

# ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

Νικόλας Μαλεφάκης  
Τεχνικός Σύμβουλος, Αντ. Ν. Μαλεφάκης ΑΕΒΕ

*Λέξεις κλειδιά: Γυαλί, θερμομονωτικοί υαλοπίνακες, εξοικονόμηση ενέργειας,*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Το γυαλί είναι το δομικό υλικό με το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηρίου. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι υαλοπινάκων όπως είναι οι απλοί, αντανakλαστικοί, διπλοί, διπλοί ενεργειακοί, αντανakλαστικοί και ενεργειακοί, αναλύεται η συμπεριφορά τους, παρουσιάζεται ο τρόπος μετάδοσης της θερμότητας στον κάθε τύπο και γίνεται συγκριτική παρουσίαση των ιδιοτήτων. Προτείνεται ο ιδανικός τύπος υαλοπίνακα για κάθε κτήριο ανάλογα με τις ανάγκες που διαμορφώνονται από τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής και τις απαιτήσεις σε εξοικονόμηση ενέργειας και ενεργειακή αποδοτικότητα. Αναλύονται και αποδεικνύονται τα πολλαπλά πλεονεκτήματα του γυαλιού καθώς και οι λόγοι που επιβάλλουν τη χρήση θερμομονωτικών υαλοπινάκων στα κτήρια.

## 1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΥΑΛΙΟΥ

### 1.1 Θερμική επεξεργασία γυαλιού (*Securit*)

Το γυαλί θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 600°C και ψύχεται απότομα από μια ριπή ψυχρού αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έως και 7 φορές μεγαλύτερη μηχανική αντοχή του γυαλιού, την ελαχιστοποίηση πιθανότητας θερμοσόκ (ράγισμα του γυαλιού λόγω μεγάλων διαφορών θερμοκρασίας στο σώμα του, όπως για παράδειγμα όταν το καλοκαίρι ο ήλιος βλέπει μόνο το μισό γυαλί) και σε περίπτωση θραύσης τα θραύσματα είναι μικρά και δεν είναι αιχμηρά.

### 1.2 Δημιουργία γυαλιού τρίπλεξ (*Laminated*)

Το γυαλί τρίπλεξ είναι στην ουσία δύο γυαλιά κολλημένα μεταξύ τους είτε με ρυτινή είτε με ένα φιλμ PVB. Θεωρείται γυαλί ασφαλείας γιατί σε περίπτωση θραύσης λειτουργεί ως ενιαίο σώμα και παραμένει στην θέση του χωρίς τον κίνδυνο αποκόλλησης κομματιού. Άρα ελαχιστοποιεί τις

πιθανότητες τραυματισμού. Επίσης είναι μια πολύ καλή λύση για φιλτράρισμα της υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία ευθύνεται για το ξεθώριασμα των χρωμάτων και κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό για την είσοδο ηλιακής ενέργειας στο χώρο.

### *1.3 Μέθοδοι επίστρωσης*

Οι ιδιότητες των ενεργειακών και ανακλαστικών γυαλιών είναι αποτέλεσμα της επίστρωσης της επιφάνειάς τους με διάφορα μέταλλα. Ο συνδυασμός των μετάλλων δίνει διάφορα αποτελέσματα γι' αυτό και υπάρχουν πολλοί τύποι τέτοιων γυαλιών. Υπάρχουν δύο τύποι επίστρωσης: επίστρωση μέσω χημικού ψεκασμού και επίστρωση μέσω φυσικού ψεκασμού. Στις μεθόδους χημικού ψεκασμού ανήκουν με σειρά παλαιότητας η μέθοδος εμβάπτισης και η πυρολυτική μέθοδος, ενώ η πιο σύγχρονη μέθοδος είναι η μαγνητρονική η οποία είναι μέθοδος φυσικού ψεκασμού.

### *1.4 Φωτομετρικές και ενεργειακές ιδιότητες γυαλιού*

#### *1.4.1 Ορισμός του "U-Value"*

Σημαντικό δείκτη της θερμομονωτικής ικανότητας ενός υαλοπίνακα αποτελεί η θερμοπερατότητα (U-Value ή Συντελεστής K). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας χαρακτηρίζει την θερμότητα που περνάει μέσα από ένα γυαλί λόγω διαφοράς θερμοκρασίας στις δύο του πλευρές και δηλώνει τον ρυθμό απώλειας της θερμότητας σε σχέση με την επιφάνεια του γυαλιού και την διαφορά θερμοκρασίας.

Η μονάδα μέτρησης είναι Watt ανά τετραγωνικό μέτρο και ανά βαθμό Kelvin [ $W/(m^2K)$ ].

#### *1.4.2 Φωτομετρικές ιδιότητες γυαλιού*

Ένα μέρος του ορατού ηλιακού φωτός διαπερνά το γυαλί, ένα μέρος του ανακλάται και ένα μέρος απορροφάται. Η διαπερατότητα και η αντανάκλαση του ηλιακού φωτός αποτελούν δύο πολύ σημαντικές φωτομετρικές ιδιότητες ενός γυαλιού.

#### *1.4.3 Ενεργειακές ιδιότητες γυαλιού*

Από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε έναν υαλοπίνακα ένα μέρος διαπερνά το γυαλί προς τον εσωτερικό χώρο (διαπερατότητα άμεσης ενέργειας,  $Q_{in}$ ) και ένα μέρος ανακλάται προς τον εξωτερικό χώρο (αντανάκλαση άμεσης ενέργειας,  $Q_{out}$ ). Επιπλέον, το γυαλί εκπέμπει ένα ποσό έμμεσης θερμότητας προς το εσωτερικό ( $q_{in}$ ) και προς το εξωτερικό ( $q_{out}$ ). Η έμμεση θερμότητα προέρχεται από την επανεκπομπή της θερμότητας που έχει απορροφήσει το γυαλί. Προφανώς, το άθροισμα των  $Q_{in}$ ,  $Q_{out}$ ,  $q_{in}$ ,  $q_{out}$  ισούται με την συνολική προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια.

#### 1.4.4 Τρόποι μετάδοσης θερμότητας

Η θερμότητα, όπως γνωρίζουμε, μεταδίδεται μέσω επαφής στερεών, μέσω ρευμάτων υγρών ή αερίων και μέσω ακτινοβολίας. Με τους τρόπους αυτούς μεταδίδεται και η θερμότητα σε έναν υαλοπίνακα. Πιο συγκεκριμένα, απώλεια λόγω επαφής γίνεται μέσω του μεταλλικού σωλήνα με τα πυριτικά άλατα (πηγάκι), λόγω αερίων ρευμάτων μέσω του αέρα ή/και των ευγενών αερίων στο διάκενο και λόγω ακτινοβολίας στο βαθμό που επιτρέπει την περατότητα της θερμότητας το γυαλί ως δομικό υλικό.

## 2. ΑΠΛΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

### 2.1 Απλοί (μονολιθικοί) υαλοπίνακες

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-Value) μειώνεται όσο αυξάνεται το πάχος του γυαλιού. Για παράδειγμα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός απλού υαλοπίνακα πάχους 4mm είναι ίσος με 5,8W/(m<sup>2</sup>K), ενώ για έναν απλό υαλοπίνακα πάχους 19mm ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με 5,4W/(m<sup>2</sup>K).

Πίνακας 1. Προδιαγραφές απλών υαλοπινάκων

Πάχος [mm]	Βάρος [kg/m <sup>2</sup> ]	Ορατό Φως [%]		Ηλιακή Ενέργεια [%]			Συντε- λεστής Σκίασης*
		Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Απορρό- φηση	
2.00	5.00	91	8	87	8	5	1.03
3.00	7.50	91	8	84	7	9	1.00
4.00	10.00	90	8	82	7	11	0.99
5.00	12.50	90	8	80	7	13	0.97
6.00	15.00	89	8	78	7	15	0.95
8.00	20.00	89	8	74	7	19	0.92
10.00	25.00	88	8	71	7	22	0.90
12.00	30.00	86	8	66	6	28	0.86
15.00	37.50	83	8	62	6	32	0.83

\*Συντελεστής Σκίασης: Δείχνει πόση από την ηλιακή ενέργεια αφήνει να περάσει σε σχέση με έναν απλό υαλοπίνακα πάχους 3mm (Ηλιακός Συντελεστής/0,87)

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές των απλών υαλοπινάκων.

## 2.2 Αντανεκλαστικοί υαλοπίνακες

Οι αντανεκλαστικοί υαλοπίνακες προστατεύουν τον εσωτερικό χώρο από την ηλιακή ακτινοβολία.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές μερικών τύπων αντανεκλαστικού υαλοπίνακα.

Πίνακας 2. Προδιαγραφές αντανεκλαστικών υαλοπινάκων

Ονομασία Υαλοπίνακα και Θέση Επίστρωσης	Ορατό Φως [%]		Ηλιακή Ενέργεια [%]			Ηλιακός Συντε- λεστής	Συντε- λεστής Σκίασης	U-Value 6-12-6 (με αέρα)
	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Απορρό- φηση			
Stopsol Classic Clear(1/2)	34/35	35/28	38	30/23	32/39	0,45/ 0,46	0,52/ 0,53	2,8
Stopsol Classic Bronze (1/2)	19/20	34/12	24	29/11	47/65	0,32/ 0,34	0,37/ 0,39	2,8
Sun-Guard Solar Light Blue 52 (2/3)	46	15/17	36	13/17	51/47	0,44/ 0,61	0,50/ 0,69	2,7
Stopsol Supersilver Clear (1/2)	58	38/37	53	31/27	16/20	0,59	0,68	2,8
Stopsol Supersilver Gray (1/2)	26/27	35/12	28	27/11	45/61	0,35/ 0,37	0,40/ 0,43	2,8
SG Solar Silver 10 (2/3)	10	44/36	07	40/36	53/57	0,13/ 0,39	0,14/ 0,44	2,8
SG Solar Silver Gray 32 (2/3)	29	23/21	22	20/23	58/55	0,29/ 0,52	0,33/ 0,59	2,5
Cool-Lite SS108 (2)	07	42	05	37	58	0,12	0,14	2,3
Cool-Lite TB130 (2)	27	17	19	17	64	0,28	0,32	2,6
Cool-Lite STB130 (2)	33	18	25	15	60	0,34	0,39	2,7

Για την ελάττωση της διαπερατότητας ενέργειας δυο πράγματα μπορούν να συμβούν: απορρόφηση της ενέργειας ή αντανάκλαση της ενέργειας. Η απορρόφηση της ενέργειας αποτελεί μια παλιά τεχνολογία κυρίως χρωματιστών γυαλιών (φυμέ, μπρονζέ κλπ) τα οποία απορροφούν στο σώμα

τους μέρος της ενέργειας. Η αντανάκλαση της ενέργειας επιτυγχάνεται από τη μεταλλική επίστρωση του γυαλιού.

Οι ανάγκες του κοινού από τους αντανακλαστικούς υαλοπίνακες είναι η θερμομόνωση, η ομοιογένεια στο χρώμα, η αισθητική τελειότητα, η ευκολία στην επεξεργασία, η δυνατότητα τεχνικής κατεργασίας (τρίπλεξ, σέκιουριτ κ.α.) και κυρίως η καλύτερη δυνατή σχέση μεταξύ διάδοσης φωτός και ενέργειας.

Είναι φυσικώς αδύνατο ο ηλιακός συντελεστής (διαπερατότητα άμεσης και έμμεσης ηλιακής ενέργειας) να είναι κάτω από το μισό της διαπερατότητας φωτός. Αναζητούμε τη χρυσή τομή σε ένα κτήριο ώστε να είναι φωτεινό αλλά να περνάει όσο το δυνατόν λιγότερη θερμότητα.

Η επίστρωση ανακλά την θερμότητα η οποία προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Δεν αποτρέπει, βέβαια, την μετάδοση θερμότητας δι' επαφής και μέσω αερίων ρευμάτων. Συνεπώς, είναι ιδανικό για θερμά κλίματα με μεγάλη ηλιοφάνεια καθώς μετριάζει την ηλιακή θερμότητα που εισέρχεται στον χώρο.

### 3. ΔΙΠΛΟΙ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

#### 3.1 Διπλοί υαλοπίνακες

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός απλού υαλοπίνακα πάχους 4mm είναι ίσος με  $5,8\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , ενώ για έναν διπλό υαλοπίνακα ο οποίος αποτελείται από δύο υαλοπίνακες πάχους 4mm ο καθένας με διάκενο 12mm μεταξύ τους ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος με  $2,9\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-Value) μειώνεται όσο αυξάνεται το πάχος του διάκενου σε έναν διπλό υαλοπίνακα μέχρι πάχους διάκενου ίσο με 16mm. Για πάχος διάκενου μεγαλύτερο των 16mm ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυξάνεται ελάχιστα.

Επιπλέον, εάν αντί για αέρα στο διάκενο χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο αέριο, όπως Αργό (Ar) ή Κρυπτό (Kr), τότε η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας μπορεί να μειωθεί κι άλλο μέχρι τα  $2,6\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  (περίπτωση διπλού υαλοπίνακα ο οποίος αποτελείται από δύο υαλοπίνακες πάχους 4mm ο καθένας με διάκενο 16mm).

#### 3.2 Διπλοί ενεργειακοί υαλοπίνακες

Ο ενεργειακός υαλοπίνακας εμποδίζει την εκπομπή της θερμότητας προς τα έξω και γι' αυτό ονομάζεται και «Χαμηλής Εκπομπής» ή «Low-E» (Low Emissivity).

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός διπλού υαλοπίνακα ο οποίος αποτελείται από δύο υαλοπίνακες πάχους 4mm ο καθένας με διάκενο 12mm μεταξύ τους είναι ίσος με  $2,9\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , ενώ για τον αντίστοιχο διπλό ενεργειακό υαλοπίνακα ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ίσος κυμαίνεται από 1,6 έως  $2,0\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Στους συμβατικούς διπλούς υαλοπίνακες τα 2/3 της απώλειας θερμότητας οφείλονται σε θερμική ακτινοβολία, ενώ το υπόλοιπο 1/3 οφείλεται σε θερμότητα δια επαφής και θερμικά ρεύματα.

Στους διπλούς ενεργειακούς υαλοπίνακες η διάδοση της θερμότητας οφειλόμενη σε ακτινοβολία σχεδόν ελαχιστοποιείται από την επίστρωση έως 96%. Επιπλέον, η χρήση αερίων στο διάκενο μειώνει τη μετάδοση της θερμότητας (U-Value=1,1W/(m<sup>2</sup>K) με χρήση Ar), ενώ ακόμα καλύτερη θερμομόνωση επιτυγχάνεται με χρήση θερμομονωτικού πηχακίου.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές μερικών τύπων ενεργειακού υαλοπίνακα.

Πίνακας 3. Προδιαγραφές ενεργειακών υαλοπινάκων

Όνομασία Υαλοπίνακα και Θέση Επίστρωσης	Ορατό Φως [%]		Ηλιακή Ενέργεια [%]			Ηλιακός Συντε- λεστής	Συντε- λεστής Σκίασης	U-Value 4-12-4 (με αέρα)
	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Απορρό- ψη			
Planibel G (2/3)	74	16/17	60	15/16	25/24	0,66/ 0,72	0,76/ 0,83	1,9
EKO (3)	73	21	64	16	10	0,71	0,82	2,3
ClimaGuard DT (2/3)	72	11/12	53	17/19	30/28	0,58/ 0,68	0,64/ 0,75	1,9

### 3.3 Κλίμα Ελλάδας

- Φλώρινα: Χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Λίγες μέρες ηλιοφάνειας τον χρόνο. Σε αυτή την περίπτωση ταιριάζει ένα ενεργειακό γυαλί.
- Χανιά: Υψηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Πολλές μέρες ηλιοφάνειας τον χρόνο. Σε αυτή την περίπτωση ταιριάζει ένα αντανακλαστικό γυαλί.
- Αθήνα: Πολύ μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας από -2<sup>o</sup>C τον χειμώνα έως 45<sup>o</sup>C το καλοκαίρι. Εδώ το επιθυμητό είναι τον χειμώνα να διατηρήσουμε την θερμότητα εντός και το καλοκαίρι να την κρατήσουμε έξω. Απαιτείται ένα γυαλί με τις ιδιότητες και των ενεργειακών και των αντανακλαστικών υαλοπινάκων. Οι υαλοπίνακες αυτοί συνδυάζουν στην ίδια επίστρωση αντανακλαστικές και ενεργειακές ιδιότητες.

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές μερικών τύπων αντανακλαστικού και ενεργειακού υαλοπίνακα.

Πίνακας 4. Προδιαγραφές αντανακλαστικών και ενεργειακών υαλοπινάκων

Όνομασία Υαλοπίνακα και Θέση Επίστρωσης	Ορατό Φως [%]		Ηλιακή Ενέργεια [%]			Ηλιακός Συντε- λεστής	Συντε- λεστής Σκίασης	U-Value 6-12-6 (με αέρα)
	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Διαπερα- τότητα	Αντανά- κλαση	Απορρό- φηση			
Solar E (2)	54	10	36	09	35	0,45	0,52	1,8
Eclipse Advantage (2/3)	60	29/31	48	22/23	30/29	0,55/0,59	0,64/0,69	2
Eclipse Advantage Arctic Blue (2/3)	35	13/30	21	09/22	70/57	0,29/0,53	0,34/0,62	2
Sunergy Clear (2/3)	61	12/16	45	12/14	43/41	0,52/0,67	0,60/0,77	2,2
Sunergy Azur (2)	50	10	29	8	63	0,37	0,43	2,2
SunGuard HP Light Blue 63 (2/3)	61	15/11	46	17	37	0,52/0,66	0,60/0,73	1,9
Cool-Lite ST108 (2)	07	44	05	38	57	0,11	0,12	1,9
SunGuard High Performance Neutral 61 (2/3)	60	23/19	37	31	32	0,42/0,52	0,46/0,57	1,7

#### 4. ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Τα παράθυρα ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών θερμότητας σε ένα κτήριο. Οι θερμικές απώλειες ενός κτηρίου οφείλονται κατά 20% στη σκεπή, κατά 25% στους τοίχους, κατά 20% στο δάπεδο και κατά 35% στα παράθυρα.

Ο ρυθμός απώλειας θερμότητας  $P$  (W) μέσω μιας επιφάνειας εμβαδού  $S$  ( $m^2$ ) και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  ( $W/m^2K$ ) για θερμοκρασιακή διαφορά  $\Delta T$  (K) μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου δίνεται από τη σχέση (1):

$$P = S \cdot \Delta T \cdot U \quad (1)$$

Σύμφωνα με τη σχέση (1) σε ένα διαμέρισμα δεδομένης επιφάνειας τζαμιών και δεδομένης διαφοράς θερμοκρασίας ισχύει η σχέση (2):

$$\Delta P = \Delta U \quad (2)$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, αν αντί για συμβατικό διπλό υαλοπίνακα ( $U=2,9\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) χρησιμοποιήσουμε ενεργειακό διπλό υαλοπίνακα με Ar ( $U=1,1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) μπορούμε να επιτύχουμε έως 62% μείωση του U-Value.

Επομένως, το χειμώνα μπορούμε να μειώσουμε τη θερμότητα που χάνεται από τα τζάμια έως και 62%.

Το καλοκαίρι αντίστοιχα μπορούμε να μειώσουμε έως και 62% τη θερμότητα που εισέρχεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (1/3 της ολικής θερμότητας). Επιπλέον, μπορούμε να επιτύχουμε 65% μείωση του ηλιακού συντελεστή SF δηλαδή της θερμότητας που εισέρχεται λόγω ηλιακής ακτινοβολίας (2/3 της ολικής θερμότητας), καθότι ο ηλιακός συντελεστής ενός συμβατικού διπλού υαλοπίνακα είναι  $SF=75\%$  ενώ για έναν ενεργειακό και ανακλαστικό διπλό υαλοπίνακα με Ar μπορεί να είναι  $SF=10\%$ . Προκύπτει, δηλαδή, συνολική μείωση θερμότητας το καλοκαίρι έως 64%.

Επιπλέον, συγκριτικά με τα κουφώματα οι υαλοπίνακες συνεισφέρουν πολύ περισσότερο στη θερμομόνωση και με λιγότερο κόστος. Αν εξετάσουμε το παράδειγμα μιας δίφυλλης μπαλκονόπορτας σε άνοιγμα  $(230\text{cm})\times(220\text{cm})=5,06\text{ m}^2$  (κατά προσέγγιση), παρατηρούμε ότι οι υαλοπίνακες καλύπτουν επιφάνεια  $(200\text{cm})\times(200\text{cm})= 4,00\text{ m}^2$  δηλαδή περίπου το 80% της συνολικής επιφάνειας. Συγκρίνοντας για το παράδειγμά μας το κοστολόγιο των κουφωμάτων και των υαλοπινάκων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πληρώνουμε 40% περισσότερο στο κόστος του κουφώματος για να πετύχουμε θερμομόνωση στο 20% του ανοίγματός μας ενώ για το υπόλοιπο 80% αρκεί μια διαφορά 7% στην τιμή. Εκτός αυτού, έχει ενδιαφέρον να συγκρίνουμε και το πόσο μονώνει κάθε υλικό ενός κουφώματος. Στον πίνακα 5 παρατηρούμε ότι ένας ενεργειακός υαλοπίνακας συμβάλλει περισσότερο στη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος σε σχέση με ένα πλαίσιο από θερμομονωτικό αλουμίνιο ή PVC. Σε κάθε περίπτωση το να προτιμήσει κανείς ειδικούς υαλοπίνακες είναι μια κίνηση που αποσβένεται το πολύ σε 2 χρόνια.

Είναι, επομένως, σαφές ότι οι θερμομονωτικοί υαλοπίνακες συνεισφέρουν στη θερμομόνωση περισσότερο από κάθε άλλο δομικό υλικό του κτηρίου και η χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα λιγότερα έξοδα για ψύξη και θέρμανση. Υπάρχουν, λοιπόν, σημαντικά οικονομικά κίνητρα για τη χρήση θερμομονωτικών υαλοπινάκων στα κτήρια. Ιδιαίτερα σημαντικά είναι και τα πολιτικά και οικολογικά κίνητρα καθώς η χρήση θερμομονωτικών υαλοπινάκων συνεισφέρει στη μείωση των εκπομπών  $\text{CO}_2$  (Ρίο, Κιότο), στην οικονομία φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, τη χρήση τους ενισχύουν και κίνητρα άνεσης



καθώς με τους θερμομονωτικούς υαλοπίνακες δημιουργούνται λιγότερα ψυχρά ρεύματα και λιγότερο θάμπωμα των γυαλιών.

Πίνακας 5. U-Value ανοίγματος

U πλαισίου	ΞΥΛΟ	PVC	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ
U γυαλιού	1,8	2,8	3,5
5,8	4,65	4,95	5,23
2,9	2,72	3,02	3,20
1,8	2,01	2,31	2,43
1,1	1,52	1,82	1,91

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το γυαλί, το ομορφότερο δομικό υλικό, πλέον παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως οικονομία στην ενέργεια, καλύτερη θερμομόνωση το χειμώνα, ευκολότερη ψύξη το καλοκαίρι, μείωση των εξόδων με χαμηλό αναλογικά κόστος, ρύθμιση φωτισμού και χρωματισμού, έναν πιο λειτουργικό χώρο διαβίωσης ή εργασίας αλλά και τη δυνατότητα δημιουργίας μεγαλύτερων ανοιγμάτων χωρίς τον φόβο απωλειών ενέργειας.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Balaras, C., Gaglia, A., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y. & Lalas, P., “European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings”, *Building and Environment*, Volume 42, Issue 3, March 2007, 1298-1314

Iatridis, M., Zoidis, G., “Energy efficiency in Greece 1990-2002”, Report, Centre for Renewable Energy Sources, SAVE Project, 2004

Pérez-Grande, I., Meseguer, J. & Alonso, G., “Influence of glass properties on the performance of double-glazed facades” *Applied Thermal Engineering*, Volume 25, Issues 17-18, December 2005, 3163-3175

Stegou-Sagia, A., Antonopoulos, K., Angelopoulou, C. and Kotsiovelos, G., “The impact of glazing on energy consumption and comfort”, *Energy Conversion and Management*, Volume 48, Issue 11, November 2007, 2844-2852

Μπαλαράς, Κ., «Οδηγός για εξοικονόμηση ενέργειας στις κατοικίες», Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη, 2001

Σανταμούρης, Μ., «Κατανάλωση ενέργειας και εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα», Πρακτικά ημερίδας που διοργάνωσε η Ακαδημία Αθηνών και το Ε.Μ.Π. με θέμα: “Εξοικονόμηση Ενέργειας” (Αθήνα 3 Νοεμβρίου 2006), 139-146

Τζανακάκη, Ε., Κορωνάκη, Ε., «Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μέσω ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων», άρθρο του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο περιοδικό Αλουμίνιο & σύγχρονη δόμηση, 2001, 60-64

Προγράμματα : Guardian Configurator, Saint-Gobain Calumen, <http://www.yourglass.com/agc-flatglasseurope/Toolbox/Configurator/step1.html>

Presentations: Glass In Architecture by Guardian  
Thermal Insulation In Double Glazing by Glaverbel