

# **ΣΥΝΘΕΤΟ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟ ΠΛΑΚΙΔΙΟ, ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΟ ΠΟΛΥΣΤΥΡΕΝΙΟ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΚΕΡΑΜΙΚΟΥ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣ ΥΑΛΩΣΗΣ, ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΓΙΑ ΑΝΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΗ ΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ**

Χρήστος Χατζηάστρου  
*Χημικός, MSc., Δ/ντής Τεχνικής Υποστήριξης FIBRAN AE*

Δρ. Νικόλαος Οικονόμου  
*Χημικός, Καθηγητής, Τμ. Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

Ελευθέριος Κοντός  
*Φοιτητής Τμ. Μηχανικών Επιστήμης Υλικών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων*

*Λέξεις κλειδιά: Θερμομόνωση αντεστραμμένου δώματος, εξηλασμένο πολυστυρένιο*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου είναι η εξαιρετικά χαμηλή υδατοαπορρόφησή τους, γεγονός που τις καθιστούν κατάλληλες για θερμομόνωση δωματίων με την μέθοδο της αντεστραμμένης μόνωσης. Για την περίπτωση όπου η τελική επιφάνεια πρέπει να είναι βατή, κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα, σύνθετες θερμομονωτικές πλάκες αποτελούμενες από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη τσιμεντοκονιάματος μεγάλου βάρους, προκειμένου να εξασφαλίζουν την προστασία από υφαρπαγή από πιθανές ανεμοπιέσεις ή/και άνοση. Τα τσιμεντοπροϊόντα αυτά παρουσίασαν προβλήματα όσον αφορά την αντοχή τους στο χρόνο. Η έρευνα και ανάπτυξη ενός σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη κεραμικών πλακιδίων πλήρους υάλωσης και ο καθορισμός μιας νέας μεθοδολογίας τοποθέτησης του, επιλύουν θέματα αντοχής στο χρόνο, βελτιώνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα της τεχνικής λύσης και προσφέρουν νέες δυνατότητες αρχιτεκτονικού σχεδιασμού στο δώμα.

## **1. ΑΝΤΕΣΤΡΑΜΜΕΝΗ ΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ ΩΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΛΥΣΗ**

Ο όρος «αντεστραμμένη μόνωση» σχετίζεται με τη θέση στην οποία βρίσκεται το θερμομονωτικό υλικό σε σχέση με το στεγανοποιητική μεμβράνη. Αντεστραμμένη θεωρείται η μόνωση όπου η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται πάνω από την στεγανοποιητική μεμβράνη.

Το αντεστραμμένο δώμα αποτελεί μια ενδιαφέρουσα κατασκευαστική λύση, καθώς συνδυάζει καλά χαρακτηριστικά μηχανικής και δομικής φυσικής, ενώ επιτρέπει πολλαπλές χρήσεις, όπως αυτής του βατού δώματος στο κοινό. Επιπροσθέτως έχει ένα κατασκευαστικό κόστος μικρότερο ή το πολύ ίσο με το συμβατικό (θερμομόνωση κάτω από τη στεγανοποιητική μεμβράνη).

Προϋπόθεση για την καλή λειτουργία του αντεστραμμένου δώματος αποτελούν ο σωστός σχεδιασμός του, με έμφαση στην αποφυγή της συγκέντρωσης υγρασίας, και η επιλογή κατάλληλου αδιάβροχου θερμομονωτικού υλικού, όπως είναι το εξηλασμένο πολυστυρένιο. Εφόσον πληρούνται αυτές οι προϋποθέσεις, τότε το αντεστραμμένο δώμα παρουσιάζει εξαιρετική αντοχή στο χρόνο, όπως απόδειξαν μακρόχρονες μετρήσεις στην Ελλάδα και το εξωτερικό, όπου η λύση αυτή εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια. [1] [2]

## 2. ANTESTRAMMENH MONΩΣH BATOY ΔΩΜΑΤΟΣ

Σε δώματα με κλίση  $< 5^\circ$ , μετά την τοποθέτηση της στεγανοποιητικής στρώσης εφαρμόστηκαν έως σήμερα κυρίως δύο κατασκευαστικές πρακτικές με δυνατότητα βατότητας:

### 1<sup>η</sup> Μέθοδος

- α. Τοποθέτηση πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου δωματών
- β. Τοποθέτηση γεωφάσματος
- γ. Τοποθέτηση πλαστικών στηριγμάτων
- δ. Τοποθέτηση πλακών πεζοδρομίου

### 2<sup>η</sup> Μέθοδος

Απευθείας τοποθέτηση ειδικού προϊόντος εξηλασμένου πολυστυρενίου με επίστρωση τσιμεντοκονίας βάρους  $47-48 \text{ kg/m}^2$

Η χρήση μεγάλου βάρους τσιμεντοπροϊόντων (πλάκες πεζοδρομίου ή τσιμενοκονίες) εξασφαλίζουν την προστασία από υφαρπαγή των πλακών πολυστυρενίου από πιθανές ανεμοπιέσεις ή/και άνωση, δίνουν την δυνατότητα βατότητας και χρήσης του δώματος, αλλά συχνά παρουσιάζουν μια σειρά από προβλήματα όπως:

1. Δεν συνοδεύονται με δήλωση συμμόρφωσης CE που να προσδιορίζει τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.
2. Παρουσιάζουν σημαντική υδατοαπορρόφηση και επομένως ταχεία γήρανση στην επίδραση του παγετού και γενικότερα υπόκεινται σε συνθήκες γήρανση αντίστοιχες με την γήρανση του σκυροδέματος, όπως π.χ. ενανθράκωση, ρηγμάτωση λόγω συρρίκνωσης ξήρανσης (πέρα των 28 ημερών), κτλ.

3. Λόγω ύπαρξης του εξηλασμένου πολυστυρενίου κάτωθεν αυτών, δέχονται σημαντικά θερμικά φορτία και είναι εκτεθειμένα στο ψύχος, με αποτέλεσμα να υπόκεινται σε συνεχείς συστολοδιασταλτικές κινήσεις που δύναται να οδηγούν σε ρωγμές του υλικού.
4. Αυξάνουν σημαντικά το στατικό βάρος στις υφιστάμενες κατασκευές άρα και την ευπάθεια σε περίπτωση σεισμού.
5. Απορροφούν σημαντικά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας.
6. Λόγω του πορώδους τους λερώνονται εύκολα.
7. Δεν αρμολογούνται με συνέπεια σημαντική ποσότητα ομβρίων υδάτων να διεισδύει και να αποχετεύεται μεταξύ της στεγανοποιητικής στρώσης και του εξηλασμένου πολυστυρενίου μειώνοντας την θερμομονωτική απόδοση της μόνωσης.
8. Δεν παρέχουν δυνατότητες αισθητικής/αρχιτεκτονικής παρέμβασης στα δώματα.

Στην Εικόνα 1 φαίνεται το ειδικό προϊόν εξηλασμένου πολυστυρενίου με επίστρωση τσιμεντοκονίας που χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν κατά την αρχική του κατάσταση και στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται το πρόβλημα της γήρανσής του μετά την παρέλευση 10 ετών σε δώμα.

Εικόνα 1. Αρχική κατάσταση εξηλασμένου πολυστυρενίου με επίστρωση τσιμεντοκονίας



Εικόνα 2. Εξηλασμένο πολυστυρένιο με επίστρωση τσιμεντοκονίας μετά 10 χρόνια

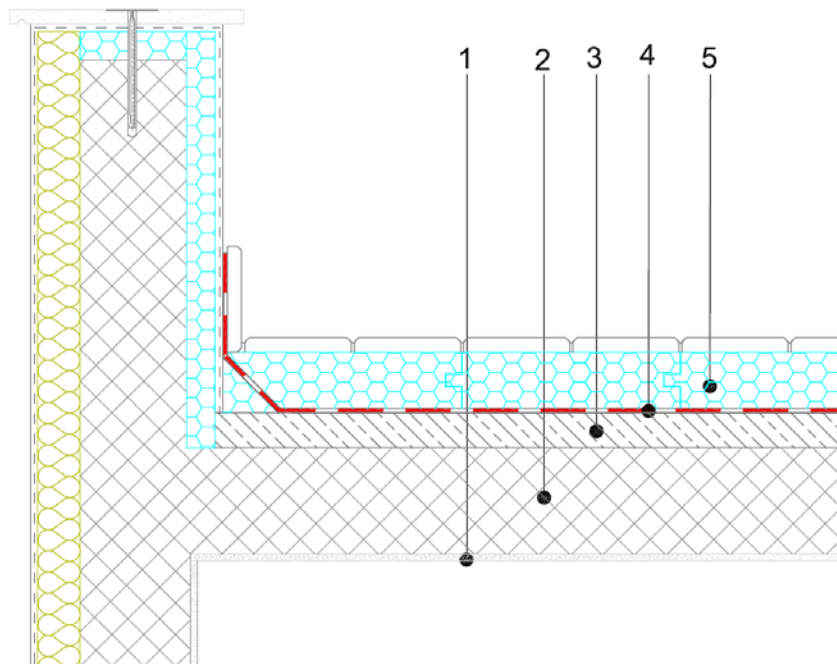


Για την επίλυση του συνόλου των παραπάνω προβλημάτων αναπτύχθηκε ένα σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο (Εικ. 3) αποτελούμενο από πλάκες αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου με επικάλυψη κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης και παράλληλα διερευνήθηκε και προτάθηκε η μεθοδολογία χρήσης του νέου μονωτικού στην κατασκευή του αντεστραμμένου βατού δώματος (Σχ.1).

Εικόνα 3. Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο αποτελούμενο από πλάκες αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου με επικάλυψη κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης



Σχήμα 1. Τομή βατού αντεστραμμένου δώματος με χρήση σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο και κεραμικό πλακίδιο πλήρους υάλωσης



(1) - Επίχρισμα, (2) - Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, (3) - Στρώση απορροής υδάτων, (4) - Στεγανοποιητική μεμβράνη, (5) - Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο και κεραμικό πλακίδιο πλήρους υάλωσης.

### 3. ΤΥΠΟΣ ΠΛΑΚΩΝ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΟΥ ΠΟΛΥΣΤΥΡΕΝΙΟΥ

Παρακάτω αναλύονται τα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου τύπου αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου για την χρήση στο σύνθετο προϊόν.

#### 3.1 Απαιτήσεις βάσει του προτύπου DIN V 4108-10 και ΕΛΟΤ EN 13164 E2

Βάσει του προτύπου DIN V 4108-10 το μόνο θερμομονωτικό υλικό που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή αντεστραμμένου δώματος είναι οι πλάκες αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου (XPS). Το πρότυπο μεταξύ άλλων καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για τον τύπο του εξηλασμένου πολυστυρενίου κατά ΕΛΟΤ EN 13164 E2, που μπορεί να τοποθετηθεί σε αντεστραμμένο δώμα (DUK) με δυνατότητα απλής χρήσης και βατότητας (dh), ήτοι: [5] [6]

1. Ανοχές πάχους, mm: T1
  2. Αντοχή σε συμπίεση για παραμόρφωση 10%, KPa: CS(10/Y)300
  3. Ποσοστό παραμόρφωση στους 70<sup>o</sup> C με φορτίο 40 KPa, %: DLT(2)5
  4. Ποσοστό κ.ο. απορρόφησης νερού με διάχυση υδρατμών, %: WD(V)5
  5. Ποσοστό κ.ο. απορρόφησης νερού μετά από ψύξη απόψυξη, %: FT1≤2
- Ο τύπος του προϊόντος που επιλέχθηκε βάσει της δήλωσης συμμόρφωσης του παραγωγού κατά CE, ήταν καλύτερος και έχει κωδικό χαρακτηρισμού τύπου: XPS – EN 13164 – T1 – CS(10\Y)300 – DLT(2)5 – WD(V)3 – FT2.

#### 3.2 Απαιτήσεις διαμόρφωσης των επιφανειών των πλακών

Οι πλάκες εξηλασμένου πολυστυρενίου που προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία έχουν στιλπνή και λεία επιφάνεια. Για την παραγωγή του σύνθετου προϊόντος απαιτήθηκε επεξεργασία των επιφανειών των πλακών ώστε να εξασφαλίζεται μια ικανοποιητικά αδρή επιφάνεια κατάλληλη για:

1. Επικόλληση των κεραμικών πλακιδίων πλήρους υάλωσης επί των πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου
2. Επικόλληση των πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου επί της στεγανοποιητικής στρώσης. Η απαίτηση αυτή πηγάζει εκ του γεγονότος ότι το βάρος του κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης δεν είναι ικανό για να αντισταθμίσει τις απαιτήσεις του προτύπου ÖNORM B 6253 για τα φορτία προστασίας έναντι ανεμοπίεσης. (Βλέπε Παράγραφο 6.1). [7]

Η αδρή επιφάνεια δημιουργείται είτε με το πέρασμα των πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου από θερμαινόμενο κύλινδρο με ρομβοειδή επιφανειακή διαμόρφωση, Εικόνα 4, είτε με αφαίρεση της λείας επιφάνειας εξέλασης με πλάνισμα, Εικόνα 5.

Εικόνα 4. Ρομβοειδή επιφανειακή διαμόρφωση



Εικόνα 5. Πλανισμένη επιφανειακή διαμόρφωση



Η επιλογή της χρήσης του πλανισμένου προϊόντος απορρίφθηκε τόσο διότι τα αποτελέσματα στον έλεγχο πρόσφυσης ήταν υποδεέστερα σε σχέση με το προϊόν με την ρομβοειδή διαμόρφωση επιδερμίδας (βλέπε Παραγράφους 5.2 και 6.2), όσο και για το γεγονός ότι το προϊόν μετά την αφαίρεση της επιδερμίδας παρουσιάζει υψηλότερη υδατοαπορρόφηση σε πλήρη εμβάπτιση, με τιμή WL(T)1,5 - έναντι τιμής WL(T)0,7 για το προϊόν με ρομβοειδή διαμόρφωση.

### 3.3 Απαιτήσεις ως προς τις διαστάσεις

Η διαστάσεις των πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη:

1. Το μέγιστο επιτρεπτό βάρος του σύνθετου προϊόντος καθώς βάσει της εργατικής νομοθεσίας δεν πρέπει συνολικά να υπερβαίνει τα 25 kg ανά τεμάχιο.
2. Τις διαστάσεις (297 x 297 x 7 mm) και το βάρος (1,72 kg) του κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης, την απαίτηση για τοποθέτηση τεσσάρων (4) κεραμικών πλακιδίων ανά πλάκα αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου, το μέγεθος των αρμού μεταξύ των πλακιδίων (3 mm) και το βάρος (3 kg/m<sup>2</sup>) της κόλλας των πλακιδίων για πάχος εφαρμογής 3 mm.
3. Τη δυνατότητα διαφόρων παχών ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης σε όλες τις κλιματικές ζώνες του Κ.Εν.Α.Κ. [8]

Έτσι οι πλάκες αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου που επιλέχθηκαν είναι διαστάσεων 600 x 600 mm ± 2 mm και πάχους 50/60/70/80/90/100 mm. Οι διαστάσεις και το συνολικό βάρος ανά τεμάχιο που προκύπτει από τον σχεδιασμό φαίνεται στο Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Διαστάσεις και βάρος σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από αφρώδες εξηλασμένο πολυστυρένιο και κεραμικό πλακίδιο πλήρους υάλωσης

Διαστάσεις πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρένιου (mm)	Διαστάσεις σύνθετου προϊόντος (mm)	Βάρος σύνθετου προϊόντος (kg/τεμ)	Βάρος σύνθετου προϊόντος (Kg/m <sup>2</sup> )
600 x 600 x 50	600 x 600 x 60	8.5	23,61
600 x 600 x 60	600 x 600 x 70	8.6	23,89
600 x 600 x 70	600 x 600 x 80	8.7	24,17
600 x 600 x 80	600 x 600 x 90	8.8	24,44
600 x 600 x 90	600 x 600 x 100	8.9	24,72
600 x 600 x 100	600 x 600 x 110	9.0	25,00

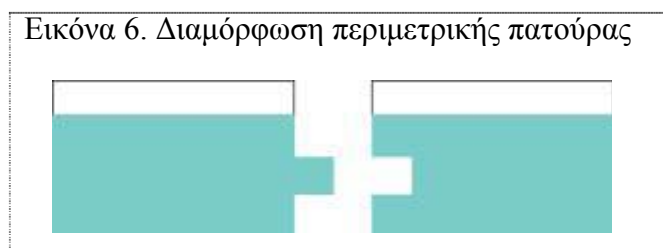
Το σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο με επίστρωση τσιμεντοκονίας (Εικ. 1) που χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν, είχε συγκεκριμένες διαστάσεις 600 x 300 x 70 mm (50 mm πλάκα εξηλασμένου πολυστυρενίου + 20 mm τσιμεντοκονίας), χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα χρήσης μεγαλύτερων παχών μονωτικού γεγονός που χαρακτηρίζεται ως αδυναμία βάσει των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ.

#### 3.4 Απαιτήσεις ως προς την περιμετρική διαμόρφωση

Η περιμετρική διαμόρφωση των πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου σχεδιάστηκε με γνώμονα:

1. Να εξαλείφεται η πιθανότητα δημιουργίας θερμογεφυρών λόγω κακής συναρμογής.
2. Να αυξάνεται η στρεπτική ακαμψία της συνολικής επιφάνειας προκειμένου να μειώνονται οι τάσεις στους αρμούς από μικρομετακινήσεις.

Για τους λόγους αυτούς σχεδιάστηκε (Εικ. 6) η παραγωγή των πλακών με περιμετρική πατούρα (δύο συνεχόμενες πλευρές με εσοχή διαστάσεων 14 x 20.5 mm και δύο συνεχόμενες πλευρές με εξοχή διαστάσεων 13.3 x 20 mm).



#### 4. ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΜΙΚΟΥ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣ ΥΑΛΩΣΗΣ

Παρακάτω αναλύονται τα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου τύπου κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης για την χρήση στο σύνθετο προϊόν.

##### 4.1 Απαιτήσεις βάσει των προτύπων ΕΛΟΤ EN 14411

Η επιλογή του τύπου κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης έγινε με γνώμονα να καλύπτει την απαίτηση του προτύπου ΕΛΟΤ EN 14411 για χρήση:

1. Ως επίστρωση δαπέδου
2. Σε εξωτερικές συνθήκες

Βάσει της δήλωσης συμμόρφωσης του παραγωγού κατά CE, καλύπτονται πλήρως οι απαιτήσεις του προτύπου, Πίνακας 2. [9] - [16]

Πίνακας 2. Απαιτήσεις και ιδιότητες επιλεγμένου πλακιδίου

Μετρούμενες ιδιότητες	Απαιτούμενες τιμές
Υδατοαπορροφητικότητα (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-3)	$\leq 0.5\%$
Αντοχή σε παγετό 50 κύκλοι από $-18^{\circ}\text{C}$ σε $+18^{\circ}\text{C}$ (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-12)	Να αντέχει
Αντοχή σε θερμικό σοκ 10 κύκλοι από σε $+18^{\circ}\text{C}$ σε $+105^{\circ}\text{C}$ (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-9)	Να αντέχει
Αντοχή σε χημικά πλην HF (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-13)	Να αντέχει
Αντοχή σε θραύση (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-4)	min 1300 N
Αντοχή σε απότριψη (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-6)	max 175 mm <sup>3</sup>
Μηχανική αντοχή (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-4)	min 35 N/mm <sup>2</sup>
Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής στους $100^{\circ}\text{C}$ (ΕΛΟΤ EN ISO 10545-8)	$\leq 9 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

Οι διαστάσεις του επιλεγμένου πλακιδίου είναι 297 x 297 x 7 mm, βάρους 1.72 kg με απόκλιση  $\pm 0.3\%$ .

##### 4.2 Απαιτήσεις βάσει του ΠΕΤΕΠ 03-20-11-00

Κριτήριο για την επιλογή του τύπου του κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης αποτέλεσε και δυνατότητά του να λειτουργεί στην λευκή του απόχρωση ως ψυχρό υλικό βάσει του προτύπου ΠΕΤΕΠ 03-20-11-00. [17]



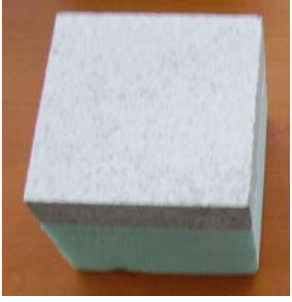
Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε η μελέτη της συμπεριφοράς του λευκού κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης που επιλέχθηκε για το νέο προϊόν συγκριτικά με την επίστρωση λευκής τσιμεντοκονίας βάρους 47-48 kg που χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν. Η μελέτη περιλάμβανε:

1. Μετρήσεις φασματικής ανακλαστικότητας
2. Υπολογισμό της ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία






3. Μέτρηση του συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας  
 4. Υπολογισμό του δείκτη ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία  
 Τα υπό μελέτη 6 δείγματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Για τις μετρήσεις φασματικής ανακλαστικότητας χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα στην τελική τους μορφή ενώ για το συντελεστή εκπομπής στην υπέρυθρη ακτινοβολία το υλικό επίστρωσης (λευκό πλακάκι ή λευκή τσιμεντοκονία) εφαρμόστηκαν σε μεταλλική επιφάνεια. [3] [4]

Πίνακας 3. Περιγραφή δοκιμίων

A/A	Περιγραφή	Δοκίμιο
1	Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη λευκού πλακιδίου πλήρους υάλωσης (FIBRANxps KERASTAR υπόλευκο)	
2	Λευκό πλακίδίο πλήρους υάλωσης επί μεταλλικής επιφάνειας	
3	Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος (FIBRANxps TL)	

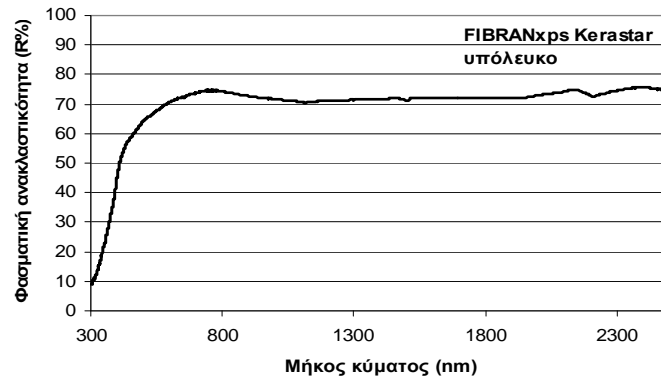
Πίνακας 3 (συνέχεια). Περιγραφή δοκιμίων

A/A	Περιγραφή	Δοκίμιο
4	Τσιμεντοκονία λευκού χρώματος επί μεταλλικής επιφάνειας χρώματος	
5	Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος κατόπιν γήρανσης 2 ετών (FIBRANχρs TL-aged)	
6	Τσιμεντοκονία λευκού χρώματος κατόπιν γήρανσης 2 ετών επί μεταλλικής επιφάνειας	

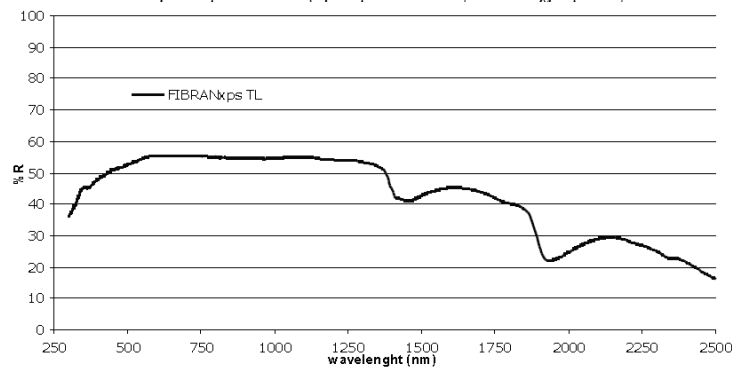
#### 4.2.1 Μέτρηση φασματικής ανακλαστικότητας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E903-96. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 1-3.

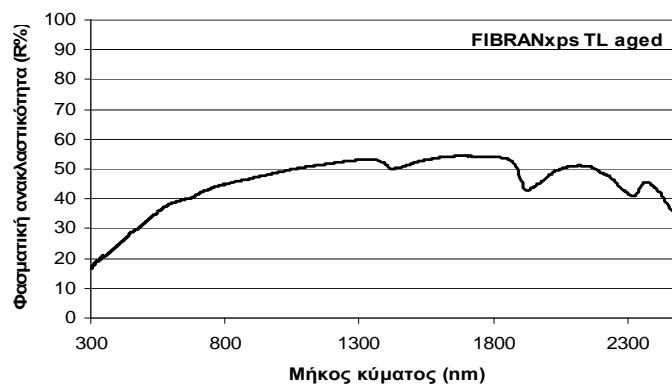
Διάγραμμα 1. Φασματική ανακλαστικότητα σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη κεραμικού πλακιδίου πλήρους υάλωσης λευκού χρώματος.



Διάγραμμα 2. Φασματική ανακλαστικότητα σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος.



Διάγραμμα 3. Φασματική ανακλαστικότητα σε σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος κατόπιν γήρανσης 2 ετών.



#### 4.2.2 Υπολογισμός ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία

Τα δεδομένα των μετρήσεων της φασματικής ανακλαστικότητας χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία -πρότυπα: ASTM E903-96 και ASTM G159-98. Οι τιμές της ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία (SR) του δείγματος φαίνονται στον Πίνακα 4. [18] [19]

Πίνακας 4. Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, SR, 300-2500 nm

		Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (%)			
		SR	SR <sub>nir</sub> 700-2500 nm	SR <sub>vis</sub> 400-700 nm	SR <sub>uv</sub> 300-400 nm
Δοκίμιο	Με επικάλυψη λευκού πλακιδίου πλήρους υάλωσης	<b>0.69</b>	0.73	0.66	0.19
	Με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος	<b>0.51</b>	0.50	0.54	0.42
	Με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος κατόπιν γήρανσης 2 ετών	<b>0.42</b>	0.48	0.35	0.20

#### 4.2.3 Μέτρηση συντελεστή εκπομπής

Ο συντελεστής εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία των δοκιμών μετρήθηκε βάσει του προτύπου ASTM E408-71. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το δείγμα φαίνονται στον Πίνακα 5. [20]

Πίνακας 5. Συντελεστής εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία, ε

		Συντελεστή εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία ε (±0.02)
Δοκίμιο	Με επικάλυψη λευκού πλακιδίου πλήρους υάλωσης	<b>0.85</b>
	Με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος	<b>0.84</b>
	Με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος κατόπιν γήρανσης 2 ετών	<b>0.86</b>

#### 4.2.4 Υπολογισμός του δείκτη ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία

Ο δείκτης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία (Solar Reflectance Index) αποτελεί ένα μέτρο της ικανότητας μιας επιφάνειας να ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία και να αποβάλλει υπό μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας

την θερμότητα που έχει απορροφήσει, συναρτήσει της αύξησης που παρουσιάζει η θερμοκρασία της. Υπολογίζεται βάσει των μετρήσεων ανακλαστικότητας και συντελεστή εκπομπής. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται βάσει του ASTM E1980-01. Θεωρήθηκε μέτρια ένταση ανέμου (συντελεστής μεταφοράς  $h_c = 12 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ). Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον Πίνακα 6. Τα υλικά που χαρακτηρίζονται από τις υψηλότερες τιμές του δείκτη ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία είναι και τα πιο ψυχρά. [20]

Πίνακας 6. Δείκτης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, SRI

		Δείκτης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία SRI
Δοκίμιο	Με επικάλυψη λευκού πλακιδίου πλήρους υάλωσης	<b>83</b>
	Με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος	<b>58</b>
	Με επικάλυψη τσιμεντοκονίας λευκού χρώματος κατόπιν γήρανσης 2 ετών	<b>46</b>

#### 5. ΤΥΠΟΣ ΚΟΛΛΑΣ ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗΣ ΚΕΡΑΜΙΚΟΥ ΠΛΑΚΙΔΙΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣ ΥΑΛΩΣΗΣ ΕΠΙ ΠΛΑΚΑΣ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΟΥ ΠΟΛΥΣΤΥΡΕΝΙΟΥ

Παρακάτω αναλύονται τα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου τύπου κόλλας πλακιδίων πλήρους υάλωσης για την επικόλληση τους επί των πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου σε συνδυασμό και με το είδος της διαμορφωμένης επιφάνειας του μονωτικού.

##### 5.1 Απαιτήσεις βάσει του προτύπου ΕΛΟΤ EN 12004 E2 και ΕΛΟΤ EN 12002 E3

Για την επιλογή του τύπου της κόλλας απαιτήθηκε:

1. Η μέγιστη δυνατότητα συγκόλλησης μη απορροφητικών πλακιδίων σε μη απορροφητικές επιφάνειες με τάση αποκόλλησης, τύπος C2 κατά ΕΛΟΤ EN 12004 E2
2. Η μέγιστη ικανότητα παραλαβής έντονων παραμορφωτικών τάσεων, τύπος S2 κατά ΕΛΟΤ EN 12002 E3
3. Ο ταχύτερος δυνατός χρόνος πήξης προκειμένου να διευκολύνει την παραγωγική διαδικασία, τύπος F κατά ΕΛΟΤ EN 12004 E2

Για τους λόγους αυτούς ο τύπος του προϊόντος που επιλέχθηκε βάσει της δήλωσης συμμόρφωσης του παραγωγού κατά CE, έχει κωδικό χαρακτηρισμού τύπου: C2F S2. [21] [22]

## 5.2 Ικανότητα συγκόλλησης επί αδρούς επιφάνειας πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου

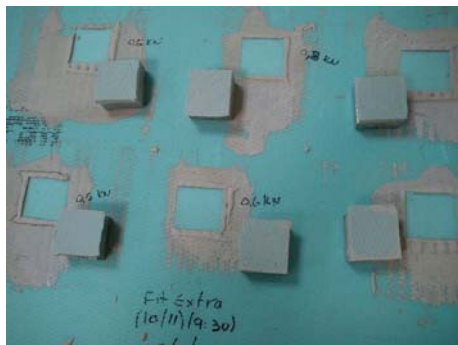
Πραγματοποιήθηκε έλεγχος, κατά ΕΛΟΤ EN 12004 E2, της τάσης αποκόλλησης του πλακιδίου επί πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου με διαφορετικές επιφανειακές διαμορφώσεις, ρομβοειδή και πλανισμένη, με τη χρήση της επιλεγμένης κόλλας. Η ποσότητα της κόλλας που χρησιμοποιείται στο σύνθετο προϊόν είναι  $1,08 \text{ kg}/0.36 \text{ m}^2$  ή  $3 \text{ kg}/1.0 \text{ m}^2$  για πάχος εφαρμογής 3 mm.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Στις Εικόνες 7-8 παρουσιάζεται η δοκιμή επί ρομβοειδούς επιφανειακής διαμόρφωσης και στις Εικόνες 9-10 η δοκιμή επί πλανισμένης επιφανειακής διαμόρφωσης. Από τον έλεγχο κατέστη σαφές ότι η ρομβοειδή επιφανειακή διαμόρφωση είναι καταλληλότερη για τη χρήση στο σύνθετο προϊόν, καθώς προσφέρει σημαντικά υψηλότερη δυνατότητα συγκόλλησης του πλακιδίου επί της αφρώδους πλάκας εξηλασμένου πολυστυρενίου.

Πίνακας 7. Έλεγχος πρόσφυση κόλλας επί διαφορετικών επιφανειακών διαμορφώσεων εξηλασμένου πολυστυρενίου

Επιφανειακή διαμόρφωση	Ρομβοειδής	Πλανισμένη
Τάση αποκόλλησης	$0.28 \text{ N/mm}^2$	$0.08 \text{ N/mm}^2$
Σημείο θραύσης	Στο εξηλασμένο πολυστυρένιο – αποκόλληση υλικού	Στην επιφάνεια μεταξύ της κόλλας και του εξηλασμένου πολυστυρενίου

Εικόνα 7. Δοκιμή επί ρομβοειδούς διαμόρφωσης



Εικόνα 8. Σημείο θραύσης δοκιμής επί ρομβοειδούς διαμόρφωσης, θραύση εντός XPS



Εικόνα 9. Δοκιμή επί πλανισμένης διαμόρφωσης



Εικόνα 10. Σημείο θραύσης δοκιμής επί πλανισμένης διαμόρφωσης, θραύση μεταξύ κόλλας και XPS



## 6. ΤΥΠΟΣ ΚΟΛΛΑΣ ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗΣ ΠΛΑΚΩΝ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΟΥ ΠΟΛΥΣΤΥΡΕΝΙΟΥ ΕΠΙ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ

Για χρήση σε παλαιά κτήρια το μικρό βάρος του σύνθετου θερμομονωτικού προϊόντος με πλακίδιο πλήρους υάλωσης, που είναι ανάλογα με το πάχος μόνωσης  $23.6-25.2 \text{ kg/m}^2$ , αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι του σύνθετου προϊόντος με την τσιμεντοκονία που χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν και είχε βάρος  $47-48 \text{ kg/m}^2$ . Το μικρό όμως βάρος του πλακιδίου και της κόλλας πλακιδίων που είναι  $22.1 \text{ kg/m}^2$  δεν μπορεί από μόνο του να εξασφαλίσει την πιθανότητα ανασήκωσής του από ανεμοπιέσεις. Για το λόγο αυτό απαιτείται η συγκόλληση του αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρένιου επί της στεγανοποιητικής μεμβράνης. Περαιτέρω, η συγκόλληση του σύνθετου προϊόντος επί της στεγανοποιητικής μεμβράνης αυξάνει την στρεπτική ακαμψία της επιφάνειας καθιστώντας την ικανή να αρμολογηθεί (βλέπε Κεφάλαιο 7).

### 6.1 Απαιτήσεις βάσει του προτύπου ÖNORM B 6253

Ο τύπος της επιλεγμένης κόλλας απαιτείται να προσδίδει τιμές πρόσφυσης που να αντισταθμίζουν την απαίτηση του προτύπου ÖNORM B 6253, που αφορά ειδικά τη χρήση πρόσθετων φορτίων προστασίας από ανεμοπίεση σε αντεστραμμένο δώμα με πλάκες αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρένιου. Οι απαιτήσεις του προτύπου δίδονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Φορτία για αντεστραμμένο δώμα βάσει του προτύπου ÖNORM B 6253

Ύψος κτηρίου (m)		Μετεωρολογικές μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου (km/h)		
		90	120	150
		Ελάχιστο πάχος αδρανών** για φόρτιση (cm)		
$h \leq 10$ m	Κεντρική επιφάνεια	5	5	8
	Περιφερειακή ζώνη	9	16	24
$10 < h \leq 25$	Κεντρική επιφάνεια	5	6	10
	Περιφερειακή ζώνη	11	19	29
$25 < h \leq 199$	Κεντρική επιφάνεια	5	8	12
	Περιφερειακή ζώνη	13	23	35

\* Οι ενδιάμεσες τιμές μπορούν παρεμβάλλονται γραμμικά  
 \*\* Το φαινόμενο βάρος αδρανών ορίζεται  $1900 \text{ kg/m}^3$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 8 η πλέον δυσμενής περίπτωση είναι η προσθήκη φορτίου, στην περιφερειακή ζώνη δώματος, σε κτήριο ύψους 199 m και σε περιοχές με ταχύτητα ανέμου 150 km/h, όπου απαιτείται η τοποθέτηση 35 cm αδρανών φαινόμενου βάρους  $1900 \text{ kg/m}^3$ , ήτοι φορτίο βάρους  $665,0 \text{ Kg/m}^2$ . Εάν από αυτό το συνολικό φορτίο αφαιρέσουμε το φορτίο που ήδη προσθέτουμε και προέρχεται από το βάρος του κεραμικού πλακιδίου και της κόλλας πλακιδίων, ήτοι  $22,1 \text{ kg/m}^2$ , προκύπτει η τελική απαίτηση για πρόσθετα φορτία στα  $642,9 \text{ kg/m}^2$ . Επομένως ο επιλεγόμενος τύπος κόλλας απαιτείται να παρέχει συγκολλητική ικανότητα  $\geq 642,9 \text{ kg/m}^2$  ή  $0,006 \text{ N/mm}^2$ . Σαφώς η ίδια απαίτηση υπάρχει και για την πρόσφυση της στεγανοποιητικής μεμβράνης επί του υποστρώματος τοποθέτησης της. [7]

#### 6.2 Απαιτήσεις ως προς το είδος της στεγανοποιητικής μεμβράνης

Οι συνηθέστεροι τύποι στεγανοποιητικών μεμβρανών που χρησιμοποιούνται ως στεγανοποιητική επίστρωση αντεστραμμένου δώματος είναι:

1. Ασφαλτική μεμβράνη χωρίς επιφανειακή προστασία πλήρως επικολλημένη επί του υποστρώματος σύμφωνα με τα οριζόμενα από το πρότυπο ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-06-01-01. [24]



2. Υγρή πολυμερής μεμβράνη (π.χ. πολυουρεθανική, ακρυλική, δύο συστατικών τσιμενοειδής κτλ.) σύμφωνα με της απαιτήσεις της ETAG 005. [25]

Τα βασικά χαρακτηριστικά της κόλλας που επιλέχθηκε για έλεγχο πρόσφυσης επί των στεγανοποιητικών μεμβρανών παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. [26]-[29]

Πίνακας 9. Βασικές ιδιότητες επιλεγμένου τύπου κόλλας για τη συγκόλληση αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου επί στεγανοποιητικής μεμβράνης

Ιδιότητες	Τιμές επιλεγμένης κόλλας
Συνδετικό μέσω	Συμπολυμερή ρητινών
Ειδικό βάρος (ISO 1183-1)	1.6 g/cm <sup>3</sup>
Αντοχή σε εφελκυσμό (ISO 37, rod 1)	2.9 N/mm <sup>2</sup>
Επιμήκυνση θραύσης (ISO 37, rod 1)	200 %
Αντοχή σε σχίσσιμο (ISO 34-1, C)	2.0 N/mm
100% Μετρό ελαστικότητας (ISO 37, rod 1)	2.4 N/mm <sup>2</sup>
Σκληρότητα SHORE A (ISO 868)	70
Ανοικτός χρόνος επικόλλησης	50 min

Ακολούθως, με την χρήση της επιλεγθείσας πολυμερούς κόλλας, πραγματοποιήθηκε έλεγχος πρόσφυσης πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου με δύο διαφορετικές επιφανειακές διαμορφώσεις (ρομβοειδή & πλανισμένη), επί των τεσσάρων συνηθέστερων τύπων στεγανοποιητικών μεμβρανών, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με:

1. Την δυνατότητα κάλυψης της απαίτησης για ελάχιστη τάση αποκόλλησης 0.006 N/mm<sup>2</sup>.
2. Τον προσδιορισμό της ελάχιστης ποσότητας (g) κόλλας ανά m<sup>2</sup> επιφάνειας που απαιτείται για να εξασφαλιστεί η ελάχιστη απαιτούμενη τάση αποκόλλησης.
3. Την διερεύνηση του τύπου της επιφανειακής διαμόρφωσης των πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου που δύναται να συγκολληθεί αποτελεσματικότερα με την κόλλα.
4. Τον προσδιορισμό του απαιτούμενου χρόνου ωρίμανσης της κόλλας για αποτελεσματική συγκόλληση.

Τα αποτελέσματα από τον έλεγχο πρόσφυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Από τον έλεγχο κατέστη σαφές ότι:

1. Η πολυμερής κόλλα που επιλέχθηκε, προσφέρει στην δυσμενέστερη περίπτωση ικανότητα συγκόλλησης 0.41 N/mm<sup>2</sup> με σημείο θραύσης στη μάζα της πλάκας του αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου.

2. Με δεδομένη την ελάχιστη απαιτητή πρόσφυση στα  $0,006 \text{ N/mm}^2$  υπολογίζεται ότι η απαιτούμενη επιφάνεια συγκόλλησης,  $E$ , για την προστασία από την υφαρπαγή από τον άνεμο είναι  $E=14634 \text{ mm}^2$ . Επομένως για μέσο πάχος  $5 \text{ mm}$  εφαρμογής της κόλλας (ειδικό βάρος  $1.6 \text{ g/cm}^3$ ) απαιτούνται τουλάχιστον  $117 \text{ g/m}^2$  ή περίπου  $43 \text{ g}$  ανά σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο διαστάσεων  $600 \times 600 \text{ mm}$ .
3. Η ρομβοειδή επιφανειακή διαμόρφωση είναι καταλληλότερη για τη χρήση στο σύνθετο προϊόν, καθώς προσφέρει σημαντικά υψηλότερη δυνατότητα συγκόλλησης της αφρώδους πλάκας εξηλασμένου πολυστυρενίου επί των στεγανοποιητικών μεμβρανών.
4. Η πολυμερής κόλλα προσφέρει αποτελεσματική συγκόλληση εντός  $24$  ωρών.

## 7. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### 7.1 Υπολογισμός πάχους μόνωσης

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους μόνωσης λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες απαιτήσεις που προβλέπει ο Κ.Εν.Α.Κ. για την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτήριο που πρόκειται να μονωθεί. [8]





### 7.2 Απαιτήσεις θερμομόνωσης αντεστραμμένου δώματος

Για την θερμομόνωση με τη μέθοδο του αντεστραμμένου δώματος (απαιτήσεις ποιότητας υποστρώματος, ελάχιστη απαιτούμενη κλίση  $2\%$ , απαιτήσεις για το ύψος των στηθαίων, τοποθέτηση σιφονίων διπλής απορροής όμβριων κτλ.) ακολουθούνται οι διατάξεις του προτύπου ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-06-02-01. [30]

### 7.3 Απαιτήσεις στεγανοποίησης δώματος

Για τη στεγανοποίηση του δώματος με ασφαλικές μεμβράνες (απαιτήσεις υλικών και εφαρμογής) ακολουθούνται οι διατάξεις του προτύπου ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-06-01-01. Για τη στεγανοποίηση του δώματος με υγρές πολυμερείς μεμβράνες (απαιτήσεις υλικών και εφαρμογής) ακολουθούνται οι διατάξεις του προτύπου ΕΤΑ 005. Οι στεγανοποιητικές μεμβράνες θα πρέπει να εξασφαλίζουν πρόσφυση επί του υποστρώματος  $\geq 0,006 \text{ N/mm}^2$ . [24] [25]

Πίνακας 10. Έλεγχος πρόσφυση εξηλασμένου πολυστυρενίου διαφορετικών επιφανειακών διαμορφώσεων με χρήση πολυμερούς κόλλας επί στεγανοποιητικών μεμβρανών

Σειρά δοκιμών 1		Σειρά δοκιμών 2		Σειρά δοκιμών 3		Σειρά δοκιμών 4	
Υγρή μεμβράνη ακρυλικής βάσης		Δύο συστατικών τσιμενοειδής μεμβράνη		Υγρή μεμβράνη πολυουρεθανικής βάσης		Ασφαλτική μεμβράνη χωρίς επιφανειακή προστασία	
							
Ρομβοειδής επιφάνεια	Πλανισμένη επιφάνεια	Ρομβοειδής επιφάνεια	Πλανισμένη επιφάνεια	Ρομβοειδής επιφάνεια	Πλανισμένη επιφάνεια	Ρομβοειδής επιφάνεια	Πλανισμένη επιφάνεια
0.64 N/mm <sup>2</sup>	0.45 N/mm <sup>2</sup>	0.64 N/mm <sup>2</sup>	0.50 N/mm <sup>2</sup>	0.75 N/mm <sup>2</sup>	0.45 N/mm <sup>2</sup>	0.41 N/mm <sup>2</sup>	0.36 N/mm <sup>2</sup>
<p>Διαστάσεις δοκιμών: 50x50 mm.                      Μέσο πάχος εφαρμογής πολυμερούς κόλλας 5 mm.                      Για κάθε σειρά δοκιμών χρησιμοποιήθηκαν 12 τεμάχια: 3 δοκίμια ανά είδος επιφανειακής διαμόρφωσης πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου (ρομβοειδή και πλανισμένη), σε συνδυασμό με 3 δοκίμια ανά χρονικό διάστημα ελέγχου (μετά από 1 και μετά από 7 ημέρες).</p> <p>Σημείο θραύσης όλων των δοκιμών: στο εξηλασμένο πολυστυρένιο – αποκόλληση υλικού.                      Λόγω της υψηλής ταχύτητας πήξης της πολυμερούς κόλλας δεν παρατηρήθηκε καμία διαφοροποίηση ως προς την ικανότητα συγκόλλησης μετά από 1 και 7 ημέρες.</p>							

#### 7.4 Απαιτήσεις κατά την τοποθέτηση του σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου

Ο προσεκτικός σχεδιασμός της εργασίας, πριν αρχίσει η τοποθέτηση του σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου περιορίζει στο ελάχιστο τα κοψίματα και τη απώλεια υλικού. Το σύνθετο προϊόν μπορεί εύκολα να κοπεί σε μικρότερες διαστάσεις 300 x 300 mm ή 300 x 600 mm με τη χρήση απλού μαχαιριού χαράσσοντας στους αρμούς. Για κοπή σε άλλες διαστάσεις (π.χ. αφαίρεση τμήματος στη διάσταση του σιφωνίου) γίνεται χρήση τροχού κοπής με δίσκο για κοπή πέτρας. Πριν την τοποθέτηση εφαρμόζεται στην επιφάνεια του πολυστυρενίου η πολυμερής κόλλα που απαιτείται για τη συγκόλλησης με τη στεγανοποιητική στρώση στα σημεία που υποδεικνύονται στην Εικόνα 11. Η ποσότητα της κόλλας που εφαρμόζεται ανά σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο είναι  $\geq 43$  g. Τα σύνθετα θερμομονωτικά πλακίδια τοποθετούνται σε μια πρώτη σειρά αρχίζοντας από τα ανώτερα όρια στάθμης της στρώσης κλίσεων και προχωρώντας προς τα χαμηλότερα ταιριάζοντας τις ειδικές πατούρες ώστε να βελτιώνεται η σταθερότητα και η βατότητα του δώματος. Η κάθε επόμενη σειρά που ακολουθεί, διαστρώνεται «ψαθωτά» ξεκινώντας με μετατόπιση κατά 30 cm (κοπή σε διάσταση 300 x 600 mm). Αυτό πραγματοποιείται για την περαιτέρω αύξηση της στρεπτικής ακαμψία της επιφάνειας και τον περιορισμό των τάσεων που θα δεχθούν οι αρμοί.



Εικόνα 11. Σημειακή τοποθέτηση πολυμερούς κόλλας

#### 7.5 Απαιτήσεις δημιουργίας αρμών διαστολής

Το σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο σχεδιάστηκε ούτως ώστε κατά την τοποθέτησή του στο δώμα να αφήνει αρμούς μεταξύ των πλακιδίων πλάτους 3 mm. Περαιτέρω στην επαφή με κατακόρυφα στοιχεία (τοίχοι, δοκοί κλπ.) και σε κάναβο ανά 20,00 έως 25,00 m<sup>2</sup> με μήκη όχι μεγαλύτερα των 6,00 m, προβλέπεται σύμφωνα με τα οριζόμενα από το εθνικό πρότυπο ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-07-02-00 η κατασκευή ελαστικών αρμών διαστολής ελάχιστου πάχους 6 mm. [31]

#### 7.6 Απαιτήσεις ελαστικής σφράγισης αρμών διαστολής

Η ελαστική σφράγιση των αρμών διαστολής (Εικ. 12) πραγματοποιείται με υλικά βάσει του προτύπου ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-08-05-02-05. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ελαστικής μαστίχης που καλύπτει τις απαιτήσεις του

προτύπου και επιλέχθηκε για το σύστημα παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. [26]-[29], [32]-[34]

Πίνακας 11. Βασικές ιδιότητες επιλεγμένου τύπου ελαστικής μαστίχης αρμών διαστολής

Ιδιότητες	Τιμές επιλεγμένης μαστίχης
Μορφή	Παστώδης
Χρώμα	Λευκό
Συνδετικό μέσω	Συμπολυμερή ρητινών
Ειδικό βάρος (ISO 1183-1)	0.99 g/cm <sup>3</sup>
Αντοχή σε σχίσμο (ISO 34 - C)	3.0 N/mm
Σκληρότητα SHORE A (ISO 868)	18
Δυνατότητα μετακινήσεων (ISO 11600)	20 %
Αντοχή σε εφελκυσμό (ISO 8839)	0.5 N/mm <sup>2</sup>
Επιμήκυνση θραύσης (ISO 8839)	250 %
100% Μετρό ελαστικότητας (ISO 8839)	0.37 N/mm <sup>2</sup>
Κατανάλωση ανά τρέχον m αρμού 10 x 6 mm	59.4 g

Εικόνα 12. Ελαστική σφράγιση αρμών διαστολής



#### 7.7 Απαιτήσεις σφράγισης αρμών πλακιδίων

Μετά την ελαστική σφράγιση των αρμών διαστολής ακολουθεί η αρμολόγηση (Εικ. 13) των υπολοίπων αρμών της επιφάνειας με αρμόστοκο πλακιδίων τύπο CG2 W σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 13888 Ε2.

Εικόνα 13. Αρμολόγηση επιφάνειας πλακιδίων



Τα τεχνικά χαρακτηρίστηκα του αρμόστοκου που καλύπτει τις απαιτήσεις του προτύπου και επιλέχθηκε για το σύστημα παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. [35]-[38]

Πίνακας 12. Απαιτήσεις και ιδιότητες επιλεγμένου αρμόστοκου

Μετρούμενες ιδιότητες	Απαιτούμενες τιμές
Αντοχή σε κάμψη μετά από 28 ημέρες (ΕΛΟΤ EN 12808-3 E2)	$\geq 2,5\text{N/mm}^2$
Αντοχή σε θλίψη μετά από 28 ημέρες (ΕΛΟΤ EN 12808-3 E2)	$\geq 15\text{N/mm}^2$
Αντοχή σε κάμψη μετά από 28 ημέρες και έκθεση σε 25 κύκλους παγετού (ΕΛΟΤ EN 12808-3 E2)	$\geq 2,5\text{N/mm}^2$
Αντοχή σε θλίψη μετά από 28 ημέρες και έκθεση σε 25 κύκλους παγετού (ΕΛΟΤ EN 12808-3 E2)	$\geq 15\text{N/mm}^2$
Υδατοαπορρόφηση μετά από 240 λεπτά (ΕΛΟΤ EN 12808-5 E2)	$\leq 5\text{ g}$
Συρρίκνωση (ΕΛΟΤ EN 12808-4 E2)	$\leq 3\text{ mm/m}$

#### 7.8 Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Η αρμολόγηση των πλακιδίων εξασφαλίζει μια χρηστική επιφάνεια σε μορφή βεράντας. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι σε αντίθεση με τις δύο κλασικές μεθόδους αντεστραμμένης μόνωσης βατού δώματος, όπου έχουμε ελεύθερη διέλευση των ομβρίων υδάτων διαμέσου των αρμών των πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου, με την χρήση του νέου σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου εξηλασμένου πολυστυρενίου και της μεθόδου κατασκευής που περιγράφεται παραπάνω, εξασφαλίζεται η παροχέτευση των ομβρίων υδάτων από την εξωτερική επιφάνεια του δώματος εξαλείφοντας την έστω και μικρή επίδραση που μπορεί να είχε η υγρασία στην θερμομονωτική ικανότητα του μονωτικού. [1] [2]

## 8. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

Πραγματοποιήθηκε η ενεργειακή αξιολόγηση της τεχνικής λύσης με τη χρήση λογισμικού βάσει του ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. Η διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου κατοικίας πραγματοποιήθηκε για την περιοχή της Αθήνας, που ανήκει στη Β' κλιματική ζώνη.

#### 8.1 Εξεταζόμενη τυπολογία κτιρίου

Οι όψεις της με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό φέρουν ανοίγματα ισοδύναμα με το 40% της επιφάνειάς τους, η βόρεια όψη φέρει ανοίγματα ισοδύναμα με το 7% της επιφάνειάς ενώ η όψη με νότιο προσανατολισμό φέρει ανοίγματα ισοδύναμα με το 33% της επιφάνειάς της. Η κατοικία αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο κουζίνας, τραπεζαρίας και καθιστικού, συνολικού εμβαδού  $51\text{ m}^2$ , δύο υπνοδωμάτια συνολικής επιφάνειας  $40\text{ m}^2$  και ένα λουτρό επιφάνειας  $5\text{ m}^2$ . Τα κύρια χαρακτηριστικά του κτιρίου

συνοψίζονται στον Πίνακα 13. Εξετάστηκαν οι τέσσερις διαφορετικές τυπολογίες (σενάρια) δώματος που παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 13. Κύρια χαρακτηριστικά κατοικίας

Τοποθεσία	Αθήνα
Κατοικία	Εμβαδόν 100 m <sup>2</sup>
Ωράριο Λειτουργίας:	Ωρες / Ημέρες : Συνεχές Ημέρες / Εβδομάδα: 7
Γεωμετρία κάτοψης	E= 10.00 x 10.00 m <sup>2</sup>
Αριθμός Ατόμων	1 άτομο ανά 25 m <sup>2</sup>
Κατασκευή Αναφοράς:	Ο φέρων οργανισμός της κατοικίας είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ η τοιχοποιία πλήρωσης είναι μπατική οπτοπλινθοδομή. Η εξωτερική τοιχοποιία έχει πάχος 23 cm, ενώ η εσωτερική 10cm. Η οροφή αποτελείται από οριζόντια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 20 cm. Τα συστήματα υαλοστασίων αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες με συντελεστή θερμοπερατότητας, $U=5,68 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Θεωρήθηκε διείσδυση αέρα ίση με 0,4 ach.
Θέρμανση - ψύξη	Θεωρείται θερμοκρασία θέρμανσης στους 20° C, από τις 9:00 έως τις 7:00, ενώ, κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου οι ένοικοι απουσιάζουν, η θερμοκρασία δωματίου δεν κατεβαίνει κάτω από τους 16° C. Για την περίοδο ψύξης, η θερμοκρασία ψύξης είναι στους 26° C
Φωτισμός	Λαμπτήρες πυρακτώσεως, σε όλους τους χώρους, συνολικής θερμικής ισχύος 13W/m <sup>2</sup>
Ηλεκτρικές Συσκευές	Η ροή θερμότητας από συσκευές, ανά επιφάνεια, για την περίοδο λειτουργίας τους, θεωρείται 4 W/m <sup>2</sup>

Εξετάστηκαν οι τέσσερις διαφορετικές τυπολογίες (σενάρια) δώματος που παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14. Τυπολογίες δώματος προς μελέτη

Σενάριο 1
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Εσωτερικός σοβάς 2.5 cm</li> <li>2. Πλάκα σκυροδέματος 20.0 cm</li> <li>3. Γαρμπιλοσκυρόδεμα κλίσεων μέσου πάχους 9.0 cm</li> <li>4. Ασφαλτική μεμβράνη 0.4 cm.</li> </ol>
Σενάριο 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Εσωτερικός σοβάς 2.5 cm</li> <li>2. Πλάκα σκυροδέματος 20.0 cm</li> <li>3. Γαρμπιλοσκυρόδεμα κλίσεων μέσου πάχους 9.0 cm</li> <li>4. Ασφαλτική μεμβράνη 0.4 cm</li> <li>5. Εξηλασμένο πολυστυρένιο πάχους 8 cm</li> <li>6. Λευκή τσιμεντόπλακα πάχους 2.0 cm με SR = 0.51 και ε = 0.84</li> </ol>

Πίνακας 14. Τυπολογίες δώματος προς μελέτη (συνέχεια)

Σενάριο 3
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Εσωτερικός σοβάς 2.5 cm</li><li>2. Πλάκα σκυροδέματος 2.0 cm</li><li>3. Γαρμπιλοσκυρόδεμα κλίσεων μέσου πάχους 9 cm</li><li>4. Ασφαλτική μεμβράνη 0.4 cm</li><li>5. Εξηλασμένο πολυστυρένιο πάχους 8.0 cm</li><li>6. Λευκή τσιμεντόπλακα πάχους 2.0 cm - μετά από γήρανση 2 ετών με <math>SR = 0.42</math> και <math>\epsilon = 0.86</math></li></ol>
Σενάριο 4
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Εσωτερικός σοβάς 2.5 cm</li><li>2. Πλάκα σκυροδέματος 20.0 cm</li><li>3. Γαρμπιλοσκυρόδεμα κλίσεων μέσου πάχους 9.0 cm</li><li>4. Ασφαλτική μεμβράνη 0.4 cm</li><li>5. Εξηλασμένο πολυστυρένιο πάχους 8.0 cm</li><li>6. Κόλλα πλακιδίων 0.3 cm</li><li>7. Λευκό κεραμικό πλακίδιο πλήρους υάλωσης πάχους 0.7 cm με <math>SR = 0,69</math> και <math>\epsilon = 0.85</math></li></ol>

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των θερμομονωτικών πλακών αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου πάχους  $d = 8.0$  cm λήφθηκε ίσως με  $\lambda = 0.038$  W/mK και οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των λοιπών υλικών λήφθηκαν σύμφωνα με τους πίνακες της TOTEE 20701-2. [39]

### 8.3 Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης

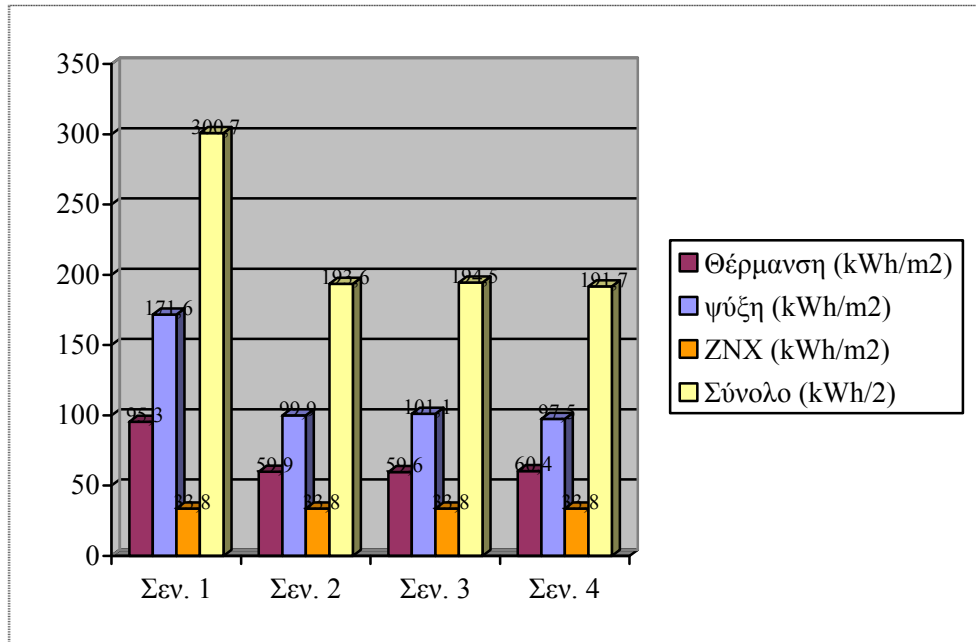
Η ετήσια ενεργειακή ζήτηση για τα τέσσερα σενάρια μόνωσης δώματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 15.

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης δείχνουν ότι:

1. Η μεγαλύτερη μείωση της συνολικής ετήσιας ενεργειακής ζήτησης επιτυγχάνεται με τη χρήση του σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο και λευκά κεραμικά πλακίδια πλήρους υάλωσης και αυτή είναι της τάξεως του 36.25 %. - έναντι του 35,62% για το τσιμεντοπροϊόν στην αρχική κατάσταση και 35,32 μετά την 2ετή γήρανσή του. (Διάγρ. 4)
2. Η μικρότερη ενεργειακή ζήτηση που επιτυγχάνεται με τη χρήση του σύνθετου θερμομονωτικού πλακιδίου αποτελούμενο από εξηλασμένο πολυστυρένιο και λευκά κεραμικά πλακίδια πλήρους υάλωσης, έναντι αυτής με τη χρήση της λευκής τσιμεντόπλακας, οφείλεται ως ψυχρότερο υλικό, στις μειωμένες ανάγκες ψύξης κατά 2.46 % σε σχέση με την τσιμεντόπλακα όταν αυτή είναι καινούργια και κατά 3.69 % κατόπιν διετούς γήρανσης της τσιμεντόπλακας.
3. Η μείωση της συνολικής ενεργειακής ζήτησης επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο με τη μείωση της θερμικής αγωγιμότητας λόγω χρήσης ικανοποιητικού πάχους πλακών εξηλασμένου πολυστυρενίου ενώ η χρήση λευκών κεραμικών πλακιδίων πλήρους υάλωσης λειτουργεί μόνο επικουρικά.



Διάγραμμα 4. Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες των τεσσάρων σεναρίων της μελέτης



## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο που αποτελείται από πλάκες αφρώδους εξηλασμένου πολυστυρενίου και επικάλυψη κεραμικών πλακιδίων πλήρους υάλωσης, ακολουθώντας την προτεινόμενη μέθοδο για την κατασκευή αντεστραμμένης μόνωσης δώματος, παρέχει μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με υλικά και μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα. Ειδικότερα τα πλεονεκτήματα του προϊόντος και της μεθόδου είναι:

1. Τόσο οι πλάκες εξηλασμένου πολυστυρενίου όσο και τα κεραμικά πλακίδια πλήρους υάλωσης, συνοδεύονται με δήλωση συμμόρφωσης CE που προσδιορίζει τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κάθε προϊόντος βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων.
2. Η μέθοδος θερμομόνωσης πληροί τις απαιτήσεις των εθνικών και ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ, DIN, ÖNORM) για την κατασκευή αντεστραμμένης μόνωσης.
3. Η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών παχών εξηλασμένου πολυστυρενίου καλύπτει τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. σε όλες της κλιματικές ζώνες.
4. Τόσο οι πλάκες εξηλασμένου πολυστυρενίου όσο και τα κεραμικά πλακίδια πλήρους υάλωσης, συνοδεύονται με δήλωση συμμόρφωσης CE που προσδιορίζει τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κάθε προϊόντος βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων.

Πίνακας 15. Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες

Σενάριο	Ενεργειακές ανάγκες (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιο												Συνολικές ετήσιες ενεργειακές ανάγκες (kWh/m <sup>2</sup> )	
		Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοέ	Δεκ		
1	Θέρμανση	27	21.7	15.8	1.9	0	0	0	0	0	0	7.8	21.2	95.3	300.7
	Ψύξη	0	0	0	0	9.7	39.8	56.2	53.1	12.8	0	0	0	171.6	
	ZNX	2.9	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	33.8	
2	Θέρμανση	17	13.9	10.3	1.2	0	0	0	0	0	0	4.4	13	59.9	193.6
	Ψύξη	0	0	0	0	4.7	22.3	33.2	32.1	7.6	0	0	0	99.9	
	ZNX	2.9	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	33.8	
3	Θέρμανση	17	13.9	10.2	1.2	0	0	0	0	0	0	4.4	12.9	59.6	194.5
	Ψύξη	0	0	0	0	4.8	22.6	33.5	32.4	7.8	0	0	0	101.1	
	ZNX	2.9	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	33.8	
4	Θέρμανση	17.1	14.1	10.4	1.3	0	0	0	0	0	0	4.5	13.1	60.4	191.7
	Ψύξη	0	0	0	0	4.5	21.7	32.5	31.4	7.4	0	0	0	97.5	
	ZNX	2.9	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	33.8	

5. Τόσο οι πλάκες εξηλασμένου πολυστυρενίου όσο και τα κεραμικά πλακίδια πλήρους υάλωσης, συνοδεύονται με δήλωση συμμόρφωσης CE που προσδιορίζει τα ελάχιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κάθε προϊόντος βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων.
6. Η μέθοδος θερμομόνωσης πληροί τις απαιτήσεις των εθνικών και ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ, DIN, ÖNORM) για την κατασκευή αντεστραμμένης μόνωσης.
7. Η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών παχών εξηλασμένου πολυστυρενίου καλύπτει τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. σε όλες της κλιματικές ζώνες.
8. Τα κεραμικά πλακίδια πλήρους υάλωσης είναι χαμηλής υδατοαπορρόφησης, δεν λερώνουν, καθαρίζουν εύκολα, δεν ρηγματώνουν, είναι ανθεκτικά στις περιβαλλοντικές επιδράσεις και στην γήρανση συγκριτικά με όλα τα παλιότερα υλικά.
9. Το νέο σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο λευκού χρώματος χαρακτηρίζονται από δείκτη ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία (SRI), ο οποίος είναι υψηλότερος κατά 43.1 % από αυτόν του λευκού τσιμεντοπροϊόντος στην αρχική του κατάσταση και κατά 80.4 % υψηλότερη κατόπιν γήρανσης 2 ετών.
10. Η μείωση της συνολικής ενεργειακής ζήτησης σε ένα δώμα με την εφαρμογή του νέου σύνθετου προϊόντος οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ικανοποιητικό πάχος χρήσης εξηλασμένου πολυστυρενίου. Η χρήση των λευκών κεραμικών πλακιδίων πλήρους υάλωσης ως ψυχρό υλικό επικάλυψης, λειτουργεί επικουρικά προσφέροντας μικρή περεταίρω μείωση της συνολικής ενεργειακής ζήτησης κατά 1.00 % συγκριτικά με της χρήση λευκής τσιμεντόπλακας όταν αυτή είναι καινούργια και κατά 1.46 % κατόπιν διετούς γήρανσης της τσιμεντόπλακας.
11. Η ενεργειακή αποδοτικότητα του νέου συστήματος μόνωσης αναμένεται να παραμένει σταθερότερη και να μην μεταβάλλεται κατά τη χρήση από την επίδραση των όμβριων υδάτων καθώς αυτά παροχετεύονται από την ανώτερη στρώση των αρμολογημένων πλακιδίων, σε αντίθεση με τα παλιότερα υλικά και συστήματα αντεστραμμένης μόνωσης όπου σημαντικό μέρος των όμβριων υδάτων βρισκόταν σε επαφή με το μονωτικό υλικό.
12. Το νέο σύνθετο προϊόν επιβαρύνει 50 % λιγότερο την κατασκευή με στατικό φορτίο, χαρακτηριστικό εξαιρετικά σημαντικό στην αναδρομική μόνωση υφιστάμενων κατασκευών σε σειсмоγενείς γεωγραφικές περιοχές.
13. Το νέο σύστημα παρέχει νέες δυνατότητες αισθητικής και αρχιτεκτονικής παρέμβασης στα δώματα.

Αποτέλεσμα της έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός εμπορεύσιμου καινοτόμου θερμομονωτικού υλικού, με εξαιρετικές ιδιότητες και εμπορική ονομασία FIBRANxps KERASTAR κατάλληλο για την μόνωση κτηρίων με τη μέθοδο της αντεστραμμένης μόνωσης.

## 10. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

*Άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά*

1. Δ. Μπίκας, Μ. Παπαδόπουλος, “Το αντεστραμμένο δώμα”. Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, Επιστ. Περ. Α, Τόμ. 7, Τεύχ. 3, Σελ. 171-200 (1987)

2. Παπαδόπουλος, Μ., Άγις, “Αντεστραμμένο Δώμα: Η Συμπεριφορά της Εξηλασμένης Πολυστυρόλης στο Χρόνο”. Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, Ι, Τεύχ. 1 (1998)

*Τεχνικές εκθέσεις*

3. Ομάδα Μελετών Κτιριακού Περιβάλλοντος, “Αξιολόγηση των θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων δομικού υλικού FIBRANxps TL της εταιρείας FIBRAN ΑΕ” Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα φυσικής, Τομέας εφαρμογών (2011)
4. Ομάδα Μελετών Κτιριακού Περιβάλλοντος, “Αξιολόγηση των θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων δομικού υλικού FIBRANxps KERASTAR των εταιριών FIBRAN ΑΕ και ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΤΑΛΕΥΤΙΚΗ ΑΕ” Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα φυσικής, Τομέας εφαρμογών (2011)

*Πρότυπα (standards)*

5. DIN V 4108-10, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe (2008)
6. ΕΛΟΤ EN 13164 E2, Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικά παραγόμενα προϊόντα από εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) – Προδιαγραφή (2001)
7. ÖNORM B 6253, Umkehrdächer – Planungsnorm (2002)
8. Κ.Εν.Α.Κ., ΦΕΚ 407Β' (2010)
9. ΕΛΟΤ EN 14411 E2, Κεραμικά πλακίδια - Ορισμοί, κατάταξη, χαρακτηριστικά και σήμανση (2007)
10. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-3, Κεραμικά πλακίδια και πλάκες - Μέρος 3: Προσδιορισμός υδατοαπορροφητικότητας, φαινομένου πορώδους, φαινομένης σχετικής πυκνότητας και φαινομένης πυκνότητας (1997)
11. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-4, Κεραμικά πλακίδια και πλάκες - Μέρος 4: Προσδιορισμός της αντοχής σε κάμψη και της αντοχής σε θραύση (1997)
12. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-6, Κεραμικά πλακίδια και πλάκες - Μέρος 6: Προσδιορισμός αντοχής σε βαθιά απότριψη για μη εφυσωμένα πλακίδια και πλάκες (1997)
13. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-8, Κεραμικά πλακίδια - Μέρος 8: Προσδιορισμός της γραμμικής θερμικής διαστολής (1997)
14. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-9, Κεραμικά πλακίδια - Μέρος 9: Προσδιορισμός της αντοχής σε θερμικό πλήγμα (1997)
15. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-12, Κεραμικά πλακίδια και πλάκες - Μέρος 12: Προσδιορισμός αντοχής σε παγετό (1997)
16. ΕΛΟΤ EN ISO 10545-13, Κεραμικά πλακίδια και πλάκες - Μέρος 13: Προσδιορισμός χημικής αντοχής (1997)
17. ΠΕΤΕΠ 03-20-11-00, Ψυχρά υλικά (2010)
18. ASTM E903-96 Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres
19. ASTM G159-98 Standard Tables for References Solar Spectral Irradiance at Air Mass 1.5: Direct Normal and Hemispherical for a 37° Tilted Surface
20. ASTM E408-71 Standard Test Methods for Total Normal Emittance of Surfaces Using Inspection-Meter Techniques (2002)
21. ASTM E1980-01 Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces

22. ΕΛΟΤ EN 12004 E2, Κόλλες για πλακίδια - Απαιτήσεις, αξιολόγηση της συμμόρφωσης, ταξινόμηση και χαρακτηρισμός (2008)
23. ΕΛΟΤ EN 12002 E3, Συγκολλητικά για πλακίδια και πλάκες - Προσδιορισμός της εγκάρσιας παραμόρφωσης τσιμεντοειδών συγκολλητικών και ρευστοκονιαμάτων (2009)
24. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-06-01-0, Στεγανοποίηση δωμαίων και στεγών με ασφαλτικές μεμβράνες (2009)
25. ETAG 005, Guideline for European technical approval of liquid applied roof waterproofing kits (2000)
26. ISO 1183-1, Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method (2004)
27. ISO 37, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of tensile stress-strain properties (2005)
28. ISO 34-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of tear strength - Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces (2004)
29. ISO 868, Plastics and ebonite - Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness) (2003)
30. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-06-02-01, Θερμομονώσεις δωμαίων (2009)
31. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-07-02-00, Επενδύσεις με κεραμικά πλακίδια, εσωτερικές και εξωτερικές (2009)
32. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-08-05-02-05, Σφράγιση αρμών διαστολής με ελαστομερή υλικά (2009)
33. ISO 11600 Building construction - Jointing products - Classification and requirements for sealants (2002)
34. ISO 8839 Mechanical properties of fasteners - Bolts, screws, studs and nuts made of non-ferrous metals (1986)
35. ΕΛΟΤ EN 13888 E2, Συνδετικά (κόλλες) πλακιδίων - Απαιτήσεις, αξιολόγηση της συμμόρφωσης, ταξινόμηση και χαρακτηρισμός (2009)
36. ΕΛΟΤ EN 12808-3 E2, Ρευστοκονιάματα (κόλλες) για πλακίδια - Μέρος 3: Προσδιορισμός της αντοχής σε κάμψη και θλίψη (2009)
37. ΕΛΟΤ EN 12808-4 E2, Ρευστοκονιάματα για πλακίδια - Μέρος 4: Προσδιορισμός της συρρίκνωσης (2010)
38. ΕΛΟΤ EN 12808-5 E2, Ρευστοκονιάματα (κόλλες) για πλακίδια - Μέρος 5: Προσδιορισμός της υδαταπορροφητικότητας (2009)
39. TOTEE 20701-2 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων (2010)