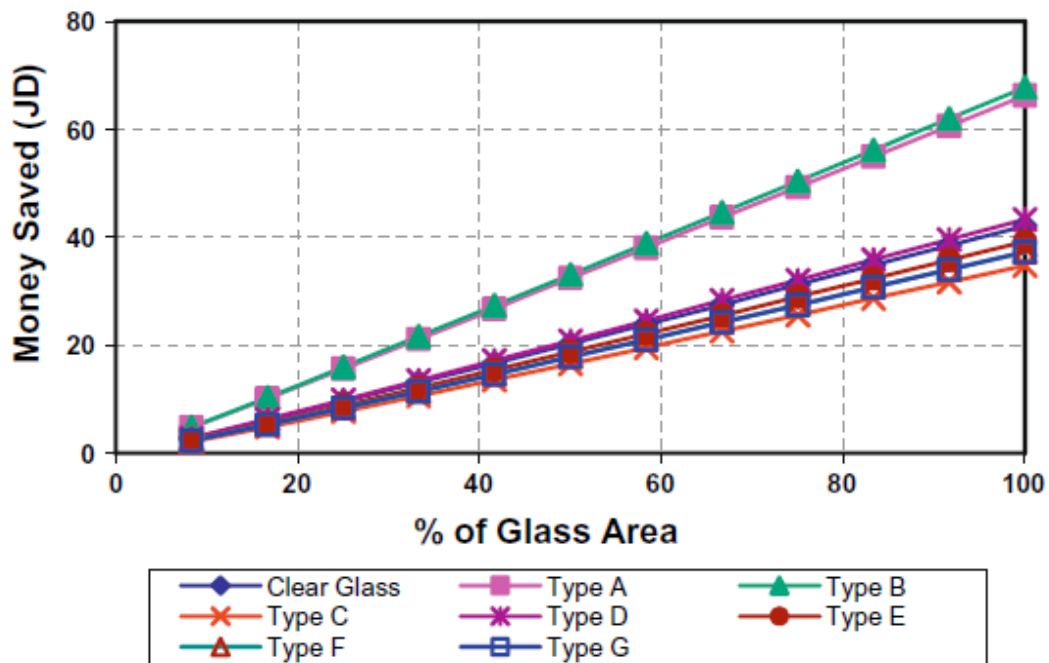
Σχήμα 25: σύγκριση της απόσβεσης του κόστους για κάθε τύπο υαλοπίνακα στη νότια κατεύθυνση ως συνάρτηση του ποσοστού υαλοπίνακα επί του κελύφους[13].



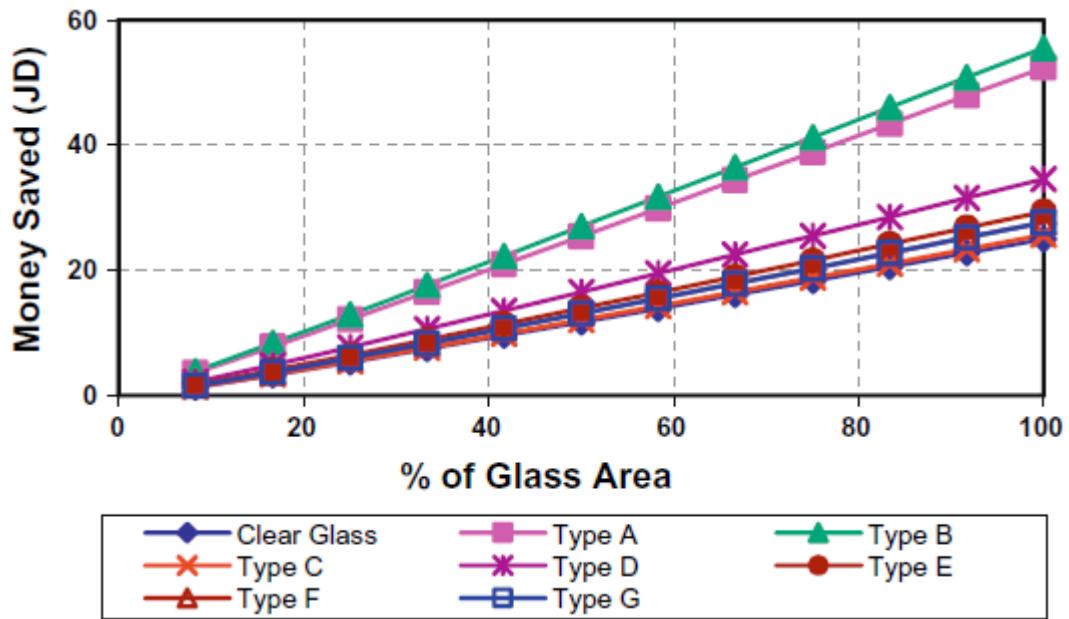
Σχήμα 26: σύγκριση του κόστους υαλοπίνακα και των συνολικών απωλειών ή κερδών, κατά τη διάρκεια ενός έτους, για όλους τους τύπους υαλοπινάκων και ποσοστό υαλοπίνακα 17% επί του κελύφους, στην ανατολική κατεύθυνση[13].



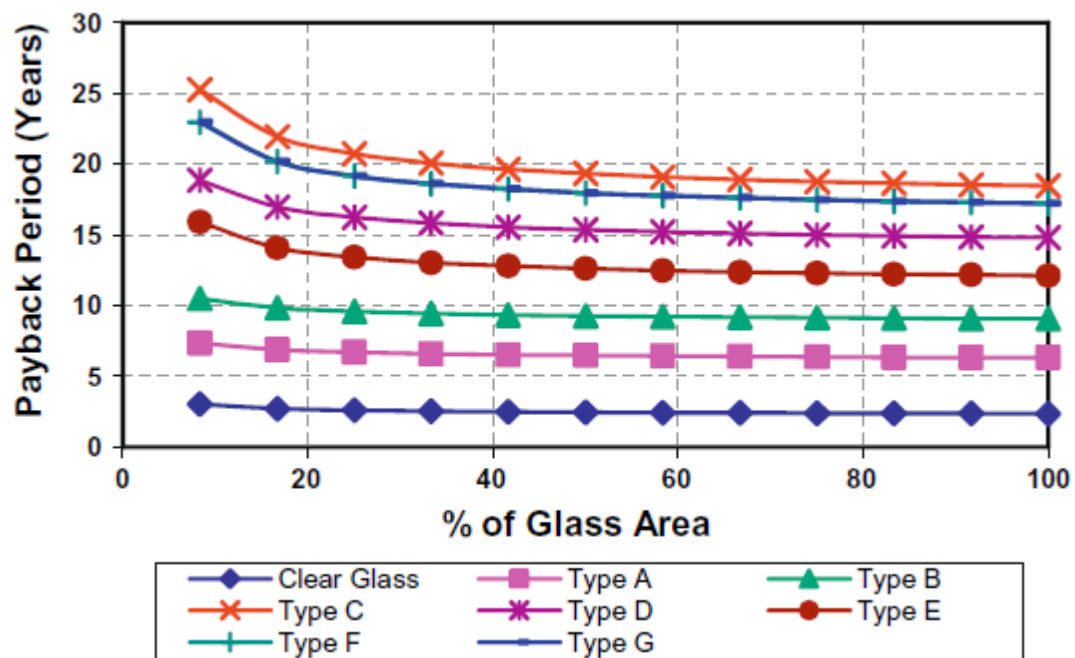
Σχήμα 27: σύγκριση του κόστους υαλοπίνακα και των συνολικών απωλειών ή κερδών, κατά τη διάρκεια ενός έτους, για όλους τους τύπους υαλοπινάκων και ποσοστό υαλοπίνακα 17% επί του κελύφους, στη δυτική κατεύθυνση[13].



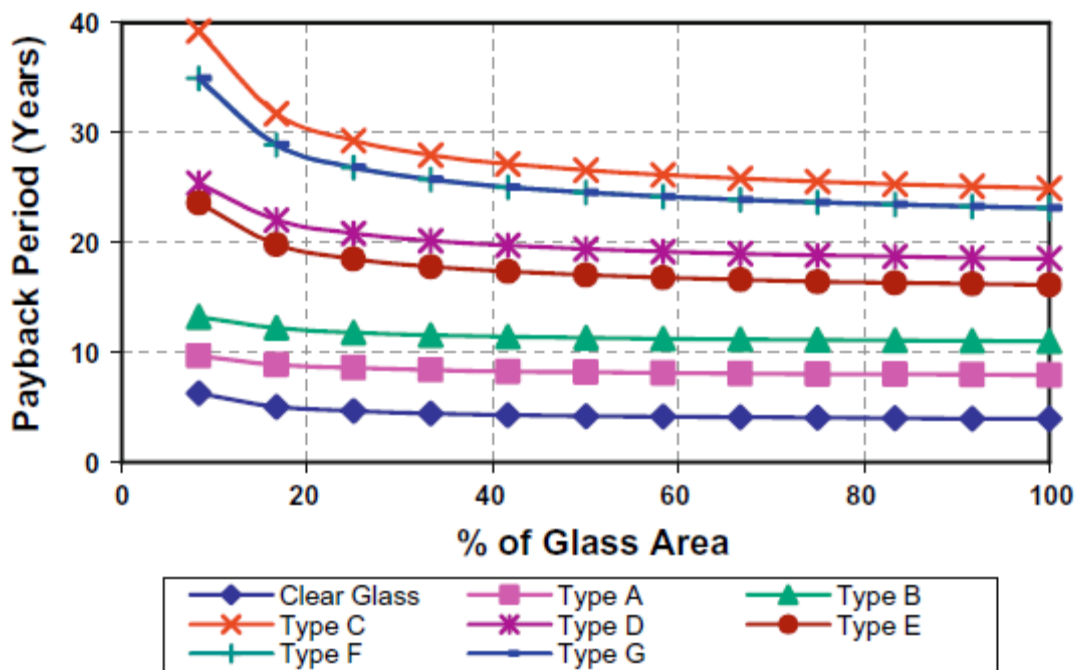
Σχήμα 28: σύγκριση ως προς την εξοικονόμηση χρημάτων για κάθε τύπο υαλοπίνακα στην ανατολική κατεύθυνση[13].



Σχήμα 29: σύγκριση ως προς την εξοικονόμηση χρημάτων για κάθε τύπο υαλοπίνακα στη δυτική κατεύθυνση[13].



Σχήμα 30: σύγκριση της απόσβεσης του κόστους για κάθε τύπο υαλοπίνακα στην ανατολική κατεύθυνση ως συνάρτηση του ποσοστού υαλοπίνακα επί του κελύφους[13].



Σχήμα 31: σύγκριση της απόσβεσης του κόστους για κάθε τύπο υαλοπινάκα στη δυτική κατεύθυνση ως συνάρτηση του ποσοστού υαλοπινάκα επί του κελύφους[13].

### 3.2.2 Επίδραση των προηγμένων υαλοπινάκων και προεξοχών στην ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ή χάνεται από την αίθουσα μέσω των περιοχών των υαλοπινάκων.

Η επίδραση των προηγμένων υαλοπινάκων και προεξοχών στην ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ή χάνεται από την αίθουσα μέσω των περιοχών των υαλοπινάκων έχουν αξιολογηθεί σε έρευνα που διεξήχθη για χαρακτηριστικά κτίρια κατοικιών στην Τεχεράνη[14], με τη χρήση EnergyPlus™ λογισμικού. Διαπιστώθηκε ότι η κατάλληλη επιλογή προβόλων ή πτερυγίων στα νότια, δυτικά και ανατολικά παράθυρα θα οδηγήσει στη βέλτιστη μείωση της ετήσιας ενέργειας που μεταφέρεται στα κτίρια και μπορούν να έχουν μια ενεργητική συμπεριφορά που ισοδυναμεί με υψηλή απόδοση υαλοπινάκων. Μέσω διπλών διαφανών τζαμιών και low-E (χαμηλού συντελεστή εκπομπής) στρώματος για εξωτερικά ή εσωτερικά παράθυρα, η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια μπορεί να μειωθεί. Επιπλέον οι πρόβολοι και η κατάλληλη θέση τους, θα οδηγούσε σε μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας από τα κτίρια.

Πολλές έρευνες που έχουν παρουσιαστεί ασχολούνται με την απόδοση των παραθύρων. Από τις αυτές, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω του παραθύρου εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως το είδος των παραθύρων, τους προβόλους και τα πλευρικά πτερύγια και συνεπώς η βέλτιστη επιλογή παραθύρου είναι πολύ δύσκολη. Στη μελέτη της Τεχεράνης, στο πρώτο στάδιο, τα αποτελέσματα της εφαρμογής προεξοχών και πλευρικών πτερυγίων έχουν ερευνηθεί για το ενιαίο διαφανές παράθυρο



(pane glazing window), τότε η βέλτιστη κατάσταση έχει ληφθεί. Στο δεύτερο στάδιο, το αποτέλεσμα των προηγμένων τζαμιών με βελτιστοποιημένους (ή χωρίς) προβόλους (που λαμβάνεται κατά την πρώτη φάση) και πλευρικά πτερύγια έχουν αξιολογηθεί και σε τελικό στάδιο τα αποτελέσματα που έχουν συνοψιστεί σε έναν πίνακα με απλή επιλογή του καλύτερου παραθύρου με διαφορετικά είδη γυαλιών, προβόλους και πλευρικά πτερύγια με βάση την ονομαστική ενέργεια.

Η επίδραση των τεσσάρων τύπων παραθύρων έχει μελετηθεί ως εξής:

- (1) Ενιαίοι διαφανείς υαλοπίνακες (S.P.Clear)
- (2) Διπλοί διαφανείς υαλοπίνακες (D.P.Clear)
- (3) Ενιαίοι low-e υαλοπίνακες (S.P.Low)
- (4) Διπλοί low-e υαλοπίνακες (D.P.Low)

Στην παρούσα μελέτη, τα αποτελέσματα του παραθύρου εξωτερικής σκίασης έχουν διερευνηθεί για τρεις περιπτώσεις:

- (1) Υαλοπίνακες χωρίς προεξοχές και τα πτερύγια πλευρά.
- (2) Υαλοπίνακες με προβόλους και χωρίς πτερύγια πλευρά.
- (3) Υαλοπίνακες με προβόλους και πτερύγια πλευρά.

Ταυτόχρονα το βάθος, το πλάτος και η απόσταση των προβόλων πάνω από το παράθυρο και το βάθος των πτερυγίων έχουν αλλάξει. Το είδος του παραθύρου, της προεξοχής και του πλευρικού πτερυγίου είναι διαφορετικά. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον *πίνακα 39* για όλα τα μοντέλα. Οι πρόβολοι και τα πτερύγια έχουν εφαρμοστεί μόνο σε ενιαία διαφανή τζάμια.

Επίσης, ο δείκτης EF (συντελεστής απόδοσης) για την περίοδο θέρμανσης, ψύξης ή για το έτος έχει υπολογιστεί. Λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο της EF, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι, η αύξηση του δείκτη EF, οδηγεί σε μείωση της συνολικής ενέργειας που μεταφέρεται στο κτήριο από το παράθυρο. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στα σχήματα 32-35 για κάθε κατεύθυνση των παραθύρων. Τα κύρια αποτελέσματα συνοψίζονται ως εξής:

(1) Για το νότιο παράθυρο *σχήμα 32*, η καλύτερη περίπτωση προβόλου και πλευρικών πτερυγίων είναι η περίπτωση 5 (προεξοχή με 3 m πλάτος, 1 m βάθος χωρίς απόσταση πάνω από το παράθυρο και χωρίς πτερύγια στο πλάι). Με προσοχή στις περιπτώσεις 1-5, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η χρήση προβόλων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μέσου δείκτη ef (από 29% έως 51%). Επίσης, με την αύξηση του δείκτη ef η κατανάλωση ενέργειας θα οδηγηθεί σε μείωση.

(2) Για το παράθυρο δυτικά *σχήμα 33*, η καλύτερη απόδοση είναι στην περίπτωση 2 (προεξοχή με 1 m πλάτος, 0,33 m βάθος χωρίς απόσταση πάνω από το παράθυρο και με ένα πλευρικό πτερύγιο στην αριστερή πλευρά του παραθύρου και επιφάνειας 1 m<sup>2</sup>). Με τη λήψη των περιπτώσεων 1-6, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι χρησιμοποιώντας προβόλους αυξάνεται ο ετήσιος μέσος όρος του δείκτη ef (από 11% έως 33%).

(3) Για το ανατολικό παράθυρο (*σχήμα 34*), η περίπτωση προβόλων και πλευρικών πτερυγίων είναι η περίπτωση 3 (προεξοχή με 1 m πλάτος, 0,33 m βάθος χωρίς απόσταση πάνω από το παράθυρο και με ένα πλευρικό πτερύγιο στη δεξιά πλευρά του παραθύρου και της επιφάνειας 1 m<sup>2</sup>). Με προσοχή στις περιπτώσεις 1-6, μπορεί να αναφερθεί ότι η χρησιμοποίηση προβόλων συνεπάγεται αύξηση του μέσου ετήσιου δείκτη ef (από 12% έως 30%).

(4) Για το βόρειο παράθυρο (*σχήμα 35*), οι καλύτερες επιδόσεις έχουν ληφθεί

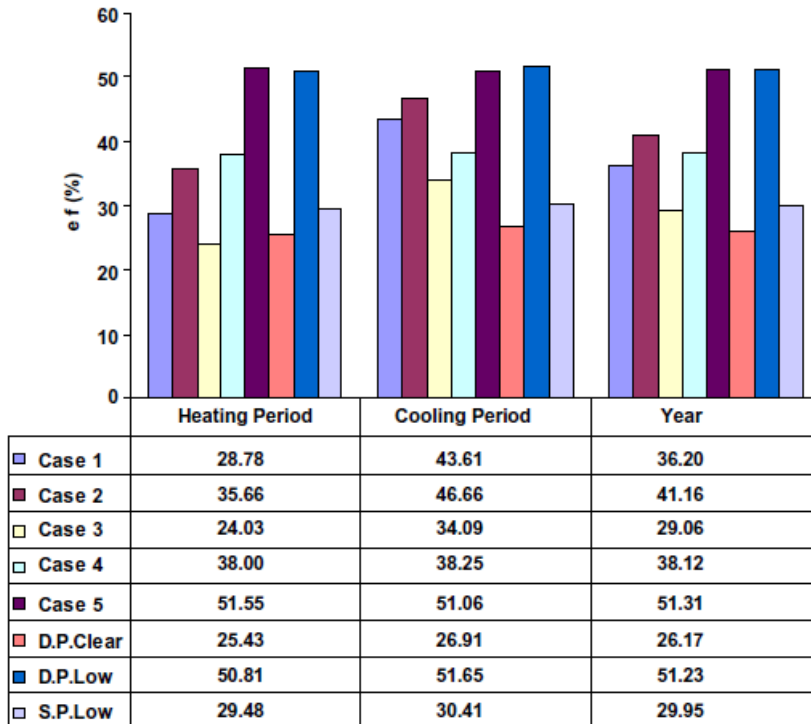
στην περίπτωση 3 (προεξοχή με 3m πλάτος, 1m βάθος χωρίς απόσταση από το παράθυρο ή το πλευρικό πτερυγίο), με προσοχή στις περιπτώσεις 1-5, συνάγεται το συμπέρασμα ότι η χρήση προεξοχών και πλευρικών πτερυγίων, ο δείκτης ef δε συνεπάγεται σημαντικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης ή ψύξης.

(5) Με τη χρήση των προηγμένων συστημάτων υαλοπινάκων (διπλά διαφανή τζάμια, διπλός low-e υαλοπίνακας ,ενιαίος low-e υαλοπίνακας), αυξάνεται ο δείκτης EF για κάθε κατεύθυνση του παραθύρου.

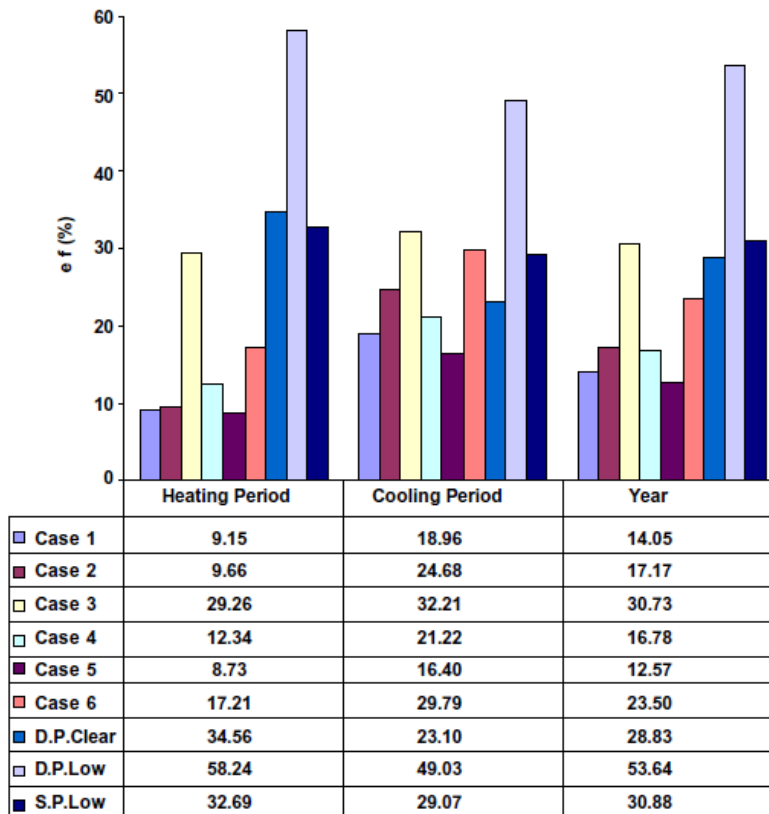
Πίνακας 39:είδος παραθύρου, προεξοχής και πλευρικού πτερυγίου[14].

Overhang and side fin configurations in windows.

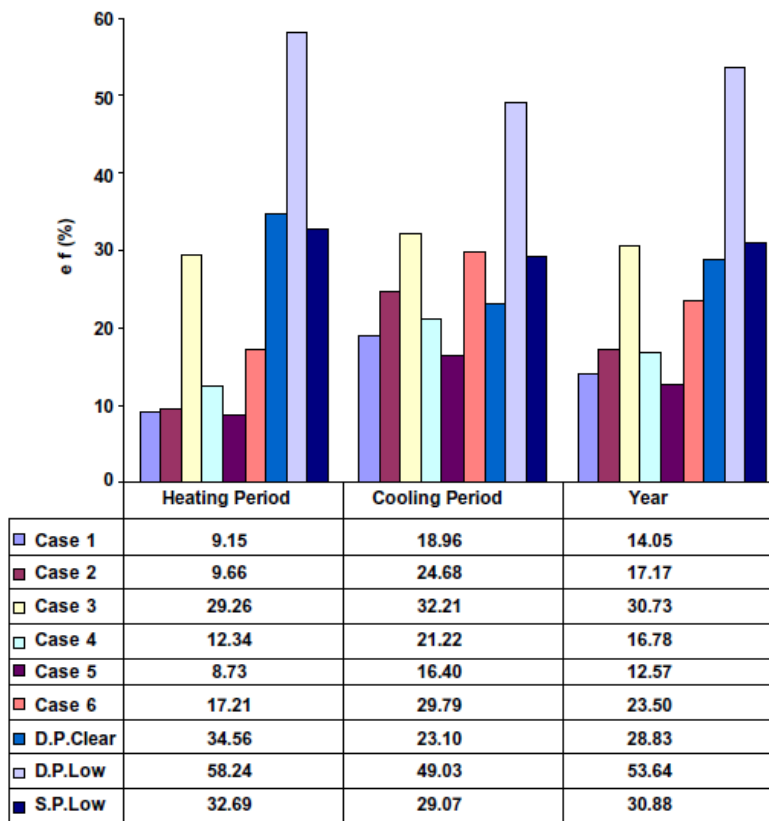
Cases	Overhangs			Side fins with 1 m width	
	Width (m)	Depth (m)	Distance above the window (m)	Depth of right side (m)	Depth of left side (m)
<i>(a) South window with single clear pane glazing</i>					
1	3	0.5	-	-	-
2	3	1	0.25	-	-
3	1	0.5	-	-	-
4	1	1	-	-	-
5	3	1	-	-	-
<i>(b) West window with single clear pane glazing</i>					
1	1	0.33	-	-	-
2	1	0.33	-	-	1
3	1	0.33	-	1	-
4	3	0.33	-	-	-
5	3	0.5	0.25	-	-
6	3	0.5	-	-	-
<i>(c) East window with single clear pane glazing</i>					
1	1	0.33	-	-	-
2	1	0.33	-	-	1
3	1	0.33	-	1	-
4	3	0.33	-	-	-
5	3	0.5	0.25	-	-
6	3	0.5	-	-	-
<i>(d) North window with single clear pane glazing</i>					
1	1	1	-	-	-
2	1	1	-	-	0.5
3	3	1	-	-	-
4	1	0.5	-	-	-
5	1	1	0.25	-	-



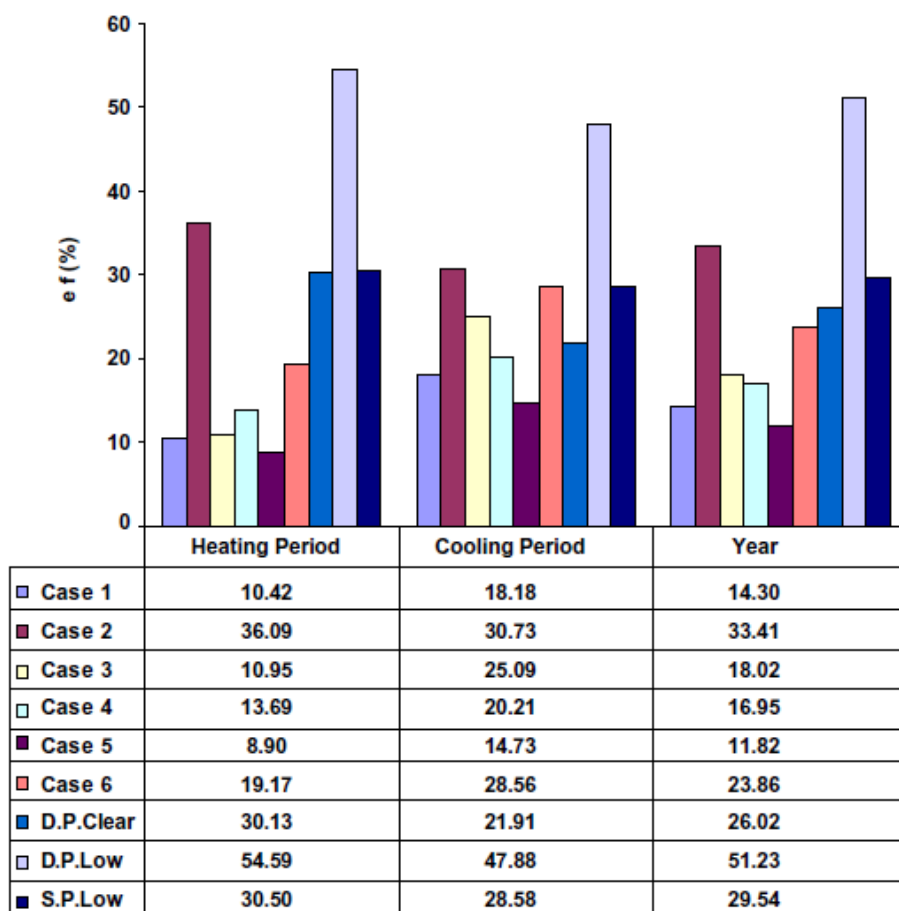
Σχήμα 32:δείκτης EF για την περίοδο θέρμανσης, ψύξης ή για ολόκληρο το έτος, για το νότιο παράθυρο[14].



Σχήμα 33:δείκτης EF για την περίοδο θέρμανσης, ψύξης ή για ολόκληρο το έτος, για το παράθυρο δυτικά[14].



Σχήμα 34:δείκτης EF για την περίοδο θέρμανσης, ψύξης ή για ολόκληρο το έτος, για το ανατολικό παράθυρο[14].



Σχήμα 35:δείκτης EF για την περίοδο θέρμανσης, ψύξης ή για ολόκληρο το έτος, για το βόρειο παράθυρο[14].

Τα αποτελέσματα με την πιο κατάλληλη προεξοχή και πλευρικό πτερύγιο για προηγμένους υαλοπίνακες συνοψίζονται ως εξής: η καλύτερη προεξοχή ή το καλύτερο πλευρικό πτερύγιο που υπολογίστηκε για το ενιαίο διαφανές παράθυρο, έχουν εφαρμοστεί σε προηγμένους υαλοπίνακες (διπλοί διαφανείς υαλοπίνακες, low-e υαλοπίνακες). Έτσι, η περίπτωση 5 (προεξοχή πλάτους 3m, 1m βάθος χωρίς απόσταση πάνω από το παράθυρο και χωρίς πτερύγια στο πλάι) για το νότιο παράθυρο, η περίπτωση 3 (προεξοχή με 1 m πλάτος, 0,33 m βάθος χωρίς απόσταση πάνω από το παράθυρο και με ένα πλευρικό πτερύγιο στη δεξιά πλευρά του παραθύρου επιφάνειας 1 m<sup>2</sup>) για το παράθυρο δυτικά, η περίπτωση 2 (προεξοχή με 1 m πλάτος, 0,33 m βάθος χωρίς απόσταση πάνω από το παράθυρο και με ένα πλευρικό πτερύγιο στην αριστερή πλευρά του παραθύρου 1m<sup>2</sup>εμβαδού) για το ανατολικό παράθυρο και χωρίς προεξοχή ή πλευρικό πτερύγιο για παράθυρο στο βορρά έχουν εφαρμοστεί. Τα αποτελέσματα αναλύονται στον πίνακα 40. Τα αποτελέσματα αυτά καθιστούν σαφές, ότι με τη χρήση των καλύτερα προεξοχών και πλευρικών πτερυγίων στα προηγμένα συστήματα υαλοπινάκων αυξάνεται ο δείκτης ef από 20% έως 40% για το Νότο, από 20% έως 30% για τα ανατολικά και περίπου 20% για τα δυτικά παράθυρα.

Τα τελικά αποτελέσματα συνοψίζονται στον *Πίνακα 41* με απλή επιλογή των καλύτερων παραθύρων με διάφορα είδη υαλοπινάκων, προβόλων και πλευρικών πτερυγίων με βάση την ονομαστική ενέργεια. Με προσοχή σε αυτές τις αξίες, τα ακόλουθα συμπεράσματα μπορεί να διατυπώνονται:

\_ Για τα νότια παράθυρα της Τεχεράνης, ένα ενιαίο διαφανές παράθυρο με μια προεξοχή ή μονό (ή διπλό) παράθυρο low-e είναι η καλύτερη λύση. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η χρήση των κατάλληλων προεξοχών και πλευρικών πτερυγίων θα οδηγήσει σε παρόμοιες επιδόσεις με των προηγμένων τζαμιών και μείωση του κόστους.

\_ Για τα ανατολικά παράθυρα της Τεχεράνης, η χρήση των προβόλων ή πλευρικών πτερυγίων (περίπτωση 2) είναι χρήσιμη για περιόδους ψύξης και θέρμανσης. Μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η χρήση των κατάλληλων προεξοχών και πλευρικών πτερυγίων θα οδηγήσει σε παρόμοιες επιδόσεις με των προηγμένων τζαμιών, αλλά η χρήση του διπλού low-e υαλοπίνακα είναι περισσότερο χρήσιμη.

\_ Για τα δυτικά παράθυρα της Τεχεράνης, η χρήση των προβόλων ή πλευρικών πτερυγίων (η περίπτωση 3) είναι χρήσιμη για περιόδους θέρμανσης ή ψύξης. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι η χρήση των κατάλληλων προεξοχών και πλευρικών πτερυγίων θα οδηγήσει σε παρόμοιες επιδόσεις με των προηγμένων τζαμιών, αλλά και η χρήση του διπλού low-e υαλοπίνακα είναι περισσότερο χρήσιμη.

\_ Για τα βόρεια παράθυρα της Τεχεράνης, με τη χρήση των προεξοχών ή πλευρικών πτερυγίων δεν αλλάζει η ενέργεια που μεταφέρεται από το παράθυρο στο κτίριο για περιόδους θέρμανσης ή ψύξη. Παρόλα αυτά, η χρήση του διπλού διαφανούς υαλοπίνακα, του ενιαίου low-e υαλοπίνακα και του διπλού low-e υαλοπίνακα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της ενεργειακής μεταφοράς.

\_ Η χρήση των πλέον κατάλληλων προεξοχών ή πλευρικών πτερυγίων που καθορίζονται για διαφανή υαλοπίνακα είναι πιο χρήσιμη για οποιαδήποτε κατεύθυνση του παραθύρου από ότι των προηγμένων τζαμιών (διπλά διαφανή τζάμια, low-e υαλοπίνακες).

Πίνακας 40: τα αποτελέσματα του ef για προηγμένους υαλοπίνακες[14].

Results of ef index for advanced glazing windows.

	No overhang			With overhang		
	S.P.Low	D.P.Clear	D.P.Low	S.P.Low	D.P.Clear	D.P.Low
<i>South window</i>						
Heating period	29.48	25.43	50.81	68.50	68.33	79.68
Cooling period	30.41	26.91	51.65	69.12	66.95	78.45
Year	29.95	26.17	51.23	68.81	67.64	79.06
<i>East window</i>						
Heating period	30.50	30.13	54.59	59.81	62.65	76.81
Cooling period	28.58	21.91	47.88	53.59	49.12	66.12
Year	29.54	26.02	51.23	56.70	55.89	71.47
<i>West window</i>						
Heating period	32.69	34.56	58.24	39.53	35.32	21.37
Cooling period	29.07	23.10	49.03	57.19	62.09	40.92
Year	30.88	28.83	53.64	48.36	48.70	31.14

Πίνακας 41:τελικά αποτελέσματα για διάφορα είδη προβολών, πλευρικών πτερυγίων και προηγμένων υαλοπινάκων[14].

Final results for methods use of overhangs, side fins and advanced glazing windows in Tehran (Iran).

Type	Period	Overhang (for S.P.Clear)				Side fin (for S.P.Clear)		Double clear pane (no overhang or side fin)	Low-E windows (no overhang or side fin)	
		Apply on window	Increase the distance above the window	Increase the width	Increase the depth	In right side	In left side		S.P.Low	D.P.low
South	Heating	✓/	X	±	✓	-	-	✓	✓	✓/
	Cooling	✓/	X	✓	✓	-	-	✓	✓	✓/
	Year	✓/	X	✓	✓	-	-	✓	✓	✓/
East	Heating	✓	X	±	±	±	✓	✓	✓	✓/
	Cooling	✓	X	±	±	±	✓	✓	✓	✓/
	Year	✓	X	±	±	±	✓	✓	✓	✓/
West	Heating	✓	X	±	±	✓	±	✓	✓	✓/
	Cooling	✓	X	±	±	✓	±	✓	✓	✓/
	Year	✓	X	±	±	✓	±	✓	✓	✓/
North	Heating	±	±	±	±	±	±	✓	✓	✓/
	Cooling	±	±	±	±	±	±	✓	✓	✓/
	Year	±	±	±	±	±	±	✓	✓	✓/

### 3.2.3 Συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα[5].

Στην παράγραφο 2.10.2 (πίνακας 18), ήδη έχουν δοθεί τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων ειδών υαλοπίνακα. Εάν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα δε ληφθεί απευθείας από τον πίνακα 18, μπορεί να υπολογιστεί απευθείας από την παρακάτω εξίσωση(6):

$$U_g = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^{n-1} (d_j / \lambda_j) + \sum R_{al} + R_a} \quad [W/m^2K] \quad (6)$$

όπου:

- $U_g$  [ $W/m^2K$ ] ,ο συντελεστής θερμοπερατότητας

-n [-] ,το πλήθος των φύλλων του υαλοπίνακα, για n=1 μονός  
για n=2 διπλός  
για n=3 τριπλός

-d [ $W/Mk$ ] ,το πάχος του κάθε φύλλου

- $R_{al}$ [ $m^2K/W$ ] ,ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ύαλου

- $R_i$  [ $m^2K/W$ ] ,η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

- $R_a$ [ $m^2K/W$ ] ,η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Εισαγωγή

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, 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. Για την προσέγγιση του θερμοκρασιακού αυτού προβλήματος έγινε χρήση 4 εξισώσεων. Με την πρώτη υπολογίστηκε η ηλιακή ακτινοβολία που περνά δια μέσου των υαλοπινάκων στο εσωτερικό του κτηρίου, με τη δεύτερη οι απώλειες -λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς- των παραθύρων και αφαιρώντας τα μεταξύ τους βρέθηκε η διαφορά των θετικών με τα αρνητικά φορτία που εισέρχονται λόγω των υαλοπινάκων. Με την τρίτη εξίσωση, υπολογίστηκαν τα συνολικά φορτία που εισέρχονται δια μέσου των τοίχων και της οροφής. Τέλος, με την τελευταία εξίσωση, έγινε υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα. Κάνοντας χρήση και των τεσσάρων εξισώσεων υπολογίστηκε η διαφορά των θετικών και αρνητικών φορτίων για όλο το κέλυφος. Θεωρήθηκε 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. Επιπλέον, καθώς διέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία διαμέσου των υαλοπινάκων, το 15% περίπου απορροφάται από τον αέρα και το υπόλοιπο 85% από τους τοίχους και κυρίως από τους απέναντι τοίχους. Στη μελέτη αυτή θεωρείται προσεγγιστικά ότι εξ αρχής το 10% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον αέρα. Για τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ένα κτήριο αναφοράς, το οποίο μελετήθηκε κατά τη διάρκεια της 21<sup>ης</sup> Ιανουαρίου στην περιοχή της Αθήνας. Ανάμεσα στα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει εκείνο σχετικά με το συνδυασμό των χαρακτηριστικών των σημαντικότερων κατασκευαστικών παραγόντων (πάχος και ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης και συντελεστής θερμικής διαπερατότητας και ποσοστό επιφανείας επί του κελύφους των υαλοπινάκων), ο οποίος δημιουργεί ένα ψευδοαδιαβατικό κέλυφος (συνολικά φορτία μηδέν). Για τη διεξαγωγή αυτών των αποτελεσμάτων, αλλάξαν οι συνθήκες αναφοράς. Στη συνέχεια έγινε σύγκριση (των αποτελεσμάτων αυτών), με τα αποτελέσματα της μεθόδου προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάστηκαν σε συνέδριο και προέκυψε ότι η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν είναι ακριβής.



#### 4.Υπολογισμός θετικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.

Η είσοδος των θετικών φορτίων(ηλιακή ακτινοβολία), από τους υαλοπίνακες, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση και χάρην συντομίας το ονομάσαμε κέρδος υαλοπινάκων.

$$\text{Κέρδος υαλοπινάκων}=0,9*3600*G_t*A_f \text{ (J/h)} \quad (7)$$

όπου:

- $G_t$ [W/m<sup>2</sup>] η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στους υαλοπίνακες,

- $A_f$ [m<sup>2</sup>] το εμβαδό του υαλοπίνακα.

-0,9 εφόσον το 5% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον αέρα ενώ υπάρχει μείωση 5% λόγω ανάκλασης και απορρόφησης από τον υαλοπίνακα,

-3600[s/h].

#### 4.1Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας $G_t$ των υαλοπινάκων [15].

Η προσπίπτουσα στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$G_t=G_b R_b+G_d(1+\cos\beta)/2+(G_b+G_d)\rho(1-\cos\beta)/2 \text{ (Kw/m}^2\text{)} \quad (8)$$

Όπου:

- $G_b$ [kW/m<sup>2</sup>] η άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,

- $G_d$ [kW/m<sup>2</sup>] η διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,

- $R_b$ [-] ο λόγος της άμεσης ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεση οριζοντίου επιπέδου,

- $\rho=0,2$  για συνηθισμένο έδαφος έως 0,7 για χιονισμένο έδαφος, η ανακλαστικότητα του εδάφους,

- $\beta=90^\circ$  η γωνία κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου ως προς το οριζόντιο επίπεδο(οι υαλοπίνακες είναι κάθετοι στο οριζόντιο επίπεδο),

-( $1+\cos\beta$ )/2 και ( $1-\cos\beta$ )/2 οι παράγοντες όρασης ουρανού και εδάφους αντιστοίχως του κεκλιμένου επιπέδου.

#### 4.1.1Υπολογισμός της στιγμιαίας άμεσου και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου $G_b$ και $G_d$ [15].

Οι τιμές της στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου προέκυψαν με λογιστική ανάλυση των μετρήσεων της ολικής

ακτινοβολίας για κάθε ώρα ηλιοφάνειας(7:00-18:00) της ημέρας από τις παρακάτω συσχετίσεις.

$$G_b = M_t + A_t \cdot \sin(360/365D - P_t) \quad (\text{Kw/m}^2) \quad (9)$$

$$G_d = m_t + a_t \cdot \sin(360/365D - p_t) \quad (\text{kW/m}^2) \quad (10)$$

Όπου οι τιμές των συντελεστών  $M_t, A_t, P_t$  δίνονται στον παρακάτω πίνακα για κάθε ώρα, ενώ με  $D$  συμβολίζεται η κάθε ημέρα  $1 \div 365$  του έτους, επομένως  $D=21$  καθώς η μελέτη αφορά την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Πίνακας 42: τιμές των συντελεστών των εξισώσεων (9) και (10).

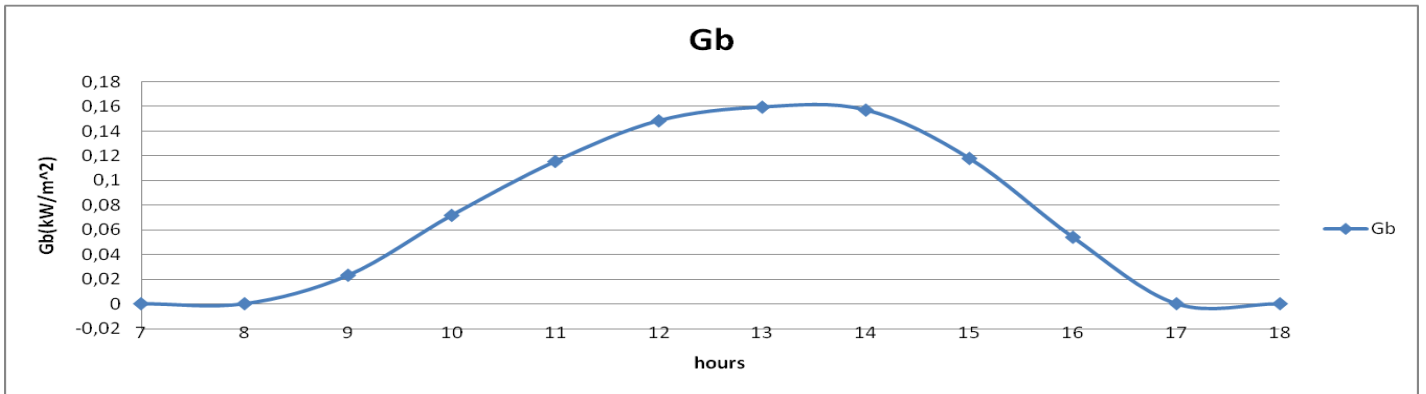
time(hrs)	$M_t(\text{kW/m}^2)$	$A_t(\text{kW/m}^2)$	$P_t(\text{degrees})$	$m_t(\text{kW/m}^2)$	$a_t(\text{kW/m}^2)$	$p_t(\text{degrees})$
7:00	0,007	0,046	86,18	0,048	0,111	81,23
8:00	0,057	0,068	87,31	0,134	0,127	82,45
9:00	0,119	0,104	87,94	0,208	0,133	83,94
10:00	0,191	0,129	88,31	0,261	0,129	85,6
11:00	0,258	0,153	89,35	0,283	0,117	86,05
12:00	0,319	-0,181	-88,88	0,271	0,095	82,71
13:00	0,342	-0,194	-89,18	0,243	0,081	81,95
14:00	0,325	0,183	87,21	0,21	0,083	87,23
15:00	0,269	0,166	86,22	0,176	0,087	89,53
16:00	0,183	0,147	82,1	0,141	-0,085	-88,19
17:00	0,078	0,131	79,85	0,104	-0,079	-88,97
18:00	-0,025	0,114	77,36	0,051	0,091	86,79

Τελικά προκύπτουν οι τιμές της στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας ως εξής:

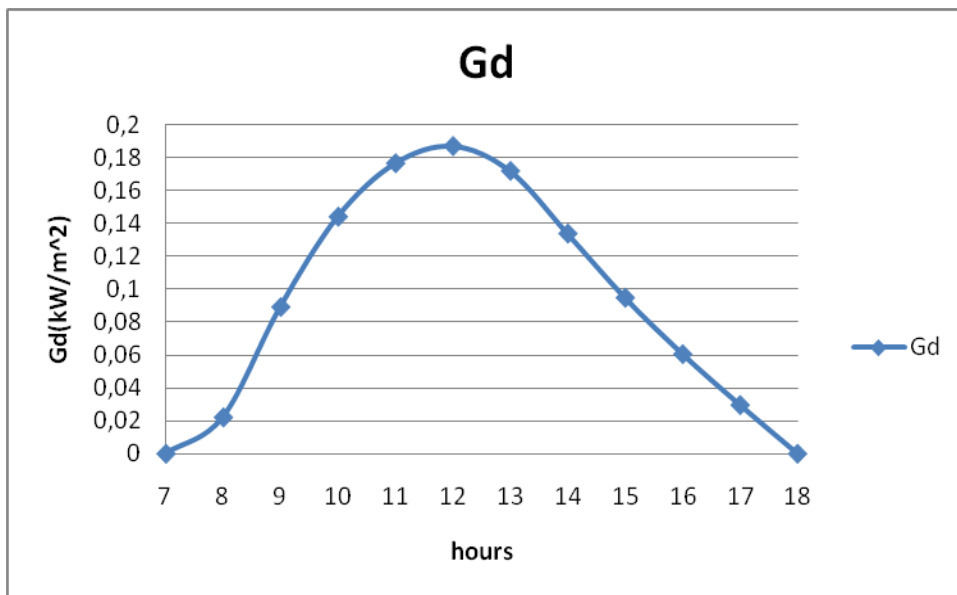
Πίνακας 43: στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία.

time(hrs)	$G_b(\text{kW/m}^2)$	$G_d(\text{kW/m}^2)$
07.00	0	0
08.00	0	0,02214
09.00	0,023107	0,089257
10.00	0,071736	0,144193
11.00	0,115512	0,176672
12.00	0,148479	0,187122
13.00	0,159575	0,171994
14.00	0,157181	0,133874
15.00	0,117937	0,094878
16.00	0,053952	0,060584
17.00	0	0,029616
18.00	0	0

Τα αποτελέσματα φαίνονται και διαγραμματικά στα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα36:στιγμιαία άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου



Σχήμα37:στιγμιαία διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου

Αξίζει να σημειωθεί ότι και η άμεση και η διάχυτη ακτινοβολία έχουν μέγιστη τιμή γύρω στη 13.00 το μεσημέρι και είναι λογικό καθώς εκείνη την ώρα ο ήλιος είναι πιο δυνατός και πιο κάθετος.

4.1.2 Υπολογισμός του λόγου της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου[15].

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (11)$$

$$\cos\theta = -\sin\delta \cos\varphi \cos\gamma + \cos\delta \sin\varphi \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\gamma \sin\omega \quad (12)$$

Για  $\beta=90^\circ$  όπως ήδη έχει αναφερθεί στην παράγραφο 1.1 ισχύουν οι σχέσεις:

$$\cos\theta_z = \sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos\varphi \cos\omega \quad (13)$$

όπου  $\theta$  η γωνία πρόσπτωσης της άμεσου ακτινοβολίας πάνω σε μία επιφάνεια δηλαδή η γωνία ,μεταξύ των προσπιπτουσών ηλιακών ακτίνων και της καθέτου στην επιφάνεια,  $\varphi=38^\circ$  το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας ,  $\omega=0,25^*$ (λεπτά από το ηλιακό μεσημέρι) η ωριαία γωνία δηλαδή η γωνιακή μετατόπιση του ηλίου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονά της με ρυθμό  $15^\circ /h=0.25^\circ/\text{min}$  και λαμβάνεται  $\omega>0$  για μ.μ και  $\omega<0$  για π.μ. ,  $\delta$  η ηλιακή απόκλιση δηλαδή η γωνιακή θέση του ηλίου κατά το ηλιακό μεσημέρι ως προς το επίπεδο του ισημερινού και ισχύει  $23,45<\delta<23,45$  με θετικές τιμές προς το βορρά. Υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\delta = 23.45 \sin[360(284+n)/365] \quad (14)$$

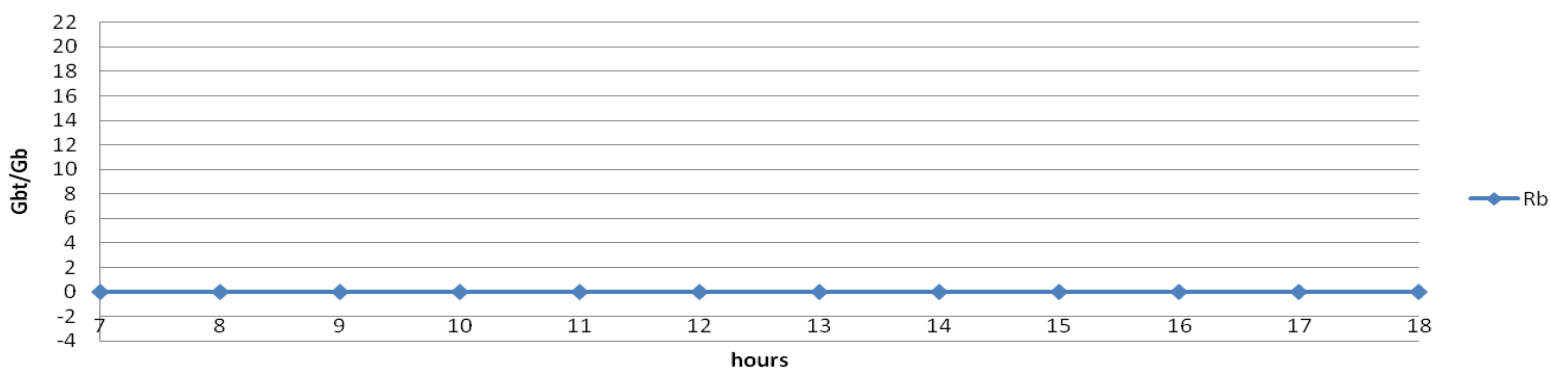
όπου  $n=1\div 365$  η ημέρα του έτους και σύμφωνα με σχετικό πίνακα[13],  $n=21$  για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. Συνεπώς προκύπτει ότι  $\delta=-20,138$ . Τέλος, το αζιμούθιο επιφανείας  $\gamma$  είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνεια πάνω από το οριζόντιο επίπεδο και τη νότια κατεύθυνση. Είναι  $-180<\gamma<180$  με  $\gamma=0^\circ$  στο νότο,  $\gamma=90^\circ$  στη δύση,  $\gamma=180^\circ$  στο βορρά και  $\gamma=-90^\circ$  ανατολή. Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι εξής τιμές:

Πίνακας 44: τιμές του Rb που προκύπτουν από την εξίσωση(4) για κάθε ένα προσανατολισμό.

time(hrs)	Rb(βορράς)(kw/m <sup>2</sup> )	Rb(νότος)	Rb(ανατολή)	Rb(δύση)
07.00	0	0	0	0
08.00	0	3,547235	5,147494	0
09.00	0	2,185289	2,133409	0
10.00	0	1,800282	1,094873	0
11.00	0	1,650453	0,483415	0
12.00	0	1,608945	0	0
13.00	0	1,650453	0	0,483415
14.00	0	1,800282	0	1,094873
15.00	0	2,185289	0	2,133409
16.00	0	3,547235	0	5,147494
17.00	0	0	0	0
18.00	0	0	0	0

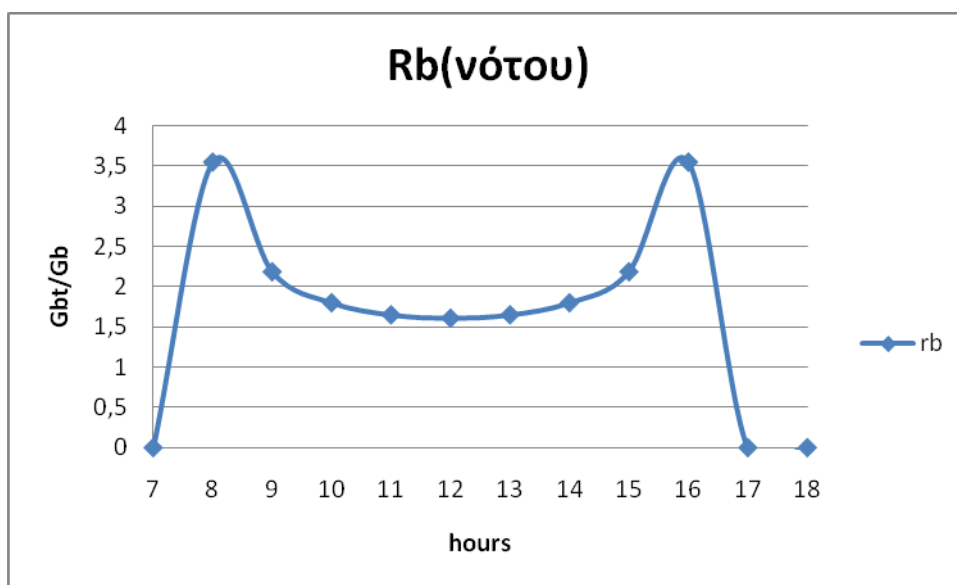
Τα αποτελέσματα φαίνονται και διαγραμματικά στα παρακάτω διαγράμματα.

**Rb(βορρά)**

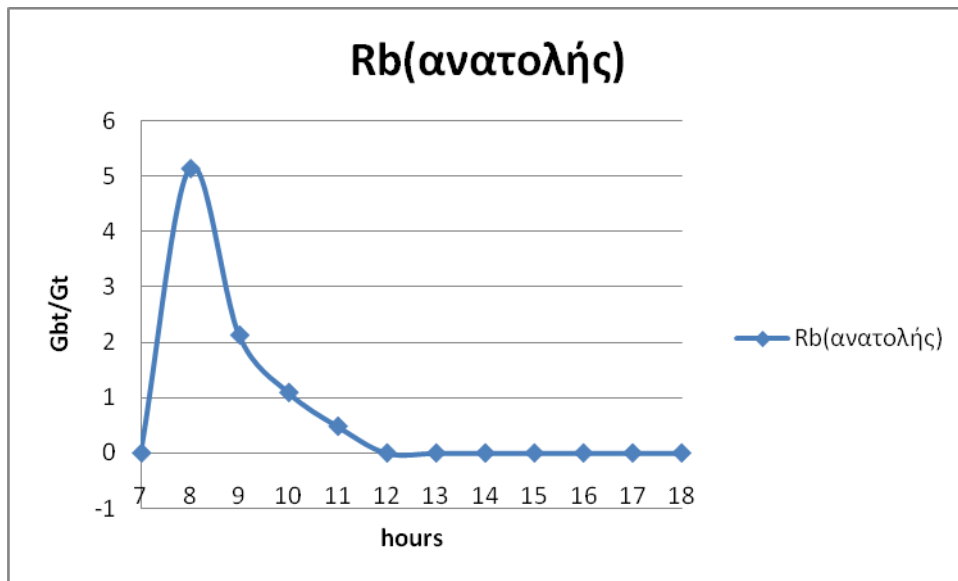


Σχήμα38: λόγος άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου για το βορρά.

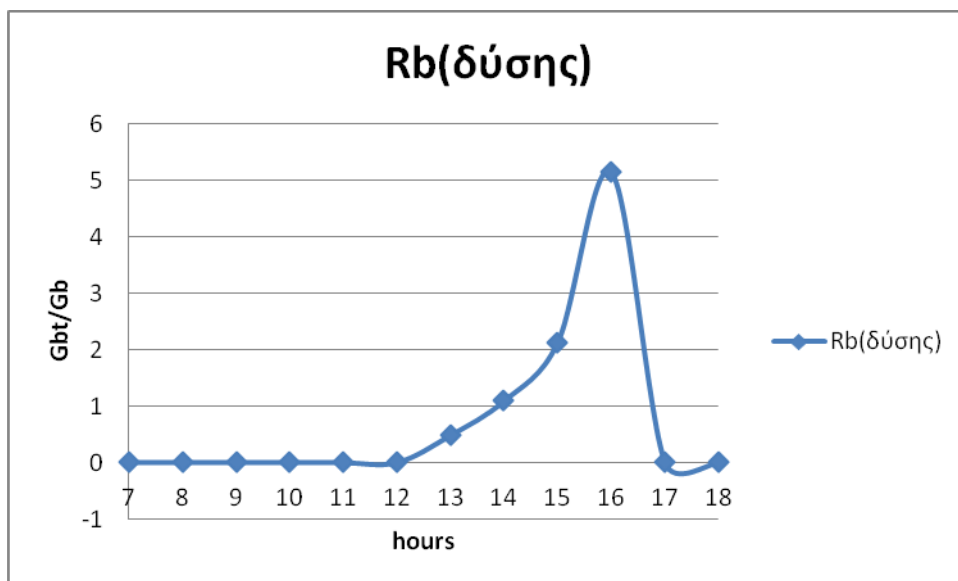
**Rb(νότου)**



Σχήμα39: λόγος άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου για το νότο.



Σχήμα 40:λόγος άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου για την ανατολή.



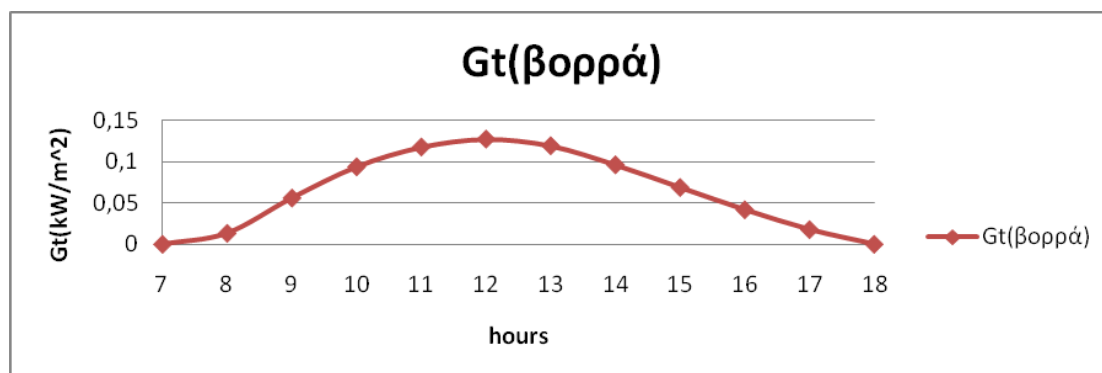
Σχήμα 41:λόγος άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο οριζοντίου επιπέδου για τη δύση.

Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι για το βορρά ο λόγος είναι 0 και αυτό συμβαίνει διότι το  $\cos\theta$ -της γωνίας πρόσπτωσης- λαμβάνει την τιμή 0 για όλες τις ώρες της ηλιοφάνειας, ενώ το ίδιο συμβαίνει στην ανατολή για τις ώρες 12:00-18:00 και στη δύση για τις ώρες 7:00-12:00. Οι αντίστοιχες τιμές για το νότο προκύπτουν επίσης λόγω των τιμών του συνημιτόνου της γωνίας πρόσπτωσης για το νότο, οι οποίες όμως είναι πάντα θετικές.

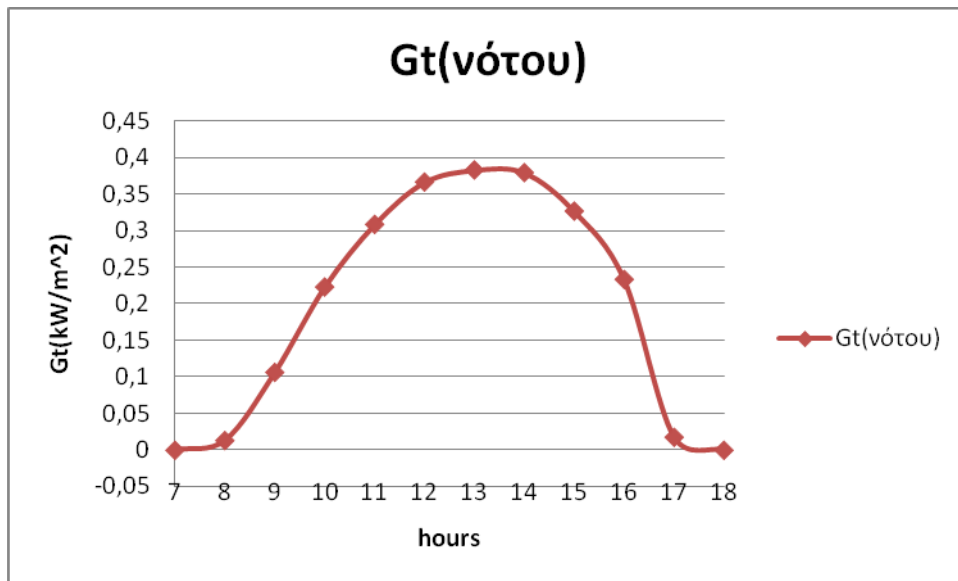
Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να υπολογιστεί η στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου σε ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) για κάθε ένα προσανατολισμό για τις ώρες ηλιοφάνειας 7:00-18:00, ενώ για τις υπόλοιπες ώρες του 24ώρου τη θεωρούμε ίση με μηδέν. Τα αποτελέσματα φαίνονται και διαγραμματικά.

Πίνακας 45: τιμές του  $G_t$  που προκύπτουν από την εξίσωση (8) για κάθε προσανατολισμό.

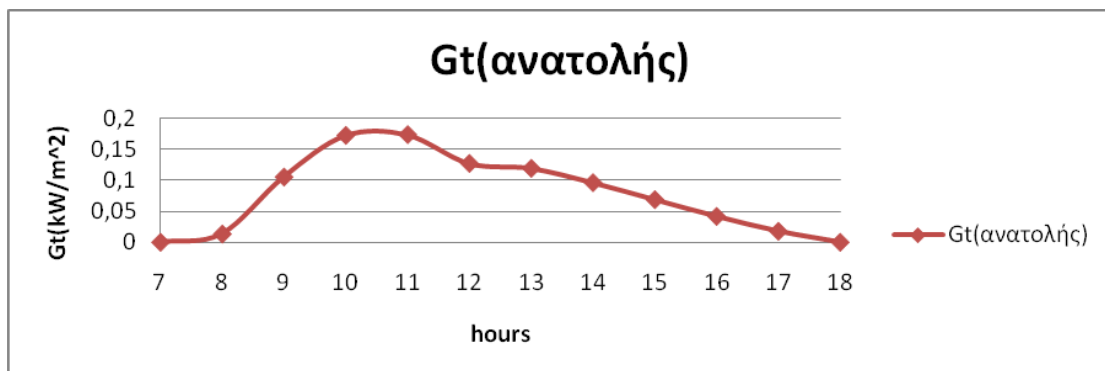
time(hrs)	$G_t(\text{βορράς})(\text{kW}/\text{m}^2)$	$G_t(\text{νότος})$	$G_t(\text{ανατολή})$	$G_t(\text{δύση})$
07.00	0	0	0	0
08.00	0,013284	0,013284	0,013284	0,013284
09.00	0,055865	0,10636	0,105161	0,055865
10.00	0,09369	0,222834	0,172231	0,09369
11.00	0,117555	0,308201	0,173395	0,117555
12.00	0,127121	0,366016	0,127121	0,127121
13.00	0,119154	0,382525	0,119154	0,196295
14.00	0,096042	0,379012	0,096042	0,268136
15.00	0,068721	0,326448	0,068721	0,320329
16.00	0,041745	0,233125	0,041745	0,319461
17.00	0,017769	0,017769	0,017769	0,014808
18.00	0	0	0	0



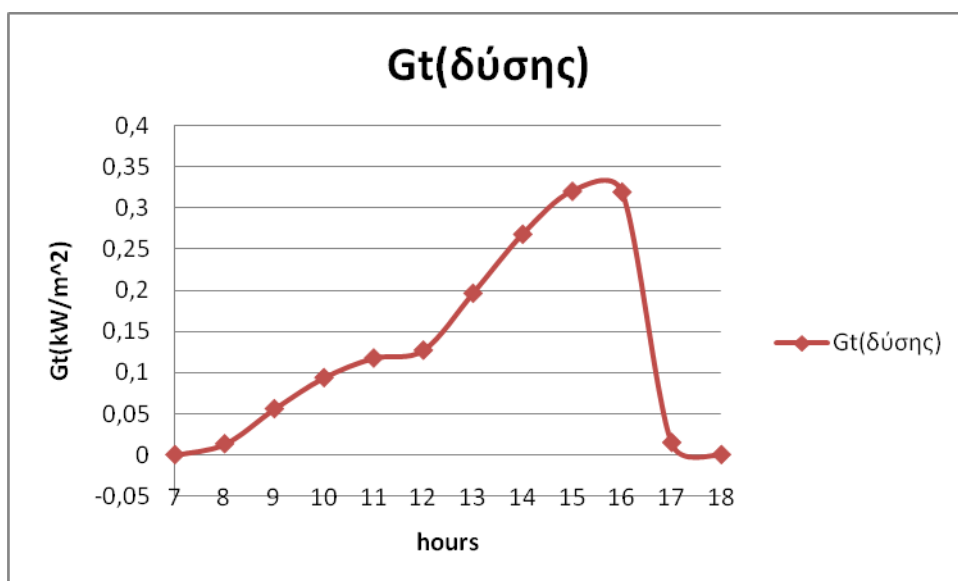
Σχήμα 42: στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου για το βορρά.



Σχήμα43:στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου για το νότο.



Σχήμα44:στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου για την ανατολή.



Σχήμα45:στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου για τη δύση.



Από τα διαγράμματα προκύπτει ότι για το βορρά και το νότο η μέγιστη τιμή της στιγμιαίας ολικής ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου είναι γύρω στη 13:00 το μεσημέρι όπου ο ήλιος είναι πιο δυνατός και πιο κάθετος ενώ για την ανατολή είναι γύρω στις 10:00 και για τη δύση γύρω στις 16:00. Επιπλέον, ενώ για το βορρά και το νότο οι καμπύλες είναι ομαλές, για την ανατολή μεταξύ 11:00 και 12:00 υπάρχει μία απότομη μείωση και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις 12:00 το Rb μηδενίζεται όπως φαίνεται και παραπάνω. Το ίδιο παρατηρείται και για τη δύση μεταξύ 12:00 και 13:00, το οποίο οφείλεται πάλι εξαιτίας του Rb το οποίο στις 12:00 έχει την τιμή 0, ενώ στη 13:00 έχει θετική τιμή όπως επίσης έχει διαπιστωθεί στην προηγούμενη παράγραφο.

#### 4.2 Υπολογισμός εμβαδού υαλοπινάκων[16].

Όπως ήδη έχει γίνει αναφορά στην εισαγωγή, οι υπολογισμοί έχουν γίνει σε ένα κτίριο αναφοράς το οποίο είναι ελεύθερο ισόγειο κτήριο τετραγωνικού δαπέδου επιφανείας  $10*10=100(m^2)$  , με επιφάνεια κελύφους (πλην αδιαβατικού δαπέδου)  $F=220m^2$  και όγκο κτηρίου  $V=100m^3$  . Οι τέσσερις πλευρές του κτηρίου είναι προσανατολισμένες προς τα τέσσερα κύρια σημεία του οριζοντα. Κάθε μία από αυτές αποτελείται κατά ποσοστό 25% της επιφανείας της από υαλοπίνακες,  $Pf=25\%$ .

Επομένως το συνολικό εμβαδό των υαλοπινάκων είναι:

$$(Επιφάνεια κελύφους-επιφάνεια οροφής)*Pf=(220-100)*0.25=30m^2 \quad (15)$$

και κάθε πλευρά αποτελείται από υαλοπίνακα εμβαδού  $30/4=7.5 m^2$ .

**Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να γίνει υπολογισμός των θετικών φορτίων των υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό σύμφωνα με την εξίσωση (7) και υπολογίζεται για όλο το 24ωρο. Τα αποτελέσματα φαίνονται και διαγραμματικά.**

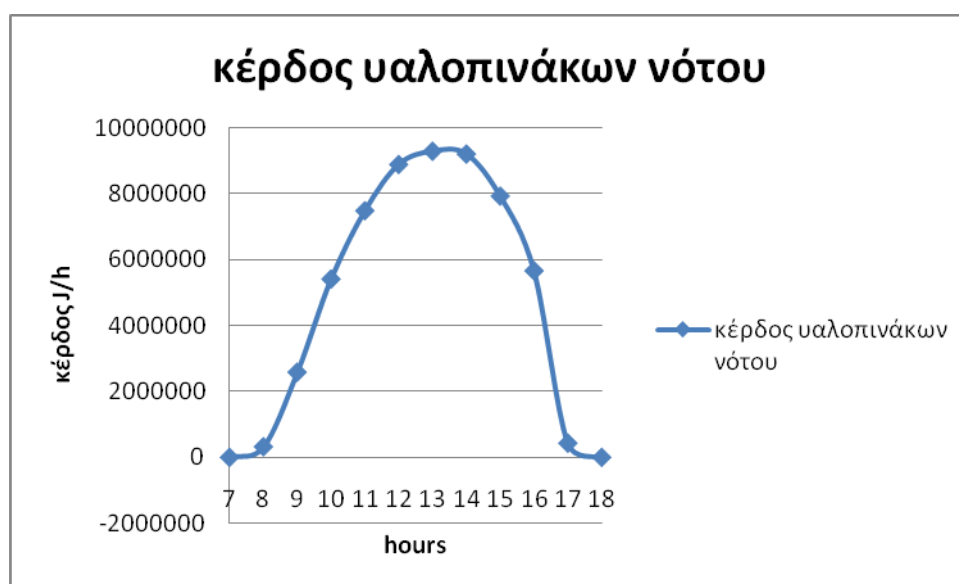
Πίνακας 46: κέρδος υαλοπινάκων που προκύπτει από την εξίσωση(7) για κάθε προσανατολισμό.

	βορράς	νότος	ανατολή	δύση
Hours	κέρδος( J/h)	κέρδος(J/h)	κέρδος(J/h)	κέρδος(J/h)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	322801,2	322801,2	322801,2	322801,2
9	1357519,5	2584548	2555412,3	1357519,5

10	2276667	5414866,2	4185213,3	2276667
11	2856586,5	7489284,3	4213498,5	2856586,5
12	3089040,3	8894188,8	3089040,3	3089040,3
13	2895442,2	9295357,5	2895442,2	4769968,5
14	2333820,6	9209991,6	2333820,6	6515704,8
15	1669920,3	7932686,4	1669920,3	7783994,7
16	1014403,5	5664937,5	1014403,5	7762902,3
17	0	431786,7	431786,7	3598344
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0



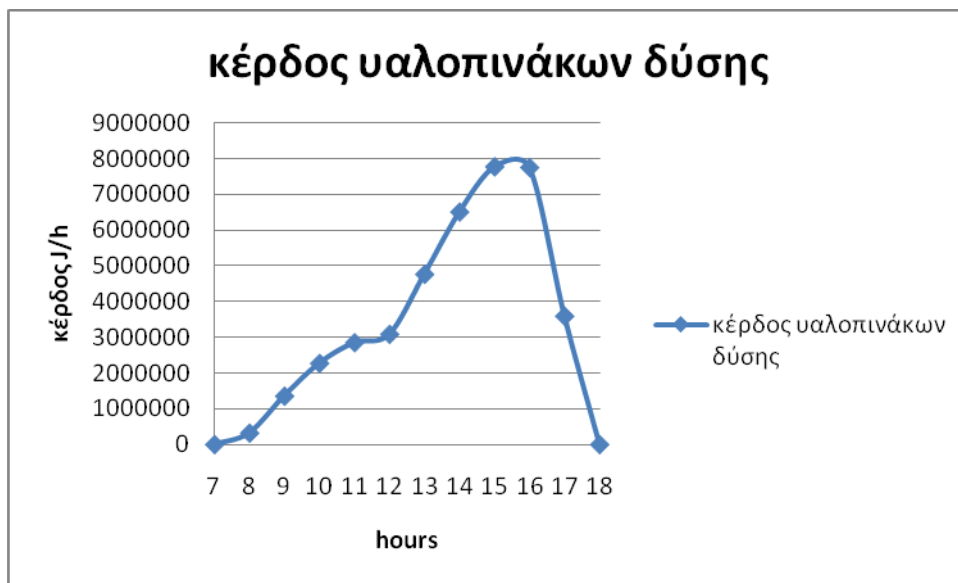
Σχήμα46: κέρδος υαλοπινάκων βορρά



Σχήμα47: κέρδος υαλοπινάκων νότου.



Σχήμα48: κέρδος υαλοπινάκων ανατολής.



Σχήμα49: κέρδος υαλοπινάκων δύσης.

Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα οι καμπύλες του βόρειου και νότιου προσανατολισμού είναι ομαλές και η μεγαλύτερη τιμή του κέρδους είναι γύρω στη 13:00 όπου η ακτίνες του ηλίου είναι πιο έντονες και πιο κάθετες, ενώ για τις καμπύλες της ανατολής και της δύσης υπάρχει μία ανωμαλία που οφείλεται στις τιμές του Gt μεταξύ 12:00-13:00 και 11:00-12:00 αντίστοιχα, όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω (στην παράγραφο 4.1.2). Τέλος το συνολικό κέρδος των υαλοπινάκων του βόρειου προσανατολισμού (17816201 J/day), είναι πολύ μικρότερο από τα αντίστοιχα

των υαλοπινάκων του ανατολικού(22711339 J/day),δυτικού(40333529 J/day) και του νότιου προσανατολισμού(57240448 J/day).

## 5.Υπολογισμός αρνητικών φορτίων δια μέσου των υαλοπινάκων.

Τα αρνητικά φορτία(αγωγή θερμότητας λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς) που εισέρχονται δια μέσου των υαλοπινάκων υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση και χάρην συντομίας ονομάστηκαν απώλειες υαλοπινάκων.

$$\text{Απώλειες υαλοπινάκων} = -3600 \cdot A_f \cdot U_f \cdot (T_{in} - T_{out}) \quad (16)$$

Όπου:

- $A_f[m^2]$  το εμβαδό των υαλοπινάκων(όπως υπολογίστηκε στην παράγραφο 4.2) είναι ίσο με 7.5,

- $U_f[W/m^2K]$  ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων,ο οποίος σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς είναι ίσος με 3.5,

- $(T_{in} - T_{out})$ ,διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος,

-3600[s/h].

### 5.1 Υπολογισμός $T_{in} - T_{out}$ .

Σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς το οποίο χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς,η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με  $22^{\circ}C = 295K$ .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<sup>η</sup> Ιανουαρίου,για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος[2].Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα καθ'όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

Πίνακας47:διαφορά εσωτερικής και εξωτερικών θερμοκρασιών για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

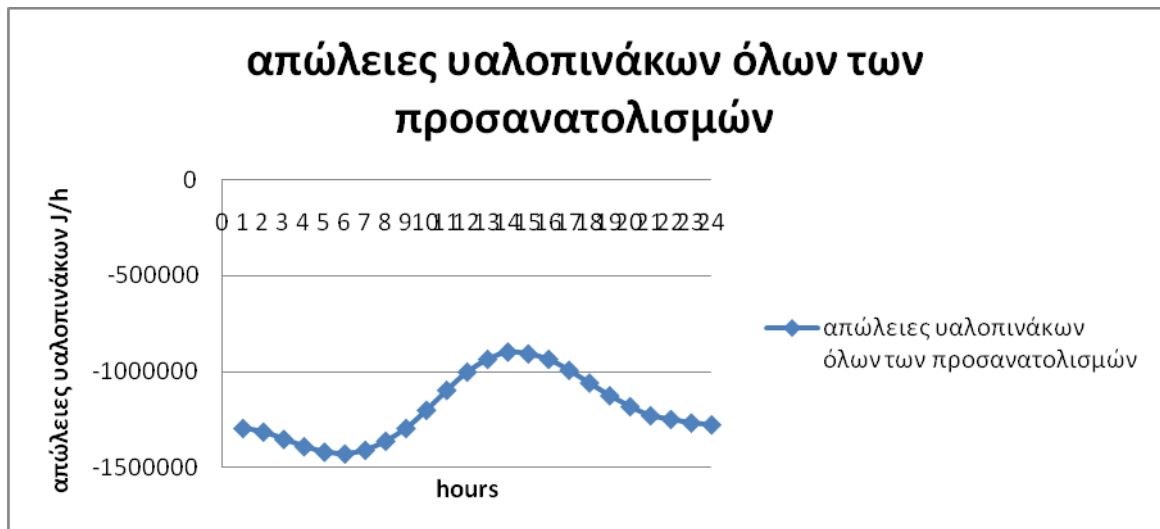
Hours	$T_{in}(K)$	$T_{out}(K)$	$(T_{in} - T_{out})$
1	295	281,3	13,7
2	295	281,1	13,9
3	295	280,7	14,3
4	295	280,3	14,7
5	295	280	15
6	295	279,9	15,1
7	295	280,1	14,9
8	295	280,6	14,4
9	295	281,3	13,7
10	295	282,3	12,7
11	295	283,4	11,6
12	295	284,4	10,6
13	295	285,1	9,9
14	295	285,5	9,5
15	295	285,4	9,6
16	295	285,1	9,9
17	295	284,5	10,5

18	295	283,8	11,2
19	295	283,1	11,9
20	295	282,5	12,5
21	295	282	13
22	295	281,8	13,2
23	295	281,6	13,4
24	295	281,5	13,5

**Με τη χρήση της εξίσωσης(16), και βάσει όλων των παραπάνω υπολογισμών,προκύπτουν οι τιμές των απωλειών των υαλοπινάκων όλων των προσανατολισμών για όλο το 24ωρο σε J/h .Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα,δίνονται επιπλέον και διαγραμματικά.**

Πίνακας48:απώλειες υαλοπινάκων για κάθε προσανατολισμό και για όλο το 24ωρο.

<b>Βορράς-νότος-ανατολή-δύση</b>	J/h
hours	Απωλειες υαλοπινάκων
1	-1294650
2	-1313550
3	-1351350
4	-1389150
5	-1417500
6	-1426950
7	-1408050
8	-1360800
9	-1294650
10	-1200150
11	-1096200
12	-1001700
13	-935550
14	-897750
15	-907200
16	-935550
17	-992250
18	-1058400
19	-1124550
20	-1181250
21	-1228500
22	-1247400
23	-1266300
24	-1275750



Σχήμα50:απώλειες υαλοπινάκων όλων των προσανατολισμών και για όλο το εικοσιτετράωρο.

Από το διάγραμμα είναι εμφανές ότι γύρω στη μία το μεσημέρι, όπου οι θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερες και επομένως πιο κοντά στη θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος(22°C),οι απώλειες είναι μικρότερες.Αντιθέτως τις βραδινές ώρες,η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη,συνεπώς και οι απώλειες είναι μεγαλύτερες.

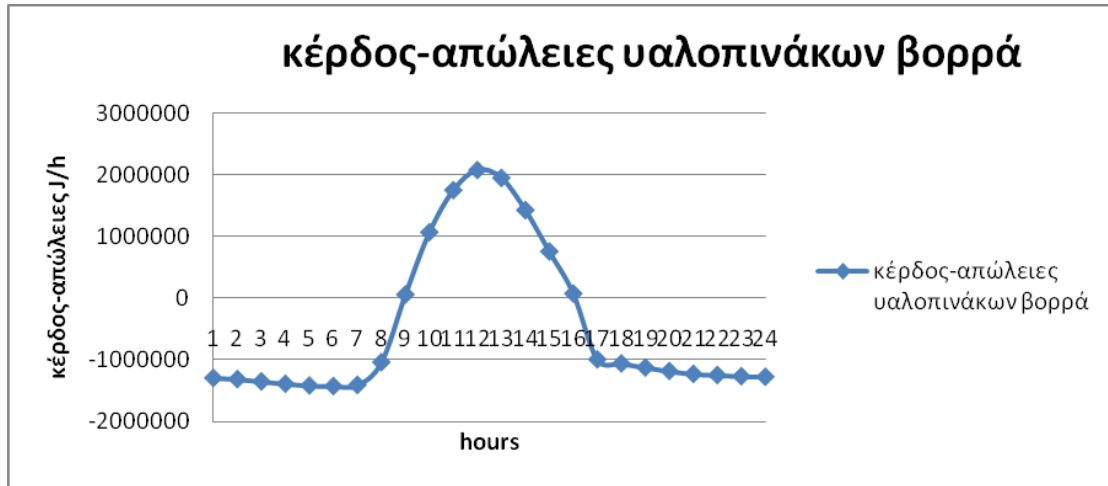
6. Διαφορά θετικών και αρνητικών φορτίων που διέρχονται μέσω των υαλοπινάκων.

Έχοντας ήδη υπολογιστεί τα θετικά και τα αρνητικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου μέσω των υαλοπινάκων, αφαιρώντας τα μεταξύ τους, βρίσκουμε το συνολικό φορτίο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και διάγραμμα για να προκύψουν πιο άμεσα συμπεράσματα.

Πίνακας 49: κέρδος-απώλειες υαλοπινάκων για όλους τους προσανατολισμούς.

	βορράς	νότος	ανατολή	δύση
hours	κερ.- απώλ.(J/h)	κερ-απώλ(J/h)	κέρδος- απώλ.(J/h)	κέρδος- απώλ.(J/h)
1	-1294650	-1294650	-1294650	-1294650
2	-1313550	-1313550	-1313550	-1313550
3	-1351350	-1351350	-1351350	-1351350
4	-1389150	-1389150	-1389150	-1389150
5	-1417500	-1417500	-1417500	-1417500
6	-1426950	-1426950	-1426950	-1426950
7	-1408050	-1408050	-1408050	-1408050
8	-1037999	-1037999	-1037999	-1037999
9	62869,5	1289898	1260762	62869,5
10	1076517	4214716	2985063	1076517
11	1760387	6393084	3117299	1760387
12	2087340	7892489	2087340	2087340
13	1959892	8359808	1959892	3834419
14	1436071	8312242	1436071	5617955
15	762720,3	7025486	762720,3	6876795
16	78853,5	4729388	78853,5	6827352
17	-992250	-560463	-560463	2606094
18	-1058400	-1058400	-1058400	-1058400
19	-1124550	-1124550	-1124550	-1124550
20	-1181250	-1181250	-1181250	-1181250
21	-1228500	-1228500	-1228500	-1228500
22	-1247400	-1247400	-1247400	-1247400
23	-1266300	-1266300	-1266300	-1266300
24	-1275750	-1275750	-1275750	-1275750





Σχήμα 51: κέρδος-απώλειες υαλοπινάκων βορρά.



Σχήμα 52: κέρδος-απώλειες υαλοπινάκων νότου.



Σχήμα 53: κέρδος-απώλειες υαλοπινάκων ανατολής.



Σχήμα 54: κέρδος-απώλειες υαλοπινάκων δύσης.

Αξίζει να σημειωθεί,ότι για τους υαλοπίνακες του βόρρειου και νότιου προσανατολισμού το μέγιστο συνολικό κέρδος είναι γύρω στη 13.00 το μεσημέρι,ενώ για εκείνους του ανατολικού και δυτικού προσανατολισμού,στις 10.00 και 16.00 αντίστοιχα,πράγμα αναμενόμενο καθώς εκείνες τις ώρες είναι η μέγιστη στιγμιαία ολική ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 4.

Επιπλέον,το μέγιστο κέρδος υπολογίστηκε στο νότιο προσανατολισμό (8359808 J/h) στη 13:00,έπειτα στο δυτικό(6876795 J/h)στις 15:00,μετά στον ανατολικό(3117299 J/h) στις 11:00 και τέλος στο βόρρειο(2087340 J/h) στις 12:00.Κατά τη διάρκεια της ημέρας στο βόρρειο προσανατολισμό οι συνολικές απώλειες(δηλαδή συνολικές απώλειες-κέρδος)είναι 10788949 J/day, για το νότιο προσανατολισμό υπάρχει κέρδος( συνολικό κέρδος-απώλειες) 28635298 J/day, για τον ανατολικό προσανατολισμό υπάρχουν απώλειες υαλοπινάκων(συνολικές απώλειες-κέρδος) 5893811 J/day και τέλος για το δυτικό προσανατολισμό το κέρδος(συνολικό κέρδος-απώλειες)είναι 11728379 J/day.Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι υαλοπίνακες στο βορρά έχουν μεγάλες απώλειες,επομένως από ενεργειακής άποψης θα ήταν συμφέρον να μην υπήρχαν υαλοπίνακες στο βορρά.Αυτό ισχύει και για τον ανατολικό προσανατολισμό,όπου οι απώλειες όμως δεν είναι τόσο μεγάλες.

Τέλος,οι καμπύλες του βόρρειου και νότιου προσανατολισμού,είναι ομαλές,ενώ δε συμβαίνει το ίδιο για τον ανατολικό και δυτικό, πράγμα αναμενόμενο,καθώς το ίδιο συνέβη και με τις καμπύλες του κέρδους όπως αιτιολογήθηκε στο κεφάλαιο 4.

## 7.Συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων και της οροφής.

Το συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων καθώς και της οροφής-το οποίο για δική μας διευκόλυνση ονομάστηκε συνολικό κέρδος τοίχων και οροφής αντίστοιχα-,υπολογίζεται με μία εξίσωση,όμοια με την εξίσωση (16) και είναι η εξής:

$$\text{Συνολικό κέρδος τοίχων}=3600 \cdot A_w \cdot U_w \cdot (T_{in}-T_e) \text{ (J/h)} \quad (17)$$

Όπου:

- $A_w$  [ $m^2$ ] εμβαδό τοίχου,

- $U_w$ [ $W/m^2K$ ] συντελεστής θερμοπερατότητας τοίχου,

- $(T_{in}-T_e)$  διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος,

-3600 [s/h].

Η ίδια ακριβώς σχέση ισχύει για την οροφή με διαφορετικό δείκτη,δηλαδή:

$$\text{Συνολικό κέρδος οροφής}=3600 \cdot A_{hor} \cdot U_{hor} \cdot (T_{in}-T_e) \text{ (J/h)} \quad (18)$$

### 7.1 Υπολογισμός εμβαδού τοίχων.

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.2, το κτήριο αναφοράς έχει επιφάνεια κελύφους-πλην αδιαβατικού δαπέδου- $220m^2$  και επιφάνεια τετραγωνικού δαπέδου ίση με την επιφάνεια της οροφής, $100m^2$ .Επομένως,το εμβαδό όλων των πλευρών του κτιρίου είναι  $(220-100)=120m^2$  και της κάθε πλευράς ξεχωριστά, $120/4=30m^2$ .Όπως υπολογίστηκε στην παράγραφο 4.2 το εμβαδό κάθε υαλοπίνακα είναι ίσο με  $7.5m^2$ .Συμπερασματικά προκύπτει ότι το εμβαδό του κάθε τοίχου είναι ίσο με  $30-7.5=22.5m^2$ .

### 7.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου.

Όπως έχει αναφερθεί αρκετές φορές στα προηγούμενα κεφάλαια,για τους υπολογισμούς έχει θεωρηθεί ένα κτήριο αναφοράς[14].Στο κτήριο αυτό,οι εξωτερικοί τοίχοι αποτελούνται από τα παρακάτω διαδοχικά στρώματα:εξωτερικό επίχρισμα πάχους 0.02m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1.200 (W/mK),δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0.720 (W/mK), μόνωση πάχους 0.040m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0.038(W/Mk),δρομική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.09m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0.720(W/mK) και εσωτερικό επίχρισμα πάχους 0.020m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1.200(W/mK).Ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι  $16W/m^2K$  και  $8W/m^2K$  αντίστοιχα.

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

$$1/U_w = 1/h_i + W_1/k_1 + W_2/k_2 + W_3/k_3 + W_4/k_4 + W_5/k_5 + 1/h_o \quad (\text{m}^2\text{K/W}) \quad (19)$$

όπου:

- $U_w$  [W/m<sup>2</sup>K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου,
- $h_i$  [W/m<sup>2</sup>K] ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $h_o$  [W/m<sup>2</sup>K] ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $W_i/k_i$  [m<sup>2</sup>K/W] ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος του τοίχου.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (19), και τις τιμές που έχουμε για το κτήριο αναφοράς προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας του τοίχου που προφανώς είναι ίδιος για τους τοίχους όλων των προσανατολισμών, ίσος με 0.748138 W/m<sup>2</sup>K.

### 7.3 Υπολογισμός της διαφοράς ισοδύναμης θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.1, σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς το οποίο χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς, η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με 22°C=295K. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου, για κάθε προσανατολισμό, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος [1]. Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα καθ'όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

Πίνακας 50: Διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε προσανατολισμό.

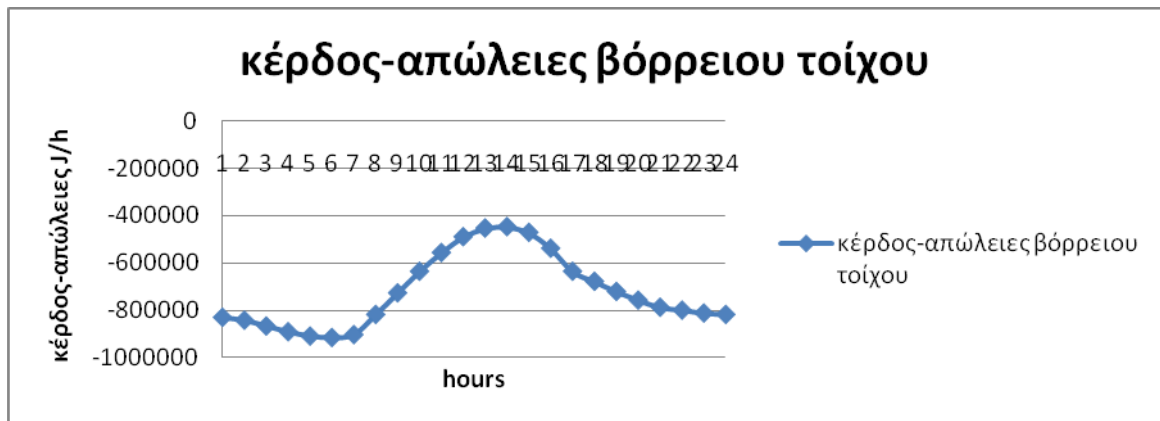
		βορρά		νότου		ανατολής		δύσης	
hours	Tin(K)	Te(K)	(Tin-Te)	Te(K)	Tin-Tout	Te(K)	Tin-Te	Te(K)	Tin-Te
1	295	281,3	13,7	281,3	13,7	281,3	13,7	281,3	13,7
2	295	281,1	13,9	281,1	13,9	281,1	13,9	281,1	13,9
3	295	280,7	14,3	280,7	14,3	280,7	14,3	280,7	14,3
4	295	280,3	14,7	280,3	14,7	280,3	14,7	280,3	14,7
5	295	280	15	280	15	280	15	280	15
6	295	279,9	15,1	279,9	15,1	279,9	15,1	279,9	15,1
7	295	280,1	14,9	280,1	14,9	280,1	14,9	280,1	14,9
8	295	281,5	13,5	289	6	292,5	2,5	281,5	13,5
9	295	283	12	296,3	-1,3	296	-1	283	12
10	295	284,5	10,5	301,2	-6,2	294,7	0,3	284,5	10,5
11	295	285,8	9,2	304,5	-9,5	291,3	3,7	285,8	9,2
12	295	286,9	8,1	306,2	-11	286,9	8,1	286,9	8,1

13	295	287,5	7,5	306,2	11,2	287,5	7,5	293	2
14	295	287,6	7,4	304,3	-9,3	287,6	7,4	297,8	-2,8
15	295	287,2	7,8	300,4	-5,4	287,2	7,8	300,1	-5,1
16	295	286,1	8,9	293,6	1,4	286,1	8,9	297	-2
17	295	284,5	10,5	284,5	10,5	284,5	10,5	284,5	10,5
18	295	283,8	11,2	283,8	11,2	283,8	11,2	283,8	11,2
19	295	283,1	11,9	283,1	11,9	283,1	11,9	283,1	11,9
20	295	282,5	12,5	282,5	12,5	282,5	12,5	282,5	12,5
21	295	282	13	282	13	282	13	282	13
22	295	281,8	13,2	281,8	13,2	281,8	13,2	281,8	13,2
23	295	281,6	13,4	281,6	13,4	281,6	13,4	281,6	13,4
24	295	281,5	13,5	281,5	13,5	281,5	13,5	281,5	13,5

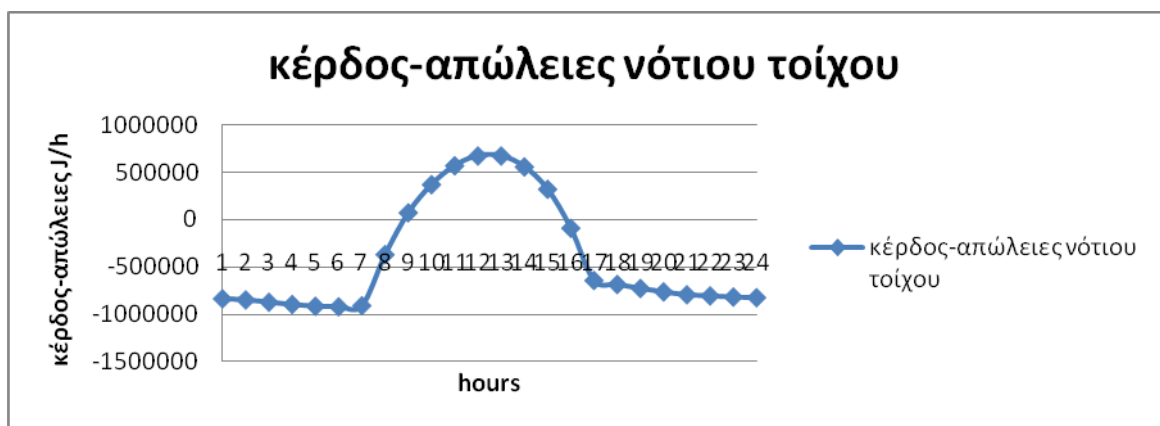
**Χρησιμοποιώντας την εξίσωση(17) και τις παραπάνω τιμές,υπολογίστηκε το κέρδος των τοίχων.Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.Δίνονται και με τα σχετικά διαγράμματα για πιο άμεσα συμπεράσματα.**

Πίνακας 51:συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω των τοίχων για κάθε προσανατολισμό.

	<b>βορράς</b>	<b>νότος</b>	<b>ανατολή</b>	<b>δύση</b>
hours	κέρδος-απώλειες(J/h)	κερ.-απωλ.(J/h)	κερ.-απωλ(J/h)	κερ.-απωλ.(J/h)
1	-830209	-830209	-830209	-830209
2	-842329	-842329	-842329	-842329
3	-866568	-866568	-866568	-866568
4	-890808	-890808	-890808	-890808
5	-908988	-908988	-908988	-908988
6	-915048	-915048	-915048	-915048
7	-902928	-902928	-902928	-902928
8	-818089	-363595	-151498	-818089
9	-727190	78778,94	60599,18	-727190
10	-636291	375714,9	-18179,8	-636291
11	-557512	575692,2	-224217	-557512
12	-490853	678710,8	-490853	-490853
13	-454494	678710,8	-454494	-121198
14	-448434	563572,4	-448434	169677,7
15	-472674	327235,6	-472674	309055,8
16	-539333	-84838,9	-539333	121198,4
17	-636291	-636291	-636291	-636291
18	-678711	-678711	-678711	-678711
19	-721130	-721130	-721130	-721130
20	-757490	-757490	-757490	-757490
21	-787789	-787789	-787789	-787789
22	-799909	-799909	-799909	-799909
23	-812029	-812029	-812029	-812029
24	-818089	-818089	-818089	-818089



Σχήμα55: κέρδος-απώλειες τοίχου με βόρειο προσανατολισμό.



Σχήμα 56: κέρδος-απώλειες τοίχου με νότιο προσανατολισμό.



Σχήμα 57 : κέρδος-απώλειες τοίχου με ανατολικό προσανατολισμό.



Σχήμα 58: κέρδος-απώλειες τοίχου με δυτικό προσανατολισμό.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι εμφανές ότι το μέγιστο κέρδος επιτυγχάνεται για όλους σχεδόν τους προσανατολισμούς τις μεσημεριανές ώρες, καθώς εκείνες τις ώρες υπάρχουν μικρότερες απώλειες εφόσον οι ισοδύναμες εξωτερικές θερμοκρασίες είναι σχετικά υψηλές.

Πιο αναλυτικά από τους πίνακες 55 και 56, για το βόρειο προσανατολισμό υπάρχει μέγιστο κέρδος (επειδή είναι αρνητικό ισοδυναμεί με ελάχιστες απώλειες),  $-448434 \text{ J/h}$  στις 14:00 για μέγιστη μετρούμενη ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος  $T_e=14.6^\circ\text{C}$ , ομοίως για το νότιο προσανατολισμό υπάρχει μέγιστο κέρδος  $678710.8 \text{ J/h}$  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  $60599.18 \text{ J/h}$ , επιτυγχάνεται στις 9:00 το πρωί, όπου η  $T_e=23^\circ\text{C}$ . Τέλος, στο δυτικό προσανατολισμό το μέγιστο κέρδος είναι  $309055.8 \text{ J/h}$ , όπου η  $T_e=27.1^\circ\text{C}$  και εμφανίζεται στις 15:00 το μεσημέρι. Οι ανωμαλίες που εμφανίζονται στα σχετικά διαγράμματα οφείλονται στις αυξομειώσεις των μετρούμενων ισοδύναμων εξωτερικών θερμοκρασιών όπως αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 50.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στο βόρειο προσανατολισμό υπάρχουν μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές κέρδους), στον ανατολικό υπολογίστηκε μόνο μία θετική τιμή κέρδους (στις 9:00), ενώ στο νότιο και δυτικό προσανατολισμό υπάρχουν κυρίως απώλειες, εκτός από τις μεσημεριανές ώρες που υπάρχει κέρδος.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι 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.

#### 7.4 Υπολογισμός εμβαδού οροφής.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.2, το κτήριο αναφοράς έχει επιφάνεια κελύφους-πλην αδιαβατικού δαπέδου  $220\text{m}^2$  και επιφάνεια τετραγωνικού δαπέδου ίση με την επιφάνεια της οροφής,  $100\text{m}^2$ .

## 7.5 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής.

Όπως έχει αναφερθεί αρκετές φορές στα προηγούμενα κεφάλαια, για τους υπολογισμούς έχει θεωρηθεί ένα κτήριο αναφοράς [14]. Στο κτήριο αυτό, η οροφή αποτελείται από τα παρακάτω διαδοχικά στρώματα: γαρμπιλόδεμα 0.07m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 2.200 (W/mK), στεγανωτική στρώση 0.01m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0.038 (W/mK), μόνωση πάχους 0.060m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 0.038 (W/mK), σκυρόδεμα πάχους 0.07m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 2.200 (W/mK), οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 0.14m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 2.200 (W/mK) και τέλος επίχρισμα πάχους 0.015m και ειδικής θερμικής αγωγιμότητας 1.2 (W/mK). Ο εξωτερικός και εσωτερικός συντελεστής συναγωγής είναι 16 W/m<sup>2</sup>K και 8 W/m<sup>2</sup>K αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή διαπερατότητας της οροφής, χρησιμοποιείται τη σχέση:

$$1/U_{hor} = 1/h_i + W_1/k_1 + W_2/k_2 + W_3/k_3 + W_4/k_4 + W_5/k_5 + W_6/k_6 + 1/h_o \quad (m^2K/W) \quad (20)$$

όπου:

- $U_{hor}$  [W/m<sup>2</sup>K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής,
- $h_i$  [W/m<sup>2</sup>K] ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $h_o$  [W/m<sup>2</sup>K] ο εξωτερικός συντελεστής συναγωγής,
- $W_i/k_i$  [m<sup>2</sup>K/W] ο λόγος του πάχους προς την αντίστοιχη ειδική θερμική αγωγιμότητα του κάθε στρώματος της οροφής.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (20), και τις αντίστοιχες τιμές για το κτήριο αναφοράς προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας της οροφής, ίσος με 0.504397 W/m<sup>2</sup>K.

## 7.6 Υπολογισμός της διαφοράς ισοδύναμης θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος για οριζόντιες επιφάνειες.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.1, σύμφωνα με το κτήριο αναφοράς το οποίο χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς, η εσωτερική θερμοκρασία είναι ίση με 22°C. Ως θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος ελήφθησαν οι τιμές της ισοδύναμης θερμοκρασίας των Αθηνών κατά την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου, για οριζόντιες επιφάνειες, για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος [1]. Η διαφορά θερμοκρασιών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα καθ'όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

Πίνακας 52: διαφορά ισοδύναμων θερμοκρασιών μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος για οριζόντιες επιφάνειες.

hours	T <sub>in</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>in</sub> -T <sub>e</sub>
-------	-----------------	----------------	---------------------------------



1	22	8,3	13,7
2	22	8,1	13,9
3	22	7,7	14,3
4	22	7,3	14,7
5	22	7	15
6	22	6,9	15,1
7	22	7,1	14,9
8	22	7,1	14,9
9	22	12,4	9,6
10	22	16,9	5,1
11	22	20,1	1,9
12	22	21,8	0,2
13	22	21,8	0,2
14	22	20	2
15	22	16,5	5,5
16	22	11,6	10,4
17	22	11,5	10,5
18	22	10,8	11,2
19	22	10,1	11,9
20	22	9,5	12,5
21	22	9	13
22	22	8,8	13,2
23	22	8,6	13,4
24	22	8,5	13,5

**Χρησιμοποιώντας την εξίσωση(18) και τις παραπάνω τιμές,υπολογίστηκε το κέρδος της οροφής.Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.Δίνονται και με τα σχετικά διαγράμματα για πιο άμεσα συμπεράσματα.**

Πίνακας 53:συνολικό φορτίο που διέρχεται μέσω της οροφής.

hours	οροφή κέρδος-απώλειες(J/h)
1	-2487687
2	-2524003
3	-2596636
4	-2669270
5	-2723745
6	-2741903
7	-2705586
8	-2705586
9	-1743196
10	-926073
11	-345008
12	-36316,6
13	-36316,6
14	-363166

15	-998706
16	-1888463
17	-1906621
18	-2033729
19	-2160837
20	-2269787
21	-2360579
22	-2396895
23	-2433212
24	-2451370



Σχήμα59: κέρδος-απώλειες οροφής για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν προκύπτει ότι το μέγιστο κέρδος για την οροφή επιτυγχάνεται μεσημεριανές ώρες, καθώς εκείνες τις ώρες υπάρχουν οι μικρότερες απώλειες εφόσον οι ισοδύναμες εξωτερικές θερμοκρασίες είναι σχετικά υψηλές.

Πιο αναλυτικά από τους πίνακες 52 και 53, για την οροφή το μέγιστο κέρδος (ελάχιστες απώλειες καθώς είναι αρνητικό) είναι,  $-36316,6 \text{ J/h}$  στις 12:00 και στη 13:00 για μέγιστη μετρούμενη ισοδύναμη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος  $T_e = 21,8^\circ\text{C}$ . Οι ανωμαλίες που εμφανίζονται στο σχετικό διάγραμμα οφείλονται στις αυξομειώσεις των μετρούμενων ισοδύναμων εξωτερικών θερμοκρασιών όπως αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 52.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην οροφή υπάρχουν μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές κέρδους). Συμπερασματικά αναφέρεται ότι το συνολικό κέρδος της οροφής είναι πολύ μικρότερο από εκείνο των υαλοπινάκων, πράγμα το οποίο είναι απολύτως φυσιολογικό εφόσον η ηλιακή ακτινοβολία περνά πολύ ευκολότερα μέσω των υαλοπινάκων σε σχέση με την οροφή. Επίσης διαπιστώνεται ότι οι απώλειες της οροφής είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες των τοίχων όλων των προσανατολισμών καθώς φτάνουν μέχρι τιμές κοντά στα  $-300000 \text{ J/h}$ , όταν για τους τοίχους όλων των προσανατολισμών, οι απώλειες φτάνουν κοντά στην τιμή  $-1000000 \text{ J/h}$ .

## 8.Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα.

Ανανέωση του αέρος χώρου είναι η ηθελημένη προσαγωγή αέρος εξωτερικού περιβάλλοντος στον κλιματιζόμενο ,αμέσως ή μέσω κλιματιστικής συσκευής,ενώ διείσδυση είναι η είσοδος του εξωτερικού αέρα από τα διάκενα θυρών και παραθύρων ή κατά το άνοιγμα των θυρών.

Το ψυκτικό φορτίο που εισέρχεται λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρα,υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση[2]:

$$Q_t = 1.2 * Q * (\Delta h) * 3600 \quad (\text{J/h}) \quad (21)$$

όπου:

- $Q_t$  το ολικό ψυκτικό φορτίο [J/h],
  - $Q$  η παροχή εξωτερικού αέρος [L/s],
  - $\Delta h$  η διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος [KJ/Kg ξ.α].
- 3600 [s/h].

Η παραπάνω σχέση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου λόγω διείσδυσης εξωτερικού αέρα καθώς επίσης και λόγω ανανέωσης,υπό τον όρο ότι ο εξωτερικός αέρας προσάγεται κατευθείαν στο χώρο(και όχι μέσω της κλιματιστικής συσκευής).Επιπλέον,θεωρείται ότι το κτήριο αναφοράς,βρίσκεται υπό συνήθεις συνθήκες και κανονική ατμοσφαιρική πίεση(101.325 kPa ,υψόμετρο 0).

### 8.1 Υπολογισμός παροχής εξωτερικού αέρα.

Οι απαιτήσεις ανανέωσης αέρος ποικίλουν,ανάλογα με την περίπτωση.Συνήθης είναι η παροχή φρέσκου αέρα ίση με 2l/s per m<sup>2</sup> of floor,σε θερμοκρασία πραγματικού περιβάλλοντος.Επομένως:

$$Q = 2 * 100 = 200 \text{ l/s, για επιφάνεια εδάφους } 100 \text{ m}^2 \text{ (παράγραφος 1.1.2).}$$

### 8.2 Υπολογισμός διαφοράς ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος.

Η ενθαλπία εισερχόμενου αέρος,βρίσκεται από τον ψυχομετρικό χάρτη[2], συναρτήσει της σταθερής θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας,Tdb(Dry Bulb Temperature)=22°C(θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος) και της σχετικής υγρασίας φ=50% ίση με 45kJ/kg ξ.α.

Για τον υπολογισμό της ενθαλπίας εξερχόμενου αέρος πρέπει να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία με Tdb(θερμοκρασίες εξωτερικού

περιβάλλοντος) τις τιμές των Αθηνών ,οι οποίες προέκυψαν με στατιστική επεξεργασία ωριαίων μετρήσεων 20 ετών της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου,για επιφάνεια κελύφους ανοιχτού χρώματος[2],όμοια με το κεφάλαιο 5.1 και για τις αντίστοιχες τιμές της σχετικής υγρασίας,οι οποίες προκύπτουν από την παρακάτω σχέση,[1]:

$$\varphi_0(H) = m + \sum_{i=1}^2 c_i \cos[i360/24(H-0.5)] + \sum_{i=1}^2 s_i \sin[i360/24(H-0.5)] \quad (22)$$

όπου:

-H, η ώρα της ημέρας 1 ÷ 24,

- c<sub>i</sub>, s<sub>i</sub>, m συντελεστές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 54:τιμές των συντελεστών C<sub>i</sub>, S<sub>i</sub>, m.

day	m	C1	C2	S1	S2
21 Jan.	70.132	8.1020	-2.7170	3.8240	-4.1640

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν οι παρακάτω τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα και η αντίστοιχη ενθαλπία εξερχόμενου αέρος.

Πίνακας 55:τιμές σχετικής υγρασίας για κάθε ώρα με χρήση της σχέσης (22).

hours	Tout	φ0	hout(kJ/kg ξ.α.)
1	8,3	74,96168	22
2	8,1	74,21505	21
3	7,7	74,16233	20
4	7,3	74,77906	19
5	7	75,74223	18
6	6,9	76,52751	17,9
7	7,1	76,5679	19
8	7,6	75,43002	19
9	8,3	72,95892	21
10	9,3	69,35106	22
11	10,4	65,13329	22,5
12	11,4	61,05175	25
13	12,1	57,89804	25
14	12,5	56,31774	26
15	12,4	56,65102	26
16	12,1	58,84713	25
17	11,5	62,4754	23
18	10,8	66,82989	25
19	10,1	71,10038	24
20	9,5	74,56519	24
21	9	76,75573	23
22	8,8	77,55075	23
23	8,6	77,17707	21

24	8,5	76,11886	21,5
----	-----	----------	------

Συνεπώς έχοντας υπολογίσει την ενθαλπία εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος, εύκολα υπολογίζεται η διαφορά τους.

Πίνακας 56: Διαφορά ενθαλπίας μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρος σε kJ /kg ξ.α.

hours	Δh
1	23
2	24
3	25
4	26
5	27
6	27,1
7	26
8	26
9	24
10	23
11	22,5
12	20
13	20
14	19
15	19
16	20
17	22
18	20
19	21
20	21
21	22
22	22
23	24
24	23,5

**Με τη χρήση όλων των παραπάνω και την εφαρμογή τους στην εξίσωση (21), υπολογίστηκε το ψυκτικό φορτίο λόγω ανανέωσης και διείσδυσης αέρος, που είναι και το ζητούμενο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.**

Πίνακας 57: Ψυκτικό φορτίο λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα.

hours	Qt (J/h)
1	-19872000
2	-20736000
3	-21600000
4	-22464000
5	-23328000
6	-23414400

7	-22464000
8	-22464000
9	-20736000
10	-19872000
11	-19440000
12	-17280000
13	-17280000
14	-16416000
15	-16416000
16	-17280000
17	-19008000
18	-17280000
19	-18144000
20	-18144000
21	-19008000
22	-19008000
23	-20736000
24	-20304000

9.Συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου του κελύφους για κάθε ώρα της 21<sup>ης</sup> Ιανουαρίου για δεδομένο κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας.

Κάνοντας χρήση των εξισώσεων (7),(16),(17),(18) και (21) με τις οποίες έγινε υπολογισμός των θετικών φορτίων που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων(κεφάλαιο4),τα αρνητικά φορτία που διέρχονται στο εσωτερικό του κτηρίου δια μέσου των υαλοπινάκων(κεφάλαιο 5),το συνολικό φορτίο που διέρχεται δια μέσου των τοίχων και της οροφής(κεφάλαιο 7) και τέλος το ψυκτικό φορτίο που διέρχεται λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα(κεφάλαιο 8),αντίστοιχα,μπορεί να υπολογιστεί το συνολικό φορτίο του κελύφους που διέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου,για κάθε ώρα της 21<sup>ης</sup> Ιανουαρίου για δεδομένο κτήριο αναφοράς στην περιοχή της Αθήνας.Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και το αντίστοιχο διάγραμμα.

Πίνακας 58:συνολικές απώλειες κελύφους για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

hours	Συνολικές απώλειες κελύφους (J/h)
1	-30545148
2	-31564961
3	-32740586
4	-33916210
5	-35013929
6	-35178235
7	-34072023
8	-31131378
9	-20897789
10	-12243427
11	-7473857,8
12	-3951072,6
13	-1549197,9
14	-94610,602
15	-2169992,8
16	-8257977,3
17	-22726233
18	-26005494
19	-27414837
20	-27882274
21	-29135805
22	-29291617
23	-31175430
24	-30821336



Σχήμα 60:συνολικές απώλειες κελύφους για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου για κτήριο αναφοράς της Αθήνας.

Προσθέτοντας τις τιμές για κάθε ώρα,βρέθηκαν οι συνολικές απώλειες του κελύφους για όλο το 24ωρο ίσες με  $-5,45E+08$  J. Τα ανά ώρα αποτελέσματα απέχουν από την πραγματικότητα διότι δεν έχει ληφθεί η υστέρηση των υλικών,αλλά επειδή ενδιαφέρει το αποτέλεσμα ανά ημέρα,τελικά όλες οι υστερήσεις έχουν ληφθεί.Συνεπώς οι ημερήσιες απώλειες είναι πολύ πιο ακριβείς από ότι οι ωριαίες.

Από το διάγραμμα είναι εμφανές ότι υπάρχουν μόνο απώλειες(αρνητικές τιμές) κελύφους για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου και για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της μόνωσης(πάχος 0.04m και ειδική θερμική αγωγιμότητα 0.038W/mK) και των υαλοπινάκων(ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους  $P_f=25\%$  και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_f=3.5W/m^2K$  του κτηρίου αναφοράς.

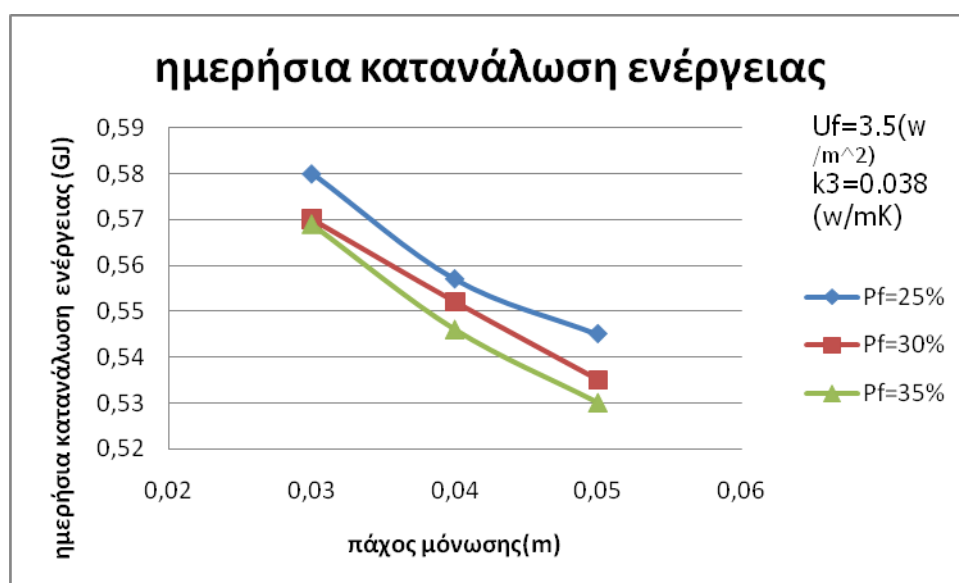
Οι ελάχιστες απώλειες υπολογίστηκαν κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου το κέρδος των υαλοπινάκων είναι μεγάλο,σε σχέση με τις συνολικές απώλειες,αλλά και πάλι οι συνολικές απώλειες (υαλοπινάκων,τοιχων,οροφής,λόγω διείσδυσης και ανανέωσης αέρα) υπερσχύουν.

Επομένως ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο συνδυασμός εκείνος των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων,για τα οποία επιτυγχάνεται ψευτοαδιαβατικό κέλυφος,δηλαδή συνολικές απώλειες κελύφους μηδέν 0.

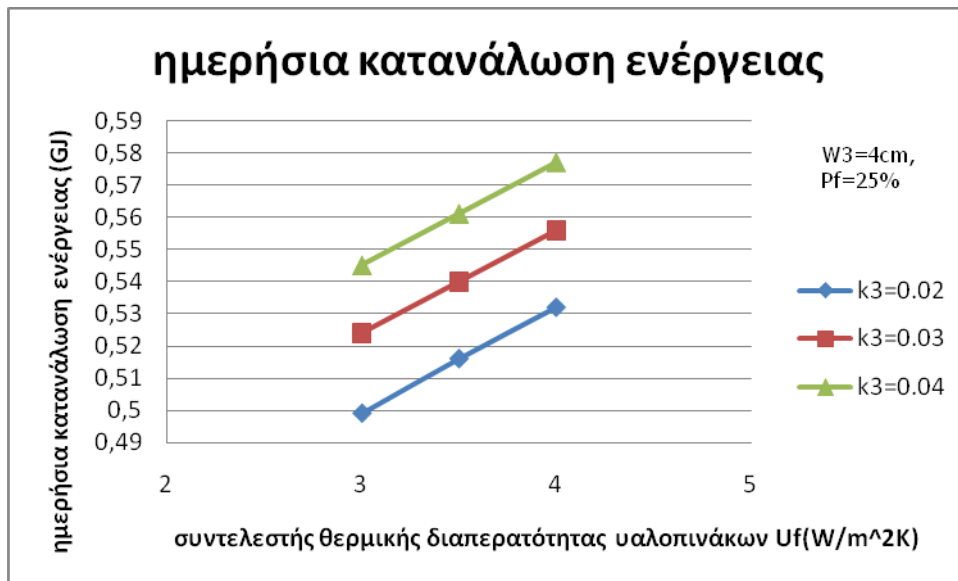


10. Εκτίμηση ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης  $E_d$  για διάφορους συνδυασμούς των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων (πάχος μόνωσης, ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης, συντελεστής θερμικής διαπερατότητας και ποσοτό επί του κελύφους των υαλοπινάκων).

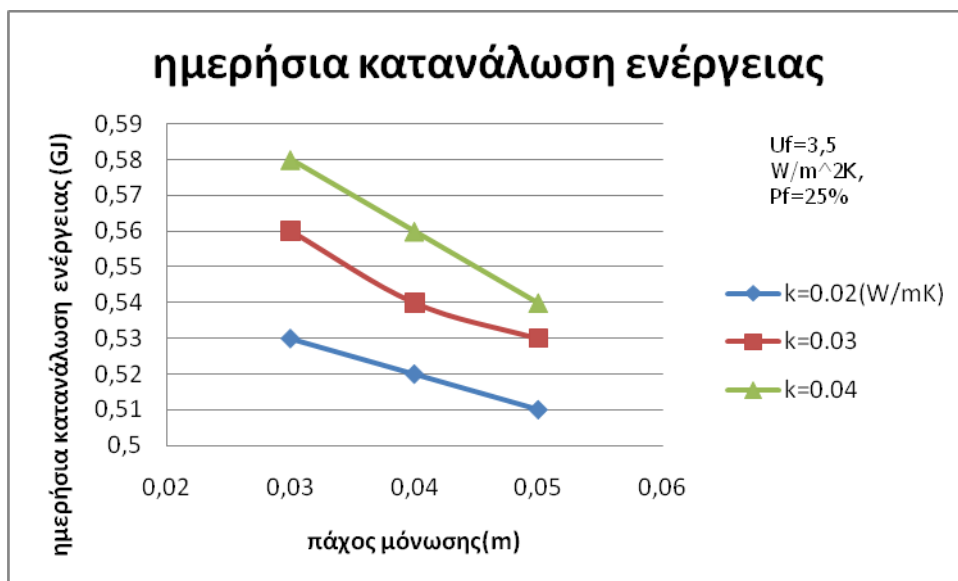
Σκοπός σε αυτό το στάδιο της διπλωματικής εργασίας είναι να προσδιοριστεί η επίδραση του συνδυασμού των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Σύμφωνα με τη μελέτη που διεξήχθη, τα αποτελέσματα είναι ορατά στα παρακάτω διαγράμματα.



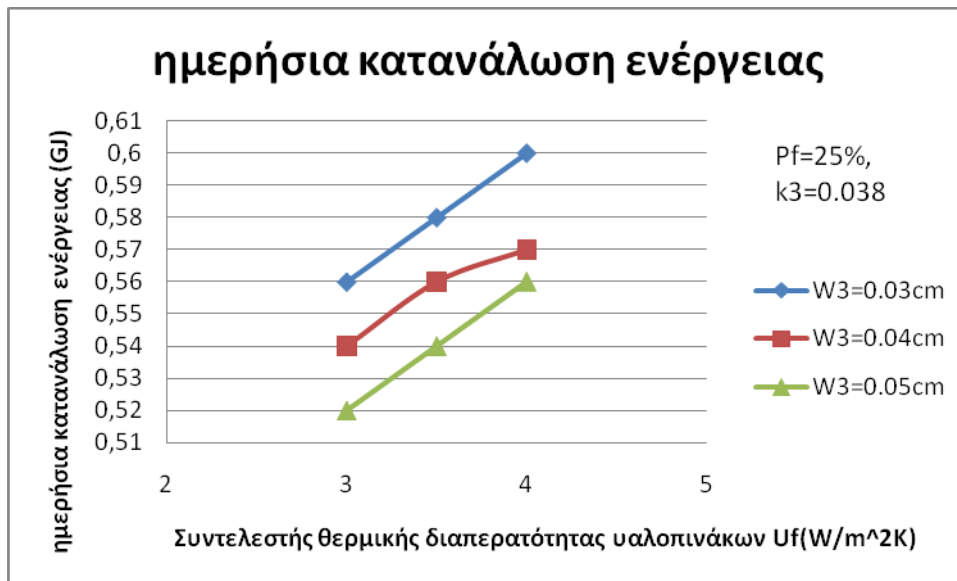
Σχήμα 61: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θερμότητας για σταθερό συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων και ειδική θερμική διαπερατότητα μόνωσης και μεταβλητό ποσοτό υαλοπινάκων και πάχος μόνωσης.



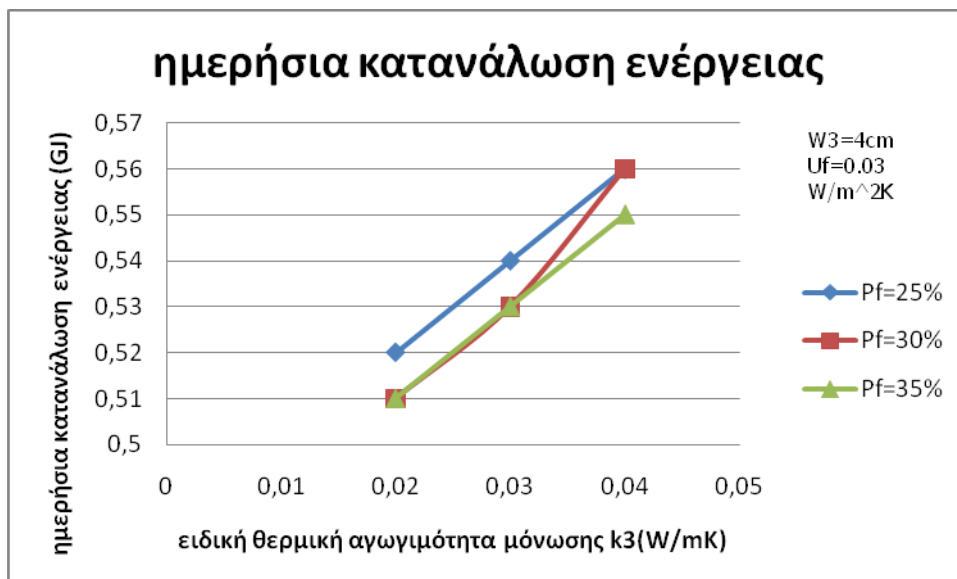
Σχήμα62:ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θερμότητας για σταθερό πάχος μόνωσης και ποσοστό υαλοπινάκων και μεταβλητή ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης και συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων.



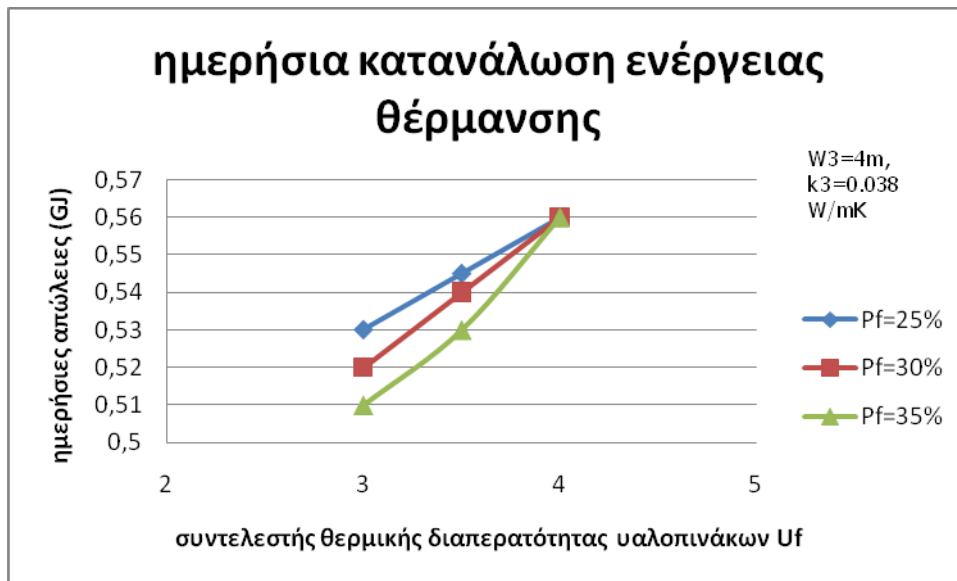
Σχήμα63:ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θερμότητας για σταθερό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και ποσοστό υαλοπινάκων και μεταβλητό πάχος μόνωσης και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης.



Σχήμα 64: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για σταθερή ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης και ποσοστό υαλοπινάκων και μεταβλητό πάχος μόνωσης και συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων.



Σχήμα 65: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για σταθερό πάχος μόνωσης και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και μεταβλητό ποσοστό υαλοπινάκων και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης.



Σχήμα66: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για σταθερό πάχος και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης και μεταβλητό ποσοστό και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων.

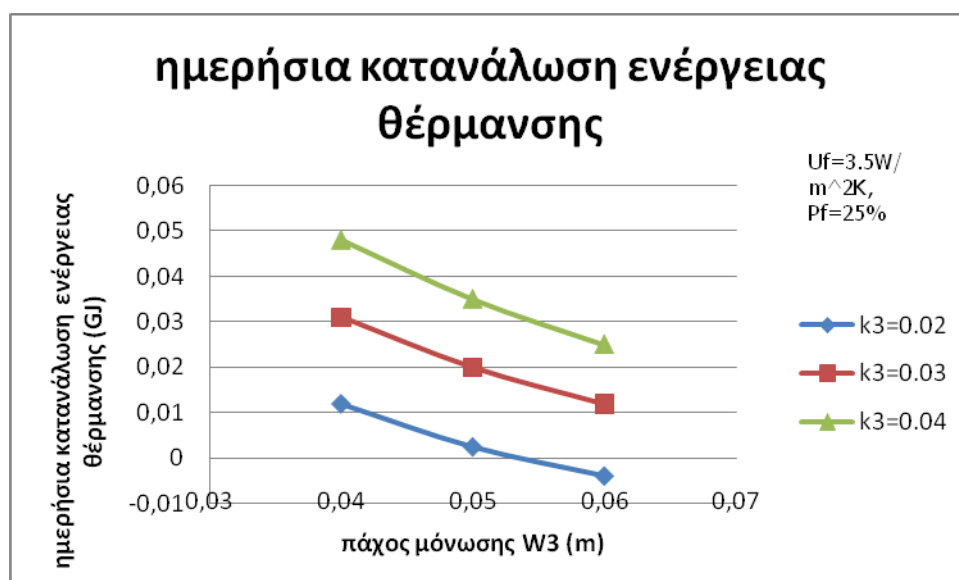
Από τα παραπάνω διαγράμματα είναι εμφανές ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό των υαλοπινάκων και το πάχος της μόνωσης, μειώνεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Αντιθέτως, όσο αυξάνεται η ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης και ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, τόσο αυξάνεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης.

Από το *σχήμα 61*, προκύπτει ότι για πάχος μόνωσης  $W_3=0,03$  m, και ποσοστό υαλοπινάκων  $P_f=30\%$  και  $35\%$ , η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης είναι  $E_d=0,57GJ$  και  $0,569GJ$  αντίστοιχα, δηλαδή οι τιμές είναι πολύ κοντινές. Επιπλέον για ποσοστό υαλοπινάκων  $P_f=30\%$  και  $35\%$  και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης  $k_3=0,02$   $W/m^2K$  και  $0,03W/m^2K$  αντίστοιχα, οι τιμές της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας μόνωσης, ταυτίζονται, όπως φαίνεται στο *σχήμα 65*. Τέλος, το ίδιο συμβαίνει για συντελεστή θερμικής διαπερατότητας  $U_f=4$  και ποσοστό υαλοπινάκων  $P_f=25\%,30\%$  και  $35\%$ , σύμφωνα με το *σχήμα 66*.

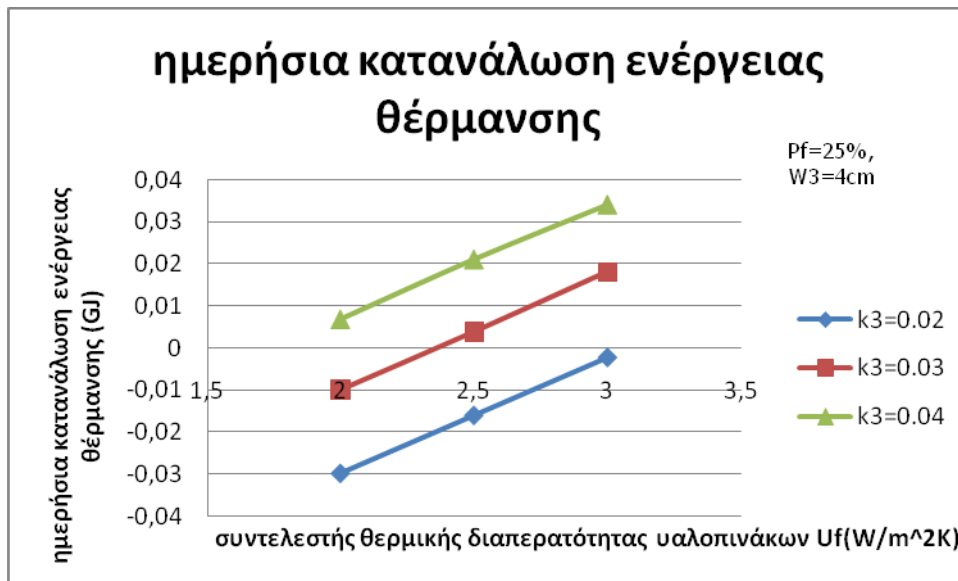
Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί, ότι με τα δεδομένα αυτά δε γίνεται να βρεθεί ένας συνδυασμός ο οποίος θα επιφέρει ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ίση με μηδέν. Για το λόγο αυτό θα επαναληφθεί η διαδικασία αλλά με διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες, δηλαδή εσωτερική θερμοκρασία  $T_{in}=20^{\circ}C$ .

11.Εκτίμηση ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης  $E_d$  για διάφορους συνδυασμούς των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων(πάχος μόνωσης,ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης,συντελεστής θερμικής διαπερατότητας και ποσοτό επί του κελύφους των υαλοπινάκων) και εσωτερική θερμοκρασία κτηρίου μειωμένη κατά  $2^{\circ}\text{C}$  δηλαδή  $T_{in}=20^{\circ}\text{C}$ .

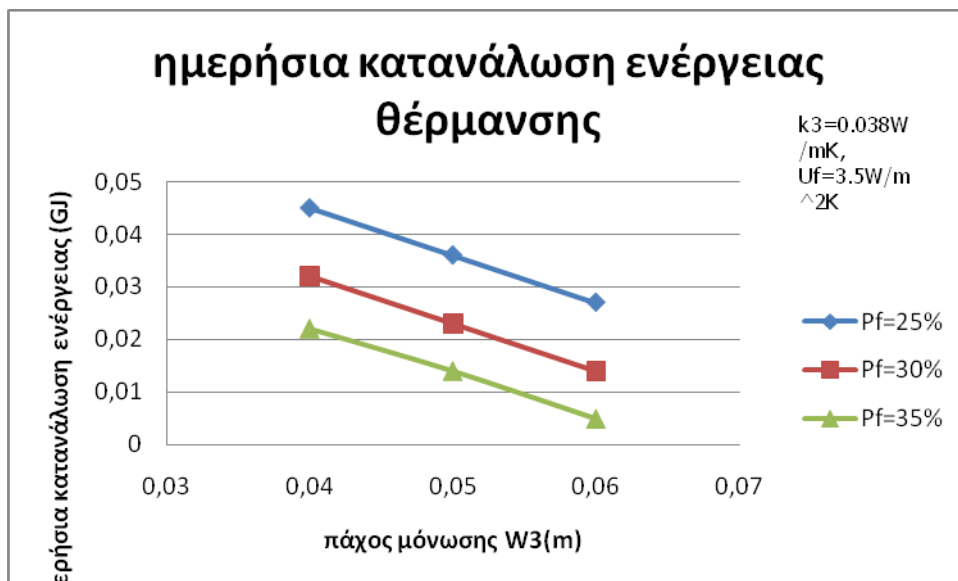
Για να προκύψουν κάποια συμπεράσματα θεωρήθηκε ότι η εσωτερική θερμοκρασία είναι  $20^{\circ}\text{C}$  διότι με αυτό τον τρόπο θα υπάρχουν λιγότερες απώλειες.Τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.



Σχήμα 67:ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία  $20^{\circ}\text{C}$ ,ποσοστό υαλοπινάκων και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων σταθερά και πάχος και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης μεταβλητά.



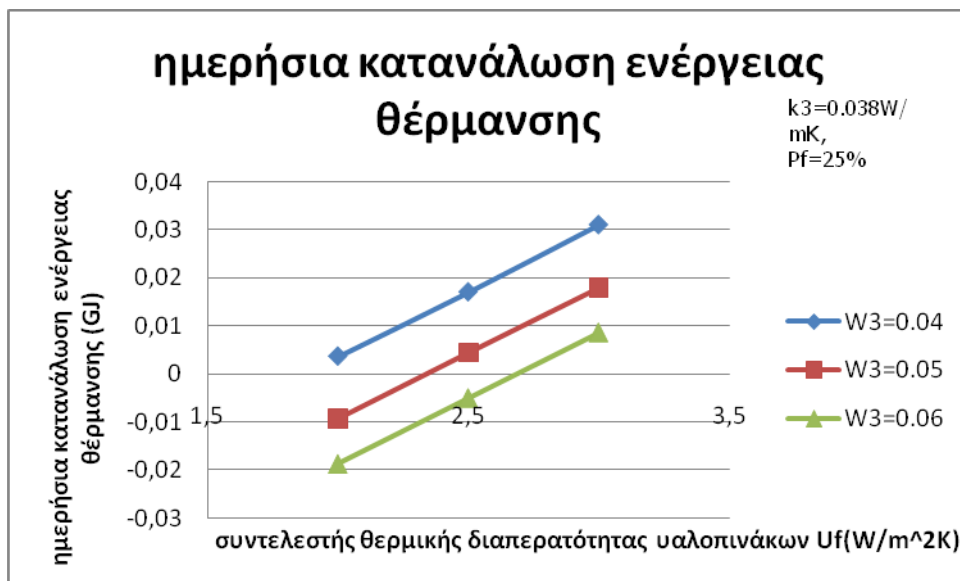
Σχήμα 68: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης, για  $T_{in}=20^{\circ}C$ , ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και πάχος μόνωσης σταθερά και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης μεταβλητά.



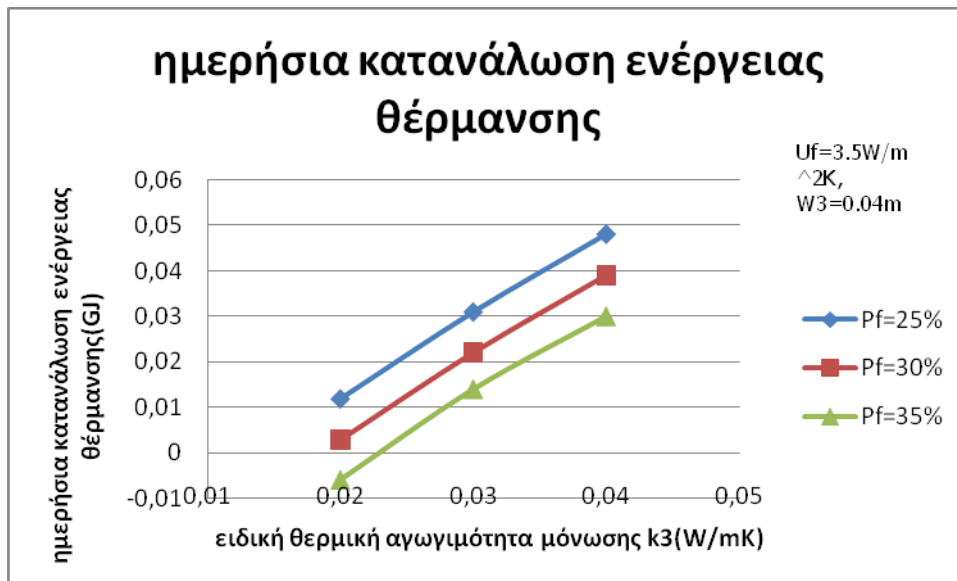
Σχήμα 69: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης, για  $T_{in}=20^{\circ}C$ , συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης σταθερά και ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και πάχος μόνωσης μεταβλητά.



Σχήμα 70: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για  $T_{in}=20^{\circ}\text{C}$ , πάχος και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης σταθερά και ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων μεταβλητά.



Σχήμα 71: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για  $T_{in}=20^{\circ}\text{C}$ , ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης και ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους σταθερά και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και πάχος μόνωσης μεταβλητά.



Σχήμα 72: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για  $T_{in}=20^{\circ}C$ , συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και πάχος μόνωσης σταθερά και ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης μεταβλητά.

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται 54 διαφορετικά σημεία κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό συνδυασμό των τεσσάρων παραμέτρων που μας ενδιαφέρουν και συνεπώς σε διαφορετική τιμή της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Σε αυτά τα διαγράμματα σε αντίθεση με τα αντίστοιχα διαγράμματα που αναφέρονται σε εσωτερική θερμοκρασία  $T_{in}=22^{\circ}C$ , υπάρχουν και αρνητικές τιμές της ημερήσιας κατανάλωσης θέρμανσης, πράγμα που σημαίνει ότι ο αντίστοιχος συνδυασμός των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών των υαλοπινάκων και της μόνωσης, όχι μόνο δεν απαιτεί κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, αλλά έχουμε και κέρδος θερμότητας.

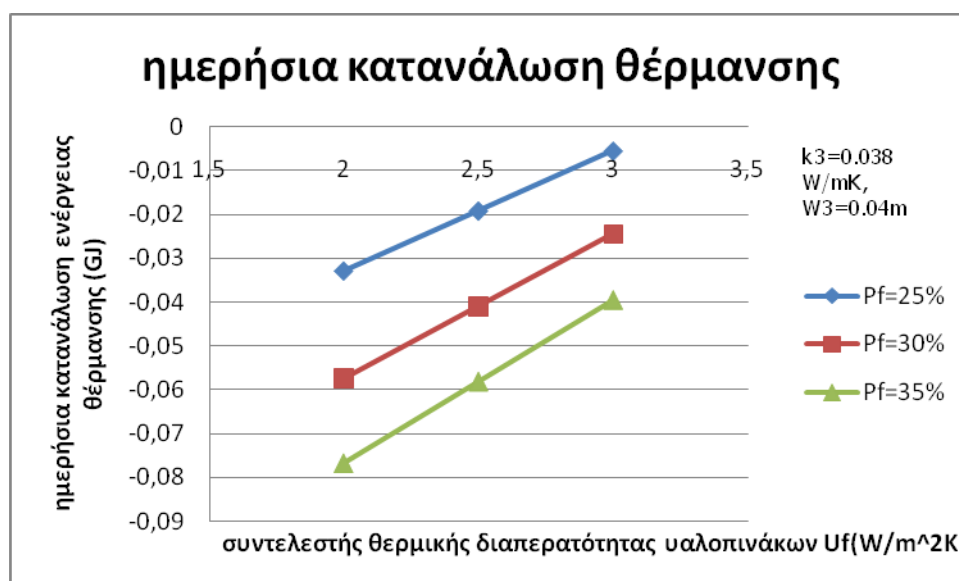
Από τα διαγράμματα προκύπτουν και συνδυασμοί που συνεπάγονται ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με μηδέν, δηλαδή ψευτοαδιαβατικό κέλυφος, που είναι και το ζητούμενο. Για παράδειγμα στο *σχήμα 71*, είναι εμφανές ότι επιτυγχάνεται ψευτοαδιαβατικό κέλυφος, για πάχος μόνωσης 0,06m, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων περίπου ίσο με  $2,7 W/m^2K$ , ειδική θερμική διαπερατότητα μόνωσης  $0,038W/mK$ , ποσοστό υαλοπινάκων 25% και εσωτερική θερμοκρασία  $20^{\circ}C$ .

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι για μικρότερη εσωτερική θερμοκρασία, παρατηρείται πτώση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης.

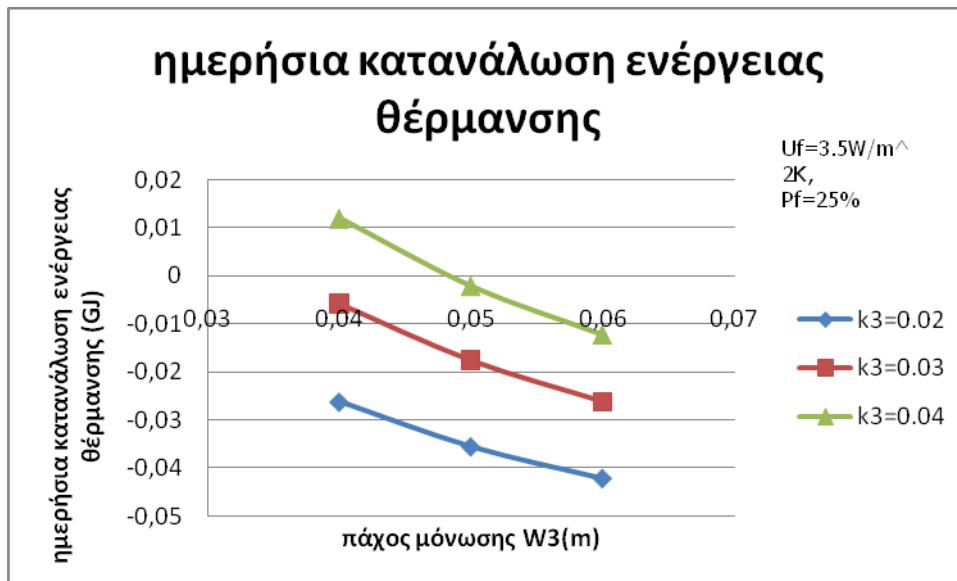


12. Εκτίμηση ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης  $E_d$  για διάφορους συνδυασμούς των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων(πάχος μόνωσης,ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης,συντελεστής θερμικής διαπερατότητας και ποσοτό επί του κελύφους των υαλοπινάκων), εσωτερική θερμοκρασία κτηρίου  $T_{in}=20^{\circ}\text{C}$ ,ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου τοίχου 0%,ανατολικού και δυτικού τοίχου 25% και νότιου τοίχου 50%.

Για να διαπιστωθεί εάν η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι σωστή και ακριβής,επενεργήθη η παραπάνω διαδικασία αλλά με δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μία πιο εξελιγμένη μέθοδο,τη μέθοδο προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων ,τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάστηκαν σε συνέδριο[14] για εσωτερική θερμοκρασία  $20^{\circ}\text{C}$ ,ποσοστό υαλοπινάκων βορρά 0%,ανατολής και δύσης 25% και νότου 50% επί του συνολικού.Τα αποτελέσματα της μελέτης παρατίθενται παρακάτω.



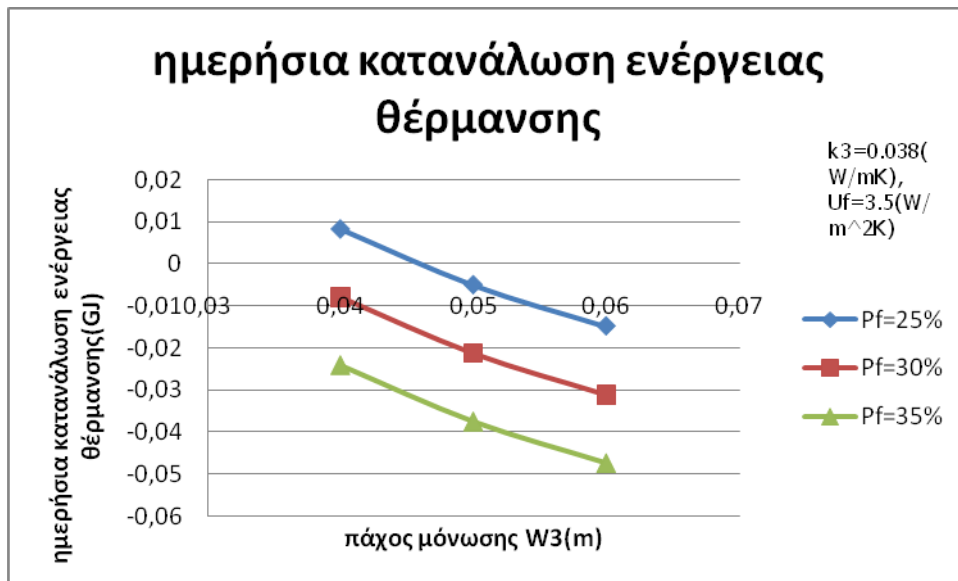
Σχήμα 73:ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία  $20^{\circ}\text{C}$  και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου,ανατολικού,δυτικού και νότιου προσανατολισμού,0%,25%,25% και 50% αντίστοιχα,με σταθερά το πάχος και την ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης και μεταβλητά ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων.



Σχήμα 74: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου, ανατολικού, δυτικού και νότιου προσανατολισμού, 0%, 25%, 25% και 50% αντίστοιχα, με σταθερά το πάχος και την ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης και μεταβλητό το ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και το συντελεστή θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων.



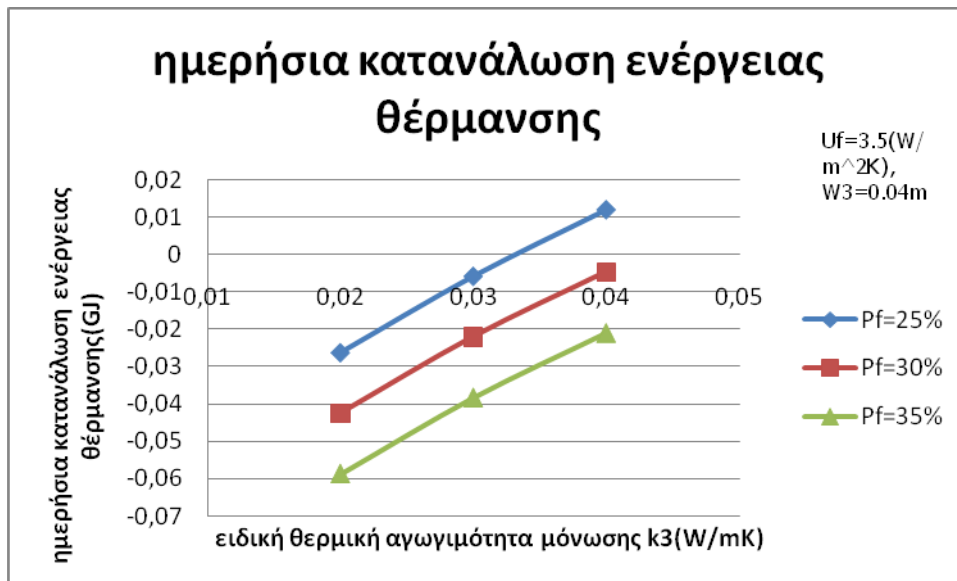
Σχήμα 75: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου, ανατολικού, δυτικού και νότιου προσανατολισμού, 0%, 25%, 25% και 50% αντίστοιχα, με σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και πάχος μόνωσης και μεταβλητό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης.



Σχήμα 76: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου, ανατολικού, δυτικού και νότιου προσανατολισμού, 0%, 25%, 25% και 50% αντίστοιχα, με σταθερό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης και μεταβλητό πάχος μόνωσης και ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους.



Σχήμα 77: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου, ανατολικού, δυτικού και νότιου προσανατολισμού, 0%, 25%, 25% και 50% αντίστοιχα, με σταθερό ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης και μεταβλητό πάχος μόνωσης και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων.



Σχήμα 78: ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης για εσωτερική θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου, ανατολικού, δυτικού και νότιου προσανατολισμού, 0%, 25%, 25% και 50% αντίστοιχα, με σταθερό πάχος μόνωσης και συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων και μεταβλητό ποσοστό υαλοπινάκων επί του κελύφους και ειδική θερμική αγωγιμότητα μόνωσης.

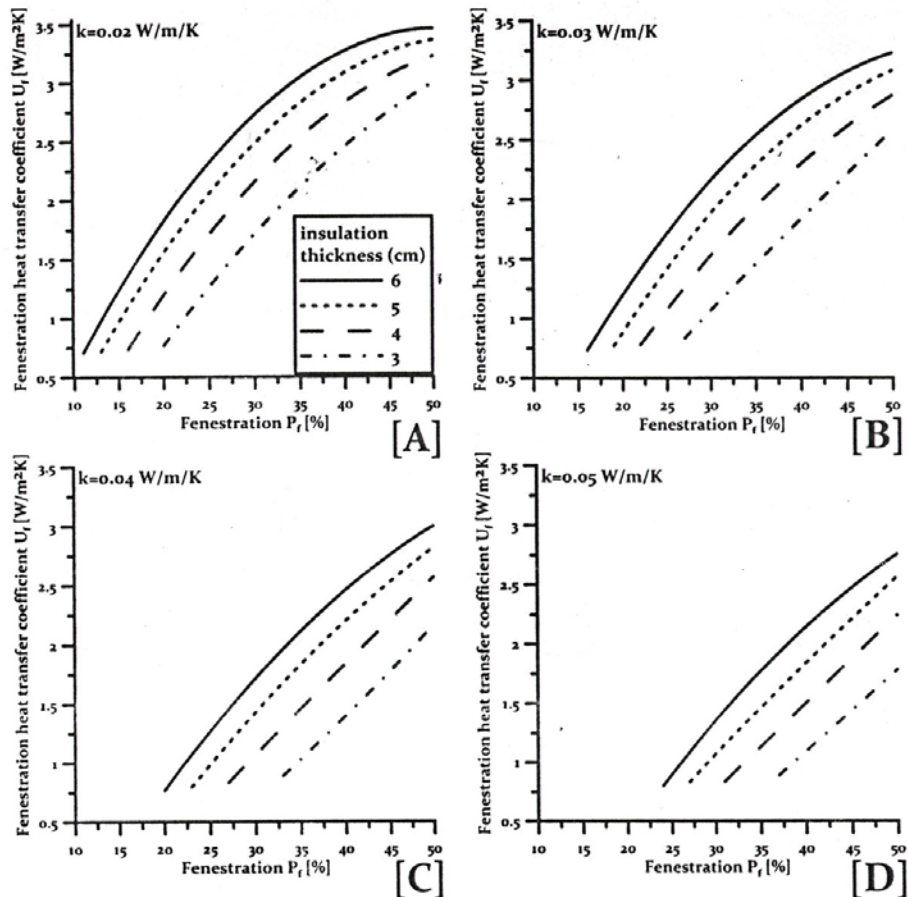
Από τη μελέτη διαπιστώνεται, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, ότι όταν δεν γίνεται ισοκατανομή των ποσοστών υαλοπινάκων σε όλους τους προσανατολισμούς (25% ποσοστό υαλοπινάκων σε κάθε προσανατολισμό), αλλά στο βόρειο δεν υπάρχουν καθόλου υαλοπίνακες, στον ανατολικό και νότιο προσανατολισμό είναι το 25% του συνολικού ποσοστού των υαλοπινάκων επί του κελύφους και στο νότιο αντίστοιχα το 50%, συνολικά υπάρχουν πολύ λιγότερες απώλειες (στα διαγράμματα υπάρχουν περισσότερες αρνητικές τιμές της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης). Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς στο κεφάλαιο 6, αναφέρθηκε ότι στο βόρειο προσανατολισμό είναι πολύ μεγαλύτερες οι απώλειες θερμότητας από ότι στους άλλους προσανατολισμούς.

13.Σύγκριση αποτελεσμάτων μεταξύ της μεθόδου που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω και της μεθόδου προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στο ECOS 2011 για συγκεκριμένες τιμές των χαρακτηριστικών του κτηριακού κελύφους[16],εσωτερική θερμοκρασία 20 °C,ποσοστό υαλοπινάκων βορρά 0%,ανατολής και δύσης 25% και νότου 50% επί του συνολικού.

Για να υπολογιστεί ο συνδυασμός των τιμών των χαρακτηριστικών του κτηριακού κελύφους (ειδική θερμική αγωγιμότητα,πάχος μόνωσης και ποσοστό επί του κελύφους,συντελεστής θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων),με τον οποίο επιτυγχάνεται ψευδοαδιαβατικό κέλυφος,δηλαδή ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θερμότητας(Ed) ίση με μηδέν,έγινε χρήση των τιμών εκείνων(σχήμα 79) που σύμφωνα με την μέθοδο προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων ,τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάστηκαν σε συνέδριο[14] για εσωτερική θερμοκρασία 20°C,ποσοστό υαλοπινάκων βορρά 0%,ανατολής και δύσης 25% και νότου 50% επί του συνολικού,επιτυγχάνουν ψευδοαδιαβατικό κέλυφος.Τα αποτελέσματα και με τις δύο μεθόδους φαίνονται παρακάτω.

Πίνακας 59:σύγκριση αποτελεσμάτων ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας,με χρήση μεθόδου προσομοίωσης και απλουστευμένης μεθόδου ,για διάφορους συνδυασμούς της θερμικής διαπερατότητας και το ποσοστό των υαλοπινάκων,της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας και του πάχους της μόνωσης.

Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Pf(%)	W3(m)	K3(W/mK)	Ed με μέθοδο προσομοίωσης (GJ)	Ed με απλουστευμένη μέθοδο(GJ)
2,25	25	0,06	0,02	0	-0,07646
2,7	30	0,06	0,02	0	-0,08473
2	27,5	0,06	0,03	0	-0,07974
2,5	37,5	0,05	0,03	0	-0,09952
1,5	35	0,04	0,04	0	-0,09798
1,25	42	0,03	0,05	0	-0,112



Σχήμα 79: συνδυασμοί των σημαντικότερων παραμέτρων του κτηριακού κελύφους, για τους οποίους επιτυγχάνεται ψευδοαδιαβατικό κέλυφος, για εσωτερική θερμοκρασία 20°C και ποσοστό υαλοπινάκων βόρειου, ανατολικού, δυτικού και νότιου προσανατολισμού, 0%, 25%, 25% και 50% αντίστοιχα και για συγκεκριμένες τιμές της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας μόνωσης [A] 0,02 W/mK, [B] 0.03 W/mK, [C] 0.04 W/mK, [D] 0.05 W/mK, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο προσομοίωσης.

Από τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανές ότι για τους διάφορους συνδυασμούς των χαρακτηριστικών, που με τη χρήση της μεθόδου προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων, δίνουν ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με μηδέν, οι αντίστοιχοι συνδυασμοί με την απλουστευμένη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, δίνουν ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης μικρότερη του μηδενός (δηλαδή δεν έχω απώλειες αλλά κέρδος θερμότητας). Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής αποκλίνουν από εκείνα της μεθόδου προσομοίωσης, η οποία είναι πολύ πιο ακριβής, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος που αναπτύχθηκε στη διπλωματική εργασία για τον υπολογισμό της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης και κατ'επέκταση των τιμών των παραμέτρων που θα μας έδιναν ημερήσια κατανάλωση ενέργεια θέρμανσης ίση με μηδέν, δηλαδή ψευδοαδιαβατικό κέλυφος, είναι λανθασμένη.

Στο κεφάλαιο 9 αναφέρθηκε ότι τα ωριαία αποτελέσματα είναι λανθασμένα καθώς μελετήθηκε το φαινόμενο ως μόνιμο, ενώ στην πραγματικότητα

μεσολαβεί κάποιος χρόνος έως ότου περάσει η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτηρίου. Παρόλα αυτά κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, όπου υπολογίστηκε η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, όλη η ακτινοβολία εισέρχεται και έτσι θεωρήθηκε ότι τα τελικά αποτελέσματα ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Τέλος, αυτό αναιρείται εφόσον τα αποτελέσματα απέχουν από την πραγματικότητα και έτσι προκύπτει ότι η μέθοδος είναι ανακριβής.

## 14. Συμπεράσματα

Αναπτύχθηκε μία απλουστευμένη μέθοδος, με την οποία μελετήθηκε η επίδραση του συνδυασμού της μόνωσης και των υαλοπινάκων στην κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Τα δύο αυτά δομικά στοιχεία παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη θερμική αντίσταση, αντιστοίχως, από όλα τα άλλα στοιχεία του κτηριακού κελύφους. Η μελέτη αφορούσε τη χειμερινή περίοδο, κατά την οποία οι υαλοπίνακες κατά κύριο λόγο και πολύ λιγότερο η μόνωση, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι επιτρέπουν την είσοδο τόσο θετικών όσο και αρνητικών φορτίων. Σκοπός την παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να βρεθούν οι συνδυασμοί των χαρακτηριστικών της μόνωσης και των υαλοπινάκων, οι οποίοι συνεπάγονται ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με μηδέν-δηλαδή ψευδοαδιαβατικό κέλυφος. Για να προκύψουν κάποια συμπεράσματα, αρχικά υπολογίστηκαν οι συνολικές απώλειες του κελύφους για το συνδυασμό της μόνωσης και των υαλοπινάκων, του κτηρίου αναφοράς και στις δεδομένες συνθήκες αναφοράς. Στη συνέχεια, έγινε εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας για διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων, στις δεδομένες συνθήκες του κτηρίου αναφοράς και έπειτα επειδή δεν ήταν εύκολο να προκύψουν κάποια συμπεράσματα, εκτιμήθηκε η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, για διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων της μόνωσης και των υαλοπινάκων, αλλάζοντας αυτή τη φορά τις δεδομένες συνθήκες (μειώσαμε την εσωτερική θερμοκρασία κατά 2 βαθμούς). Εν συνεχεία, θεωρήθηκε ότι στον βόρειο προσανατολισμό, δεν υπάρχουν υαλοπίνακες, στο νότιο προσανατολισμό αυξήθηκε το ποσοστό των υαλοπινάκων στο 50% του συνολικού ποσοστού των υαλοπινάκων στο κέλυφος ενώ μειώθηκαν τα ποσοστά των υαλοπινάκων σε ανατολή και δύση στο 25%, με σκοπό να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της αριθμητικής μεθόδου προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων, η οποία αποτελούσε οδηγό για την έρευνά μας, όπου διαπιστώθηκε ότι η μέθοδός μας είναι ανακριβής. Τα τελικά συμπεράσματα παρατίθενται στη συνέχεια.

1. Για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου υπάρχουν μόνο απώλειες (αρνητικές τιμές) κελύφους, για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της μόνωσης (πάχος 0.04m και ειδική θερμική αγωγιμότητα 0.038W/mK) και των υαλοπινάκων (ποσοστό επιφάνειας υαλοπινάκων επί του κελύφους  $P_f=25\%$  και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_f=3.5W/m^2K$  του κτηρίου αναφοράς. Οι ελάχιστες απώλειες υπολογίστηκαν 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) υπερσχύουν.
2. Οι υαλοπίνακες στο βορρά έχουν μεγάλες απώλειες θερμότητας, επομένως από ενεργειακής άποψης θα ήταν συμφέρον να μην υπήρχαν υαλοπίνακες στο βορρά. Αυτό ισχύει και για τον



ανατολικό προσανατολισμό, όπου οι απώλειες όμως δεν είναι τόσο μεγάλες.

3. Όσο αυξάνεται το ποσοστό των υαλοπινάκων και το πάχος της μόνωσης, μειώνεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Αντιθέτως, όσο αυξάνεται η ειδική θερμική αγωγιμότητα της μόνωσης και ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των υαλοπινάκων, τόσο αυξάνεται η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης.
4. Στα διαγράμματα που αναφέρονται σε εσωτερική θερμοκρασία  $T_{in}=20^{\circ}\text{C}$ , υπάρχουν και αρνητικές τιμές της ημερήσιας κατανάλωσης θέρμανσης, πράγμα που σημαίνει ότι ο αντίστοιχος συνδυασμός των τεσσάρων σημαντικότερων χαρακτηριστικών των υαλοπινάκων και της μόνωσης, όχι μόνο δεν απαιτεί κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, αλλά έχουμε και κέρδος θερμότητας (σχήματα 68-73). Από τα διαγράμματα προκύπτουν και συνδυασμοί που συνεπάγονται ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με μηδέν, δηλαδή ψευδοαδιαβατικό κέλυφος, που είναι και το ζητούμενο. Για παράδειγμα στο *σχήμα 71*, είναι εμφανές ότι επιτυγχάνεται ψευδοαδιαβατικό κέλυφος, για πάχος μόνωσης 0,06m, συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υαλοπινάκων περίπου ίσο με  $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ειδική θερμική διαπερατότητα μόνωσης  $0,038 \text{ W/mK}$ , ποσοστό υαλοπινάκων 25% και εσωτερική θερμοκρασία  $20^{\circ}\text{C}$ .
5. Για μικρότερη εσωτερική θερμοκρασία, παρατηρείται πτώση της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης.
6. Από τη μελέτη διαπιστώνεται, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, ότι όταν δεν υπάρχει ισοκατανομή των ποσοστών υαλοπινάκων σε όλους τους προσανατολισμούς (25% ποσοστό υαλοπινάκων σε κάθε προσανατολισμό), αλλά στο βόρειο δεν υπάρχουν καθόλου υαλοπίνακες, στον ανατολικό και νότιο προσανατολισμό είναι το 25% του συνολικού ποσοστού των υαλοπινάκων επί του κελύφους και στο νότιο αντίστοιχα το 50%, συνολικά υπάρχουν πολύ λιγότερες απώλειες (στα διαγράμματα υπάρχουν περισσότερες αρνητικές τιμές της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης). Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς στο κεφάλαιο 6, αναφέρθηκε ότι στο βόρειο προσανατολισμό είναι πολύ μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας από ότι στους άλλους προσανατολισμούς.
7. Για τους διάφορους συνδυασμούς των χαρακτηριστικών, που με τη χρήση της μεθόδου προσομοίωσης της μεταβατικής ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων, δίνουν ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης ίση με μηδέν, οι αντίστοιχοι συνδυασμοί με την απλουστευμένη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, δίνουν ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης μικρότερη του μηδενός. Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα

της μεθόδου αυτής αποκλίνουν από εκείνα της μεθόδου προσομοίωσης, η οποία είναι πολύ πιο ακριβής, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος που αναπτύχθηκε στη διπλωματική εργασία για τον υπολογισμό της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης και κατ'επέκταση των τιμών των παραμέτρων που θα μας έδιναν ημερήσια κατανάλωση ενέργεια θέρμανσης ίση με μηδέν, δηλαδή ψευδοαδιαβατικό κέλυφος, είναι λανθασμένη.

8. Εξαρχής θεωρήθηκε ότι τα ωριαία αποτελέσματα είναι λανθασμένα καθώς μελετήθηκε το φαινόμενο ως μόνιμο, ενώ στην πραγματικότητα μεσολαβεί κάποιος χρόνος έως ότου περάσει η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτηρίου. Παρόλα αυτά κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, όπου υπολογίστηκε η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας, όλη η ακτινοβολία εισέρχεται και έτσι θεωρήθηκε ότι τα τελικά αποτελέσματα ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Αυτό αναιρείται εφόσον τα αποτελέσματά μας απέχουν αρκετά από την πραγματικότητα (εφόσον συγκρίθηκαν με τη μέθοδο προσομοίωσης) και έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι η μέθοδος είναι ανακριβής.

## Βιβλιογραφία

- [1] [http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483\\_androutsopoulos.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_androutsopoulos.pdf).
- [2] Κίμωνος Α.Αντωνόπουλος, Κλιματισμός (2008).
- [3] [http://ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/instructions/2009\\_60.pdf](http://ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/instructions/2009_60.pdf).
- [4] Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-1/2010.
- [5] Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-2/2010.
- [6] Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης ppt.
- [7] S.Pal, B.Roy, S.Neogy, Heat transfer modeling on windows and glazing under the exposure of solar radiation, Energy and Buildings 41 (2009).
- [8] Χ.Τζιβανίδης, Φ.Γιώτη, Α.Α.Αντωνόπουλος, Επίδραση του συνδυασμού μόνωσης και υαλοπινάκων στη μεταβατική κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων, IENE (2010).
- [9] M.A Aktakir, O.Buyukalaca, T.Yilmaz, A case study for influence of building thermal insulation on cooling load and air-conditioning system in the hot and humid regions. Applied Energy 87 (2010) .
- [10] O.A Dombayci, M.Golcu, Y.Panca, Optimization of insulation thickness for external walls using different energy-sources, Applied Energy 83 (2006).
- [11] A.Hasan, Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost, Applied Energy 63 (1999).
- [12] T.M.I. Mahlia, B.N. Taufiq, Ismail, H.H Masjuki, Correlation between thermal conductivity and the thickness of selected insulation materials for building wall, Energy and Buildings 39 (2007).
- [13] K. Hasouneh, A. Alshboul, A. Al-Salaymeh, Influence of windows on the balance of apartment buildings in Amman, Energy Conversion and Management 51 (2010).
- [14] A. Ebrahimpour, M.Maerefat, Application of advanced glazing and overhangs in residential buildings, Energy Conversion and Management 52 (2011).
- [15] Κίμωνος Α.Αντωνόπουλος, Θερμικά-Ηλιακά συστήματα (2008).
- [16] C.Tzivanidis, K.A.Antonopoulos, F.Gioti, Computational analysis of the envelope parameters effects on the transient heating energy consumption of buildings, ECOS (2011).