



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΤΗΣ  
ΜΕΤΑΠΟΛΕΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΛΙΘΟΚΤΙΣΤΟΥ  
ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΟΡΟΦΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΒΛΟ (ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ  
1955)**

**ΩΡΑΙΖΙΑ ΧΟΡΟΜΙΔΟΥ Α.Μ. 153291**

**ΜΑΝΟΛΗΣ ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ  
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2026**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ**

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Ευχαριστίες              | I   |
| Περίληψη                 | II  |
| Abstract                 | III |
| Κατάλογος Σχεδίων        | IV  |
| Καταλογος Φωτογραφιών    | V   |
| Κατάλογος Συντομογραφιών | VI  |

### **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή και Πλαίσιο Έρευνας.**

|                                                                                                                                   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1.1. Βιοκλιματική Ανάλυση της Μεταβατικής Αρχιτεκτονικής του Μεταπολεμικού Ελληνικού Χώρου.                                       | 1 |
| 1.2. Το Μεταπολεμικό Κτιριακό Απόθεμα (1950-1965): Η πρόκληση της ενεργειακής ανεπάρκειας.                                        | 1 |
| 1.3. Εστίαση Μελέτης: Η τυπολογία Λιθόκτιστο Ισόγειο & Όροφος από Τούβλο (1955).                                                  | 2 |
| 1.4. Στόχος και Μεθοδολογία: Ανάπτυξη στρατηγικών ενίσχυσης και μόνωσης του κελύφους για δραστική μείωση των ενεργειακών αναγκών. | 4 |

### **Κεφάλαιο 2: Διαγνωστική Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης.**

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Αρχιτεκτονική και Δομική Καταγραφή.                                                         | 6  |
| 2.1.1 Ανάλυση Λιθοδομής: Δομική κατάσταση, πιθανές αστοχίες και ζητήματα ανοδικής υγρασίας.      | 6  |
| 2.1.2. Ανάλυση Οπτοπλινθοδομής: Θερμική αδυναμία και προβλήματα σύνδεσης/θερμογεφυρών.           | 7  |
| 2.1.3. Καταγραφή Στέγης/Δώματος και Δαπέδων/Πατωμάτων ως πηγές απωλειών.                         | 7  |
| 2.2. Ενεργειακή Πιστοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης.                                              | 9  |
| 2.2.1. Υπολογισμός Ενεργειακών Αναγκών.                                                          | 10 |
| 2.2.2. Έκδοση ΠΕΑ Υφιστάμενης Κατάστασης: Παρουσίαση και ανάλυση της αρχικής Ενεργειακής Κλάσης. | 22 |
| 2.3. Καθορισμός Στόχων: Επιδιωκόμενη βελτίωση ενεργειακής κλάσης.                                | 24 |

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b><u>Κεφάλαιο 3: Ολοκληρωμένες Στρατηγικές Μόνωσης και Ενίσχυσης Κελύφους.</u></b>                                    | 25 |
| <b>3.1. Δομική Ενίσχυση και Αποκατάσταση Τοιχοποιίας.</b>                                                              | 25 |
| 3.1.1. Ενισχύσεις Λιθοδομής: Τεχνικές για την αύξηση της φέρουσας ικανότητας                                           | 25 |
| 3.1.2. Αποκατάσταση της δομής με διαπνέοντα ασβεστοκονιάματα.                                                          | 26 |
| <b>3.2. Στρατηγικές Θερμομόνωσης Τοιχοποιίας.</b>                                                                      | 26 |
| 3.2.1. Λιθόκτιστο Ισόγειο: Εφαρμογή διαπνεόντων, ορυκτών μονωτικών για υγραερμική ισορροπία.                           | 27 |
| 3.2.2. Όροφος οπτοπλινθοδομής: Εφαρμογή ETICS (Εξωτερικό Σύστημα Θερμομόνωσης).                                        | 29 |
| <b>3.3. Στρατηγικές Μόνωσης Οριζόντιων Στοιχείων.</b>                                                                  | 30 |
| 3.3.1. Στέγη/Δώμα: Λύσεις μόνωσης και υγραμόνωσης.                                                                     | 30 |
| 3.3.2. Δάπεδα/Πατώματα: Λύσεις μόνωσης σε επαφή με το έδαφος ή μη θερμαινόμενο χώρο.                                   | 31 |
| <b>3.4. Κουφώματα και Αρχιτεκτονική Συνέπεια.</b>                                                                      | 32 |
| 3.4.1. Αντικατάσταση με θερμομονωτικά κουφώματα και ενσωμάτωση βιοκλιματικής σκίασης για μείωση του φορτίου ψύξης.     | 32 |
| <b><u>Κεφάλαιο 4: Συνοπτική Αναβάθμιση Συστημάτων και Βιωσιμότητα.</u></b>                                             | 34 |
| <b>4.1. Συστήματα Παραγωγής Θερμότητας/Ψύξης.</b>                                                                      | 34 |
| 4.1.1. Προτάσεις για μετάβαση σε υψηλής απόδοσης συστήματα.                                                            | 34 |
| 4.1.2. Βελτίωση του Ζεστού Νερού Χρήσης.                                                                               | 36 |
| <b><u>Κεφάλαιο 5: Τελική Αξιολόγηση, Πιστοποίηση και Συμπεράσματα.</u></b>                                             | 38 |
| <b>5.1. Ποσοτική Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης.</b>                                                                  | 38 |
| 5.1.1. Προσομοίωση και Έκδοση ΠΕΑ Τελικής Μορφής (μετά τις παρεμβάσεις).                                               | 38 |
| 5.1.2. Ανάλυση της μείωσης των ενεργειακών αναγκών.                                                                    | 38 |
| <b>5.2. Συμπεράσματα.</b>                                                                                              | 39 |
| 5.2.1. Η αποτελεσματικότητα των εξειδικευμένων τεχνικών μόνωσης και ενίσχυσης ως πρωταρχικό μέσο βιώσιμης αναβάθμισης. | 39 |

## **Παράρτημα.**

- **Βιβλιογραφία** 40
- **Παράρτημα : Τεχνικές Προδιαγραφές Υλικών και Λύσεων.** 44

## Ευχαριστίες

### I

Με την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία σηματοδοτεί και το κλείσιμο του κύκλου των σπουδών μου, αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν, με την καθοδήγηση και την υποστήριξή τους, στην πραγματοποίησή της.

Πρωτίστως, επιθυμώ να εκφράσω τη βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου στον αρχικό μου επιβλέποντα, Μανόλη Σφακιανάκη. Υπήρξε ο άνθρωπος που με εισήγαγε με θέρμη στο συγκεκριμένο επιστημονικό αντικείμενο, με περιέβαλε με την εμπιστοσύνη του από την πρώτη στιγμή και έθεσε τις στέρεες βάσεις για την εκκίνηση αυτής της έρευνας. Η επιστημονική του ακεραιότητα και το ήθος του αποτέλεσαν για μένα έναν πολύτιμο οδηγό, η επίδραση του οποίου παρέμεινε ζωντανή σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου.

Παράλληλα, εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή Δρ. Γεώργιο Χατζηγεωργίου, Αναπληρωτή Κοσμήτορα της ΣΘΕΤ και Διευθυντή του ΠΜΣ ΔΧΤ, ο οποίος ανταποκρίθηκε άμεσα και ανέλαβε την επίβλεψη της εργασίας σε μια ιδιαίτερα μεταβατική και κρίσιμη συγκυρία. Τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, καθώς και για το γεγονός ότι, με το κύρος και τη διοικητική του μέριμνα, εξασφάλισε τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την απρόσκοπτη και επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Τέλος, ένα ξεχωριστό «ευχαριστώ» ανήκει στη μητέρα μου Ακίνθη και την αδερφή μου Στέλλα. Η αμέριστη συμπαράστασή τους, η ακλόνητη πίστη τους στις δυνατότητές μου και η υπομονή που επέδειξαν, αποτέλεσαν το σταθερότερο θεμέλιο και το μεγαλύτερο στήριγμα, όχι μόνο κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας, αλλά και σε ολόκληρη την απαιτητική πορεία των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο.

## Περίληψη

### II

Η παρούσα διπλωματική εργασία, η οποία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση Τεχνικών Έργων» του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, εξετάζει τις στρατηγικές βιώσιμης και ολιστικής αναβάθμισης μιας ιδιαίτερης και αντιπροσωπευτικής υβριδικής κατασκευαστικής τυπολογίας της μεταπολεμικής περιόδου στην Ελλάδα (έτος κατασκευής 1955). Το υπό μελέτη κτίριο συνδυάζει φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο και οπτοπλινθοδομή (τούβλο) στον όροφο. Παρά την εγγενή «εμπειρική βιοκλιματική ευφυΐα» που παρουσιάζουν αυτά τα κτίρια λόγω προσανατολισμού και θερμικής μάζας, χαρακτηρίζονται από έντονη ενεργειακή ανεπάρκεια και δομικές παθογένειες, καθώς κατασκευάστηκαν πριν από τη θέσπιση οποιουδήποτε Κανονισμού Θερμομόνωσης.

Στο πρώτο στάδιο της εργασίας πραγματοποιείται διαγνωστική ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και καταγράφονται οι κύριες παθολογίες του κελύφους. Στο ισόγειο (λιθοδομή) εντοπίζονται σοβαρά προβλήματα ανιούσας υγρασίας, αποδιοργάνωσης των κονιαμάτων και επιφανειακών συμπυκνώσεων. Στον όροφο (τουβλοδομή) διαπιστώνεται χαμηλή θερμική αντίσταση, απουσία επαρκών διαζωμάτων και αυξημένη τρωτότητα. Παράλληλα, η αμόνωνη ξύλινη στέγη και το δάπεδο του ισόγειου λειτουργούν ως εστικές σημαντικών θερμικών απωλειών.

Στη συνέχεια, αναπτύσσονται διαφοροποιημένες παθητικές στρατηγικές θερμικής θωράκισης και δομικής αποκατάστασης. Προτείνεται η εξυγίανση των τοίχων με χρήση φυσικής υδραυλικής ασβέστου (NHL), καθώς και η εφαρμογή εξωτερικού συστήματος θερμομόνωσης (ETICS) με πλάκες πετροβάμβακα υψηλής πυκνότητας, ώστε να διασφαλίζεται η διαπνοή του κτιρίου και η βέλτιστη εκμετάλλευση της θερμικής του μάζας. Για τις περιπτώσεις όπου απαιτείται η διατήρηση της εμφανούς πέτρας, εξετάζεται η λύση της εσωτερικής μόνωσης με έξυπνο φράγμα υδρατμών για την αποφυγή εσωτερικών συμπυκνώσεων. Επιπλέον, προτείνεται η μόνωση των οριζόντιων στοιχείων με εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) και πετροβάμβακα, καθώς και η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με νέα, ενεργειακά (Low-E).

Οι παθητικές παρεμβάσεις συμπληρώνονται από την αναβάθμιση των ενεργητικών συστημάτων του κτιρίου, με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας μεσαίων θερμοκρασιών, τερματικών μονάδων Fan Coils για άμεση απόκριση, και ηλιοθερμικού συστήματος βεβιασμένης κυκλοφορίας με δοχείο αδρανείας για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX).

Μέσα από την ενεργειακή προσομοίωση και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), αποδεικνύεται ότι η συνδυαστική εφαρμογή αυτών των προτάσεων επιφέρει δραστική μείωση των ενεργειακών αναγκών κατά 60–75%, αναβαθμίζοντας το κτίριο σε ενεργειακή κλάση Α ή Β και μειώνοντας το λειτουργικό κόστος έως και 70%. Τα αποτελέσματα της εργασίας επιβεβαιώνουν ότι η βιώσιμη αναβάθμιση του μεταπολεμικού κτιριακού αποθέματος είναι τεχνικά εφικτή και οικονομικά βιώσιμη, συμβάλλοντας στην

αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας και στην προστασία της αρχιτεκτονικής μας κληρονομιάς.

## **Abstract**

### III

This postgraduate thesis, conducted within the framework of the Master's Programme "Technological Educational Management" (or "Construction Management") of the Hellenic Open University, examines sustainable and holistic upgrade strategies for a distinctive and representative hybrid construction typology of the post-war period in Greece (built in 1955). The building under study combines load-bearing masonry on the ground floor and brickwork on the upper floor. Despite the inherent "empirical bioclimatic intelligence" these buildings exhibit due to their orientation and thermal mass, they are characterized by severe energy inefficiency and structural pathologies, as they were constructed prior to the establishment of any Thermal Insulation Regulations.

In the first stage of the study, a diagnostic analysis of the existing condition is performed, and the primary pathologies of the building envelope are recorded. On the ground floor (masonry), serious issues of rising damp, mortar degradation, and surface condensation are identified. On the upper floor (brickwork), low thermal resistance, the absence of adequate tie-beams, and increased vulnerability are observed. Concurrently, the uninsulated wooden roof and the ground floor slab act as sources of significant thermal losses.

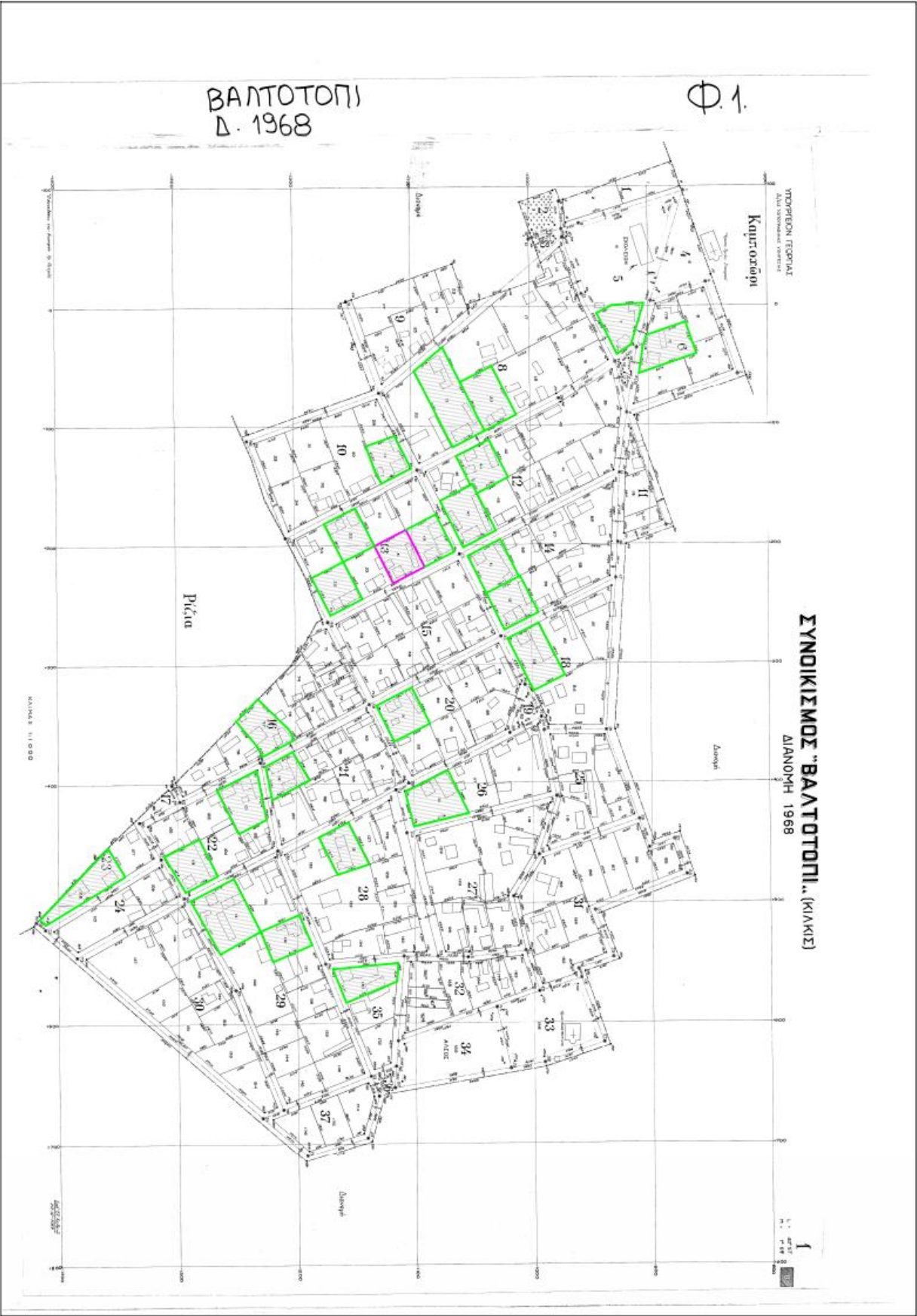
Subsequently, differentiated passive strategies for thermal shielding and structural restoration are developed. The remediation of the walls using natural hydraulic lime (NHL) is proposed, along with the application of an External Thermal Insulation Composite System (ETICS) utilizing high-density rockwool boards, ensuring the building's breathability and the optimal utilization of its thermal mass. For cases where the preservation of exposed stone is required, internal insulation combined with an intelligent vapor barrier is examined to prevent interstitial condensation. Additionally, insulation of horizontal elements using extruded polystyrene (XPS) and rockwool is proposed, alongside the replacement of old openings with new, energy-efficient ones (Low-E).

The passive interventions are complemented by upgrading the building's active systems, including the installation of a medium-temperature heat pump, Fan Coil units for rapid response, and a forced-circulation solar thermal system with a buffer tank for Domestic Hot Water (DHW) production.

Through energy simulation and the issuance of the Energy Performance Certificate (EPC), it is demonstrated that the combined implementation of these proposals leads to a drastic

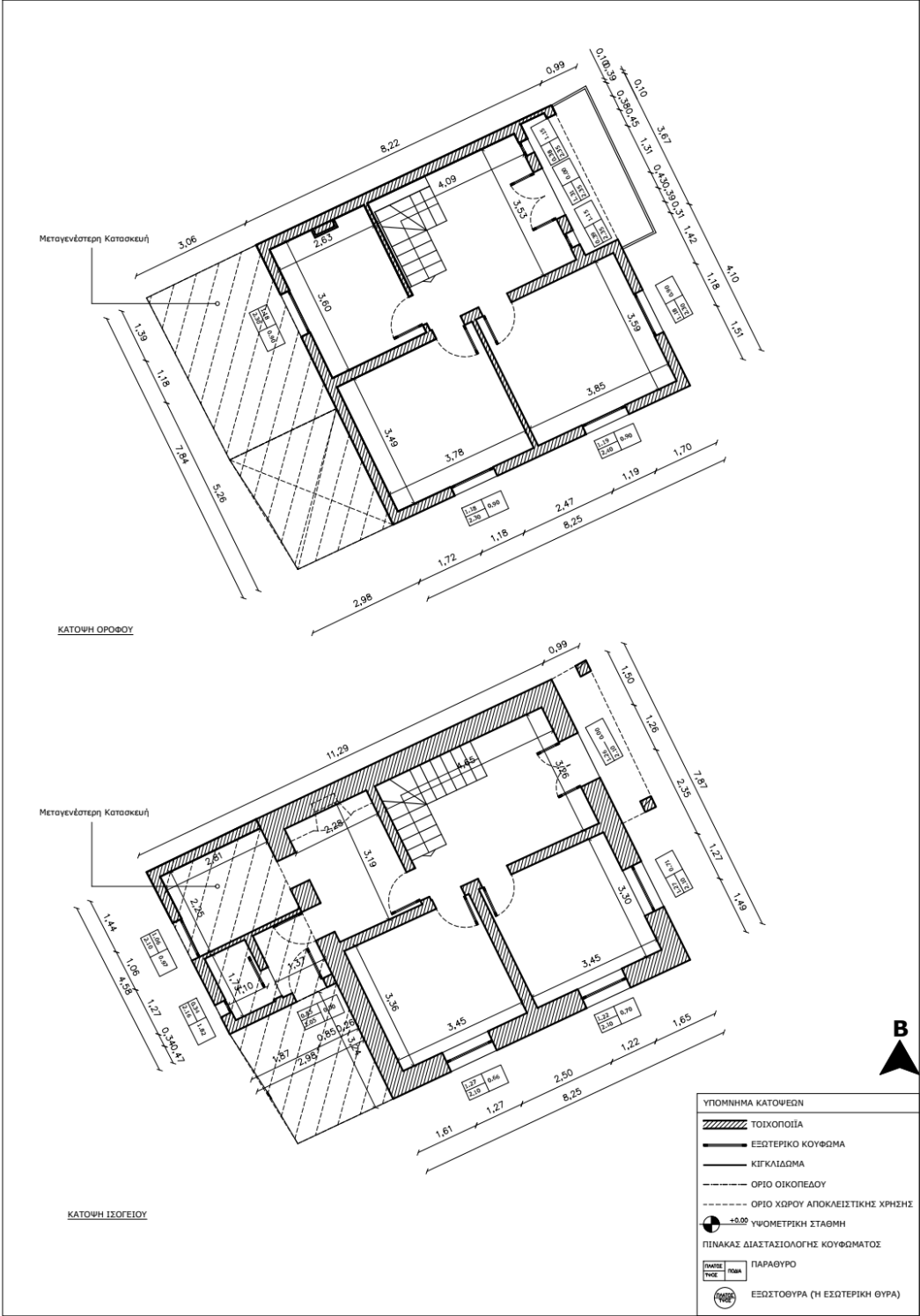
reduction in energy requirements by 60–75%, upgrading the building to energy class A or B and reducing operating costs by up to 70%. The results of this thesis confirm that the sustainable upgrade of post-war building stock is technically feasible and economically viable, contributing to the mitigation of energy poverty and the protection of architectural heritage.

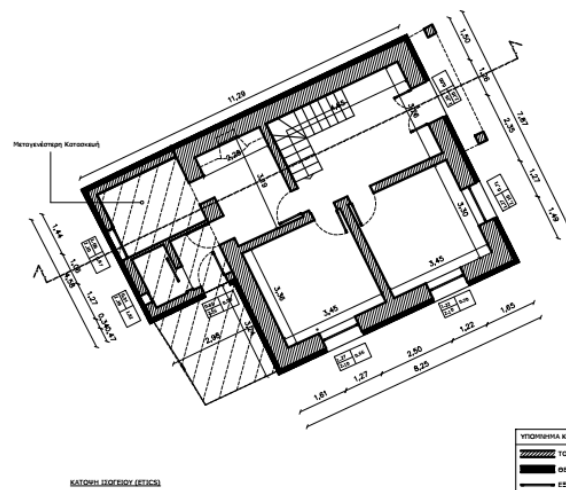
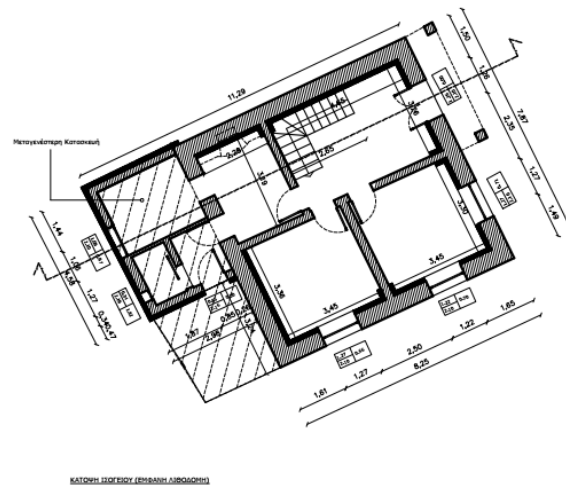
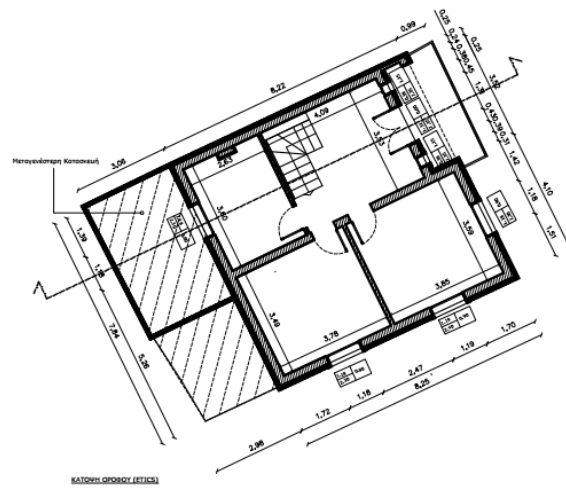
Κατάλογος Σχεδίων και Φωτογραφιών  
IV





Αρχιτεκτονικές Κατόψεις





ΥΠΟΜΕΤΗΜΑ ΚΑΤΩΦΕΩΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΤΑΣΗ

ΕΞΙΣΤΕΡΟ ΚΟΥΦΩΜΑ

ΚΡΙΚΑΛΩΜΑ

ΟΡΓΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ

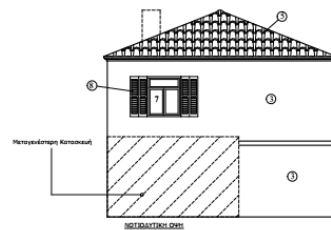
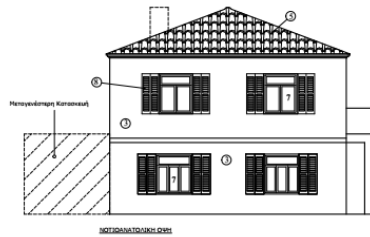
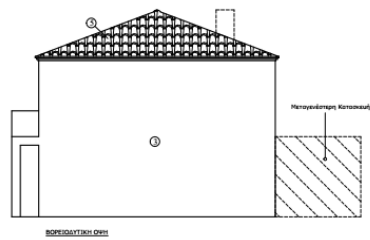
ΟΡΓΟ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

ΥΠΟΜΕΤΗΜΑ ΣΤΑΘΗΣ

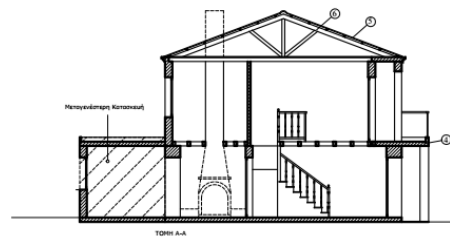
ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΝΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ

ΠΑΡΑΒΛΗΝ

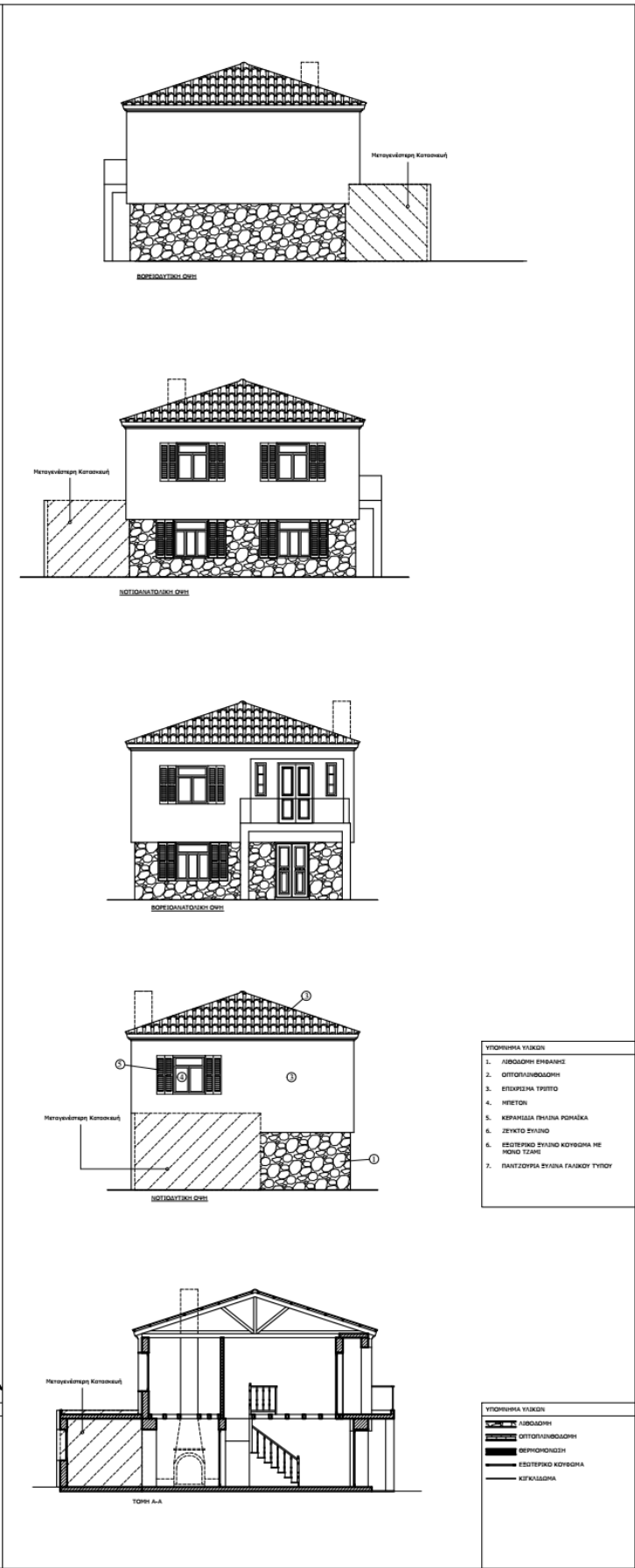
ΕΞΙΣΤΕΥΘΗΡΑ (Ή ΕΞΙΣΤΕΥΘΗΡΑ ΘΥΡΑ)

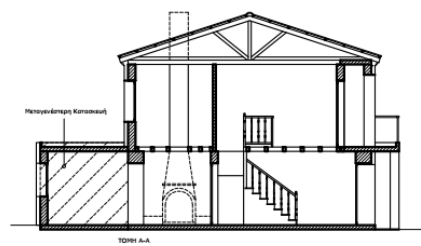
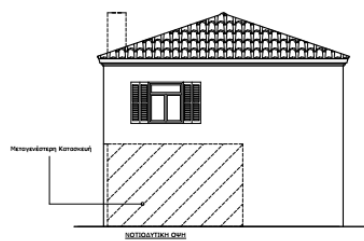
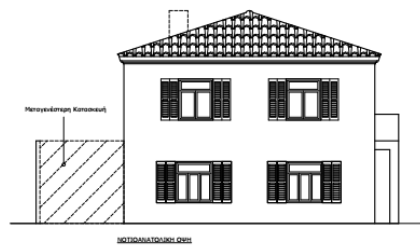
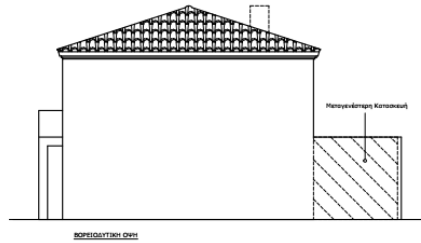


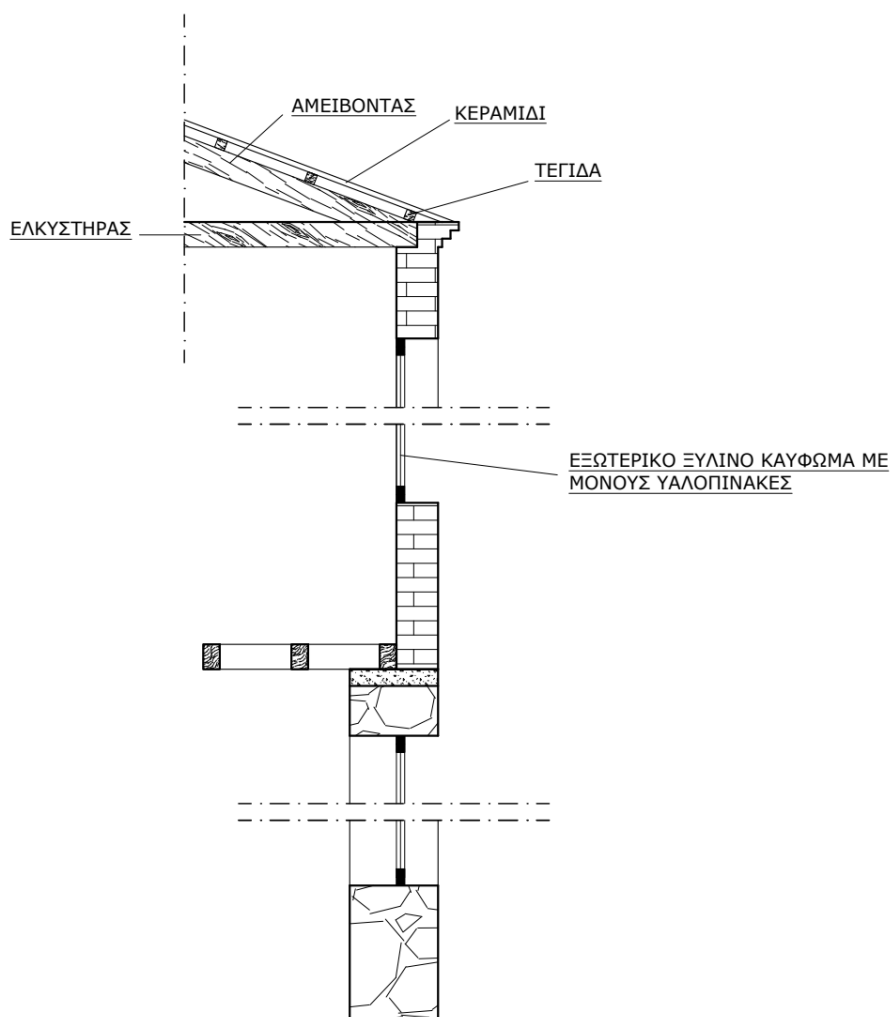
- ΥΠΟΜΟΝΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ
1. ΛΙΘΟΔΟΧΗ ΕΠΙΘΑΛΑΣΣΗΣ
  2. ΟΠΤΟΦΩΝΟΔΟΧΗ
  3. ΕΠΙΘΑΛΑΣΣΑ ΤΡΙΤΤΟ
  4. ΗΜΕΤΟΝ
  5. ΚΕΡΑΜΑΣΙΑ ΠΥΛΩΝΑ ΠΟΡΤΑΚΑ
  6. ΖΕΥΚΤΟ ΖΥΓΙΣΜΟ
  7. ΕΞΙΣΤΕΡΟΝ ΕΥΛΟΓΟ ΚΟΝΙΣΘΙΑ ΗΕ ΚΟΝΙΟΤΕ ΠΑΝΟΡΑΜΑΕΣ
  8. ΠΑΝΤΟΖΩΡΙΑ ΖΥΓΙΣΜΑ ΤΑΥΡΟΝ ΤΥΤΟΝ





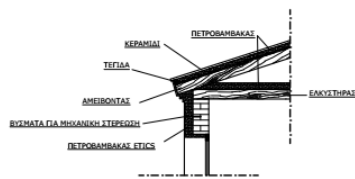




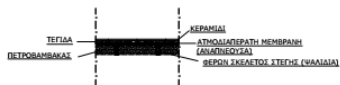


ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ  
ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

## Αρχιτεκτονικές Λεπτομέρειες



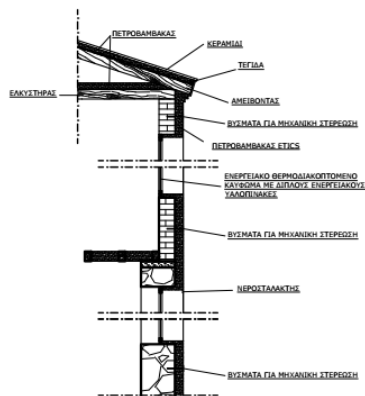
**ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ  
ΣΤΕΓΗΣ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑΣ  
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ**



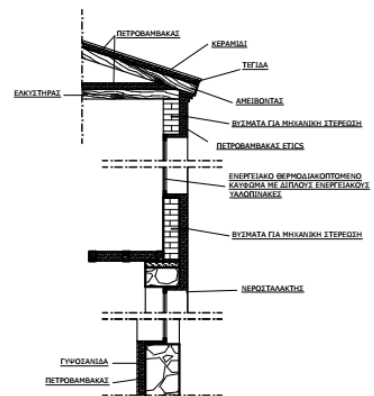
**ΛΕΠΤΟΜΕΡΙΑ  
ΣΤΕΓΗΣ**



**ΛΕΠΤΟΜΕΡΙΑ  
ΣΥΛΙΝΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ**



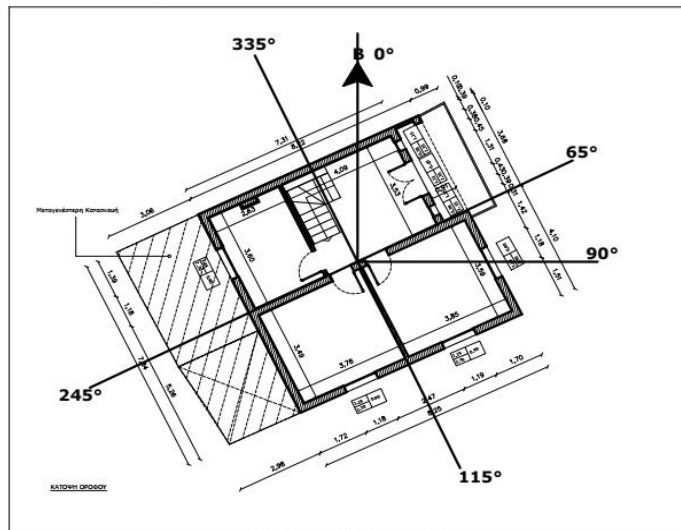
**ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ  
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΕΤΙΣ**



**ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ  
ΣΕ ΕΜΦΑΝΗ ΛΙΘΟΔΟΜΗ**

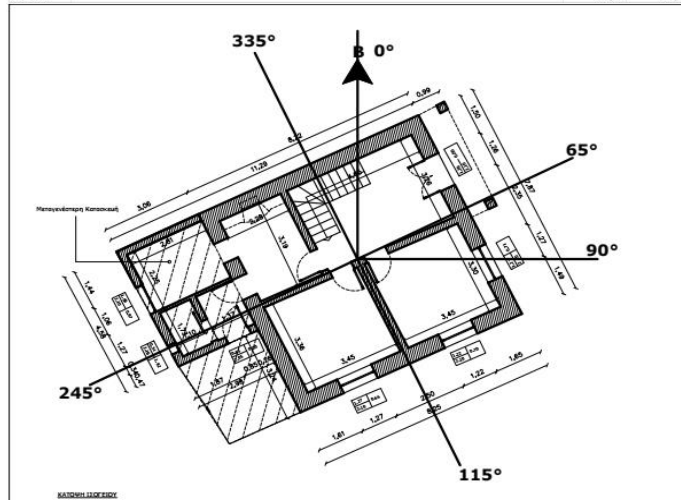


Αρχιτεκτονικές Κατόψεις



| ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΟΡΟΦΟΥ |             |               |                 |            |          |                          |                |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------------|------------|----------|--------------------------|----------------|
| Ονομασία                   | Χώρος       | Τύπος         | Προσανατολισμός | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) | Υλικό Πλαστίου |
| ΜΠ1                        | Χωλ.        | Μπαλκονόπορτα | Ανατολή (Ε)     | 1,31       | 2,35     | 3,08                     | Ξύλο           |
| Π1                         | Χωλ.        | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 0,39       | 1,20     | 0,47                     | Ξύλο           |
| Π2                         | Χωλ.        | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 0,38       | 1,20     | 0,46                     | Ξύλο           |
| Π3                         | Υποδομημένο | Παράθυρο      | Δύση (W)        | 1,18       | 1,40     | 1,66                     | Ξύλο           |
| Π4                         | Υποδομημένο | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,18       | 1,40     | 1,66                     | Ξύλο           |
| Π5                         | Υποδομημένο | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,19       | 1,40     | 1,67                     | Ξύλο           |
| Π6                         | Υποδομημένο | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 1,18       | 1,40     | 1,66                     | Ξύλο           |
| Σύνολο                     |             |               |                 |            |          | 10,6245                  |                |

| ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΟΡΟΦΟΥ |            |                     |                 |           |            |          |                          |
|----------------------------|------------|---------------------|-----------------|-----------|------------|----------|--------------------------|
| Ονομασία                   | Τύπος      | Περιγραφή-Σύνθεση   | Προσανατολισμός | Πάχος (m) | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) |
| T1                         | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία | Ανατολή (Ε)     | 0,25      | 3,68       | 3,00     | 11,04                    |
| T2                         | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία | Βορράς (N)      | 0,25      | 7,31       | 3,00     | 21,93                    |
| T3                         | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία | Δύση (W)        | 0,25      | 7,84       | 3,00     | 23,52                    |
| T4                         | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία | Νότος (S)       | 0,25      | 8,25       | 3,00     | 24,75                    |
| T5                         | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία | Ανατολή (Ε)     | 0,25      | 4,10       | 3,00     | 12,30                    |
| T6                         | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία | Βορράς (N)      | 0,25      | 0,91       | 3,00     | 2,73                     |
| Σύνολο                     |            |                     |                 |           |            |          | 96,27                    |



| ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ |             |               |                 |            |          |                          |                |
|------------------------------|-------------|---------------|-----------------|------------|----------|--------------------------|----------------|
| Ονομασία                     | Χώρος       | Τύπος         | Προσανατολισμός | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) | Υλικό Πλαστίου |
| E1                           | Είσοδος     | Πόρτα         | Ανατολή (Ε)     | 1,26       | 2,10     | 2,65                     | Ξύλο           |
| ΜΠ1                          | Χωλ.        | Μπαλκονόπορτα | Νότος (S)       | 0,85       | 2,05     | 1,74                     | Μέταλλο        |
| Π1                           | Κουζίνα     | Παράθυρο      | Δύση (W)        | 1,06       | 1,13     | 1,20                     | Ξύλο           |
| Π2                           | Λουαρό      | Παράθυρο      | Δύση (W)        | 0,34       | 0,34     | 0,12                     | Ξύλο           |
| Π3                           | Υποδομημένο | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,27       | 1,44     | 1,83                     | Ξύλο           |
| Π4                           | Σαλόνι      | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,22       | 1,40     | 1,71                     | Ξύλο           |
| Π5                           | Σαλόνι      | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 1,27       | 1,39     | 1,77                     | Ξύλο           |
| Σύνολο                       |             |               |                 |            |          | 11,004                   |                |

| ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ |            |                                        |                 |           |            |          |                          |
|------------------------------|------------|----------------------------------------|-----------------|-----------|------------|----------|--------------------------|
| Ονομασία                     | Τύπος      | Περιγραφή-Σύνθεση                      | Προσανατολισμός | Πάχος (m) | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) |
| T1                           | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Ανατολή (Ε)     | 0,55      | 7,87       | 2,75     | 21,64                    |
| T2                           | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Βορράς (N)      | 0,55      | 8,22       | 2,75     | 22,61                    |
| T3                           | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία                    | Βορράς (N)      | 0,55      | 3,06       | 2,75     | 8,42                     |
| T4                           | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία                    | Δύση (W)        | 0,55      | 4,58       | 2,75     | 12,60                    |
| T5                           | Πλανθοδομή | Μπατακιά τοιχοποιία                    | Νότος (S)       | 0,55      | 2,98       | 2,75     | 8,20                     |
| T6                           | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Δύση (W)        | 0,55      | 3,24       | 2,75     | 8,91                     |
| T6                           | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Νότος (S)       | 0,55      | 8,25       | 2,75     | 22,69                    |
| Σύνολο                       |            |                                        |                 |           |            |          | 82,36                    |



## Κατάλογος Φωτογραφιών

V

Φωτογραφική αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου – κατοικία μελέτης.



*ΒΑ Όψη*



*ΝΑ Όψη*



*ΝΑ Όψη*



*ΒΑ Όψη*



*Ρηγμάτωση και αποκόλληση επιχρίσματος σε ακμή φέρουσας λιθοδομής*



*Αποσάθρωση και πτώση κονιάματος στη βάση φέρουσας πέτρινης τοιχοποιίας*



*Διόγκωση, αποφλοίωση και ρηγμάτωση επιχρίσματος στη βάση φέρουσας λιθοδομής*



*Υγροθερμική αστοχία και τοπική πτώση επιφανειακών στρώσεων σε οριζόντιο δομικό στοιχείο*



*Εμφανές μέτωπο ανιούσας υγρασίας σε εσωτερικό επίχρισμα λιθοδομής. Υγροθερμική αστοχία λόγω θερμογεφυρών και ανάπτυξη διάχυτων κηλίδων υγρασίας*



*Οριζόντια τριχοειδής ρηγμάτωση στη βάση (ποδιά) εξωτερικής τοιχοποιίας*

## Κατάλογος Συντομογραφιών

### VI

#### Ελληνικές Συντομογραφίες

- **ΠΕΑ:** Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
- **ΖΝΧ:** Ζεστό Νερό Χρήσης
- **ΤΕΕ:** Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
- **ΥΠΕΝ:** Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
- **ΑΘ:** Αντλία Θερμότητας

#### Αγγλικές Συντομογραφίες

- **ETICS:** External Thermal Insulation Composite Systems (Εξωτερικό Σύστημα Θερμομόνωσης)
- **Low-E:** Low Emissivity (Χαμηλής εκπομπής υαλοπίνακες)
- **XPS:** Extruded Polystyrene (Εξηλασμένη Πολυστερίνη)
- **DHW:** Domestic Hot Water (Ζεστό Νερό Χρήσης)
- **EPC:** Energy Performance Certificate (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
- **NHL:** Natural Hydraulic Lime (Φυσική Υδραυλική Άσβεστος)
- **FRP / GFRP:** Fiber-Reinforced Polymer / Glass Fiber-Reinforced Polymer (Ινωδώς Οπλισμένα Πολυμερή / Υαλοπλισμένα Πολυμερή)
- **PVC:** Polyvinyl Chloride (Πολυβινυλοχλωρίδιο - συνθετικό υλικό κουφωμάτων)
- **CRM:** Composite Reinforced Mortar (Συστήματα ενίσχυσης τοιχοποιίας με πλέγματα)
- **EPS:** Expanded Polystyrene (Διογκωμένη Πολυστερίνη)
- **UV:** Ultraviolet (Υπεριώδης ακτινοβολία)
- **PE:** Polyethylene (Φύλλο Πολυαιθυλενίου)
- **COP:** Coefficient of Performance (Συντελεστής Απόδοσης Αντλιών Θερμότητας)
- **SCOP:** Seasonal Coefficient of Performance (Εποχιακός Συντελεστής Απόδοσης)
- **SEER:** Seasonal Energy Efficiency Ratio (Εποχιακός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης στην Ψύξη)
- **GWP:** Global Warming Potential (Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη)
- **EVI:** Enhanced Vapor Injection (Τεχνολογία ενισχυμένης έγχυσης ατμού σε Αντλίες Θερμότητας)

- **FCU:** Fan Coil Unit (Τερματική μονάδα ανεμιστήρα-στοιχείου)
- **MW:** Mineral Wool (Ορυκτοβάμβακας / Πετροβάμβακας, αναφέρεται στις προδιαγραφές υλικών)

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή και Πλαίσιο Έρευνας

### 1.1. Βιοκλιματική Ανάλυση της Μεταβατικής Αρχιτεκτονικής του Μεταπολεμικού Ελληνικού Χώρου

Η αρχιτεκτονική σύνθεση των διώροφων κτισμάτων της περιόδου 1950-1965 στην ελληνική περιφέρεια αποτελεί ένα αξιοσημείωτο δείγμα εμπειρικής βιοκλιματικής ευφυΐας, η οποία προηγείται των σύγχρονων κανονισμών θερμικής προστασίας. Παρόλο που η εποχή χαρακτηρίζεται από την παντελή απουσία τυποποιημένης μόνωσης, η υβριδική χρήση υλικών, με τη φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο και την οπτοπλινθοδομή στον όροφο, προσέφερε μια εγγενή θερμική αδράνεια ικανή να εξισορροπεί τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Αυτή η παθητική στρατηγική ενισχυόταν από τον προσεκτικό προσανατολισμό των ανοιγμάτων, όπου η εξάλειψη των βορινών οπών και η συγκέντρωση μεγάλων υαλοστασίων στον νότιο άξονα μετέτρεπαν το κέλυφος σε ηλιακό συλλέκτη κατά τους χειμερινούς μήνες. Παράλληλα, τα ξύλινα μεσοπατώματα και οι εσωτερικές κλίμακες λειτουργούσαν ως αγωγοί φυσικού αερισμού και ελέγχου της υγρασίας, αναδεικνύοντας μια κατασκευαστική λογική όπου η μορφή και η υλικότητα δρούσαν ως πρωταρχικοί μηχανισμοί ενεργειακής ρύθμισης έναντι του τοπικού μικροκλίματος. [1], [2], [3], [4]

### 1.2. Το Μεταπολεμικό Κτιριακό Απόθεμα (1950-1965): Η πρόκληση της ενεργειακής ανεπάρκειας.

Το οικιστικό απόθεμα που ανηγέρθη στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1950-1965 συνιστά έναν από τους πλέον κρίσιμους κρίκους στην αλυσίδα της εθνικής στρατηγικής για την ενεργειακή αναβάθμιση και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η συγκεκριμένη χρονική συγκυρία χαρακτηρίστηκε από την επιτακτική ανάγκη για ταχεία ανοικοδόμηση μετά από διαδοχικές πολεμικές συρράξεις, γεγονός που οδήγησε στην υιοθέτηση κατασκευαστικών πρακτικών χωρίς τη συνοδεία ενός επαρκούς θεσμικού πλαισίου για τη θερμική προστασία των κτιρίων. Με την απουσία του Κανονισμού Θερμομόνωσης έως το 1979, ο σχεδιασμός επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη στατική επάρκεια μέσω του οπλισμένου σκυροδέματος και στην οικονομία των υλικών, παραβλέποντας συστηματικά τις θερμοφυσικές παραμέτρους του κτιριακού κελύφους και δημιουργώντας ένα δυναμικό με υψηλή ενεργειακή τρωτότητα. [1], [5]

Η δομική παθογένεια αυτών των κατασκευών εδράζεται κυρίως στην πλήρη απουσία μονωτικών στρώσεων, καθώς οι τοιχοποιίες αποτελούνταν κατά βάση από απλή δρομική ή μπατική οπτοπλινθοδομή με κενό διάκενο. Παράλληλα, ο φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα παρέμενε εντελώς εκτεθειμένος στις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, λειτουργώντας ως ένας διαρκής θερμικός αγωγός. Λόγω του υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του σκυροδέματος, ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 1.6 και 2.1 W/mK, δημιουργούνται έντονες θερμογέφυρες που προκαλούν μαζικές απώλειες θερμότητας και φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν σε διάβρωση και ανάπτυξη μυκήτων. Η κατάσταση επιβαρύνεται από τα ξύλινα κουφώματα με μονούς υαλοπίνακες, τα οποία παρουσιάζουν συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) που συχνά υπερβαίνει τα 5.0 W/mK, επιτρέποντας ταυτόχρονα την ανεξέλεγκτη αεροπερατότητα. [6], [7], [8]

Στην ελληνική επαρχία, η πρόκληση αυτή προσλαμβάνει ακόμη πιο σύνθετες διαστάσεις λόγω της επικράτησης υβριδικών συστημάτων δόμησης. Συχνά παρατηρείται η συνύπαρξη παραδοσιακής λιθοδομής στο ισόγειο με μεταγενέστερες προσθήκες ορόφων από τούβλο και σκυρόδεμα, μια

ανομοιογένεια που δυσχεραίνει τη θερμική θωράκιση εξαιτίας των διαφορετικών συντελεστών διαστολής και της υγροθερμικής συμπεριφοράς των υλικών. Επιπλέον, τα κτίρια στην περιφέρεια είναι συνήθως ελεύθερα πανταχόθεν, σε αντίθεση με τις αστικές πολυκατοικίες, γεγονός που αυξάνει την αναλογία της εκτεθειμένης επιφάνειας προς τον όγκο (S/V ratio) και επιτείνει τις ενεργειακές απώλειες. Η εξάρτηση από τοπικά, χαμηλής απόδοσης συστήματα θέρμανσης, όπως οι σόμπες και τα ανοικτά τζάκια, ολοκληρώνει την εικόνα της ενεργειακής ανεπάρκειας. [9], [10]

Η ενεργειακή αυτή υποβάθμιση μεταφράζεται αναπόφευκτα σε κοινωνικοοικονομικό πρόβλημα, καθώς το δυσανάλογα υψηλό κόστος για την επίτευξη θερμικής άνεσης ωθεί μεγάλο μέρος του πληθυσμού στην ενεργειακή φτώχεια. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι εξίσου σημαντική, με το απόθεμα αυτής της περιόδου να ευθύνεται για ένα μεγάλο ποσοστό των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον οικιακό τομέα. Η επιστημονικά τεκμηριωμένη αντιμετώπιση απαιτεί πλέον μια ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει την εφαρμογή συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης (ETICS) για την κάλυψη των θερμογεφυρών, την εγκατάσταση ενεργειακών κουφωμάτων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-E) και τη μόνωση των δωματίων ή των κεραμοσκεπών, οι οποίες στην επαρχία αποτελούν κύριο σημείο θερμικής διαφυγής. [11], [12], [13]

Καταληκτικά, η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως οι αντλίες θερμότητας και τα ηλιοθερμικά συστήματα, κρίνεται απαραίτητη για τη ριζική αναβάθμιση αυτών των κτιρίων. Η μετατροπή του μεταπολεμικού αποθέματος σε ενεργειακά αποδοτικό αποτελεί την κορυφαία ευκαιρία για τη μείωση της εθνικής ενεργειακής κατανάλωσης, υπό την προϋπόθεση ότι θα υπάρξουν στοχευμένα χρηματοδοτικά εργαλεία που θα ανταποκρίνονται στις οικονομικές πραγματικότητες των κατοίκων της ελληνικής περιφέρειας.

### **1.3. Εστίαση Μελέτης: Η τυπολογία Λιθόκτιστο Ισόγειο & Όροφος από Τούβλο (1955).**

Η επιστημονική ανάλυση της υβριδικής κατασκευαστικής τυπολογίας που συνδυάζει φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο και οπτοπλινθοδομή στον όροφο, με έτος ανέγερσης το 1955, αποκαλύπτει τις τεχνικές προκλήσεις μιας μεταβατικής περιόδου για την ελληνική αρχιτεκτονική. Η συγκεκριμένη μορφή δόμησης αντανακλά την εξέλιξη των διαθέσιμων τεχνολογιών και την οικονομική πραγματικότητα της μεταπολεμικής Ελλάδας, όπου η παραδοσιακή εμπειρική γνώση της πέτρας άρχισε να παραχωρεί τη θέση της στα βιομηχανοποιημένα υλικά και το οπλισμένο σκυρόδεμα, δημιουργώντας κτίρια με σύνθετη δομική και ενεργειακή ταυτότητα. [6], [14]

Στο επίπεδο της δομικής ανάλυσης, το ισόγειο λειτουργεί ως στιβαρή βάση, κατασκευασμένο συνήθως από αργολιθοδομή ή ημιλαξευτή πέτρα με πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 50 και 70 εκατοστών, εξασφαλίζοντας υψηλή φέρουσα ικανότητα και αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις, ενώ παράλληλα λειτουργεί ως φυσικό φράγμα έναντι των καιρικών συνθηκών της υπαίθρου. Ο όροφος, ακολουθώντας τις τάσεις του 1955, υιοθετεί την τεχνολογία της οπτοπλινθοδομής, συχνά με τη χρήση δρομικής ή μπατικής τοιχοποιίας πάχους 20 έως 25 εκατοστών, μια επιλογή που επέτρεπε τη σημαντική μείωση του ιδίου βάρους της κατασκευής, ελαφρύνοντας τα φορτία που μεταφέρονταν στη λιθοδομή του ισόγειου και τα θεμέλια, ενώ παράλληλα επιτάχυνε τη διαδικασία ανέγερσης. [6]

Ο συνδυασμός κρίκος μεταξύ των δύο επιπέδων είναι συνήθως ένας περιμετρικός δοκός (σενάζ) από οπλισμένο σκυρόδεμα στη στέψη της λιθοδομής, στοιχείο που εξασφαλίζει τη διάφραγματική λειτουργία του κτιρίου και τη σωστή έδραση του ορόφου. Ωστόσο, η εισαγωγή του σκυροδέματος

σε επαφή με τη λιθοδομή και το τούβλο δημιουργεί μια κρίσιμη ζώνη θερμογεφυρών, καθώς τα τρία αυτά υλικά παρουσιάζουν διαφορετικές θερμοφυσικές ιδιότητες και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας, με το σκυρόδεμα να λειτουργεί ως αγωγός που διευκολύνει την ταχεία μεταφορά θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον. [15]

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εσωτερική οργάνωση του κτιρίου, όπου η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών πραγματοποιείται μέσω εσωτερικής κλίμακας, ενώ ο διαχωρισμός των επιπέδων βασίζεται σε ξύλινο μεσοπάτωμα. Το ξύλινο πάτωμα του ορόφου, εδραζόμενο σε δοκούς (μαδέρια) που εγκιβωτίζονται στη λιθοδομή, ενισχύει τον υβριδικό χαρακτήρα της κατοικίας. Από ενεργειακή άποψη, το μεσοπάτωμα αυτό παρουσιάζει μηδαμινή θερμική μάζα σε σύγκριση με το σκυρόδεμα, επιτρέποντας την ταχύτερη μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ των χώρων, αλλά και δημιουργώντας ζητήματα αεροπερατότητας και ηχομόνωσης. Η εσωτερική σκάλα λειτουργεί συχνά ως "καμινάδα" (stack effect), ευνοώντας τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, η οποία όμως τον χειμώνα μετατρέπεται σε παράγοντα ενεργειακής απώλειας, καθώς ο θερμός αέρας διαφεύγει ανεξέλεγκτα προς τον ανώτερο, λιγότερο μονωμένο όροφο. [17]

Η ενεργειακή συμπεριφορά αυτού του υβριδικού συστήματος χαρακτηρίζεται από μια έντονη ασυμμετρία, καθώς το ισόγειο, λόγω της μεγάλης μάζας της λιθοδομής, διαθέτει υψηλή θερμική αδράνεια που συνεπάγεται σημαντική χρονική υστέρηση (time lag) στη μεταφορά θερμότητας, προσφέροντας πλεονέκτημα κατά τους θερινούς μήνες. Εντούτοις, κατά τη χειμερινή περίοδο, η πλήρης απουσία μόνωσης καθιστά τη λιθοδομή μια «θερμική καταβόθρα», η οποία απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας για να θερμανθεί προτού αρχίσει να αποδίδει θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Αντιθέτως, ο όροφος από τούβλο παρουσιάζει πολύ χαμηλότερη θερμική αδράνεια και μικρότερη θερμική αντίσταση, με την οπτοπλινθοδομή της εποχής να στερείται μονωτικού υλικού στο ενδιάμεσο διάκενο, παρουσιάζοντας υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) που καθιστά το επίπεδο αυτό εξαιρετικά ευάλωτο στις εξωτερικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. [18], [19]

Η θερμική διαφυγή επιτείνεται στην απόληξη του κτιρίου, καθώς η στέγη —συνήθως ξύλινη με κεραμίδια— στερείται επίσης θερμομονωτικής προστασίας, ενώ η υγραυτική συμπεριφορά επιβαρύνεται περαιτέρω από την πιθανή ανερχόμενη υγρασία στη λιθοδομή, η οποία αυξάνει τη θερμική αγωγιμότητα της πέτρας και υποβαθμίζει το εσωτερικό μικροκλίμα. [19]

Η επιστημονικά ορθή αποκατάσταση αυτών των κτιρίων απαιτεί μια διαφοροποιημένη και ολιστική προσέγγιση. Για το λιθόκτιστο ισόγειο, εφόσον επιδιώκεται η διατήρηση της αισθητικής της εμφανούς πέτρας, προτείνεται η εσωτερική θερμομόνωση με υλικά που επιτρέπουν τη διαπνοή (π.χ. πετροβαμβάκας, ινοσανίδες, φυσικός φελλός), ώστε να μην εγκλωβίζεται υγρασία στη διεπιφάνεια τοίχου-μόνωσης. Στην περίπτωση που δεν επιδιώκεται η διατήρηση της αισθητικής της εμφανούς πέτρας, τότε προτείνεται η εξωτερική θερμομόνωση με τα ίδια υλικά για τους ίδιους λόγους. Στον όροφο, η εφαρμογή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (ETICS) κρίνεται ως η πλέον ενδεδειγμένη λύση για την κάλυψη των θερμογεφυρών του σκυροδέματος. Η ενοποίηση του θερμικού κελύφους, η μόνωση της στέγης και η σφράγιση των κενών στο ξύλινο μεσοπάτωμα και την εσωτερική σκάλα, σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με νέα ενεργειακά συστήματα Low-E, μπορούν να μετατρέψουν αυτές τις κατασκευές σε πρότυπα βιοκλιματικής κατοικίας. Με αυτόν τον τρόπο, αξιοποιείται η ιστορική θερμική μάζα του παρελθόντος μέσω των σύγχρονων τεχνολογιών αιχμής, εξασφαλίζοντας θερμική άνεση και δραστική μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος. [18]

#### **1.4. Στόχος και Μεθοδολογία: Ανάπτυξη στρατηγικών ενίσχυσης και μόνωσης του κελύφους για δραστική μείωση των ενεργειακών αναγκών.**

Η ενεργειακή αναβάθμιση και η στατική ενίσχυση μιας υβριδικής κατοικίας του 1955 απαιτούν μια ολιστική προσέγγιση, καθώς η συνύπαρξη ετερογενών υλικών, όπως η πέτρα, το τούβλο, το ξύλο και το σκυρόδεμα, δημιουργεί ένα σύμπλοκο σύστημα θερμικών και μηχανικών αλληλεπιδράσεων. Η στρατηγική επέμβασης επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός συνεχιζόμενου θερμικού κελύφους και στην εξάλειψη των δομικών αδυναμιών που προκύπτουν από την παλαιότητα και την παντελή απουσία πρόνοιας για θερμομόνωση κατά τον χρόνο ανέγερσης. [14], [18]

Κεντρικό άξονα της πρόκλησης αποτελεί η αντιμετώπιση των διαφορετικών συντελεστών θερμοπερατότητας (U-value) μεταξύ των δύο επιπέδων της κατοικίας. Για το λιθόκτιστο ισόγειο, πάχους 50-70 εκ., η εφαρμογή συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (ETICS) με πλάκες πετροβάμβακα αναδεικνύεται ως η βέλτιστη λύση, καθώς η υψηλή υδρατμοπερατότητα του υλικού επιτρέπει τη διαπνοή της λιθοδομής, αποτρέποντας τη συγκέντρωση υγρασίας στο εσωτερικό της. Η μόνωση αυτή οφείλει να συνεχίζεται αδιάλειπτα και στον όροφο από οπτοπλινθοδομή, καλύπτοντας πλήρως τα οριζόντια διαζώματα (σενάζ) από σκυρόδεμα, τα οποία αποτελούν τις κύριες θερμογέφυρες του κτιρίου. Η ενοποίηση του μονωτικού στρώματος εξασφαλίζει τη σταθεροποίηση της εσωτερικής θερμοκρασίας και την εκμετάλλευση της υψηλής θερμικής μάζας της πέτρας, μετατρέποντας το ισόγειο σε μια θερμική αποθήκη που αποδίδει ενέργεια με χρονική υστέρηση (time lag), βελτιώνοντας τη θερμική άνεση. [16], [19]

Παράλληλα με την εξωτερική θωράκιση, η διαχείριση των εσωτερικών στοιχείων, όπως το ξύλινο μεσοπάτωμα και η εσωτερική σκάλα, κρίνεται επιβεβλημένη. Το ξύλινο μεσοπάτωμα αποτελεί το πλέον ευάλωτο σημείο όσον αφορά την αεροπερατότητα και τις απώλειες λόγω μεταφοράς (convection). Η στρατηγική αναβάθμισης περιλαμβάνει την πλήρωση του κενού χώρου μεταξύ των ξύλινων δοκών με μονωτικά υλικά, όπως πετροβάμβακα ή ορυκτοβάμβακα, σε συνδυασμό με τη χρήση μεμβρανών αεροστεγανότητας. Ιδιαίτερη έμφαση απαιτείται στα σημεία έδρασης των δοκών στη λιθοδομή για την προστασία του ξύλου από την υγρασία. Ταυτόχρονα, η εσωτερική σκάλα, που λειτουργεί ως κατακόρυφος αγωγός αέρα επιτείνοντας το «φαινόμενο της καμινάδας» (stack effect), χρήζει παρεμβάσεων όπως η δημιουργία θερμικής ζώνης στην απόληξή της ή η χρήση υλικών υψηλής θερμικής αντίστασης στα δομικά της στοιχεία, ώστε να ανακοπεί η ανοδική πορεία του θερμού αέρα προς τον όροφο. [14], [18]

Δεδομένης της χρονολογίας κατασκευής του 1955, η ενεργειακή αναβάθμιση οφείλει να συνδυάζεται με στοχευμένες δομικές ενισχύσεις που βελτιώνουν και τις θερμοφυσικές ιδιότητες των τοίχων. Επεμβάσεις όπως τα βαθιά αρμολογήματα με δομικά κονιάματα υψηλής αντοχής και οι ενέσεις τσιμεντοειδών υλικών αποκαθιστούν τη συνοχή της αργολιθοδομής, μειώνοντας τα εσωτερικά κενά αέρα και τη διείσδυση υγρασίας. Επισημαίνεται ωστόσο ότι, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το ζήτημα της στατικής επάρκειας και των εκτεταμένων μεθόδων ενίσχυσης, όπως οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος ή η χρήση ινωδών πολυμερών (FRP), δεν θα αναλυθεί περαιτέρω. Η στατική μελέτη αποτελεί ένα αυτόνομο και εξαιρετικά εκτεταμένο επιστημονικό πεδίο που εκφεύγει των ορίων και του κύριου αντικειμένου της παρούσας ενεργειακής έρευνας. [19]

Η στρατηγική ολοκληρώνεται με τη ριζική αναβάθμιση της στέγης και των ανοιγμάτων. Η τοποθέτηση θερμομόνωσης πάχους τουλάχιστον 10-12 εκ. στην πλάκα του ορόφου ή κάτω από την κεραμοσκεπή είναι ζωτικής σημασίας, καθώς η οροφή ευθύνεται για το 30% περίπου των θερμικών

απωλειών. Ταυτόχρονα, η αντικατάσταση των παλαιών ξύλινων κουφωμάτων με σύγχρονα συστήματα αλουμινίου ή PVC, που διαθέτουν θερμοδιακοπή και διπλούς ενεργειακούς υαλοπίνακες ( $U_w < 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), εκμηδενίζει τις απώλειες από αερισμό. Η συνέργεια όλων των ανωτέρω παρεμβάσεων δύναται να οδηγήσει σε δραστική μείωση των ενεργειακών αναγκών της κατοικίας κατά 60-75%, επιτρέποντας την κατάταξή της στην ενεργειακή κατηγορία Α ή Β. [9], [10]

## Κεφάλαιο 2: Διαγνωστική Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης

### 2.1. Αρχιτεκτονική και Δομική Καταγραφή

Η ανάλυση της δομικής κατάστασης και της παθολογίας ιστορικών κτιρίων από φέρουσα λιθοδομή απαιτεί μια προσέγγιση, η οποία συνδέει τη μηχανική αντοχή των υλικών με τις θερμοϋγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Η παλαιότητα, σε συνδυασμό με την έλλειψη συντήρησης και τη διακοπή της θέρμανσης, δημιουργεί ένα σύνθετο πεδίο φθορών που επηρεάζει τόσο την αισθητική όσο και τη στατική επάρκεια του οικοδομήματος.

#### 2.1.1. Ανάλυση Λιθοδομής: Δομική κατάσταση, πιθανές αστοχίες και ζητήματα ανοδικής υγρασίας.

Η φέρουσα λιθοδομή λειτουργεί ως ένα ετερογενές σύστημα όπου η ευστάθεια εξασφαλίζεται κυρίως μέσω της θλίψης. Η παλαιότητα επιφέρει τη σταδιακή αποδιοργάνωση του συνδετικού κονιάματος, το οποίο σε ιστορικές κατασκευές αποτελείται συνήθως από ασβέστη και άμμο χωρίς υδραυλικές ιδιότητες. Η απώλεια της συνεκτικότητας του κονιάματος οδηγεί σε μείωση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, καθιστώντας την ευάλωτη σε οριζόντιες δυνάμεις και διαφορικές καθιζήσεις. Οι πιθανές αστοχίες εκδηλώνονται με τη μορφή κατακόρυφων ρωγμών (splitting) λόγω υπέρβασης της θλιπτικής αντοχής ή διαγώνιων ρωγμών που υποδηλώνουν διατμητική αστοχία. [20], [21]

Το κυριότερο πρόβλημα στα παλαιά κτίρια χωρίς οριζόντια στεγάνωση στα θεμέλια είναι η ανοδική υγρασία. Το νερό του εδάφους αναρριχάται μέσω του τριχοειδούς δικτύου των λίθων και, κυρίως, του κονιάματος. Η κίνηση αυτή μεταφέρει διαλυμένα άλατα (θειικά, νιτρικά, χλωριούχα), τα οποία κατά την εξάτμιση του νερού στην επιφάνεια του τοίχου κρυσταλλώνονται. Η κρυστάλλωση αυτή προκαλεί εσωτερικές τάσεις που οδηγούν στην αποκόλληση των επιχρισμάτων (πεσμένοι σοβάδες) και στη σταδιακή διάβρωση των ίδιων των λίθων, φαινόμενο γνωστό ως κυψελοειδής διάβρωση ή «ξεφλούδισμα». [22], [23]

Η κατάσταση θέρμανσης του κτιρίου είναι καθοριστική για την εξέλιξη των φθορών. Σε ένα κτίριο που δεν θερμαίνεται επαρκώς, η εσωτερική επιφάνεια των τοίχων παραμένει σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο δρόσου (dew point) του εσωτερικού αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών, η οποία επιτείνει την υγρασία που ήδη υπάρχει λόγω του τριχοειδούς φαινομένου. Επιπλέον, η παρουσία υγρασίας αυξάνει δραματικά τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ) της τοιχοποιίας. Ένας υγρός τοίχος χάνει τη θερμομονωτική του ικανότητα, οδηγώντας σε περαιτέρω ψύξη της κατασκευής και επιτάχυνση της διάβρωσης μέσω του κύκλου πήξης-τήξης του νερού στους πόρους. Η έλλειψη θέρμανσης, επομένως, δεν είναι μόνο ζήτημα άνεσης, αλλά παράγοντας δομικής αποσάθρωσης, καθώς εμποδίζει τη φυσική ξήρανση της τοιχοποιίας και ενισχύει τη δράση των αλάτων. [24], [25]

Η αντιμετώπιση απαιτεί τον συνδυασμό δομικής ενίσχυσης (αρμολογήματα με συμβατά κονιάματα NHL- Natural Hydraulic Lime - Φυσική Υδραυλική Ασβεστος ) και υγραθερμικής εξυγίανσης. Η διακοπή της ανοδικής υγρασίας με χημικά φράγματα ή περιμετρική αποστράγγιση, σε συνδυασμό με την αποκατάσταση της εσωτερικής θερμοκρασίας, είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για τη σταθεροποίηση της κατασκευής. [22], [24]

### **2.1.2. Ανάλυση Τουβλοδομής: Θερμική αδυναμία και προβλήματα σύνδεσης/θερμογεφυρών.**

Η επιστημονική ανάλυση μιας φέρουσας μονής τουβλοδομής σε κτίριο του 1955, με βόρειο προσανατολισμό και εκτεταμένη εσωτερική υγρασία, αποκαλύπτει μια κρίσιμη παθολογία που συνδέεται άμεσα με την απουσία φέροντος σκελετού από σκυρόδεμα και την πλημμελή θερμική θωράκιση. Σε τέτοιου είδους κατασκευές, η τουβλοδομή δεν αποτελεί απλώς ένα διαχωριστικό στοιχείο αλλά το κύριο φέρον σύστημα, γεγονός που καθιστά τη διαρκή παρουσία υγρασίας παράγοντα δομικής διακινδύνευσης. Η χαμηλή θερμική αντίσταση ( $R$ ) του μονού συμπαγούς οπτόπλινθου, σε συνδυασμό με την απουσία ηλιακής ακτινοβολίας στη βόρεια πλευρά, διατηρεί την εσωτερική επιφάνεια του τοίχου σε θερμοκρασίες σταθερά κάτω από το «σημείο δρόσου» (dew point). Αυτό οδηγεί σε αδιάλειπτη επιφανειακή συμπύκνωση των υδρατμών του εσωτερικού αέρα, η οποία διαποτίζει τον σοβά και εισχωρεί βαθιά στη μάζα της τοιχοποιίας, επιφέροντας σταδιακή αποδιοργάνωση των συνδετικών δεσμών του κονιάματος. [26], [27]

Στην περίπτωση κτιρίων χωρίς φέροντα σκελετό, η έλλειψη διαζωμάτων (σενάζ) στον 2ο όροφο εντείνει τα προβλήματα στις θέσεις σύνδεσης των τοίχων (γωνίες). Η ανομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας και οι διαφορικές θερμικές διαστολές μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής παρειάς του τοίχου δημιουργούν μικρορηγματώσεις, οι οποίες λειτουργούν ως δίοδοι για την πλάγια βροχή (driving rain). Λόγω της μεγάλης θερμικής μάζας της φέρουσας τουβλοδομής, το νερό που απορροφάται τριχοειδώς παραμένει εγκλωβισμένο στο εσωτερικό της, αυξάνοντας δραματικά τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ). Ένας υγρός φέρον τοίχος χάνει τη μονωτική του ικανότητα, με αποτέλεσμα η θέρμανση (αν υπάρχει) να απορροφάται από την υγρασία και να αποβάλλεται στο περιβάλλον, καθιστώντας αδύνατη την ξήρανση της κατασκευής. [25], [28], [29]

Η δομική υποβάθμιση ολοκληρώνεται μέσω της χημικής διάβρωσης και της κρυστάλλωσης αλάτων. Η υγρασία μεταφέρει διαλυμένα άλατα από το σώμα του τούβλου και το παλαιό κονίαμα προς την εσωτερική επιφάνεια. Η εξάτμιση του νερού προκαλεί κρυστάλλωση (sub-florescence) κάτω από το επίπεδο του σοβά, η οποία παράγει εσωτερικές τάσεις που υπερβαίνουν την εφελκυστική αντοχή του υλικού, οδηγώντας σε εκτεταμένες αποκολλήσεις («πεςμένοι σοβάδες»). Σε ένα κτίριο του 1955, η απώλεια της συνεκτικότητας του κονιάματος λόγω διαρκούς υγρασίας μειώνει την ικανότητα της τοιχοποιίας να αναλαμβάνει διατμητικές τάσεις, αυξάνοντας την τρωτότητα του 2ου ορόφου σε περίπτωση σεισμικής δόνησης, καθώς η τοιχοποιία τείνει να συμπεριφέρεται ως ασύνδετο σύνολο μεμονωμένων λίθων. [23], [30]

### **2.1.3. Καταγραφή Στέγης/Δώματος και Δαπέδων/Πατωμάτων ως πηγές απωλειών.**

Η ανάλυση του κτιριακού κελύφους για ολοκληρώνεται με την εξέταση της στέγης και των δαπέδων, τα οποία σε κτίρια χωρίς φέροντα σκελετό αποτελούν τα οριζόντια διαφράγματα που εξασφαλίζουν τη δομική ευστάθεια και τη θερμική συνέχεια. Στον όροφο, η στέγη αποτελεί το πλέον εκτεθειμένο στοιχείο, το οποίο ευθύνεται για το 25% έως 30% των συνολικών θερμικών απωλειών λόγω του φαινομένου της θερμικής άνωσης (stack effect), όπου ο θερμός αέρας κινείται ανοδικά και διαφεύγει μέσω της μη μονωμένης οροφής. [31]

Στο συγκεκριμένο κτίριο, η στέγη αποτελείται από ξύλινο σκελετό με κεραμίδια, χωρίς καμία πρόβλεψη θερμομόνωσης. Η απουσία μονωτικής στρώσης οδηγεί σε εξαιρετικά υψηλή θερμοπερατότητα ( $U$ -value), προκαλώντας το φαινόμενο του «ψυχρού ουρανού» στο εσωτερικό, όπου η οροφή λειτουργεί ως ψυγείο, απορροφώντας τη θερμότητα των ενοίκων μέσω ακτινοβολίας. Επιπλέον, η έλλειψη στεγάνωσης στη στέγη επιτρέπει τη διείσδυση υγρασίας στα σημεία έδρασης πάνω στη φέρουσα τουβλοδομή. Αυτό προκαλεί βιολογική διάβρωση (σήψη) των ξύλινων

στοιχείων, μειώνοντας την ικανότητα του οριζόντιου διαφράγματος να μεταφέρει τις σεισμικές δυνάμεις στους φέροντες τοίχους. [29], [32]

Όσον αφορά τα δάπεδα και τα πατώματα, οι απώλειες είναι εξίσου σημαντικές. Η επίδραση της μάζας των δαπέδων στη συνολική θέρμανση καθοριστική, καθώς το δάπεδο λειτουργεί ως ένας γιγαντιαίος θερμικός συσσωρευτής. Το δάπεδο αποτελείται από βαριά υλικά (πλάκα σκυροδέματος, γεμίσματα με ελαφρόπετρα ή άμμο, μωσαϊκά ή μάρμαρα), τα οποία διαθέτουν υψηλή θερμική αδράνεια (thermal mass). Σε κτίρια κατασκευασμένα την περίοδο του μεσοπολέμου, τα δάπεδα στερούνται θερμομονωτικής στρώσης μεταξύ της πλάκας και της τελικής επίστρωσης (μωσαϊκό ή ξύλο). Η θερμική γέφυρα που δημιουργείται στη συμβολή του πατώματος με την εξωτερική φέρουσα λιθοδομή ή τουβλοδομή είναι το σημείο όπου εκδηλώνεται η εντονότερη συμπίκνωση υδρατμών στο επίπεδο του δαπέδου.

Η υψηλή θερμική μάζα σημαίνει ότι το δάπεδο έχει την ικανότητα να αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας. Σε ένα κτίριο που στερείται μόνωσης, αυτό λειτουργεί ως «δίκτορο μαχαίρι». Κατά την έναρξη της θέρμανσης, το δάπεδο απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της εκπεμπόμενης ενέργειας για να ανεβάσει τη δική του θερμοκρασία, καθυστερώντας σημαντικά τη θέρμανση του αέρα στον χώρο. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται θερμική υστέρηση (time lag). Στην περίπτωση μας, το κτίριο δεν θερμαίνεται συστηματικά, το πάτωμα παραμένει σε χαμηλή θερμοκρασία, λειτουργώντας ως «καταβόθρα θερμότητας» (heat sink). Προκαλώντας το αίσθημα του ψύχους παρά την υψηλή θερμοκρασία του αέρα. [36], [37].

Σε αντίθεση με το ισόγειο, ένα ξύλινο πάτωμα στον όροφο έχει πολύ χαμηλότερη θερμική μάζα. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος θερμαίνεται ταχύτερα (μικρή θερμική υστέρηση), αλλά η θερμότητα χάνεται με γεωμετρική πρόοδο μόλις διακοπεί η θέρμανση. Το πρόβλημα εδώ δεν είναι η «αποθήκευση» του ψύχους, αλλά η απουσία φραγμού προς τον υποκείμενο χώρο (1ο όροφο). Εάν ο 1ος όροφος δεν θερμαίνεται επαρκώς, το δάπεδό σας λειτουργεί ως ένα τεράστιο θερμαντικό σώμα που ακτινοβολεί θερμότητα προς τα κάτω, αφήνοντας το δικό σας πάτωμα παγωμένο. [26], [31]

Η υγρασία αυτή, εκτός από την καταστροφή των ξύλινων δαπέδων (φούσκωμα, μούχλα), δημιουργεί ένα στρώμα ψυχρού αέρα χαμηλά, το οποίο υποβαθμίζει τη θερμική άνεση και αναγκάζει το σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί υπερεντατικά χωρίς αποτέλεσμα. [33], [34]

Η συνδυαστική δράση των απωλειών από τη στέγη και τα δάπεδα δημιουργεί μια «θερμική βραχυκύκλωση» στο κτίριο. Η υγρασία που εισέρχεται από τη στέγη κατεβαίνει μέσω της τριχοειδούς δράσης στην τουβλοδομή, ενώ οι θερμογέφυρες των δαπέδων εμποδίζουν τη διατήρηση μιας σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας. Χωρίς τη θερμική θωράκιση αυτών των οριζόντιων στοιχείων, οποιαδήποτε επέμβαση μόνο στους τοίχους θα είναι ημιτελής, καθώς η θερμότητα θα συνεχίσει να διαφεύγει από τα "αμόνωντα άκρα" της κατασκευής, διατηρώντας το κτίριο σε μια κατάσταση διαρκούς υγραυθερμικής ανισορροπίας. [28], [35]

## 2.2. Ενεργειακή Πιστοποίηση Υφιστάμενης Κατάστασης.

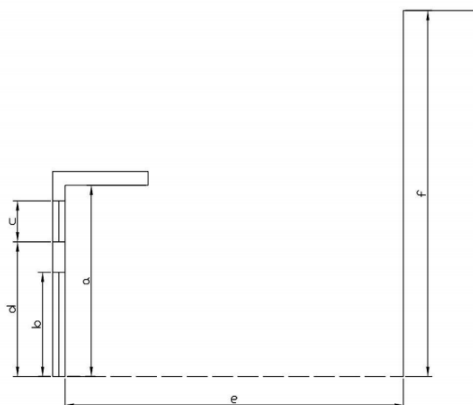
Η ενεργειακή πιστοποίηση της υφιστάμενης κατάστασης αποτελεί το σημείο εκκίνησης και τη βάση αναφοράς (baseline) για τη συνολική αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου κτιρίου. Μέσω της λεπτομερούς αποτύπωσης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, των θερμοφυσικών ιδιοτήτων του κτιριακού κελύφους (όπως οι συντελεστές θερμοπερατότητας U), καθώς και των τεχνικών προδιαγραφών των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού, καθίσταται δυνατή η κατασκευή ενός αξιόπιστου ενεργειακού μοντέλου. Η διαδικασία αυτή, η οποία υλοποιείται σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), επιτρέπει την κατάταξη του κτιρίου σε μια από τις θεσμοθετημένες ενεργειακές κατηγορίες και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Η ακριβής αυτή αποτύπωση είναι θεμελιώδους σημασίας, καθώς αναδεικνύει τις κύριες πηγές ενεργειακών απωλειών και τις δομικές ή συστημικές αστοχίες, προσφέροντας το απαραίτητο υπόβαθρο για τον σχεδιασμό, την προσομοίωση και την αξιολόγηση των μεταγενέστερων σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης.

Στην ενότητα που ακολουθεί, παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των παραμέτρων και τα δεδομένα εισαγωγής που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό για τον υπολογισμό και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) της υφιστάμενης κατάστασης.

### 2.2.1. Υπολογισμός Ενεργειακών Αναγκών.

(διαστάσεις σε m)

| υψος τοίχου | υψος πορτας | υψος παραθύρου | υψος ποδιάς | απόσταση υαλοστασίων από εξωτερική παρειά τοίχου | απόσταση εμποδίου | υψος εμποδίου πάνω από δαπέδο | προσανατολισμός επιφάνειας | γωνία και σκίαση τοίχου |         |       | γωνία και σκίαση πορτας |         |       | γωνία και σκίαση παραθύρου |         |       |
|-------------|-------------|----------------|-------------|--------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------|-------|-------------------------|---------|-------|----------------------------|---------|-------|
| a           | b           | c              | d           | g                                                | e                 | f                             | μοίρες                     | f_hor_h                 | f_hor_c |       | f_hor_h                 | f_hor_c |       | f_hor_h                    | f_hor_c |       |
| 5,6         | 2,35        | 1,2            | 1,15        | 0,15                                             | 6                 | 3                             | 65                         | 1,9                     | 0,989   | 0,986 | 16,5                    | 0,880   | 0,877 | 11,5                       | 0,927   | 0,917 |
| 5,6         |             | 1,2            | 1,15        | 0,15                                             | 6                 | 3                             | 65                         | 1,9                     | 0,989   | 0,986 | 0,0                     | 1,000   | 1,000 | 11,5                       | 0,927   | 0,917 |
| 5,6         |             | 1,4            | 0,9         | 0,15                                             | 6                 | 3                             | 65                         | 1,9                     | 0,989   | 0,986 | 0,0                     | 1,000   | 1,000 | 12,8                       | 0,914   | 0,906 |
| 2,65        | 2,1         | 1,39           | 0,71        | 0,24                                             | 6                 | 3                             | 65                         | 15,6                    | 0,888   | 0,884 | 17,4                    | 0,873   | 0,870 | 14,3                       | 0,900   | 0,894 |
| 5,6         |             | 1,4            | 0,9         | 0,15                                             | 10                | 3                             | 115                        | 1,1                     | 0,992   | 0,994 | 0,0                     | 1,000   | 1,000 | 7,9                        | 0,952   | 0,965 |
| 5,6         |             | 1,4            | 0,9         | 0,15                                             | 10                | 3                             | 115                        | 1,1                     | 0,992   | 0,994 | 0,0                     | 1,000   | 1,000 | 7,9                        | 0,952   | 0,965 |
| 2,65        |             | 1,44           | 0,66        | 0,24                                             | 10                | 3                             | 115                        | 9,5                     | 0,944   | 0,959 | 0,0                     | 1,000   | 1,000 | 9,0                        | 0,946   | 0,960 |
| 2,65        |             | 1,4            | 0,7         | 0,24                                             | 10                | 3                             | 115                        | 9,5                     | 0,944   | 0,959 | 0,0                     | 1,000   | 1,000 | 8,9                        | 0,947   | 0,961 |



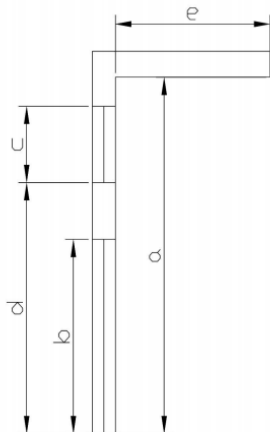
| τοιχος          |                                        |                                       |                                           |                                       |                           |                              |                                  |                                       |                                             |                                              |                                       |                          |                           |                                  |
|-----------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| αρχικη<br>γωνια | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ. | σκιαση τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ. προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ. Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβολ<br>η γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβολη<br>προσανατο<br>λισμου | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβολη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβολ<br>η γωνιας | παρεμβολη<br>προσανατο<br>λισμου |
|                 | f_hor_h1                               | f_hor_h2                              | f_hor_h3                                  | f_hor_h4                              | heat                      | heat                         | heat                             | f_hor_c1                              | f_hor_c2                                    | f_hor_c3                                     | f_hor_c4                              | cool                     | cool                      | cool                             |
| 0               | 1,00                                   | 0,98                                  | 1,00                                      | 0,96                                  | 0,992                     | 0,985                        | 0,989                            | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 0,985                    | 0,989                     | 0,986                            |
| 0               | 1,00                                   | 0,98                                  | 1,00                                      | 0,96                                  | 0,992                     | 0,985                        | 0,989                            | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 0,985                    | 0,989                     | 0,986                            |
| 0               | 1,00                                   | 0,98                                  | 1,00                                      | 0,96                                  | 0,992                     | 0,985                        | 0,989                            | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 0,985                    | 0,989                     | 0,986                            |
| 15              | 0,92                                   | 0,89                                  | 0,86                                      | 0,80                                  | 0,916                     | 0,853                        | 0,888                            | 0,88                                  | 0,84                                        | 0,90                                         | 0,86                                  | 0,875                    | 0,895                     | 0,884                            |
| 0               | 1,00                                   | 0,96                                  | 1,00                                      | 0,97                                  | 0,991                     | 0,993                        | 0,992                            | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 0,993                    | 0,995                     | 0,994                            |
| 0               | 1,00                                   | 0,96                                  | 1,00                                      | 0,97                                  | 0,991                     | 0,993                        | 0,992                            | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 0,993                    | 0,995                     | 0,994                            |
| 5               | 0,96                                   | 0,93                                  | 0,97                                      | 0,95                                  | 0,933                     | 0,952                        | 0,944                            | 0,97                                  | 0,94                                        | 0,98                                         | 0,97                                  | 0,943                    | 0,971                     | 0,959                            |
| 5               | 0,96                                   | 0,93                                  | 0,97                                      | 0,95                                  | 0,933                     | 0,952                        | 0,944                            | 0,97                                  | 0,94                                        | 0,98                                         | 0,97                                  | 0,943                    | 0,971                     | 0,959                            |

| πορτα           |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| αρχικη<br>γωνια | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου |
|                 | f_hor_h1                              | f_hor_h2                                    | f_hor_h3                                     | f_hor_h4                              | heat                         | heat                         | heat                                 | f_hor_c1                              | f_hor_c2                                    | f_hor_c3                                     | f_hor_c4                              | cool                         | cool                         | cool                                 |
| 15              | 0,92                                  | 0,89                                        | 0,86                                         | 0,80                                  | 0,911                        | 0,842                        | 0,880                                | 0,88                                  | 0,84                                        | 0,90                                         | 0,86                                  | 0,868                        | 0,888                        | 0,877                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,98                                        | 1,00                                         | 0,96                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,98                                        | 1,00                                         | 0,96                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 15              | 0,92                                  | 0,89                                        | 0,86                                         | 0,80                                  | 0,906                        | 0,832                        | 0,873                                | 0,88                                  | 0,84                                        | 0,90                                         | 0,86                                  | 0,861                        | 0,881                        | 0,870                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 0               | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,98                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |

| παραθυρο        |                                       |                                          |                                              |                                       |                              |                              |                                      |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| αρχικη<br>γωνια | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου |
|                 | f_hor_h1                              | f_hor_h2                                 | f_hor_h3                                     | f_hor_h4                              | heat                         | heat                         | heat                                 | f_hor_c1                              | f_hor_c2                                    | f_hor_c3                                     | f_hor_c4                              | cool                         | cool                         | cool                                 |
| 10              | 0,95                                  | 0,92                                     | 0,93                                         | 0,86                                  | 0,941                        | 0,909                        | 0,927                                | 0,92                                  | 0,88                                        | 0,94                                         | 0,90                                  | 0,908                        | 0,928                        | 0,917                                |
| 10              | 0,95                                  | 0,92                                     | 0,93                                         | 0,86                                  | 0,941                        | 0,909                        | 0,927                                | 0,92                                  | 0,88                                        | 0,94                                         | 0,90                                  | 0,908                        | 0,928                        | 0,917                                |
| 10              | 0,95                                  | 0,92                                     | 0,93                                         | 0,86                                  | 0,933                        | 0,890                        | 0,914                                | 0,92                                  | 0,88                                        | 0,94                                         | 0,90                                  | 0,897                        | 0,917                        | 0,906                                |
| 10              | 0,95                                  | 0,92                                     | 0,93                                         | 0,86                                  | 0,924                        | 0,869                        | 0,900                                | 0,92                                  | 0,88                                        | 0,94                                         | 0,90                                  | 0,885                        | 0,905                        | 0,894                                |
| 5               | 0,96                                  | 0,93                                     | 0,97                                         | 0,95                                  | 0,943                        | 0,959                        | 0,952                                | 0,97                                  | 0,94                                        | 0,98                                         | 0,97                                  | 0,953                        | 0,974                        | 0,965                                |
| 5               | 0,96                                  | 0,93                                     | 0,97                                         | 0,95                                  | 0,943                        | 0,959                        | 0,952                                | 0,97                                  | 0,94                                        | 0,98                                         | 0,97                                  | 0,953                        | 0,974                        | 0,965                                |
| 5               | 0,96                                  | 0,93                                     | 0,97                                         | 0,95                                  | 0,936                        | 0,954                        | 0,946                                | 0,97                                  | 0,94                                        | 0,98                                         | 0,97                                  | 0,946                        | 0,972                        | 0,960                                |
| 5               | 0,96                                  | 0,93                                     | 0,97                                         | 0,95                                  | 0,937                        | 0,954                        | 0,947                                | 0,97                                  | 0,94                                        | 0,98                                         | 0,97                                  | 0,947                        | 0,972                        | 0,961                                |

(διαστάσεις σε m)

| υψος τοίχου (κατω απο προβολο) | υψος πορτας | υψος παραθυρου | υψος ποδιας | απόσταση υαλοστασίων απο εξωτερική παρειά τοίχου | μήκος προβολου | προσανατολισμος επιφανειας | γωνια και σκιαση τοίχου |              |              | γωνια και σκιαση πορτας |              |              | γωνια και σκιαση παραθυρου |              |              |
|--------------------------------|-------------|----------------|-------------|--------------------------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
| a                              | b           | c              | d           | g                                                | e              | μοιρες                     | f_ov_h                  | f_ov_c       |              | f_ov_h                  | f_ov_c       |              | f_ov_h                     | f_ov_c       |              |
| 5,5                            |             | 1,2            | 1,15        | 0,15                                             | 0,9            | 65                         | 18,1                    | <b>0,882</b> | <b>0,874</b> | 0,0                     | <b>1,000</b> | <b>1,000</b> | 15,6                       | <b>0,900</b> | <b>0,891</b> |
| 5,5                            |             | 1,2            | 0,15        | 0,15                                             | 0,9            | 65                         | 18,1                    | <b>0,882</b> | <b>0,874</b> | 0,0                     | <b>1,000</b> | <b>1,000</b> | 12,5                       | <b>0,920</b> | <b>0,913</b> |
| 5,5                            | 2,35        |                |             | 0,15                                             | 0,9            | 65                         | 18,1                    | <b>0,882</b> | <b>0,874</b> | 13,6                    | <b>0,913</b> | <b>0,905</b> | 0,0                        | <b>1,000</b> | <b>1,000</b> |
| 2,5                            | 2,1         |                |             | 0,48                                             | 0,94           | 65                         | 36,9                    | <b>0,757</b> | <b>0,727</b> | 44,4                    | <b>0,700</b> | <b>0,663</b> | 0,0                        | <b>1,000</b> | <b>1,000</b> |

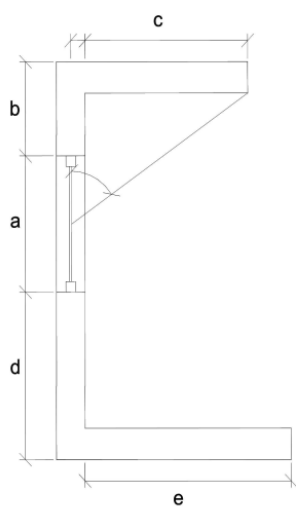


| τοιχος       |                               |                                 |                                  |                              |                    |                    |                           |                              |                                 |                                  |                              |                    |                    |                           |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| αρχικη γωνια | σκιαση αρχικης γωνιας & προσ. | σκιαση τελ. γωνιας & αρχ. προσ. | σκιαση αρχι. γωνιας & τελ. Προσ. | σκιαση τελικης γωνιας & προσ | 1 παρεμβολη γωνιας | 2 παρεμβολη γωνιας | παρεμβολη προσανατολισμου | σκιαση αρχικης γωνιας & προσ | σκιαση τελ. γωνιας & αρχ. προσ. | σκιαση αρχι. γωνιας & τελ. Προσ. | σκιαση τελικης γωνιας & προσ | 1 παρεμβολη γωνιας | 2 παρεμβολη γωνιας | παρεμβολη προσανατολισμου |
| f_ov_h1      | f_ov_h2                       | f_ov_h2                         | f_ov_h3                          | f_ov_h4                      | heat               | heat               | heat                      | f_ov_c1                      | f_ov_c2                         | f_ov_c3                          | f_ov_c4                      | cool               | cool               | cool                      |
| 15           | 0,90                          | 0,86                            | 0,91                             | 0,88                         | 0,875              | 0,891              | 0,882                     | 0,90                         | 0,87                            | 0,89                             | 0,85                         | 0,881              | 0,865              | 0,874                     |
| 15           | 0,90                          | 0,86                            | 0,91                             | 0,88                         | 0,875              | 0,891              | 0,882                     | 0,90                         | 0,87                            | 0,89                             | 0,85                         | 0,881              | 0,865              | 0,874                     |
| 15           | 0,90                          | 0,86                            | 0,91                             | 0,88                         | 0,875              | 0,891              | 0,882                     | 0,90                         | 0,87                            | 0,89                             | 0,85                         | 0,881              | 0,865              | 0,874                     |
| 35           | 0,76                          | 0,73                            | 0,78                             | 0,75                         | 0,748              | 0,768              | 0,757                     | 0,76                         | 0,72                            | 0,72                             | 0,68                         | 0,744              | 0,704              | 0,727                     |

| πορτα        |                              |                                 |                                  |                              |                    |                    |                           |                              |                                 |                                  |                              |                    |                    |                           |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| αρχικη γωνια | σκιαση αρχικης γωνιας & προσ | σκιαση τελ. γωνιας & αρχ. προσ. | σκιαση αρχι. γωνιας & τελ. Προσ. | σκιαση τελικης γωνιας & προσ | 1 παρεμβολη γωνιας | 2 παρεμβολη γωνιας | παρεμβολη προσανατολισμου | σκιαση αρχικης γωνιας & προσ | σκιαση τελ. γωνιας & αρχ. προσ. | σκιαση αρχι. γωνιας & τελ. Προσ. | σκιαση τελικης γωνιας & προσ | 1 παρεμβολη γωνιας | 2 παρεμβολη γωνιας | παρεμβολη προσανατολισμου |
| f_ov_h1      | f_ov_h2                      | f_ov_h2                         | f_ov_h3                          | f_ov_h4                      | heat               | heat               | heat                      | f_ov_c1                      | f_ov_c2                         | f_ov_c3                          | f_ov_c4                      | cool               | cool               | cool                      |
| 0            | 1,00                         | 0,97                            | 1,00                             | 0,97                         | 1,000              | 1,000              | 1,000                     | 1,00                         | 0,97                            | 1,00                             | 0,96                         | 1,000              | 1,000              | 1,000                     |
| 0            | 1,00                         | 0,97                            | 1,00                             | 0,97                         | 1,000              | 1,000              | 1,000                     | 1,00                         | 0,97                            | 1,00                             | 0,96                         | 1,000              | 1,000              | 1,000                     |
| 10           | 0,93                         | 0,90                            | 0,94                             | 0,91                         | 0,908              | 0,918              | 0,913                     | 0,93                         | 0,90                            | 0,93                             | 0,89                         | 0,908              | 0,901              | 0,905                     |
| 40           | 0,73                         | 0,69                            | 0,75                             | 0,70                         | 0,695              | 0,706              | 0,700                     | 0,72                         | 0,68                            | 0,68                             | 0,63                         | 0,685              | 0,636              | 0,663                     |

| παραθυρο        |                                       |                                             |                                              |                                       |                                      |                                      |                                              |                                       |                                             |                                              |                                       |                                      |                                      |                                              |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| αρχική<br>γωνία | σκίαση<br>αρχικής<br>γωνίας &<br>προσ | σκίαση<br>τελ.<br>γωνίας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκίαση<br>αρχι.<br>γωνίας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκίαση<br>τελικής<br>γωνίας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>heat | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>heat | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμού<br>heat | σκίαση<br>αρχικής<br>γωνίας &<br>προσ | σκίαση<br>τελ.<br>γωνίας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκίαση<br>αρχι.<br>γωνίας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκίαση<br>τελικής<br>γωνίας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>cool | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>cool | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμού<br>cool |
|                 | f_ov_h1                               | f_ov_h2                                     | f_ov_h3                                      | f_ov_h4                               |                                      |                                      |                                              | f_ov_c1                               | f_ov_c2                                     | f_ov_c3                                      | f_ov_c4                               |                                      |                                      |                                              |
| 15              | 0,90                                  | 0,86                                        | 0,91                                         | 0,88                                  | 0,895                                | 0,906                                | 0,900                                        | 0,90                                  | 0,87                                        | 0,89                                         | 0,85                                  | 0,896                                | 0,885                                | 0,891                                        |
| 10              | 0,93                                  | 0,90                                        | 0,94                                         | 0,91                                  | 0,915                                | 0,925                                | 0,920                                        | 0,93                                  | 0,90                                        | 0,93                                         | 0,89                                  | 0,915                                | 0,910                                | 0,913                                        |
| 0               | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                                | 1,000                                | 1,000                                        | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,96                                  | 1,000                                | 1,000                                | 1,000                                        |
| 0               | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                                | 1,000                                | 1,000                                        | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,96                                  | 1,000                                | 1,000                                | 1,000                                        |

| τοιχος ή ανοίγμα απο εμπόδιο ΑΡΙΣΤΕΡΑ |                                       |                                             |                                              |                                       |                                      |                                      |                                              |                                       |                                             |                                              |                                       |                                      |                                      |                                              |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| αρχική<br>γωνία                       | σκίαση<br>αρχικής<br>γωνίας &<br>προσ | σκίαση<br>τελ.<br>γωνίας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκίαση<br>αρχι.<br>γωνίας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκίαση<br>τελικής<br>γωνίας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>heat | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>heat | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμού<br>heat | σκίαση<br>αρχικής<br>γωνίας &<br>προσ | σκίαση<br>τελ.<br>γωνίας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκίαση<br>αρχι.<br>γωνίας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκίαση<br>τελικής<br>γωνίας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>cool | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνίας<br>cool | παρεμβο<br>λη<br>προσανατο<br>λισμού<br>cool |
|                                       | f_fin_h1                              | f_fin_h2                                    | f_fin_h3                                     | f_fin_h4                              |                                      |                                      |                                              | f_fin_c1                              | f_fin_c2                                    | f_fin_c3                                     | f_fin_c4                              |                                      |                                      |                                              |
| 0                                     | 1,00                                  | 0,95                                        | 1,00                                         | 0,95                                  | 0,962                                | 0,962                                | 0,962                                        | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,99                                  | 0,970                                | 0,992                                | 0,987                                        |
| 10                                    | 0,95                                  | 0,92                                        | 0,95                                         | 0,90                                  | 0,948                                | 0,947                                | 0,947                                        | 0,96                                  | 0,93                                        | 0,99                                         | 0,98                                  | 0,958                                | 0,989                                | 0,982                                        |
| 0                                     | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                                | 1,000                                | 1,000                                        | 1,00                                  | 0,99                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                                | 1,000                                | 1,000                                        |



| τοιχος ή ανοιγμα απο εμποδιο ΑΡΙΣΤΕΡΑ |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| αρχικη<br>γωνια                       | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανατο<br>λισμου |
|                                       | f_fin_h1                              | f_fin_h2                                    | f_fin_h3                                     | f_fin_h4                              | heat                         | heat                         | heat                                 | f_fin_c1                              | f_fin_c2                                    | f_fin_c3                                     | f_fin_c4                              | cool                         | cool                         | cool                                 |
| 0                                     | 1,00                                  | 0,95                                        | 1,00                                         | 0,95                                  | 0,962                        | 0,962                        | 0,962                                | 1,00                                  | 0,96                                        | 1,00                                         | 0,99                                  | 0,970                        | 0,992                        | 0,987                                |
| 10                                    | 0,95                                  | 0,92                                        | 0,95                                         | 0,90                                  | 0,948                        | 0,947                        | 0,947                                | 0,96                                  | 0,93                                        | 0,99                                         | 0,98                                  | 0,958                        | 0,989                        | 0,982                                |
| 0                                     | 1,00                                  | 0,97                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 0,99                                        | 1,00                                         | 0,97                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |

| τοιχος ή ανοιγμα απο εμποδιο ΔΕΞΙΑ |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |                                       |                                             |                                              |                                       |                              |                              |                                      |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| αρχικη<br>γωνια                    | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου | σκιαση<br>αρχικης<br>γωνιας &<br>προσ | σκιαση<br>τελ.<br>γωνιας &<br>αρχ.<br>προσ. | σκιαση<br>αρχι.<br>γωνιας &<br>τελ.<br>Προσ. | σκιαση<br>τελικης<br>γωνιας &<br>προσ | 1<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | 2<br>παρεμβο<br>λη<br>γωνιας | παρεμβο<br>λη<br>προσανα<br>τολισμου |
|                                    | f_fin_h1                              | f_fin_h2                                    | f_fin_h3                                     | f_fin_h4                              | heat                         | heat                         | heat                                 | f_fin_c1                              | f_fin_c2                                    | f_fin_c3                                     | f_fin_c4                              | cool                         | cool                         | cool                                 |
| 0                                  | 1,00                                  | 1,00                                        | 1,00                                         | 1,00                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 1,00                                        | 1,00                                         | 1,00                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 0                                  | 1,00                                  | 1,00                                        | 1,00                                         | 1,00                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                | 1,00                                  | 1,00                                        | 1,00                                         | 1,00                                  | 1,000                        | 1,000                        | 1,000                                |
| 70                                 | 0,90                                  | 0,90                                        | 0,76                                         | 0,76                                  | 0,900                        | 0,760                        | 0,791                                | 0,71                                  | 0,71                                        | 0,86                                         | 0,86                                  | 0,710                        | 0,860                        | 0,827                                |

| Περίοδος |    | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|----|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |    | B                          | BA   | A    | NA   | N    | ND   | Δ    | ΒΔ   | Β    |
|          |    | 0                          | 45   | 90   | 135  | 180  | 225  | 270  | 315  | 360  |
| ψύξης    | 0  | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ψύξης    | 5  | 0,96                       | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,96 |
| ψύξης    | 10 | 0,92                       | 0,92 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,92 | 0,92 |
| ψύξης    | 15 | 0,90                       | 0,88 | 0,90 | 0,94 | 1,00 | 0,94 | 0,90 | 0,88 | 0,90 |
| ψύξης    | 20 | 0,87                       | 0,84 | 0,86 | 0,92 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,84 | 0,87 |
| ψύξης    | 25 | 0,87                       | 0,82 | 0,83 | 0,90 | 1,00 | 0,90 | 0,83 | 0,82 | 0,87 |
| ψύξης    | 30 | 0,86                       | 0,81 | 0,81 | 0,89 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,81 | 0,86 |
| ψύξης    | 35 | 0,86                       | 0,77 | 0,77 | 0,85 | 0,99 | 0,85 | 0,77 | 0,77 | 0,86 |
| ψύξης    | 40 | 0,85                       | 0,73 | 0,72 | 0,82 | 0,98 | 0,82 | 0,72 | 0,73 | 0,85 |
| ψύξης    | 45 | 0,85                       | 0,70 | 0,68 | 0,78 | 0,95 | 0,78 | 0,68 | 0,70 | 0,85 |
| ψύξης    | 50 | 0,85                       | 0,67 | 0,63 | 0,74 | 0,93 | 0,74 | 0,63 | 0,67 | 0,85 |
| ψύξης    | 55 | 0,85                       | 0,65 | 0,60 | 0,70 | 0,89 | 0,70 | 0,60 | 0,65 | 0,85 |
| ψύξης    | 60 | 0,85                       | 0,63 | 0,57 | 0,67 | 0,86 | 0,67 | 0,57 | 0,63 | 0,85 |
| ψύξης    | 65 | 0,85                       | 0,63 | 0,55 | 0,63 | 0,79 | 0,63 | 0,55 | 0,63 | 0,85 |
| ψύξης    | 70 | 0,85                       | 0,62 | 0,52 | 0,58 | 0,73 | 0,58 | 0,52 | 0,62 | 0,85 |

| Περίοδος  |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | Γωνία α | B                          | BA   | A    | NA   | N    | NA   | Δ    | BA   | B    |
|           |         | 0                          | 45   | 90   | 135  | 180  | 225  | 270  | 315  | 360  |
| θέρμανσης | 0       | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 5       | 1,00                       | 0,98 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,98 | 1,00 |
| θέρμανσης | 10      | 1,00                       | 0,95 | 0,93 | 0,95 | 0,96 | 0,95 | 0,93 | 0,95 | 1,00 |
| θέρμανσης | 15      | 1,00                       | 0,92 | 0,86 | 0,89 | 0,91 | 0,89 | 0,86 | 0,92 | 1,00 |
| θέρμανσης | 20      | 1,00                       | 0,89 | 0,80 | 0,84 | 0,86 | 0,84 | 0,80 | 0,89 | 1,00 |
| θέρμανσης | 25      | 1,00                       | 0,87 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,87 | 1,00 |
| θέρμανσης | 30      | 1,00                       | 0,85 | 0,65 | 0,62 | 0,61 | 0,62 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| θέρμανσης | 35      | 1,00                       | 0,84 | 0,61 | 0,54 | 0,53 | 0,54 | 0,61 | 0,84 | 1,00 |
| θέρμανσης | 40      | 1,00                       | 0,83 | 0,57 | 0,47 | 0,44 | 0,47 | 0,57 | 0,83 | 1,00 |
| θέρμανσης | 45      | 1,00                       | 0,82 | 0,55 | 0,44 | 0,40 | 0,44 | 0,55 | 0,82 | 1,00 |
| θέρμανσης | 50      | 1,00                       | 0,81 | 0,53 | 0,40 | 0,36 | 0,40 | 0,53 | 0,81 | 1,00 |
| θέρμανσης | 55      | 1,00                       | 0,81 | 0,52 | 0,38 | 0,34 | 0,38 | 0,52 | 0,81 | 1,00 |
| θέρμανσης | 60      | 1,00                       | 0,81 | 0,51 | 0,37 | 0,32 | 0,37 | 0,51 | 0,81 | 1,00 |
| θέρμανσης | 65      | 1,00                       | 0,81 | 0,50 | 0,36 | 0,32 | 0,36 | 0,50 | 0,81 | 1,00 |
| θέρμανσης | 70      | 1,00                       | 0,81 | 0,50 | 0,36 | 0,31 | 0,36 | 0,50 | 0,81 | 1,00 |

| Περίοδος  |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Γωνία β | B                          | BA    | A     | NA    | N     | NA    | Δ     | BA    | B     |
|           |         | 0                          | 45    | 90    | 135   | 180   | 225   | 270   | 315   | 360   |
| θέρμανσης | 0       | 1,00                       | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| θέρμανσης | 5       | 0,96                       | 0,97  | 0,97  | 0,97  | 0,97  | 0,97  | 0,97  | 0,97  | 0,96  |
| θέρμανσης | 10      | 0,92                       | 0,93  | 0,94  | 0,94  | 0,94  | 0,94  | 0,94  | 0,93  | 0,92  |
| θέρμανσης | 15      | 0,89                       | 0,90  | 0,91  | 0,91  | 0,91  | 0,91  | 0,91  | 0,90  | 0,89  |
| θέρμανσης | 20      | 0,85                       | 0,86  | 0,88  | 0,88  | 0,87  | 0,88  | 0,88  | 0,86  | 0,85  |
| θέρμανσης | 25      | 0,81                       | 0,83  | 0,85  | 0,84  | 0,84  | 0,84  | 0,85  | 0,83  | 0,81  |
| θέρμανσης | 30      | 0,77                       | 0,80  | 0,82  | 0,81  | 0,80  | 0,81  | 0,82  | 0,80  | 0,77  |
| θέρμανσης | 35      | 0,74                       | 0,76  | 0,78  | 0,77  | 0,76  | 0,77  | 0,78  | 0,76  | 0,74  |
| θέρμανσης | 40      | 0,70                       | 0,73  | 0,75  | 0,73  | 0,72  | 0,73  | 0,75  | 0,73  | 0,70  |
| θέρμανσης | 45      | 0,66                       | 0,69  | 0,70  | 0,69  | 0,68  | 0,69  | 0,70  | 0,69  | 0,66  |
| θέρμανσης | 50      | 0,62                       | 0,65  | 0,66  | 0,64  | 0,63  | 0,64  | 0,66  | 0,65  | 0,62  |
| θέρμανσης | 55      | 0,59                       | 0,61  | 0,62  | 0,58  | 0,57  | 0,58  | 0,62  | 0,61  | 0,59  |
| θέρμανσης | 60      | 0,55                       | 0,57  | 0,57  | 0,52  | 0,50  | 0,52  | 0,57  | 0,57  | 0,55  |
| θέρμανσης | 65      | 0,51                       | 0,53  | 0,50  | 0,45  | 0,42  | 0,45  | 0,50  | 0,53  | 0,51  |
| θέρμανσης | 70      | 0,47                       | 0,48  | 0,44  | 0,37  | 0,34  | 0,37  | 0,44  | 0,48  | 0,47  |
|           | 75      | 0,435                      | 0,43  | 0,365 | 0,29  | 0,255 | 0,29  | 0,365 | 0,43  | 0,435 |
| θέρμανσης | 80      | 0,40                       | 0,38  | 0,29  | 0,21  | 0,17  | 0,21  | 0,29  | 0,38  | 0,40  |
|           | 85      | 0,365                      | 0,325 | 0,23  | 0,165 | 0,135 | 0,165 | 0,23  | 0,325 | 0,365 |
| θέρμανσης | 90      | 0,33                       | 0,27  | 0,17  | 0,12  | 0,10  | 0,12  | 0,17  | 0,27  | 0,33  |

| Περίοδος |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |       |       |       |       |       |      |       |
|----------|---------|----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|          |         | B                          | BA   | A     | NA    | N     | ND    | Δ     | BD   | B     |
|          | Γωνία β | 0                          | 45   | 90    | 135   | 180   | 225   | 270   | 315  | 0     |
| ψύξης    | 0       | 1,00                       | 1,00 | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00 | 1,00  |
| ψύξης    | 5       | 0,97                       | 0,97 | 0,96  | 0,96  | 0,95  | 0,96  | 0,96  | 0,97 | 0,97  |
| ψύξης    | 10      | 0,94                       | 0,93 | 0,93  | 0,91  | 0,89  | 0,91  | 0,93  | 0,93 | 0,94  |
| ψύξης    | 15      | 0,90                       | 0,90 | 0,89  | 0,86  | 0,84  | 0,86  | 0,89  | 0,90 | 0,90  |
| ψύξης    | 20      | 0,87                       | 0,87 | 0,85  | 0,82  | 0,78  | 0,82  | 0,85  | 0,87 | 0,87  |
| ψύξης    | 25      | 0,84                       | 0,83 | 0,81  | 0,77  | 0,73  | 0,77  | 0,81  | 0,83 | 0,84  |
| ψύξης    | 30      | 0,80                       | 0,80 | 0,77  | 0,72  | 0,67  | 0,72  | 0,77  | 0,80 | 0,80  |
| ψύξης    | 35      | 0,77                       | 0,76 | 0,72  | 0,67  | 0,61  | 0,67  | 0,72  | 0,76 | 0,77  |
| ψύξης    | 40      | 0,74                       | 0,72 | 0,68  | 0,62  | 0,56  | 0,62  | 0,68  | 0,72 | 0,74  |
| ψύξης    | 45      | 0,70                       | 0,68 | 0,63  | 0,57  | 0,51  | 0,57  | 0,63  | 0,68 | 0,70  |
| ψύξης    | 50      | 0,67                       | 0,64 | 0,58  | 0,52  | 0,46  | 0,52  | 0,58  | 0,64 | 0,67  |
| ψύξης    | 55      | 0,63                       | 0,59 | 0,53  | 0,48  | 0,42  | 0,48  | 0,53  | 0,59 | 0,63  |
| ψύξης    | 60      | 0,60                       | 0,55 | 0,48  | 0,43  | 0,39  | 0,43  | 0,48  | 0,55 | 0,60  |
| ψύξης    | 65      | 0,56                       | 0,49 | 0,43  | 0,39  | 0,36  | 0,39  | 0,43  | 0,49 | 0,56  |
| ψύξης    | 70      | 0,52                       | 0,44 | 0,38  | 0,34  | 0,33  | 0,34  | 0,38  | 0,44 | 0,52  |
|          | 75      | 0,465                      | 0,38 | 0,325 | 0,3   | 0,305 | 0,3   | 0,325 | 0,38 | 0,465 |
| ψύξης    | 80      | 0,41                       | 0,32 | 0,27  | 0,26  | 0,28  | 0,26  | 0,27  | 0,32 | 0,41  |
|          | 85      | 0,355                      | 0,27 | 0,225 | 0,225 | 0,26  | 0,225 | 0,225 | 0,27 | 0,355 |
| ψύξης    | 90      | 0,30                       | 0,22 | 0,18  | 0,19  | 0,24  | 0,19  | 0,18  | 0,22 | 0,30  |

| Περίοδος  |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           |         | B                          | BA   | A    | NA   | N    | ND   | Δ    | BD   | B    |
|           | Γωνία γ | 0                          | 45   | 90   | 135  | 180  | 225  | 270  | 315  | 360  |
| θέρμανσης | 0       | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 10      | 1,00                       | 0,95 | 0,95 | 0,97 | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 20      | 1,00                       | 0,92 | 0,90 | 0,93 | 0,95 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 30      | 1,00                       | 0,89 | 0,86 | 0,90 | 0,92 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 40      | 1,00                       | 0,86 | 0,80 | 0,87 | 0,89 | 0,97 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 50      | 1,00                       | 0,84 | 0,75 | 0,83 | 0,85 | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 60      | 1,00                       | 0,82 | 0,69 | 0,79 | 0,81 | 0,93 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 70      | 1,00                       | 0,81 | 0,62 | 0,73 | 0,76 | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

**Πίνακας 3.20.α** Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές  $F_{in}$  από την αριστερή πλευρά.

| Περίοδος |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|---------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |         | B                          | BA   | A    | NA   | N    | NΔ   | Δ    | BΔ   | B    |
|          | Γωνία γ | 0                          | 45   | 90   | 135  | 180  | 225  | 270  | 315  | 360  |
| ψύξης    | 0       | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ψύξης    | 10      | 0,97                       | 0,96 | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,97 | 1,00 | 1,00 | 0,97 |
| ψύξης    | 20      | 0,95                       | 0,93 | 0,98 | 0,99 | 0,95 | 0,94 | 0,99 | 1,00 | 0,95 |
| ψύξης    | 30      | 0,93                       | 0,89 | 0,96 | 0,98 | 0,93 | 0,90 | 0,99 | 1,00 | 0,93 |
| ψύξης    | 40      | 0,92                       | 0,84 | 0,95 | 0,97 | 0,91 | 0,86 | 0,98 | 1,00 | 0,92 |
| ψύξης    | 50      | 0,92                       | 0,79 | 0,93 | 0,96 | 0,89 | 0,81 | 0,97 | 1,00 | 0,92 |
| ψύξης    | 60      | 0,92                       | 0,73 | 0,91 | 0,96 | 0,88 | 0,76 | 0,96 | 1,00 | 0,92 |
| ψύξης    | 70      | 0,92                       | 0,66 | 0,88 | 0,95 | 0,86 | 0,71 | 0,94 | 1,00 | 0,92 |

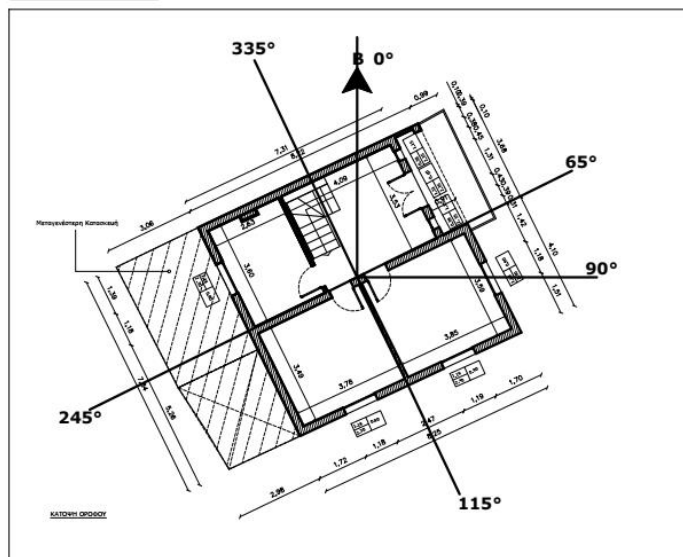
**Πίνακας 3.20.α** Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές  $F_{in}$  από την αριστερή πλευρά.

| Περίοδος  |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           |         | B                          | BA   | A    | NA   | N    | NΔ   | Δ    | ΒΔ   | Β    |
|           | Γωνία γ | 0                          | 45   | 90   | 135  | 180  | 225  | 270  | 315  | 360  |
| θέρμανσης | 0       | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| θέρμανσης | 10      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 1,00 |
| θέρμανσης | 20      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,92 | 1,00 |
| θέρμανσης | 30      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,92 | 0,90 | 0,86 | 0,89 | 1,00 |
| θέρμανσης | 40      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 0,89 | 0,87 | 0,80 | 0,86 | 1,00 |
| θέρμανσης | 50      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,85 | 0,83 | 0,75 | 0,84 | 1,00 |
| θέρμανσης | 60      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 0,81 | 0,79 | 0,69 | 0,82 | 1,00 |
| θέρμανσης | 70      | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,76 | 0,73 | 0,62 | 0,81 | 1,00 |

**Πίνακας 3.20.β** Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές Fm από την δεξιά πλευρά.

| Περίοδος |         | Προσανατολισμός επιφάνειας |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|---------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |         | B                          | BA   | A    | NA   | N    | NΔ   | Δ    | ΒΔ   | Β    |
|          | Γωνία γ | 0                          | 45   | 90   | 135  | 180  | 225  | 270  | 315  | 360  |
| ψύξης    | 0       | 1,00                       | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ψύξης    | 10      | 0,97                       | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,96 | 0,97 |
| ψύξης    | 20      | 0,95                       | 1,00 | 0,99 | 0,94 | 0,95 | 0,99 | 0,98 | 0,93 | 0,95 |
| ψύξης    | 30      | 0,93                       | 1,00 | 0,99 | 0,90 | 0,93 | 0,98 | 0,96 | 0,89 | 0,93 |
| ψύξης    | 40      | 0,92                       | 1,00 | 0,98 | 0,86 | 0,91 | 0,97 | 0,95 | 0,84 | 0,92 |
| ψύξης    | 50      | 0,92                       | 1,00 | 0,97 | 0,81 | 0,89 | 0,96 | 0,93 | 0,79 | 0,92 |
| ψύξης    | 60      | 0,92                       | 1,00 | 0,96 | 0,76 | 0,88 | 0,96 | 0,91 | 0,73 | 0,92 |
| ψύξης    | 70      | 0,92                       | 1,00 | 0,94 | 0,71 | 0,86 | 0,95 | 0,88 | 0,66 | 0,92 |

**Πίνακας 3.20.β** Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές Fm από την δεξιά πλευρά.

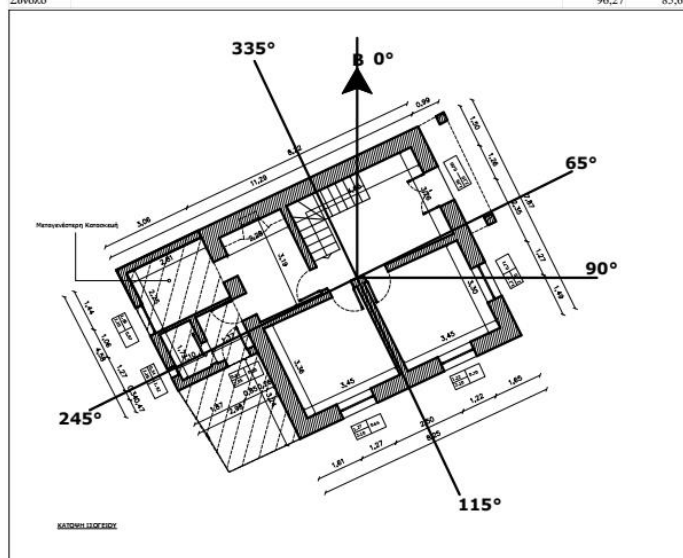


ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΟΡΟΦΟΥ

| Ονομασία | Χώρος       | Τύπος         | Προσανατολισμός | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) | Υλικό Πλασίσιου | Τύπος Υάλωσης |
|----------|-------------|---------------|-----------------|------------|----------|--------------------------|-----------------|---------------|
| ΜΠ1      | Χωλ.        | Μπαλκονόπορτα | Ανατολή (Ε)     | 1,31       | 2,35     | 3,08                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π1       | Χωλ.        | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 0,39       | 1,20     | 0,47                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π2       | Χωλ.        | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 0,38       | 1,20     | 0,46                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π3       | Υπνοδωμάτιο | Παράθυρο      | Δόση (W)        | 1,18       | 1,40     | 1,65                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π4       | Υπνοδωμάτιο | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,18       | 1,40     | 1,65                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π5       | Υπνοδωμάτιο | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,19       | 1,40     | 1,67                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π6       | Υπνοδωμάτιο | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 1,18       | 1,40     | 1,65                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Σύνολο   |             |               |                 |            |          | 10,6245                  |                 |               |

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΟΡΟΦΟΥ

| Ονομασία | Τύπος      | Περιγραφή-Σύνθεση  | Προσανατολισμός | Πάχος (m) | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) | Καθαρό Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) |
|----------|------------|--------------------|-----------------|-----------|------------|----------|--------------------------|---------------------------------|
| T1       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία | Ανατολή (Ε)     | 0,25      | 3,68       | 3,00     | 11,04                    | 7,04                            |
| T2       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία | Βορράς (N)      | 0,25      | 7,31       | 3,00     | 21,93                    | 21,93                           |
| T3       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία | Δόση (W)        | 0,25      | 7,84       | 3,00     | 23,52                    | 21,87                           |
| T4       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία | Νότος (S)       | 0,25      | 8,25       | 3,00     | 24,75                    | 21,43                           |
| T5       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία | Ανατολή (Ε)     | 0,25      | 4,10       | 3,00     | 12,30                    | 10,65                           |
| T6       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία | Βορράς (N)      | 0,25      | 0,91       | 3,00     | 2,73                     | 2,73                            |
| Σύνολο   |            |                    |                 |           |            |          | 96,27                    | 85,65                           |

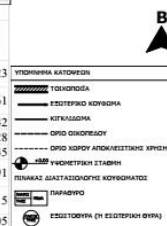


ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

| Ονομασία | Χώρος       | Τύπος         | Προσανατολισμός | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) | Υλικό Πλασίσιου | Τύπος Υάλωσης |
|----------|-------------|---------------|-----------------|------------|----------|--------------------------|-----------------|---------------|
| E1       | Είσοδος     | Πόρτα         | Ανατολή (Ε)     | 1,26       | 2,10     | 2,65                     | Ξύλο            | Μονό          |
| ΜΠ1      | Χωλ.        | Μπαλκονόπορτα | Νότος (S)       | 0,85       | 2,05     | 1,74                     | Μέταλλο         | Μονό          |
| Π1       | Κουζίνα     | Παράθυρο      | Δόση (W)        | 1,06       | 1,13     | 1,20                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π2       | Λουτρό      | Παράθυρο      | Δόση (W)        | 0,34       | 0,34     | 0,12                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π3       | Υπνοδωμάτιο | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,27       | 1,44     | 1,83                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π4       | Σαλόνι      | Παράθυρο      | Νότος (S)       | 1,22       | 1,40     | 1,71                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Π5       | Σαλόνι      | Παράθυρο      | Ανατολή (Ε)     | 1,27       | 1,39     | 1,77                     | Ξύλο            | Μονό          |
| Σύνολο   |             |               |                 |            |          | 11,004                   |                 |               |

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

| Ονομασία | Τύπος      | Περιγραφή-Σύνθεση                      | Προσανατολισμός | Πάχος (m) | Πλάτος (m) | Ύψος (m) | Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) | Καθαρό Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) |
|----------|------------|----------------------------------------|-----------------|-----------|------------|----------|--------------------------|---------------------------------|
| T1       | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Ανατολή (Ε)     | 0,55      | 7,87       | 2,75     | 21,64                    | 17,23                           |
| T2       | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Βορράς (N)      | 0,55      | 8,22       | 2,75     | 22,61                    | 22,61                           |
| T3       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία                     | Βορράς (N)      | 0,55      | 3,06       | 2,75     | 8,42                     | 8,42                            |
| T4       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία                     | Δόση (W)        | 0,55      | 4,58       | 2,75     | 12,60                    | 11,28                           |
| T5       | Πλινθοδομή | Μαυτική τοιχοποιία                     | Νότος (S)       | 0,55      | 2,98       | 2,75     | 8,20                     | 6,45                            |
| T6       | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Δόση (W)        | 0,55      | 3,24       | 2,75     | 8,91                     | 8,91                            |
| T6       | Λιθοδομή   | Φέρουσα τοιχοποιία από φυσικούς λίθους | Νότος (S)       | 0,55      | 8,25       | 2,75     | 22,69                    | 19,15                           |
| Σύνολο   |            |                                        |                 |           |            |          | 82,36                    | 94,05                           |



#### A. Γενικά Στοιχεία Κτιρίου

**Χρήση Κτιρίου:** Πολυκατοικία (Διώροφη κατοικία)

**Κλιματική Ζώνη:** Γ— ανάλογα με την τοποθεσία του ακινήτου βάσει ΚΕΝΑΚ.

**Συνολική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>):** 125,91

**Ωφέλιμη Επιφάνεια (m<sup>2</sup>):** 125,91

#### B. Ενεργειακή Κατάταξη – Κατανάλωση

| Μέγεθος                                                    | Κτίριο Αναφοράς |       | Υπάρχον Κτίριο |       |
|------------------------------------------------------------|-----------------|-------|----------------|-------|
| Πρωτογενής Ενέργεια Θέρμανσης (kWh/m <sup>2</sup> )        | 55,8            |       | 134,5          |       |
| Πρωτογενής Ενέργεια Ψύξης (kWh/m <sup>2</sup> )            | 25,9            |       | 35             |       |
| Πρωτογενής Ενέργεια ZNX (Ζεστό Νερό) (kWh/m <sup>2</sup> ) | 18              |       | 18             |       |
| Συνολική Ετήσια Πρωτογενής Ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )  | EPref           | 127,8 | EPexist        | 390,4 |
| Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )      | -               |       | 17,6           |       |

Ενεργειακή Κατηγορία: Υπολογίζεται από τον λόγο **EPexist / EPref**. Κατατάσσεται σε κλίμακα **B+**.

#### Γ. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Κελύφους - Συστημάτων

**Θερμοπερατότητα (U-values):** Αναφορά των δεικτών των τοίχων και των κουφωμάτων.

**Σύστημα Θέρμανσης:** Αντλία Θερμότητας 16 kw.

**Σύστημα Ψύξης:** Διαιρούμενα κλιματιστικά 24btu SEER.

**Σύστημα ZNX:** Ηλιακός θερμοσίφωνας.

Η ενεργειακή απόδοση προκύπτει από τη σύγκριση με ένα **Κτίριο Αναφοράς**. Αυτό είναι ένα εικονικό κτίριο με τις ίδιες γεωμετρικές διαστάσεις, τον ίδιο προσανατολισμό και την ίδια χρήση με το κτίριο προς μελέτη, το οποίο όμως πληροί αυστηρά τις ελάχιστες προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ (μονώσεις, αποδόσεις συστημάτων) ανάλογα με το έτος κατασκευής και τη ζώνη.

Οι ζώνες της Ελλάδας είναι τέσσερις. Το κτίριο μελέτης ανήκει στη ζώνη Γ, αναλυτικά:

**Ζώνη Α:** Κρήτη, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα κ.λπ. (Ηπιο κλίμα)

**Ζώνη Β:** Αττική, Κεντρική Ελλάδα, Νησιά Βορείου Αιγαίου κ.λπ.

**Ζώνη Γ:** Θεσσαλία, Μακεδονία, Ήπειρος κ.λπ.

**Ζώνη Δ:** Δυτική Μακεδονία, ορεινές περιοχές (Πολύ κρύο κλίμα)

Η ζώνη καθορίζει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές θερμοπερατότητας ( $U_{max}$ ).

Ένα Σενάριο Ενεργειακής Αναβάθμισης είναι η Προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος, εξωτερική θερμοπρόσοψη ή εσωτερική μόνωση, η αντικατάσταση κουφωμάτων με ενεργειακά διπλά τζάμια, low-e, pvc με θερμοδιακοπή, αναβάθμιση συστημάτων όπως εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για θέρμανση, a/c για ψύξη και τοποθέτηση ηλιακού συλλέκτη για ZNX.

## 2.2.2. Έκδοση ΠΕΑ Υφιστάμενης Κατάστασης: Παρουσίαση και ανάλυση της αρχικής Ενεργειακής Κλάσης.

Μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής των απαραίτητων δεδομένων και τεχνικών χαρακτηριστικών στο λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης, πραγματοποιήθηκε η επίσημη έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου. Τα αποτελέσματα της υπολογιστικής διαδικασίας κατέταξαν το ακίνητο στην ενεργειακή κλάση **H**, αναδεικνύοντας τη σημαντική απόκλισή του από το κτίριο αναφοράς (κλάση B). Η χαμηλή αυτή ενεργειακή κατάταξη οφείλεται κυρίως στις υψηλές θερμικές απώλειες λόγω ελλιπούς θερμομόνωσης, στα παλαιάς τεχνολογίας κουφώματα, καθώς και στους χαμηλούς βαθμούς απόδοσης των υφιστάμενων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Η αναλυτική κατανομή της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, ZNX, φωτισμός) αποτυπώνεται παρακάτω, προσφέροντας την απαραίτητη βάση για την ιεράρχηση των στοχευμένων παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που θα ακολουθήσουν.

| ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ)                                                                                                                                                                                         |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------|--|---------------------------------------|--|------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|--|
| Αρ. Πρωτοκόλλου:                                                                                                                                                                                                                 |  | Αρ. Ασφαλείας:     |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| Ημερομηνία Έκδοσης:                                                                                                                                                                                                              |  | Ημερομηνία Ισχύος: |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| • Ελέγξτε την εγκυρότητα του ΠΕΑ: <a href="https://www.buildingcert.gr/checkCert.view">https://www.buildingcert.gr/checkCert.view</a>                                                                                            |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| Τίτλος Κτηριακής Μονάδας:                                                                                                                                                                                                        |  |                    |  | Πολυκατοικία                          |  |                                          |           |                                                   |  |
| Χρήση:                                                                                                                                                                                                                           |  |                    |  | Γ                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| Κλιματική Ζώνη:                                                                                                                                                                                                                  |  |                    |  | Γ                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| Συνολική Επιφάνεια:                                                                                                                                                                                                              |  |                    |  | 125.91                                |  |                                          |           |                                                   |  |
| Ωφέλιμη Επιφάνεια:                                                                                                                                                                                                               |  |                    |  | 125.91                                |  |                                          |           |                                                   |  |
| Ενεργειακή κατηγορία:                                                                                                                                                                                                            |  |                    |  | Υφιστάμενη                            |  |                                          | Δυννητική |                                                   |  |
| Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης:                                                                                                                                                                                               |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| EP ≤ 0,33 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                                         |  |                    |  | A+                                    |  |                                          |           |                                                   |  |
| 0,33 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,50 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | A                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| 0,50 R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,75 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | B+                                    |  |                                          | ← B+      |                                                   |  |
| 0,75 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,00 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | B                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| 1,00 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,41 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | Γ                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| 1,41 R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,82 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | Δ                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| 1,82 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,27 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | Ε                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| 2,27 R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,73 R <sub>R</sub>                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | Ζ                                     |  |                                          |           |                                                   |  |
| 2,73 R <sub>R</sub> < EP                                                                                                                                                                                                         |  |                    |  | Η                                     |  |                                          | ← Η       |                                                   |  |
| • Μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σύμφωνα με τη βέλτιστη (1η) σύσταση                                                                                                                                  |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας*                                                                                                                                                                           |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| Κτηρίου αναφοράς [kWh/m²]:                                                                                                                                                                                                       |  |                    |  | 127.8                                 |  |                                          |           |                                                   |  |
| Επιθεωρούμενου κτηρίου [kWh/m²]:                                                                                                                                                                                                 |  |                    |  | 390.4                                 |  |                                          |           |                                                   |  |
| Πραγματική Ετήσια Κατανάλωση Επιθεωρούμενου Κτιρίου:                                                                                                                                                                             |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/m²]:                                                                                                                                                                                                   |  |                    |  | ----                                  |  |                                          |           |                                                   |  |
| Θερμικής ενέργειας (καύσιμα) [kWh/m²]:                                                                                                                                                                                           |  |                    |  | ----                                  |  |                                          |           |                                                   |  |
| Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m²]:                                                                                                                                                                       |  |                    |  | ----                                  |  |                                          |           |                                                   |  |
| Ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> επιθεωρούμενου κτηρίου                                                                                                                                                                          |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |
| Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg /m²]:                                                                                                                                                                        |  |                    |  | 17.6                                  |  |                                          |           |                                                   |  |
| Πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg /m²]:                                                                                                                                                                           |  |                    |  | ----                                  |  |                                          |           |                                                   |  |
| Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                           |  |                    |  | Οπτική άνεση <input type="checkbox"/> |  | Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/> |           | Ποιότητα εσωτερικού αέρα <input type="checkbox"/> |  |
| • Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών που συνδέονται με τη χρήση του ώστε να επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης. |  |                    |  |                                       |  |                                          |           |                                                   |  |

## ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ)

Αρ. Πρωτοκόλλου:  Αρ. Ασφαλείας:

| Υπολογιζόμενη ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά τελική χρήση [kWh/m²] |          |      |      |          |
|--------------------------------------------------------------------|----------|------|------|----------|
|                                                                    | Θέρμανση | Ψύξη | ZNX  | Φωτισμός |
| Κτήριο αναφοράς                                                    | 55.8     | 25.9 | 18.0 | ---      |
| Επιθεωρούμενο κτήριο                                               | 134.5    | 35.0 | 18.0 | ---      |

| Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας<br>ανά Πηγή Ενέργειας & Τελική Χρήση [kWh/m²] |          |             |            |          |              |                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|----------|--------------|----------------------------------------------------|
| Πηγή ενέργειας                                                                                  | Θέρμανση | Ψύξη        | ZNX        | Φωτισμός | Συνολική     | Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου [%] |
| Ηλεκτρική                                                                                       | 0.0      | 12.1        | 5.8        | 0.0      | 17.8         | 4.97                                               |
| Πετρέλαιο                                                                                       | 0.0      | 0.0         | 0.0        | 0.0      | 0.0          | 0                                                  |
| Φυσικό Αέριο                                                                                    | 0.0      | 0.0         | 0.0        | 0.0      | 0.0          | 0                                                  |
| Άλλα Ορυκτά Καύσιμα                                                                             | 0.0      | 0.0         | 0.0        | 0.0      | 0.0          | 0                                                  |
| Ηλιακή                                                                                          | ---      | ---         | ---        | ---      | 4.1          | 1.13                                               |
| Βιομάζα                                                                                         | ---      | ---         | ---        | ---      | 341.0        | 95.03                                              |
| Γεωθερμία                                                                                       | ---      | ---         | ---        | ---      | 0.0          | 0                                                  |
| Άλλη ΑΠΕ                                                                                        | ---      | ---         | ---        | ---      | 0.0          | 0                                                  |
| <b>Σύνολο</b>                                                                                   | <b>0</b> | <b>12.1</b> | <b>5.8</b> | <b>0</b> | <b>358.0</b> | <b>100.0</b>                                       |

Χρησιμοποιήστε το ΠΕΑ για να:

- συγκρίνετε την ενεργειακή απόδοση κτηρίων ίδιας χρήσης βάσει της κατάταξής τους σε ενεργειακή κατηγορία,
- πληροφορηθείτε για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων μέσω παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

1. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ, ΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ, ΜΟΝΩΣΗ ΣΤΕΓΗΣ, ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, Δ/Σ, ΗΛΙΑΚΟ

2. -----

3. -----

| Σύσταση | Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€] | Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τιμή μονάδας |      |         | Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής [έτη] | Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ] | Ενεργειακή κατηγορία |
|---------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|---------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|         |                                        | [kWh/m <sup>2</sup> ]                                               | [%]  | [€/kWh] |                                            |                                                                        |                      |
| 1.      | 21788.1                                | 296.4                                                               | 75.9 | 0.5     | 30.56                                      | -14.85                                                                 | B                    |
| 2.      | 0.0                                    | 0.0                                                                 | 0.0  | 0.0     | 0.0                                        | 0.0                                                                    | ?                    |
| 3.      | 0.0                                    | 0.0                                                                 | 0.0  | 0.0     | 0.0                                        | 0.0                                                                    | ?                    |

Οι συστάσεις είναι ιεραρχημένες σε σχέση με το κόστος – ενεργειακό όφελος που προκύπτει. Η εξοικονόμηση ενέργειας και τιμή μονάδας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και την περίοδο αποπληρωμής.

• Η απλή περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση και όχι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

### 2.3. Καθορισμός Στόχων: Επιδιωκόμενη βελτίωση ενεργειακής κλάσης.

Ο καθορισμός των στόχων της παρούσας μελέτης βασίζεται στην ανάγκη ριζικής αναδιαμόρφωσης της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου και στην εναρμόνισή του με τις σύγχρονες ευρωπαϊκές και εθνικές οδηγίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των υφιστάμενων κτιρίων.

Πρωτεύον στόχος της επέμβασης είναι η επίτευξη μιας προκαθορισμένης, βέλτιστης **επιδιωκόμενης ενεργειακής κλάσης**, η οποία ορίζεται κατ' ελάχιστον στην κατηγορία **B+**. Η αναβάθμιση αυτή δεν αποσκοπεί απλώς στην τυπική κάλυψη των ελάχιστων απαιτήσεων του KENAK, αλλά στη δραστική μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Παράλληλα, οι τιθέμενοι στόχοι αποβλέπουν στη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες και στη μεγιστοποίηση της οικονομικής βιωσιμότητας των προτεινόμενων σεναρίων, εξισορροπώντας το κόστος επένδυσης των παρεμβάσεων με το προσδοκώμενο οικονομικό όφελος από την εξοικονόμηση καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας.

## **Κεφάλαιο 3: Ολοκληρωμένες Στρατηγικές Μόνωσης και Ενίσχυσης Κελύφους**

### **3.1. Δομική Ενίσχυση και Αποκατάσταση Τοιχοποιίας.**

Η ενίσχυση και αποκατάσταση της ιστορικής ή παραδοσιακής λιθοδομής αποτελεί ένα από τα πιο σύνθετα πεδία της δομοστατικής αποκατάστασης, καθώς απαιτεί τη λεπτή εξισορρόπηση μεταξύ της αύξησης της φέρουσας ικανότητας και της διατήρησης της φυσικοχημικής συμβατότητας των υλικών. Η φθορά των φερόντων οργανισμών από λιθοδομή οφείλεται συνήθως σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, καθιζήσεις ή σεισμικές καταπονήσεις που υπερβαίνουν την περιορισμένη εφελκυστική αντοχή του συστήματος. Η στρατηγική αποκατάστασης χωρίζεται σε δύο πυλώνες: τη βελτίωση της μονολιθικότητας και την εξασφάλιση της διαπνοής. [40], [44]

#### **3.1.1. Ενισχύσεις Λιθοδομής: Τεχνικές για την αύξηση της φέρουσας ικανότητας.**

Η αύξηση της φέρουσας ικανότητας επιτυγχάνεται μέσω της βελτίωσης της συνεκτικότητας των στρώσεων της λιθοδομής. Σε περιπτώσεις δικέλφων ή τρκέλφων τοιχοποιιών, η πλέον διαδεδομένη μέθοδος είναι οι ενέσεις χαμηλής πίεσης. Το ενέσιμο υλικό (συνήθως υδραυλική ασβέστος) πληρώνει τα εσωτερικά κενά, αυξάνοντας τη δυσκαμψία και τη θλιπτική αντοχή του τοίχου. [50]

Παράλληλα, η χρήση δομικών πλεγμάτων (συστήματα CRM - Composite Reinforced Mortar) από υαλόπλεγμα ή ίνες άνθρακα, ενσωματωμένων σε λεπτά στρώματα κονιάματος, προσφέρει τη απαραίτητη εφελκυστική αντοχή χωρίς να αυξάνει σημαντικά τη μάζα της κατασκευής. Αυτό είναι κρίσιμο για τη σεισμική απόκριση, καθώς η αύξηση της μάζας θα οδηγούσε σε μεγαλύτερες αδρανειακές δυνάμεις. [39], [42]

Η διατήρηση της εμφανούς λιθοδομής αποτελεί μια ιδιαίτερη πρόκληση, καθώς η τοιχοποιία παύει να προστατεύεται από εξωτερικά επιχρίσματα (σοβάδες) και εκτίθεται άμεσα στις καιρικές συνθήκες. Σε αυτή την περίπτωση, η στρατηγική «θωράκισης» μετατοπίζεται στην ποιότητα της αρμολόγησης και στην ενίσχυση του ίδιου του σώματος της πέτρας. [41]

Όταν η λιθοδομή παραμένει εμφανής, ο αρμός καθίσταται το πιο κρίσιμο στοιχείο του δομικού συστήματος. Δεν λειτουργεί μόνο ως συνδετικό υλικό, αλλά και ως κανάλι απορροής της υγρασίας και εκτόνωσης των τάσεων. [49]

Σε παλαιές τοιχοποιίες, το εσωτερικό κονίαμα είναι συχνά αποσαθρωμένο ή έχει μετατραπεί σε σκόνη. Η διαδικασία περιλαμβάνει, τον καθαρισμό αρμού, την αφαίρεση του σαθρού υλικού σε βάθος τουλάχιστον 2-3 εκατοστών ή έως ότου βρεθεί υγιές κονίαμα. Έπειτα τη πλήρωση με NHL (Natural Hydraulic Lime), η χρήση φυσικής υδραυλικής ασβέστου κατηγορίας NHL 3.5 ή NHL 5 είναι απαραίτητη. Το νέο κονίαμα πρέπει να έχει χαμηλότερη θλιπτική αντοχή από την ίδια την πέτρα, ώστε σε περίπτωση συστολοδιαστολών να ρηγματώσει ο αρμός (που επισκευάζεται εύκολα) και όχι η πέτρα. [47], [48]

Στην εμφανή λιθοδομή, η ενίσχυση δεν μπορεί να γίνει με εξωτερικούς μανδύες. Επομένως, βασιζόμαστε στα βαρυτικά ή υπό πίεση ενέματα. Για τη σύνθεση Ενέματος, χρησιμοποιείται εξαιρετικά λεπτόκοκκη υδραυλική άσβεστος με ποζολανικά πρόσθετα (π.χ. θηραϊκή γη) για την αύξηση της ανθεκτικότητας σε υγρό περιβάλλον. Επίσης τα Μικρο-αγκύρια χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις αποκόλλησης των δύο παρειών της τοιχοποιίας, τοποθετούνται αόρατα εγκάρσια αγκύρια (ανοξειδωτες ράβδοι ή ράβδοι GFRP) που «ράβουν» τον τοίχο εσωτερικά και στη συνέχεια καλύπτονται από το αρμολόγημα. [46], [50]

### **3.1.2. Αποκατάσταση της δομής με διαπνέοντα ασβεστοκονιάματα.**

Η αντικατάσταση των αποσαθρωμένων κονιαμάτων (αρμολόγημα) και η εφαρμογή νέων επιχρισμάτων πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με φυσική υδραυλική άσβεστο (NHL). Η επιστημονική υπεροχή της ασβέστου έναντι του τσιμέντου Portland σε ιστορικά κτίρια έγκειται στο Χαμηλό Μέτρο Ελαστικότητας, επιτρέπει δηλαδή στη λιθοδομή να "παρακολουθεί" τις μικρομετακινήσεις χωρίς ρηγματώσεις. Επίσης στην Υδρατμοπερατότητα (Διαπνοή), ο υψηλός συντελεστής διάχυσης υδρατμών αποτρέπει τον εγκλωβισμό υγρασίας στο εσωτερικό της τοιχοποιίας, φαινόμενο που προκαλεί αποφλοίωση των λίθων και κρυστάλλωση αλάτων (εξάνθηση). Τέλος στη Χημική Συμβατότητα, τα ασβεστοκονιάματα δεν περιέχουν διαλυτά θειικά άλατα, τα οποία σε συνδυασμό με την υγρασία θα μπορούσαν να διαβρώσουν τη φυσική πέτρα. [39], [41], [42]

Η χρήση διαπνεόντων κονιαμάτων λειτουργεί ως "θυσιαζόμενο" στρώμα, προστατεύοντας τον φέροντα οργανισμό ενώ παράλληλα βελτιώνει τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους μέσω της ρύθμισης της εσωτερικής υγρασίας. [49]

Στην εμφανή λιθοδομή η απουσία σοβά σημαίνει ότι η βροχή προσπίπτει απευθείας στην πέτρα. Δημιουργείται Υδροαπωθητικός Εμποτισμός (Hydrophobic Impregnation). Για την αποφυγή του εφαρμόζονται διαφανή, σιλοξανικά υλικά που διεισδύουν στους πόρους χωρίς να σχηματίζουν φιλμ. Αυτά επιτρέπουν στον υδρατμό να εξέλθει (διαπνοή), αλλά εμποδίζουν το νερό της βροχής να εισέλθει. Επίσης δημιουργούνται Θερμογέφυρες. Η εμφανής λιθοδομή παρουσιάζει υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value). Για να διατηρηθεί η αισθητική εξωτερικά, η μόνωση πρέπει να τοποθετηθεί εσωτερικά (π.χ. με πλάκες φυσικού φελλού ή ασβεστοπυριτικές πλάκες), διατηρώντας πάντα τη δυνατότητα διάχυσης υδρατμών για την αποφυγή συμπυκνώσεων στη διεπιφάνεια πέτρας-μόνωσης. [39], [42]

### **3.2. Στρατηγικές Θερμομόνωσης Τοιχοποιίας.**

Η βιώσιμη αναβάθμιση κτιρίων της μεταπολεμικής περιόδου, όπως η περίπτωση κατοικίας του 1955 με μικτό σύστημα φέροντος οργανισμού (λιθοδομή στο ισόγειο και οπτοπλινθοδομή στον όροφο), απαιτεί μια διαφοροποιημένη προσέγγιση που να σέβεται την ιδιαίτερη υγροθερμική συμπεριφορά και τις ιδιαίτερες φυσικές ιδιότητες κάθε υλικού. Η επιστημονική πρόκληση έγκειται στην εξάλειψη των θερμογεφυρών και τη μείωση της θερμοπερατότητας (U-value), διασφαλίζοντας ταυτόχρονα ότι το κέλυφος παραμένει υδρατμοπερατό για την αποφυγή εσωτερικών

συμπυκνώσεων και δομικών φθορών. Η στρατηγική θερμομόνωσης ενός κτιρίου με μικτό κέλυφος απαιτεί την εξέταση των φαινομένων σε επίπεδο μικροκλίματος της τοιχοποιίας και φυσικής των υλικών. Η διαφοροποίηση μεταξύ «διαπνοής» και «στεγάνωσης» δεν είναι απλώς κατασκευαστική επιλογή, αλλά μια αναγκαία προσαρμογή στις διαφορετικές θερμοφυσικές ιδιότητες των υποστρωμάτων. [39], [45]

### **3.2.1. Λιθόκτιστο Ισόγειο: Εφαρμογή διαπνεόντων, ορυκτών μονωτικών για υγροθερμική ισορροπία.**

Η ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων από φέρουσα λιθοδομή συνιστά μια πολυπαραμετρική τεχνική πρόκληση, όπου η ανάγκη για βελτίωση της θερμικής απόδοσης πρέπει να εναρμονιστεί με τη δομική προστασία και τη διατήρηση της αρχιτεκτονικής ταυτότητας. Η επιστημονική προσέγγιση του ζητήματος εστιάζει στη διαφοροποίηση μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής θερμομόνωσης, με γνώμονα τη θερμική αδράνεια, τη διαπνοή των υλικών και τη μετατόπιση του σημείου δρόσου. [56], [57]

Η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική παρειά της λιθοδομής θεωρείται τεχνικά η πληρέστερη λύση. Με τη χρήση πετροβάμβακα υψηλής πυκνότητας, ο οποίος διακρίνεται για την υψηλή του διαπνοή και την πυροπροστασία που προσφέρει, επιτυγχάνεται η ένταξη της μεγάλης μάζας της πέτρας εντός του θερμαινόμενου χώρου. Αυτό επιτρέπει στη λιθοδομή να λειτουργεί ως θερμοσυσσωρευτής, εξασφαλίζοντας υψηλή θερμική αδράνεια και σταθεροποίηση της εσωτερικής θερμοκρασίας. [58], [59]

Παράλληλα, η μέθοδος αυτή εξαλείφει τις θερμογέφυρες στα κρίσιμα σημεία του φέροντα οργανισμού (πρέκια, σενάζ) και προστατεύει τη δομή από περιβαλλοντικές καταπονήσεις και θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, περιορίζοντας τις συστολοδιαστολές που προκαλούν ρηγματώσεις. Από πλευράς υγροθερμικής ανάλυσης, η εξωτερική μόνωση μετατοπίζει το σημείο δρόσου (dew point) εκτός του δομικού σώματος, αποτρέποντας τη διάβρωση των κονιαμάτων και την κρυστάλλωση αλάτων. [57], [60]

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, από τεχνική και θερμοφυσική σκοπιά, η εξωτερική θερμομόνωση προκρίνεται ως η πληρέστερη λύση. Η διάταξη των υλικών ξεκινά από την εξωτερική παρειά της υφιστάμενης λιθοδομής, η οποία πρέπει να καθαριστεί επιμελώς. Ακολουθεί η εφαρμογή ενός διαπνέοντος κονιάματος πρόσφυσης, πάνω στο οποίο τοποθετούνται πλάκες πετροβάμβακα υψηλής πυκνότητας. Ο πετροβάμβακας είναι το ιδανικό υλικό καθώς παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών ( $\mu=1$ ), επιτρέποντας στον τοίχο να «αναπνέει». Η στερέωση ολοκληρώνεται μηχανικά με θερμοδιακοπτόμενα βύσματα. [56], [60]

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται μια βασική στρώση επιχρίσματος (base coat), εντός της οποίας εγκιβωτίζεται υαλόπλεγμα ενίσχυσης για την αποφυγή ρηγματώσεων από τις συστολοδιαστολές. Το σύστημα σφραγίζεται με ένα τελικό διαπνέον επίχρισμα (σιλικονούχο ή πυριτικό). Με αυτή τη σειρά, η λιθοδομή παραμένει εντός του θερμαινόμενου χώρου, λειτουργώντας ως θερμοσυσσωρευτής που εξασφαλίζει υψηλή θερμική αδράνεια, ενώ το σημείο δρόσου (dew point) μετατοπίζεται εκτός του δομικού σώματος, προστατεύοντας τα συνδετικά κονιάματα από τη διάβρωση. [59], [61]

Στις περιπτώσεις όπου η εξωτερική όψη πρέπει να παραμείνει ανέπαφη για αισθητικούς ή νομοθετικούς λόγους, η εσωτερική θερμομόνωση αποτελεί τη μόνη λύση, εισάγοντας όμως σύνθετες τεχνικές απαιτήσεις. Η κύρια επιστημονική πρόκληση εδώ έγκειται στη διαχείριση της υγρασίας, καθώς η λιθοδομή παραμένει εκτεθειμένη στο ψύχος, με αποτέλεσμα η εσωτερική της επιφάνεια να λειτουργεί ως ψυχρό μέτωπο. [56], [48]

Χωρίς την ορθή εφαρμογή ενός μεταβλητού φράγματος υδρατμών (smart vapor barrier), οι υδρατμοί του εσωτερικού περιβάλλοντος διαπερνούν τη μόνωση και συμπυκνώνονται στη διεπιφάνεια μεταξύ μονωτικού και κρύου τοίχου. Το φαινόμενο της διαπρεδικής συμπύκνωσης μπορεί να οδηγήσει σε αποσάθρωση των υλικών και ανάπτυξη μυκήτων. Επιπλέον, η εσωτερική μόνωση απαιτεί εξειδικευμένες λεπτομέρειες για την αντιμετώπιση θερμογεφυρών στα σημεία συμβολής με εσωτερικούς τοίχους και πατώματα, καθώς και τη χρήση διαπνεόντων υλικών (ασβεστοπυριτικές πλάκες ή κονιάματα φυσικής υδραυλικής ασβέστου NHL) που επιτρέπουν την υγραυτική ισορροπία. [49], [60]

Σε περιπτώσεις διατηρητέων όψεων, αναφορικά με τα παραπάνω, η εσωτερική θερμομόνωση αποτελεί τη μόνη εναλλακτική, απαιτώντας όμως μια «χειρουργική» διαστρωμάτωση για την αποφυγή της διαπρεδικής συμπύκνωσης. Η σειρά τοποθέτησης ξεκινά από την εσωτερική πλευρά της πέτρας, όπου προτείνεται η δημιουργία ενός διακένου αέρος (2-3 cm) μέσω μεταλλικού σκελετού. Εντός του σκελετού τοποθετείται ο πετροβάμβακας, ο οποίος όμως εδώ απομονώνει τη λιθοδομή από τη θέρμανση, καθιστώντας την πέτρα μόνιμα ψυχρή κατά τον χειμώνα. [56], [61]

Το κρίσιμότερο στάδιο είναι η τοποθέτηση ενός μεταβλητού φράγματος υδρατμών (smart vapor barrier) πάνω από τη μόνωση. Η μεμβράνη αυτή εμποδίζει τον εσωτερικό υγρό αέρα να φτάσει στην ψυχρή πέτρα και να υγραυποιηθεί. Η αεροστεγανότητα εξασφαλίζεται με ειδικές ταινίες σφράγισης σε όλες τις ενώσεις με δάπεδα και οροφές. Η τελική επιφάνεια διαμορφώνεται συνήθως με ανθυγρά γυψοσανίδα. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στα ξύλινα πατώματα: η μόνωση πρέπει να συνεχίζει ανάμεσα στις δοκούς και η μεμβράνη να σφραγίζεται περιμετρικά σε κάθε δοκό με ταινίες αεροστεγανότητας, αποτρέποντας τη σήψη των κεφαλών των δοκών από εγκλωβισμένη υγρασία. [59], [61]

Ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται στην περίπτωση ξύλινων πατωμάτων εδραζόμενων στη λιθοδομή. Καθώς οι κεφαλές των δοκών εγκιβωτίζονται στην κρύα πλέον πέτρα, ο κίνδυνος σήψης λόγω υγραυποίησης είναι αυξημένος. Η λύση επιβάλλει τη συνέχεια της μόνωσης ανάμεσα στις δοκούς και την απόλυτη σφράγιση της διεπαφής ξύλου-τοίχου με ειδικές ταινίες αεροστεγανότητας, ώστε να εμποδίζεται η επαφή του θερμού εσωτερικού αέρα με τα ψυχρά τμήματα της δομής. [60], [62]

Εν κατακλείδι, ενώ η εξωτερική θερμομόνωση θωρακίζει το κτίριο συνολικά και εξαλείφει τις θερμογέφυρες, πλεονεκτεί σε ενεργειακή απόδοση και δομική προστασία. Η εσωτερική θερμομόνωση απαιτεί αυστηρό έλεγχο της αεροστεγανότητας για να αποφευχθούν παθολογίες όπως η μούχλα και η στατική αποσάθρωση, παραμένει μια αναγκαία επέμβαση για τη διατήρηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Σε κάθε εφαρμογή λιθοδομής, η χρήση μη διαπνεόντων υλικών (όπως η πολυστερίνη) αντενδείκνυται επιστημονικά, καθώς διαταράσσει την υγραυτική ισορροπία του κτιρίου και η επιλογή διαπνεόντων ορυκτών υλικών όπως ο πετροβάμβακας είναι καθοριστική για τη μακροζωία του κτιρίου και την υγεία των ενοίκων. [56], [52]

### 3.2.2. Όροφος οπτοπλινθοδομής: Εφαρμογή ETICS (Εξωτερικό Σύστημα Θερμομόνωσης).

Η ενεργειακή αναβάθμιση της πλινθοδομής (όροφος κατασκευασμένος από οπτόπλινθο) μέσω της εφαρμογής Εξωτερικού Συστήματος Θερμομόνωσης (ETICS - External Thermal Insulation Composite Systems) αποτελεί την πλέον ενδεδειγμένη μέθοδο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού αποθέματος. Στην περίπτωση φέρουσας τοιχοποιίας από οπτόπλινθους, όπου απουσιάζει ο σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα και δοκοί), η ομοιογένεια της κατασκευής επιτρέπει τη δημιουργία ενός συνεχούς και αδιατάρακτου θερμομονωτικού κελύφους, γεγονός που ελαχιστοποιεί τις απώλειες και μεγιστοποιεί τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. [1], [3]

Η εφαρμογή του συστήματος ETICS εξωτερικά της φέρουσας πλινθοδομής εξασφαλίζει τη διατήρηση της θερμοκρασίας του δομικού σώματος σε επίπεδα παραπλήσια με αυτά του εσωτερικού αέρα, επιτρέποντας σε ολόκληρη τη μάζα του τούβλου να βρίσκεται εντός του θερμαινόμενου χώρου. Στην περίπτωση αυτή, η απουσία στοιχείων σκελετού από σκυρόδεμα (υποστυλώματα και δοκοί) εξαλείφει τις έντονες γραμμικές θερμογέφυρες που αποτελούν συνήθεις εστίες συμπίκνωσης και απωλειών, επιτρέποντας στην τοιχοποιία να λειτουργεί ως ένας ενεργός θερμοσυσσωρευτής.

Το δομικό στοιχείο απορροφά θερμότητα κατά τη διάρκεια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης και την αποδίδει σταδιακά μέσω ακτινοβολίας προς το εσωτερικό όταν αυτά απενεργοποιούνται, προσφέροντας υψηλή θερμική άνεση και σταθεροποίηση των συνθηκών τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι [2], [5]. Παράλληλα, η στρατηγική αυτή μειώνει δραστικά τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο σώμα του τοίχου, περιορίζοντας τις θερμικές τάσεις και τις επακόλουθες ρηγματώσεις που παρατηρούνται σε μη μονωμένες κατασκευές λόγω των έντονων συστολοδιαστολών [2], [4].

Η επιστημονική αρτιότητα και η μακροπρόθεσμη αποδοτικότητα της εφαρμογής ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) σε φέρουσα πλινθοδομή εδράζεται στην αρχή της υγροθερμικής βαθμίδωσης, η οποία επιβάλλει τη διαδοχική τοποθέτηση υλικών με φθίνουσα αντίσταση στη διάχυση υδρατμών προς την εξωτερική πλευρά. Η στρατηγική αυτή διασφαλίζει τη διαπνοή του τούβλου, αποτρέποντας την παγίδευση υγρασίας στον δομικό πυρήνα και εκμηδενίζοντας τον κίνδυνο διαπρεδικής συμπίκνωσης.

Η διαδικασία ξεκινά με την προετοιμασία του υποστρώματος (φέρουσα πλινθοδομή), όπου ο σχολαστικός καθαρισμός από ρύπους ή παλαιά σαθρά επιχρίσματα είναι καθοριστικός για τη διασφάλιση της πρόσφυσης. Επί της υγιούς επιφάνειας εφαρμόζεται το συγκολλητικό κονίαμα, μια ινισχυμένη κόλλα υψηλής διαπερατότητας, η οποία αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ του στατικού φορέα και του μονωτικού συστήματος.

Ως θερμομονωτικό υλικό, η επιστημονική κοινότητα προκρίνει τον πετροβάμβακα, καθώς η ινώδης μικροδομή του επιτρέπει τη βέλτιστη διάχυση υδρατμών ( $\mu=1$ ), καθιστώντας τον ιδανικό για την αποφυγή υγροποιήσεων. Εναλλακτικά, η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) προσφέρει εξαιρετική θερμική αντίσταση, απαιτώντας όμως προσεκτικότερη επιλογή τελικών επιχρισμάτων. Η στατική επάρκεια του συστήματος έναντι ανεμοπιέσεων και δυνάμεων απόσχισης θωρακίζεται μέσω της μηχανικής στερέωσης με πλαστικά βύσματα (anchors), τα οποία είναι ειδικά μελετημένα για την αγκύρωση στις οπές των τούβλων χωρίς να προκαλούν ρηγματώσεις [4], [7].

Στη συνέχεια, η εφαρμογή της βασικής στρώσης ενισχύεται με την ενσωμάτωση υαλοπλέγματος, το οποίο λειτουργεί ως οπλισμός για την παραλαβή των μηχανικών καταπονήσεων και την αποτροπή τριχοειδών ρωγμών που προκύπτουν από τις θερμικές μεταβολές. Το σύστημα ολοκληρώνεται με το τελικό διαπνέον επίχρισμα, συνήθως σιλικονούχας ή πυριτικής βάσης. Η συγκεκριμένη στρώση επιτελεί διπλό ρόλο: λειτουργεί ως υδαταπωθητικό φράγμα ενάντια στη βροχή, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί τη διαπερατότητα, επιτρέποντας στους υδρατμούς να εκτονώνονται προς το περιβάλλον, διασφαλίζοντας έτσι την υγεία των ενοίκων και τη στατική ακεραιότητα του κτιρίου.

Από πλευράς Building Physics, η εξωτερική μόνωση σε φέρουσα πλινθοδομή μετατοπίζει το σημείο δρόσου (dew point) εκτός της μάζας του τούβλου και εντός του μονωτικού υλικού. Καθώς δεν υπάρχουν υποστυλώματα να λειτουργήσουν ως ψυχρά μέτωπα, η θερμοκρασιακή κατανομή σε όλο το μήκος της τοιχοποιίας παραμένει ομοιόμορφη. Αυτό προστατεύει τους οπτόπλινθους από τον παγετό και τη διάβρωση των συνδετικών κονιαμάτων, διασφαλίζοντας τη δομική ακεραιότητα του ορόφου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα [6], [8].

Η εφαρμογή ETICS σε φέρουσα πλινθοδομή χωρίς σκελετό σκυροδέματος αποτελεί την ιδανική περίπτωση ενεργειακής θωράκισης. Η έλλειψη ετερογενών υλικών (τούβλο-μπετόν) μειώνει τις πιθανότητες αστοχίας, ενώ η επιλογή διαπνεόντων υλικών όπως ο πετροβάμβακας διασφαλίζει την υγροθερμική ισορροπία και τη μακροζωία της κατασκευής [1], [5].

### **3.3. Στρατηγικές Μόνωσης Οριζόντιων Στοιχείων.**

Η ενεργειακή θωράκιση των οριζόντιων στοιχείων ενός κτιρίου (δώματα, στέγες, δάπεδα) είναι καθοριστική, καθώς τα στοιχεία αυτά παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες θερμικές ανταλλαγές λόγω της θέσης τους και της άμεσης έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία ή το έδαφος. Η επιστημονική προσέγγιση απαιτεί τον συνδυασμό θερμομόνωσης και στεγανοποίησης για τη διασφάλιση της υγροθερμικής ισορροπίας [2], [4].

#### **3.3.1. Στέγη/Δώμα: Λύσεις μόνωσης και υγρομόνωσης.**

Η ενεργειακή θωράκιση των οριζόντιων στοιχείων ανωδομής, και ειδικότερα των δωματίων και των κεκλιμένων στεγών, αποτελεί μια κρίσιμη παρέμβαση για την υγροθερμική σταθερότητα του κτιριακού φακέλου. Στα δώματα (επίπεδες οροφές), η επικρατέστερη επιστημονικά μέθοδος είναι η Ανεστραμμένη Μόνωση, μια στρατηγική επιλογή που διαφοροποιείται από την κλασική διάταξη τοποθετώντας τη θερμομονωτική στρώση πάνω από την υγρομόνωση. Η προσέγγιση αυτή προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα της πλήρους προστασίας της στεγανωτικής στρώσης από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις, τον παγετό και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV), παρατείνοντας σημαντικά τον χρόνο ζωής της [1], [5].

Η επιστημονικά ορθή σειρά των στρώσεων σε ένα ανεστραμμένο δώμα ξεκινά από την Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος, η οποία αποτελεί τον φέροντα οργανισμό. Επί αυτής εφαρμόζεται το Κονίαμα Ρύσεων, το οποίο διασφαλίζει την απαραίτητη κλίση για την ταχεία απορροή των υδάτων προς τις υδρορροές. Στη συνέχεια τοποθετείται η Στεγανωτική Στρώση (Υγρομόνωση), η οποία μπορεί να αποτελείται από διπλή ασφαλική μεμβράνη ή επαλειφόμενα πολυουρεθανικά υλικά. Πάνω από την υγρομόνωση εδράζεται το Θερμομονωτικό Υλικό, όπου η χρήση πλακών

Εξηλασμένης Πολυστερίνης (XPS) κρίνεται απαραίτητη. Η επιλογή της XPS είναι επιβεβλημένη λόγω των μηδενικών επιπέδων απορρόφησης υγρασίας και της υψηλής θλιπτικής αντοχής που διαθέτει, επιτρέποντας στο υλικό να διατηρεί τις μονωτικές του ιδιότητες ακόμη και σε συνθήκες μόνιμης επαφής με το νερό [3]. Το σύστημα ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση ενός Γεωφάσματος που λειτουργεί ως στρώση φιλτραρίσματος, και την Τελική Στρώση Προστασίας, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει ταρατσόπλακες, χαλίκι ή βιοκλιματική φύτευση, ανάλογα με τη χρήση του δώματος [7].

Στην περίπτωση της Κεκλιμένης Στέγης, η υγραστική διαχείριση ακολουθεί διαφορετική λογική, καθώς η μόνωση τοποθετείται συνήθως πάνω από την πλάκα ή ενδιάμεσα στα δομικά στοιχεία (αμείβοντες). Εδώ, η χρήση πετροβάμβακα θεωρείται επιβεβλημένη, καθώς το υλικό αυτό προσφέρει τον βέλτιστο συνδυασμό θερμομόνωσης, διαπνοής και παθητικής πυροπροστασίας. Η κατασκευή θωρακίζεται εξωτερικά με μια αναπνέουσα μεμβράνη, η οποία επιτρέπει τη διαφυγή των υδρατμών από το εσωτερικό της στέγης προστατεύοντάς την ταυτόχρονα από τη βροχή, ενώ εσωτερικά τοποθετείται ένα φράγμα υδρατμών για τον απόλυτο έλεγχο της διάχυσης υγρασίας προς τη μονωτική στρώση [6].

### **3.3.2. Δάπεδα/Πατώματα: Λύσεις μόνωσης σε επαφή με το έδαφος ή μη θερμαινόμενο χώρο.**

Η ενεργειακή θωράκιση των δαπέδων σε κτίρια όπου το ισόγειο εδράζεται άμεσα στο έδαφος και το μεσοπάτωμα αποτελείται από ξύλινο φορέα, απαιτεί μια εξειδικευμένη προσέγγιση που να συνδυάζει τη θερμική ανάλυση με την αυστηρή διαχείριση της υγρασίας. Η μόνωση των δαπέδων επί εδάφους αποσκοπεί πρωτίστως στον περιορισμό των θερμικών απωλειών προς τη γεωμάζα, αλλά η διαχείριση της ανιούσας υγρασίας αποτελεί το κρισιμότερο σημείο στη διεπιφάνεια εδάφους-κτιρίου, καθώς τυχόν αστοχία μπορεί να οδηγήσει σε αποσάθρωση των δομικών υλικών και υποβάθμιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα [4], [8].

Σύμφωνα με τις αρχές της οικοδομικής φυσικής, η επιστημονικά ορθή σειρά των στρώσεων για το δάπεδο του ισόγειου ξεκινά από το σκυρόδεμα καθαριότητας (εδαφόπλακα). Επί αυτού τοποθετείται η Στεγανωτική Μεμβράνη (Φράγμα Υγρασίας), αποτελούμενη από φύλλα πολυαιθυλενίου ή ασφαλτόπανα, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την πλήρη αποκοπή της ανιούσας υγρασίας από το υπέδαφος. Ακολουθεί το Θερμομονωτικό Υλικό, όπου επιβάλλεται η χρήση πλακών Εξηλασμένης Πολυστερίνης (XPS). Το υλικό αυτό επιλέγεται λόγω της εξαιρετικής θλιπτικής του αντοχής (>300 kPa), η οποία του επιτρέπει να παραλαμβάνει τα στατικά και δυναμικά φορτία του δαπέδου χωρίς παραμορφώσεις, διατηρώντας ταυτόχρονα τις μονωτικές του ιδιότητες σε συνθήκες αυξημένης υγρασίας [1], [3].

Πάνω από τη μόνωση εφαρμόζεται ένα Προστατευτικό Φύλλο PE, το οποίο αποτρέπει την εισχώρηση του τσιμεντοκονιάματος στους αρμούς των πλακών κατά τη φάση της σκυροδέτησης, διασφαλίζοντας τη συνέχεια του θερμικού φράγματος. Η διαστρωμάτωση ολοκληρώνεται με το Τσιμεντοκονίαμα Γεμίσματος για την κάλυψη των υδραυλικών και ηλεκτρολογικών οδεύσεων, και την Τελική Επίστρωση (πλακίδια, μάρμαρο ή ξύλο).

Όσον αφορά το ξύλινο μεσοπάτωμα, η απουσία υφιστάμενης μόνωσης εισάγει προκλήσεις τόσο θερμικής όσο και ακουστικής φύσεως. Η επιστημονική πρόταση για την αναβάθμισή του —

ιδιαίτερα αν συνδυάζεται με εσωτερική μόνωση τοιχοποιίας— επιβάλλει την πλήρωση του κενού μεταξύ των ξύλινων δοκών με πετροβάμβακα. Ο πετροβάμβακας, λόγω της ινώδους δομής και της διαπνοής του, προστατεύει το ξύλο από τον εγκλωβισμό υγρασίας ενώ παράλληλα προσφέρει σημαντική ηχομόνωση και πυροπροστασία [2], [5]. Η παρέμβαση αυτή πρέπει να συνοδεύεται από τη χρήση μεμβρανών αεροστεγανότητας στα σημεία έδρασης των δοκών στη λιθοδομή, ώστε να αποτραπεί η ροή θερμού και υγρού αέρα προς τις ψυχρές κεφαλές των δοκών, διασφαλίζοντας τη μακροζωία του ξύλινου φορέα [6], [8].

Η ορθή διαστρωμάτωση εξασφαλίζει ότι το σημείο δρόσου δεν θα βρεθεί εντός του φέροντος οργανισμού, προστατεύοντας τον οπλισμό από τη διάβρωση. Στα οριζόντια στοιχεία, η επιλογή της XPS για δώματα και δάπεδα εδάφους είναι επιστημονικά επιβεβλημένη λόγω της υδατοστεγανότητάς της, ενώ ο πετροβάμβακας προτιμάται σε στέγες για τη διαπνοή και την πυρασφάλεια [6], [7].

### **3.4. Κουφώματα και Αρχιτεκτονική Συνέπεια.**

Η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με νέα, υψηλής ενεργειακής απόδοσης, αποτελεί έναν από τους κρίσιμότερους πυλώνες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος ενός κτιρίου, ειδικά σε κατασκευές με υψηλή θερμική μάζα όπως οι λιθοδομές. Η παρέμβαση αυτή δεν αφορά μόνο τη μείωση της θερμοπερατότητας (U-value), αλλά επηρεάζει άμεσα την αεροστεγανότητα, τη διαχείριση των ηλιακών κερδών και την αρχιτεκτονική συνοχή του συνόλου.

#### **3.4.1. Αντικατάσταση με θερμομονωτικά κουφώματα και ενσωμάτωση βιοκλιματικής σκίασης για μείωση του φορτίου ψύξης.**

Η χρήση θερμοδιακοπόμενων πλαισίων (αλουμινίου, ξύλου ή PVC) σε συνδυασμό με ενεργειακούς υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-E) εξαλείφει τις απώλειες μέσω αγωγιμότητας. Οι υαλοπίνακες αυτοί φέρουν ειδικές επιστρώσεις μετάλλων που αντανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, διατηρώντας τη θερμότητα στο εσωτερικό τον χειμώνα και εμποδίζοντας την είσοδό της το καλοκαίρι. Παράλληλα, η πλήρωση του διακένου μεταξύ των υαλοπινάκων με ευγενή αέρια (όπως το αργό) μειώνει περαιτέρω τη θερμική ροή [1], [5].

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη λεπτομέρεια της εγκατάστασης. Σε κτίρια με εσωτερική ή εξωτερική μόνωση, το κούφωμα πρέπει να τοποθετείται στη στάθμη της θερμομονωτικής στρώσης (thermal line) για την αποφυγή γραμμικών θερμογεφυρών περιμετρικά της κάσας. Η χρήση διογκούμενης ταινίας στεγάνωσης και ειδικών μεμβρανών αεροστεγανότητας στη σύνδεση κουφώματος-τοίχου διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξουν ανεπιθύμητες διεισδύσεις αέρα, οι οποίες ευθύνονται για σημαντικό ποσοστό των θερμικών απωλειών [2], [4].

Ενώ η μόνωση και τα κουφώματα προστατεύουν το κτίριο από την απώλεια θερμότητας, η διαχείριση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες είναι απαραίτητη για τη μείωση του φορτίου ψύξης. Η ενσωμάτωση βιοκλιματικών συστημάτων σκίασης αποτελεί την πλέον

αποτελεσματική παθητική στρατηγική. Τα συστήματα αυτά (όπως σταθερά ή κινητά περσιδωτά, πρόβολοι, ή τέντες) πρέπει να σχεδιάζονται με βάση τον προσανατολισμό και την τροχιά του ήλιου [3], [7].

Στις νότιες όψεις, οριζόντια στοιχεία σκίασης επιτρέπουν στον χαμηλό χειμερινό ήλιο να εισέλθει και να θερμάνει τον χώρο, ενώ εμποδίζουν τον υψηλό καλοκαιρινό ήλιο. Στις ανατολικές και δυτικές όψεις, όπου ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλή γωνία, τα κατακόρυφα κινητά στοιχεία σκίασης είναι πιο αποδοτικά. Η στρατηγική αυτή, σε συνδυασμό με την υψηλή θερμική αδράνεια της λιθοδομής, μπορεί να εκμηδενίσει την ανάγκη για ενεργητική ψύξη (κλιματισμό), καθώς το κτίριο παραμένει δροσερό μέσω της αποφυγής των ηλιακών κερδών και του νυχτερινού αερισμού [6], [8].

Τέλος, η επιλογή των κουφωμάτων πρέπει να σέβεται την αρχιτεκτονική ταυτότητα του κτιρίου. Σε παραδοσιακές λιθοδομές, η χρήση ξύλινων θερμομονωτικών κουφωμάτων ή αλουμινίου με λεπτές διατομές και κατάλληλους χρωματισμούς διασφαλίζει ότι η ενεργειακή αναβάθμιση δεν θα υποβαθμίσει την αισθητική αξία του κτίσματος. Η διατήρηση των αναλογιών των ανοιγμάτων και η ενσωμάτωση της σκίασης ως αναπόσπαστο στοιχείο της πρόσοψης αποτελούν δείγμα ποιοτικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού [3], [5].

## Κεφάλαιο 4: Συνοπτική Αναβάθμιση Συστημάτων και Βιωσιμότητα.

### 4.1. Συστήματα Παραγωγής Θερμότητας/Ψύξης.

Η μετάβαση σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) υψηλής ενεργειακής απόδοσης αποτελεί τον κεντρικό πυλώνα της απαλλαγής του κτιριακού τομέα από τις εκπομπές άνθρακα. Η ανάλυση που ακολουθεί εξετάζει τις τεχνολογικές παραμέτρους, τη θερμοδυναμική απόδοση και τις στρατηγικές βελτιστοποίησης των συστημάτων αυτών.

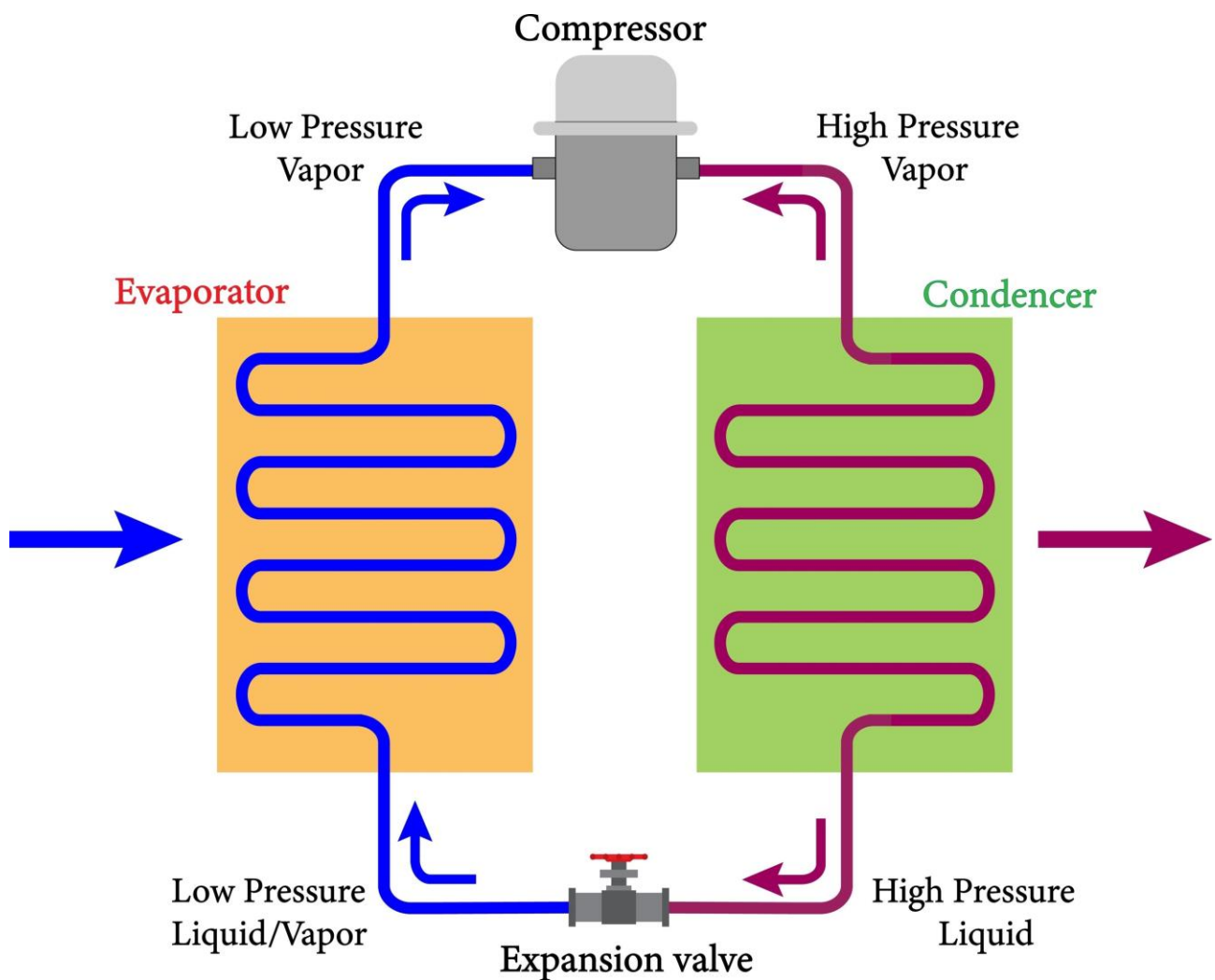
#### 4.1.1. Προτάσεις για μετάβαση σε υψηλής απόδοσης συστήματα.

Η παραδοσιακή παραγωγή θερμότητας που βασίζεται στην καύση ορυκτών καυσίμων αντικαθίσταται σταδιακά από συστήματα που αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές ή παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Η τεχνολογία αιχμής στον τομέα αυτό είναι οι **Αντλίες Θερμότητας (ΑΘ)**, οι οποίες λειτουργούν βάσει του αντίστροφου κύκλου Carnot, μεταφέροντας θερμότητα από το περιβάλλον (αέρας, έδαφος, νερό) προς τον εσωτερικό χώρο. Η επιστημονική προσέγγιση του ζητήματος απαιτεί την κατανόηση της θερμοδυναμικής των συστημάτων και της αλληλεπίδρασής τους με το κέλυφος του κτιρίου, στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των απωλειών ενέργειας. Η θεωρητική αποδοτικότητα αυτών των συστημάτων περιγράφεται από τον Συντελεστή Απόδοσης (COP), ο οποίος για μια ιδανική αντλία θερμότητας διέπεται από τη μαθηματική σχέση του κύκλου Carnot:

$$\text{COP}_{\text{ideal}} = T_h / (T_h - T_c)$$

όπου  $T_h$  είναι η απόλυτη θερμοκρασία του θερμού μέσου (προσαγωγή) και  $T_c$  η απόλυτη θερμοκρασία της πηγής (περιβάλλον). Από τον τύπο αυτό προκύπτει ότι όσο μικρότερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ πηγής και προσαγωγής, τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση του συστήματος, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες προσαγωγής. Στις σύγχρονες ΑΘ αέρος-νερού, ο εποχιακός συντελεστής (SCOP) μπορεί να υπερβεί το 4.0, πράγμα που σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, αποδίδονται τέσσερις μονάδες θερμικής ενέργειας, υπερέχοντας σημαντικά από τους λέβητες συμπίκνωσης που περιορίζονται θεωρητικά σε αποδόσεις κοντά στο 110% λόγω της αξιοποίησης της λανθάνουσας θερμότητας των καπναερίων. [1], [2]

Η σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας και των θερμοδυναμικών μεγεθών που περιγράφηκαν ανωτέρω παρατίθεται στην *Εικόνα 1*.

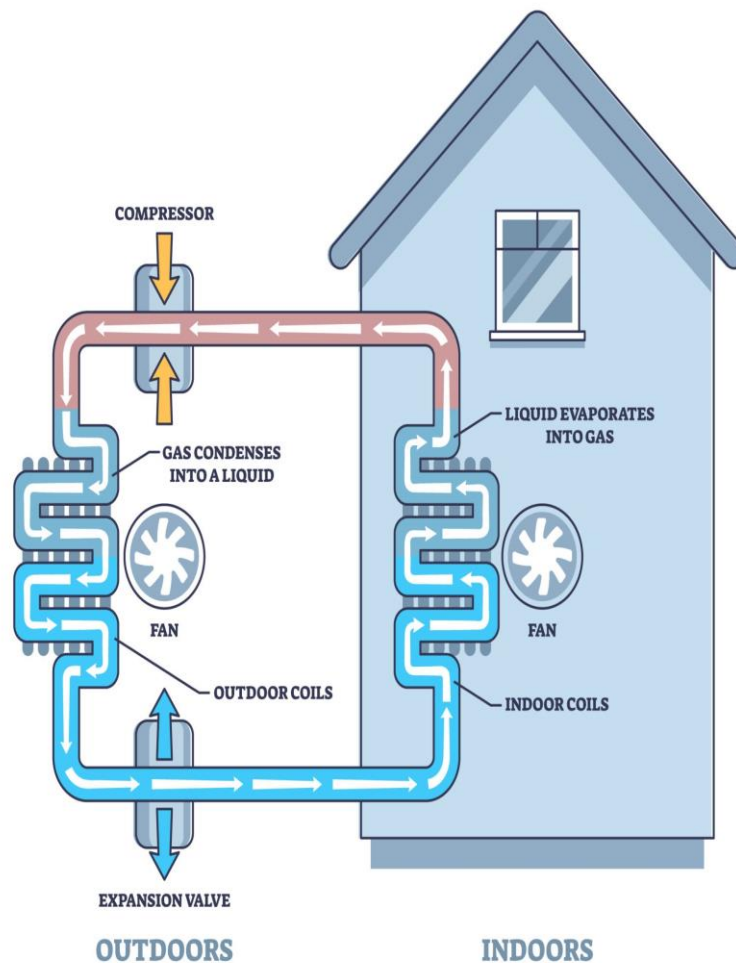


Εικόνα 1.,

Για την ψύξη, η βελτιστοποίηση επικεντρώνεται στη χρήση μετατροπέων συχνότητας (inverters) και στην επιλογή ψυκτικών μέσων με χαμηλό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP), όπως το R32 ή το προπάνιο (R290). Η ενσωμάτωση συστημάτων Ελεύθερης Ψύξης (Free Cooling), όπου το περιβάλλον αξιοποιείται απευθείας για την απαγωγή θερμότητας χωρίς τη χρήση συμπιεστή, ενισχύει τον δείκτη SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) των εγκαταστάσεων. Η μετάβαση σε τέτοια συστήματα απαιτεί ακριβή υπολογισμό των θερμικών φορτίων και υδραυλική εξισορρόπηση του δικτύου, ώστε να διασφαλίζεται η λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες προσαγωγής, γεγονός που μεγιστοποιεί την απόδοση των ΑΘ. [3], [4]

Τα ανωτέρω τεχνικά χαρακτηριστικά και η διάταξη των εν λόγω συστημάτων απεικονίζονται σχηματικά στην *Εικόνα 2*.

## AIR SOURCE HEAT PUMP



Εικόνα 2.

### 4.1.2 Βελτίωση του Ζεστού Νερού Χρήσης.

Η παραγωγή ZNX αντιπροσωπεύει ένα κρίσιμο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, ιδιαίτερα σε κτίρια με υψηλή μόνωση. Η βελτίωση της απόδοσης εδώ επιτυγχάνεται μέσω της Ηλιοθερμίας και της Θερμικής Αποθήκευσης.. Τα συστήματα βεβιασμένης κυκλοφορίας με επιλεκτικούς συλλέκτες ή σωλήνες κενού μπορούν να καλύψουν έως και το 80% των ετήσιων αναγκών σε μεσογειακά κλίματα. Η συνέργεια μεταξύ ηλιοθερμικών συστημάτων και Αντλιών Θερμότητας (υβριδικά συστήματα) επιτρέπει την παραγωγή ZNX με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς η ΑΘ λειτουργεί μόνο συμπληρωματικά όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι ανεπαρκής. Κρίσιμος παράγοντας στη βελτίωση του ZNX είναι η μείωση των απωλειών

διανομής και αποθήκευσης. Η χρήση δοχείων αδρανείας (accumulators) με υψηλή θερμομόνωση (πολυουρεθάνη υψηλής πυκνότητας) και η εφαρμογή στρατηγικών στρωμάτωσης (stratification) εντός του δοχείου διασφαλίζουν ότι το θερμό νερό παραμένει στο ανώτερο τμήμα, έτοιμο προς χρήση, χωρίς να αναμιγνύεται πρόωρα με το ψυχρό νερό αναπλήρωσης. Η χρήση ΑΘ ZNX επιτυγχάνει COP άνω του 3.0 ακόμα και σε περιόδους χαμηλής ηλιοφάνειας. Επιπλέον, η ενσωμάτωση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας από τα γκρίζα νερά (Gray Water Heat Recovery) μέσω εναλλακτών θερμότητας μπορεί να προθερμάνει το εισερχόμενο δίκτυο, μειώνοντας το απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης κατά 20-30%. Για παράδειγμα, η προθέρμανση του νερού εισόδου από τους 15°C στους 25°C μειώνει δραστικά το έργο της ΑΘ. Η μείωση των απωλειών διανομής επιτυγχάνεται επίσης μέσω δοχείων αδρανείας με υψηλή θερμομόνωση και εφαρμογή στρατηγικών στρωμάτωσης (stratification), ενώ η χρήση έξυπνης ανακυκλοφορίας (Smart Recirculation) μπορεί να μειώσει τις θερμικές απώλειες στις σωληνώσεις έως και 30%. [5], [6], [7], [8]

Συνοψίζοντας την ανάλυση, η περίπτωση ενός κτιρίου κατασκευής του 1955 με ισόγειο από λιθοδομή και όροφο από οπτοπλινθοδομή απαιτεί εξειδικευμένη ανάλυση λόγω της ανομοιογένειας των υλικών. Το ισόγειο (πέτρα πάχους 50-60 cm) παρουσιάζει υψηλή θερμική μάζα αλλά χαμηλή θερμική αντίσταση (R), λειτουργώντας ως "θερμική μπαταρία" με σημαντική χρονική υστέρηση (time lag). Αντίθετα, ο αμόνωτος όροφος από τούβλο παρουσιάζει υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) που συχνά υπερβαίνει τα 2.5 W/m<sup>2</sup>K. Για την ενεργειακή του αναβάθμιση προτείνεται η εγκατάσταση ΑΘ μεσαίων θερμοκρασιών με τεχνολογία EVI (Enhanced Vapor Injection), η οποία διατηρεί υψηλό COP ακόμη και σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες.

Η επιλογή Fan Coil Units (FCU) επιτρέπει την ταχύτερη απόκριση του συστήματος, αντισταθμίζοντας τον χρόνο που απαιτείται για τη θέρμανση των λίθινων τοίχων. Για το ZNX, η χρήση συλλεκτών κενού (vacuum tubes) είναι η πλέον αποδοτική λόγω της υψηλής απόδοσης σε συνθήκες διάχυτης ακτινοβολίας. Τέλος, η διαχείριση της θερμοκρασίας για την αποφυγή της Legionella πρέπει να γίνεται με έξυπνους ελεγκτές που εξασφαλίζουν τη θερμική απολύμανση με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. [9].

Συμπερασματικά, η ενεργειακή θωράκιση του κτιρίου μέσω της ολιστικής εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών προσφέρει μια ολοκληρωμένη απάντηση στις σύγχρονες απαιτήσεις. Η ανάλυση των θερμοφυσικών παραμέτρων και η εφαρμογή των θερμοδυναμικών τύπων επιβεβαιώνουν ότι ο συνδυασμός ΑΘ τεχνολογίας EVI, ηλιοθερμίας και έξυπνης ανακυκλοφορίας ZNX μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του λειτουργικού κόστους έως και 70%, μετατρέποντας μια ενεργοβόρα ιστορική κατασκευή σε πρότυπο ενεργειακής αποδοτικότητας και κλιματικής ουδετερότητας.

## Κεφάλαιο 5: Τελική Αξιολόγηση, Πιστοποίηση και Συμπεράσματα.

### 5.1. Ποσοτική Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης.

Η ποσοτική αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης αποτελεί το στάδιο της αριθμητικής αποτίμησης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή των διαφόρων σεναρίων αναβάθμισης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου. Η ανάλυση αυτή βασίζεται στον υπολογισμό συγκεκριμένων ενεργειακών δεικτών, με κυριότερους την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο ( $\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$ ) και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{kgCO}_2/\text{m}^2/\text{έτος}$ ). Μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων που προέκυψαν από το λογισμικό προσομοίωσης, προσδιορίζεται με ακρίβεια η ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνει κάθε σενάριο παρεμβάσεων (είτε αυτό αφορά το κτιριακό κέλυφος, είτε τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα). Η ποσοτική αυτή προσέγγιση επιτρέπει την αντικειμενική ιεράρχηση των προτεινόμενων λύσεων ως προς την ενεργειακή τους αποτελεσματικότητα, παρέχοντας ταυτόχρονα τα απαραίτητα ποσοτικά δεδομένα για τη μετέπειτα οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης.

#### 5.1.1. Προσομοίωση και Έκδοση ΠΕΑ Τελικής Μορφής (μετά τις παρεμβάσεις).

Κατόπιν της οριστικοποίησης του βέλτιστου συνδυασμού παρεμβάσεων, πραγματοποιήθηκε η τελική ενεργειακή προσομοίωση στο λογισμικό και η έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) της τελικής μορφής του κτιρίου. Η εισαγωγή των νέων τεχνικών χαρακτηριστικών —όπως οι μειωμένοι συντελεστές θερμοπερατότητας  $U$  των δομικών στοιχείων και οι βελτιωμένοι βαθμοί απόδοσης των νέων συστημάτων— οδήγησε στην αναβάθμιση του κτιρίου στην ενεργειακή κλάση **B+**. Η εξέλιξη αυτή αποδεικνύει την επιτυχή εκπλήρωση των στόχων που είχαν τεθεί αρχικά, καθώς το αναβαθμισμένο κτίριο προσεγγίζει ή και ξεπερνά τις προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς, ελαχιστοποιώντας το χάσμα μεταξύ της παλαιάς, ενεργοβόρας κατασκευής και των σύγχρονων απαιτήσεων βιωσιμότητας.

#### 5.1.2. Ανάλυση της μείωσης των ενεργειακών αναγκών.

Η σύγκριση μεταξύ της αρχικής και της τελικής κατάστασης αναδεικνύει μια δραστική μείωση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ΠΕΑ, η εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε  $269,4 \text{ kWh/m}^2$ , επιφέροντας μια εντυπωσιακή ποσοστιαία μείωση της τάξης του 75,9 %. Παράλληλα, το σενάριο των παρεμβάσεων εξασφαλίζει ετήσια μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά  $14,85 \text{ kg/m}^2$ . Από οικονομικής πλευράς, για την υλοποίηση του συνόλου των ανωτέρω παρεμβάσεων απαιτείται ένα αρχικό κόστος επένδυσης ύψους 21.788,10 €, το οποίο παρουσιάζει απλή περίοδο αποπληρωμής 30,56 ετη, υπολογιζόμενη με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση.

## **5.2. Συμπεράσματα.**

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε τη σημασία της ολιστικής προσέγγισης στον ενεργειακό ανασχεδιασμό του μεταπολεμικού κτιριακού αποθέματος της χώρας. Μέσα από τη διαδικασία της επιθεώρησης, του καθορισμού στόχων και των υπολογιστικών προσομοιώσεων, αποδείχθηκε ότι η τεχνικά ορθή επιλογή παρεμβάσεων μπορεί να μετατρέψει μια ενεργοβόρα κατοικία παλαιάς κατασκευής σε μια σύγχρονη μονάδα υψηλής απόδοσης. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν ότι η επίτευξη υψηλών ενεργειακών στόχων (όπως η κλάση B+) είναι απόλυτα εφικτή, αρκεί να εφαρμοστεί ένα ολοκληρωμένο πλάνο που συνδυάζει τη θωράκιση του κελύφους με τη χρήση αποδοτικών συστημάτων.

### **5.2.1. Η αποτελεσματικότητα των εξειδικευμένων τεχνικών μόνωσης και ενίσχυσης ως πρωταρχικό μέσο βιώσιμης αναβάθμισης.**

Το βασικότερο συμπέρασμα που προκύπτει από την αξιολόγηση είναι ότι οι εξειδικευμένες τεχνικές μόνωσης και ενίσχυσης του κτιριακού κελύφους (μόνωση κατακόρυφου κελύφους και στέγης) αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο για τις κατοικίες της μεταπολεμικής περιόδου. Τα κτίρια αυτά, έχοντας κατασκευαστεί προγενέστερα οποιουδήποτε κανονισμού θερμομόνωσης, παρουσιάζουν τεράστιες απώλειες. Η μείωση των απωλειών αυτών μέσω των δομικών στοιχείων και η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων δρουν άμεσα στην "πηγή" του προβλήματος.

Χωρίς αυτή τη δομική θωράκιση, τα νέα συστήματα παραγωγής (όπως η αντλία θερμότητας και τα A/C) θα καλούνταν να καλύψουν υπερβολικά θερμικά φορτία, οδηγώντας σε ασύμφορη λειτουργία. Συνεπώς, ο συνδυασμός της μόνωσης με τη ριζική αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης και την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για ZNX αποτελεί τη μοναδική ενδεδειγμένη στρατηγική για τη διασφάλιση μόνιμης εξοικονόμησης, θερμικής άνεσης και περιβαλλοντικής προστασίας σε κατοικίες αυτής της περιόδου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Έντυπη Βιβλιογραφία

1. Φιλιππίδης, Δ. (1984). *Νεοελληνική αρχιτεκτονική: Αρχιτεκτονική θεωρία και πράξη (1830-1980)*. Εκδόσεις Μέλισσα.
2. Alevizou, A., & Niachou, K. (2021). Thermal performance of traditional stone masonry buildings: A case study in Greece. *Journal of Building Engineering*, 33, 101-115.
3. Τσουμάση, Μ. (2015). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παραδοσιακή αρχιτεκτονική στην Ελλάδα*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
4. Bikas, D., & Tsikaloudaki, K. (2010). The energy behavior of traditional buildings in Northern Greece. *International Journal of Sustainable Energy*, 29(2), 74–85.
5. Theodoridou, I., Papadopoulos, A. M., & Hegger, M. (2011). Statistical analysis of the Greek residential building stock, in order to implement the European energy performance of buildings directive. *Energy Policy*, 39(6), 3774–3781.
6. Αραβαντινός, Δ. (2008). *Κτιριολογία: Δομικά υλικά και στοιχεία κτιρίων*. Εκδόσεις Ζήτη.
7. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2017). *Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 20701-1/2017: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων*. ΤΕΕ.
8. Balaras, C. A., Gaglia, A. G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. P. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Energy and Buildings*, 39(5), 560–575.
9. Σανταμούρης, Μ. (Επιμ.). (2001). *Η ενέργεια στο κτιριακό περιβάλλον*. Εκδόσεις Δίαυλος.
10. Drousa, K. G., Kontoyiannidis, S., Dascalaki, E. G., & Balaras, C. A. (2016). Mapping the energy performance of Hellenic residential buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 174–190.
11. Santamouris, M., Alevizos, S. M., Aslanoglou, L., Mantas, D., Pappas, A., & Karatasou, K. (2014). Freezing the poor—Indoor environmental quality in low and very low income households during the winter period in Athens. *Energy and Buildings*, 70, 256–270.
12. Papadopoulos, A. M., Theodosiou, T. G., & Karatzas, K. D. (2002). Feasibility of energy saving measures in Greece. *Energy and Buildings*, 34(2), 137–146.
13. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020). *Μακροπρόθεσμη στρατηγική ανακαίνισης του δημόσιου και ιδιωτικού κτιριακού αποθέματος*. ΥΠΕΝ.
14. Theodoridou, I., Papadopoulos, A. M., & Hegger, M. (2011). Statistical analysis of the Greek residential building stock. *Energy Policy*, 39(6), 3774–3781.
15. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2017). *Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 20701-1/2017: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων*. ΤΕΕ.

16. Asimakopoulos, D. N., et al. (2012). *Modelling the energy efficiency of heritage buildings. Renewable Energy*, 42, 166–173.
17. Σανταμούρης, Μ. (Επιμ.). (2001). *Η ενέργεια στο κτιριακό περιβάλλον. Εκδόσεις Δίαυλος*.
18. Papadopoulos, A. M. (2005). *State of the art in thermal insulation materials. Energy and Buildings*, 37(1), 77–86.
19. Alevizou, A., & Niachou, K. (2021). *Thermal performance of traditional stone masonry buildings. Journal of Building Engineering*, 33, 101115.
20. Binda, L., Saisi, A., & Tiraboschi, C. (2000). *Investigation procedures for the diagnosis of historic masonry structures. Construction and Building Materials*, 14(4), 199-233.
21. Lourenço, P. B. (2002). *Computations on historic masonry structures. Progress in Structural Engineering and Materials*, 4(3), 301-319.
22. Hall, C., & Hoff, W. D. (2011). *Water Transport in Brick, Stone and Concrete (2nd ed.)*. Spon Press.
23. Goudie, A. S., & Viles, H. A. (1997). *Salt Weathering Hazards*. John Wiley & Sons.
24. Hens, H. S. (2017). *Building Physics - Heat, Air and Moisture: Fundamentals and Engineering Methods with Examples and Exercises*. Ernst & Sohn.
25. Lucchi, E. (2014). *Thermal energy assessment of the historic built heritage: Simulative and experimental comparison. Energy and Buildings*, 82, 599-608.
26. Hens, H. (2017). *Applied Building Physics: Boundary Conditions, Process Fundamentals and Technical Data*. Wiley.
27. Moon, H. J. (2005). *Assessing of Mycology and Hygrothermal Performance of Building Envelopes*. Georgia Institute of Technology.
28. Straube, J. F., & Burnett, E. F. (2005). *Building Science for Building Enclosures*. Building Science Press.
29. Baker, N. (2013). *The Handbook of Sustainable Refurbishment: Non-Domestic Buildings*. Routledge.
30. Tomazevic, M. (1999). *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings*. Imperial College Press.
31. Anderson, B. (2016). *Conventions for U-value calculations. Building Research Establishment (BRE)*.
32. Binda, L., & Saisi, A. (2005). *State of the art of research on historic structures in Italy. Construction and Building Materials*, 19(6), 459-467.
33. Ge, H., & Baba, F. (2015). *Effect of dynamic modeling of thermal bridges on the energy performance of residential buildings. Energy and Buildings*, 107, 429-440.
34. Hens, H. (2012). *Applied Building Physics: Ambient Conditions, Building Performance and Material Properties*. Ernst & Sohn.
35. Massari, G., & Massari, I. (1993). *Damp Buildings, Old and New*. ICCROM.
36. Chvatal, K. M. S., & Corvacho, F. (2009). *The importance of thermal mass in the internal comfort of buildings. Proceedings of the 11th International IBPSA Conference*.
37. Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Danish Technical Press.

38. Apostolopoulou, M., Bakolas, A., & Moropoulou, A. (2019). Evaluation of natural hydraulic lime mortars for the restoration of historic masonries. *Journal of Cultural Heritage*, 38, 26-41.
39. Binda, L., Saisi, A., & Tiraboschi, C. (2000). Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries. *Construction and Building Materials*, 14(4), 199-233.
40. Collepardi, M. (2005). Admixtures used in ancient Roman concretes and modern restoration mortars. *Cement and Concrete Composites*, 27(6), 703-708.
41. Groot, C., Ashall, G., & Hughes, J. (2004). Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair. *RILEM State-of-the-Art Reports*.
42. Lagomarsino, S., & Cattari, S. (2015). *Seismic performance of historical masonry structures*. Springer.
43. Lanas, J., & Alvarez, J. I. (2003). Masonry repair lime-based mortars: Factors affecting the mechanical behaviour. *Cement and Concrete Research*, 33(11), 1867-1876.
44. Moropoulou, A., Bakolas, A., & Anagnostopoulou, S. (2005). Composite materials in ancient structures. *Cement and Concrete Composites*, 27(2), 295-300.
45. Papayianni, I., & Stefanidou, M. (2006). Strength-porosity relationships in lime-pozzolan mortars. *Construction and Building Materials*, 20(9), 700-705.
46. Silva, B. A., Ferreira Pinto, A. P., & Gomes, A. (2015). Natural hydraulic lime mortars for historical structures. *International Journal of Architectural Heritage*, 9(5), 524-541.
47. Valluzzi, M. R., da Porto, F., & Modena, C. (2001). Behavior of multi-leaf stone masonry walls strengthened by injecting hydrates-lime based grouts. *Materials and Structures*, 34(8), 478-484.
48. Aravantinos, D. (2012). *Building Physics: Thermal Insulation of Buildings*. University Studio Press. (In Greek).
49. Bikas, D., & Kontoleon, K. J. (2014). The impact of thermal mass on the energy performance of stone masonry buildings. *Journal of Building Engineering*, 2(1), 45-58.
50. European Organization for Technical Assessment (EOTA). (2020). EAD 040083-00-0404: External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Renderings.
51. Hens, H. S. L. (2017). *Building Physics - Heat, Air and Moisture: Fundamentals and Engineering Methods with Examples and Exercises*. Ernst & Sohn.
52. Papadopoulos, A. M. (2005). State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and Buildings*, 37(1), 77-86.
53. Tsakaloudi, V., & Kotsopoulos, S. (2019). Hygrothermal performance of traditional and modern wall assemblies. *International Journal of Architectural Heritage*.
54. Torney, C., et al. (2014). The role of moisture in the degradation of historic masonry. *Construction and Building Materials*, 50, 706-712.
55. Kastanakis, G. (2021). Natural Hydraulic Lime (NHL) in restoration and energy upgrading of traditional buildings. *Technical Publications*.
56. Biseniece, E., Blumberga, D., Karklina, I., & Gravelsins, A. (2017). Historical Brick Building Insulation. Internal or External? *Energy Procedia*, 113, 102-109.
57. Hens, H. (2017). *Building Physics - Heat, Air and Moisture: Fundamentals and Engineering Methods with Examples and Exercises*. Ernst & Sohn.

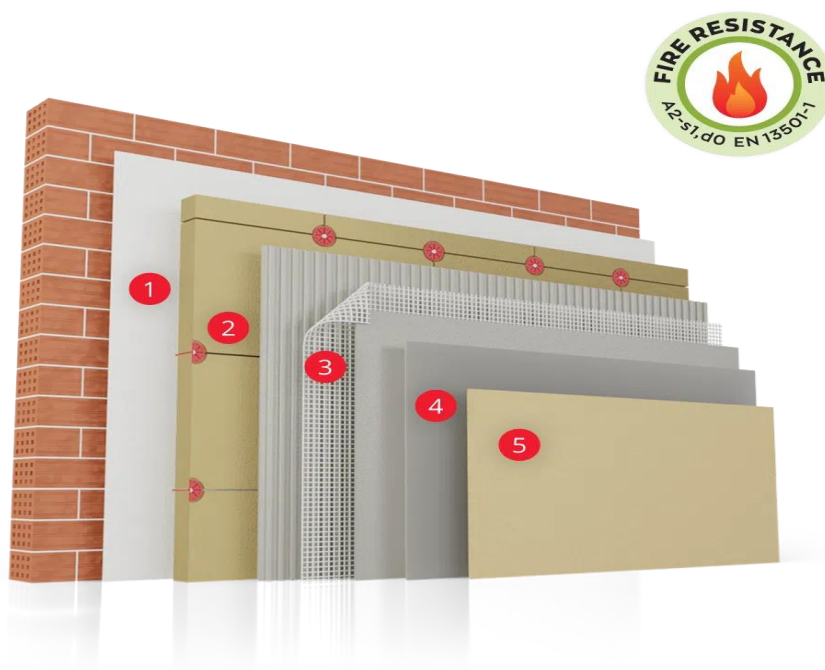
58. Koutsokosta, G., & Papadopoulos, A. M. (2021). Refurbishment of historic buildings: The impact of thermal insulation on the energy performance and the indoor environment. *Journal of Building Engineering*, 44.
59. Litti, G., Khadraoui, M. A., & Audenaert, A. (2015). Experimental study of the hygrothermal performance of an internally insulated masonry wall. *Energy and Buildings*, 107, 240-252.
60. Ueno, K., & Lstiburek, J. (2015). Field Monitoring of Internal Insulation of Masonry Walls with a Focus on Joist Ends. *Building Science Corporation*.
61. Walker, R., & Pavía, S. (2015). Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. *Building and Environment*, 94, 155-165.
62. Zhu, Q., Rose, W., & Krarti, M. (2020). Hygrothermal performance of wood-joist ends in masonry walls with interior insulation. *Journal of Building Physics*, 43(4), 295-320.

## Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

1. <https://www.isomat.gr/thermosystem/wool/>
2. <https://www.isomat.gr/thermosystem/xps/>
3. <https://fibran.gr/efarmoges/oikodomikes/%ce%bc%cf%8c%ce%bd%cf%89%cf%83%ce%b7%ce%ba%ce%b5%cf%81%ce%b1%ce%bc%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%b5%cf%80%ce%ae%cf%82/%ce%be%cf%8d%ce%bb%ce%b9%ce%bd%ce%b7-%ce%ba%ce%b5%cf%81%ce%b1%ce%bc%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%b5%cf%80%ce%ae-%ce%bc%ce%b5-%ce%b8%ce%b5%cf%81%ce%bc%ce%bf%ce%bc%cf%8c%ce%bd%cf%89%cf%83%ce%b7-%ce%b5%cf%80/>
4. <https://fibran.gr/efarmoges/oikodomikes/%ce%bc%cf%8c%ce%bd%cf%89%cf%83%ce%b7%ce%ba%ce%b5%cf%81%ce%b1%ce%bc%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%b5%cf%80%ce%ae%cf%82/%ce%be%cf%8d%ce%bb%ce%b9%ce%bd%ce%b7-%ce%ba%ce%b5%cf%81%ce%b1%ce%bc%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%b5%cf%80%ce%ae-%ce%bc%ce%b5-%ce%b8%ce%b5%cf%81%ce%bc%ce%bf%ce%bc%cf%8c%ce%bd%cf%89%cf%83%ce%b7-%ce%bc%ce%b5/>

**Παράρτημα :** Τεχνικές Προδιαγραφές Υλικών και Λύσεων.

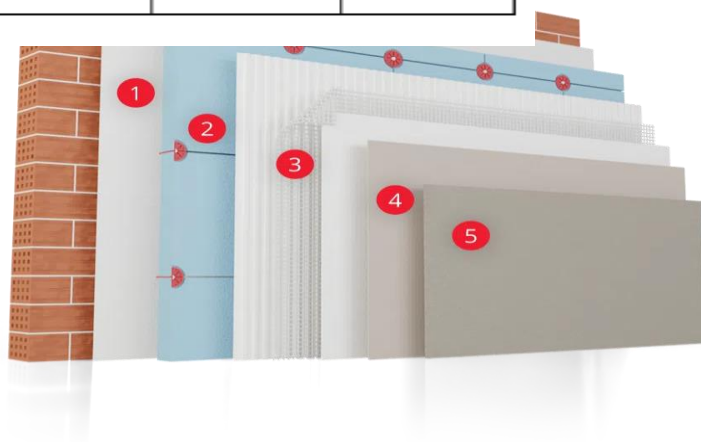
| <b>ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ</b> |                        |                               |                        |
|------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| <b>Χαρακτηριστικό</b>                                | <b>Μονάδα Μέτρησης</b> | <b>Τυπικές Τιμές</b>          | <b>Πρότυπο Ελέγχου</b> |
| Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας ( $\lambda_D$ )    | W/(m·K)                | 0,034 - 0,042                 | EN 12667               |
| Αντίδραση στη Φωτιά                                  | Κατηγορία              | A1 (Άκαυστο)                  | EN 13501-1             |
| Συντελεστής Αντίστασης Υδρατμών ( $\mu$ )            | -                      | 1                             | EN 12086               |
| Πυκνότητα ( $\rho$ )                                 | kg/m <sup>3</sup>      | 30 - 200 (αναλόγως εφαρμογής) | EN 1602                |
| Σημείο Τήξης ινών                                    | °C                     | > 1.000                       | DIN 4102-17            |
| Βραχυπρόθεσμη Απορρόφηση Νερού (Wp)                  | kg/m <sup>2</sup>      | ≤ 1,0                         | EN 1609                |
| Ειδική Θερμοχωρητικότητα ( $c_p$ )                   | J/(kg·K)               | ≈ 1.030                       | EN ISO 10456           |
| Αντοχή σε Συμπίεση ( $\sigma_{10}$ )                 | kPa                    | ≥20-40 (για ETICS)            | EN 826                 |



- (1) Κόλληση θερμομονωτικών πλακών με ISOMAT AK-T35
- (2) Θερμομονωτικές πλάκες πετροβάμβακα (MW) με μηχανική στερέωση

- (3) Οπλισμένη στρώση ISOMAT AK-T65 με υαλόπλεγμα ISOMAT THERMOSYSTEM (149 g/m<sup>2</sup> ή 161 g/m<sup>2</sup>)
- (4) Αστάρωμα με ML-PRIMER ή FLEX-PRIMER
- (5) Σοβάτισμα με MARMOCRYL SILICONE-SILICATE ή MARMOCRYL FR

| ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ |                   |                    |                          |                 |
|-----------------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|
| Χαρακτηριστικό                                | Μονάδα            | Εξηλασμένη (XPS)   | Διογκωμένη (EPS 100/200) | Πρότυπο Ελέγχου |
| Συντελεστής Θερμ. Αγωγιμότητας (λD)           | W/(m·K)           | 0,033–0,035        | 0,034–0,038              | EN 12667        |
| Αντίδραση στη Φωτιά                           | Cat.              | E (Αυτοσβενούμενη) | E (Αυτοσβενούμενη)       | EN 13501-1      |
| Συντελεστής Αντίστασης Υδρατμών (μ)           | -                 | 80–150 (υψηλή)     | 20–70 (μέση)             | EN 12086        |
| Πυκνότητα (ρ)                                 | kg/m <sup>3</sup> | 30–45              | 15–30                    | EN 1602         |
| Σημείο Τήξης / Μαλάκυνσης                     | °C                | ≈75–80             | ≈80–85                   | ISO 306         |
| Βραχυπρόθεσμη Απορρόφηση Νερού (Wp)           | kg/m <sup>2</sup> | ≤0,2 (ελάχιστη)    | ≤0,5                     | EN 1609         |
| Ειδική Θερμοχωρητικότητα (c <sub>p</sub> )    | J/(kg·K)          | 1.450–1.500        | 1.450–1.500              | EN ISO 10456    |
| Αντοχή σε Συμπίεση (σ <sub>10</sub> )         | kPa               | ≥300               | 100–200                  | EN 826          |



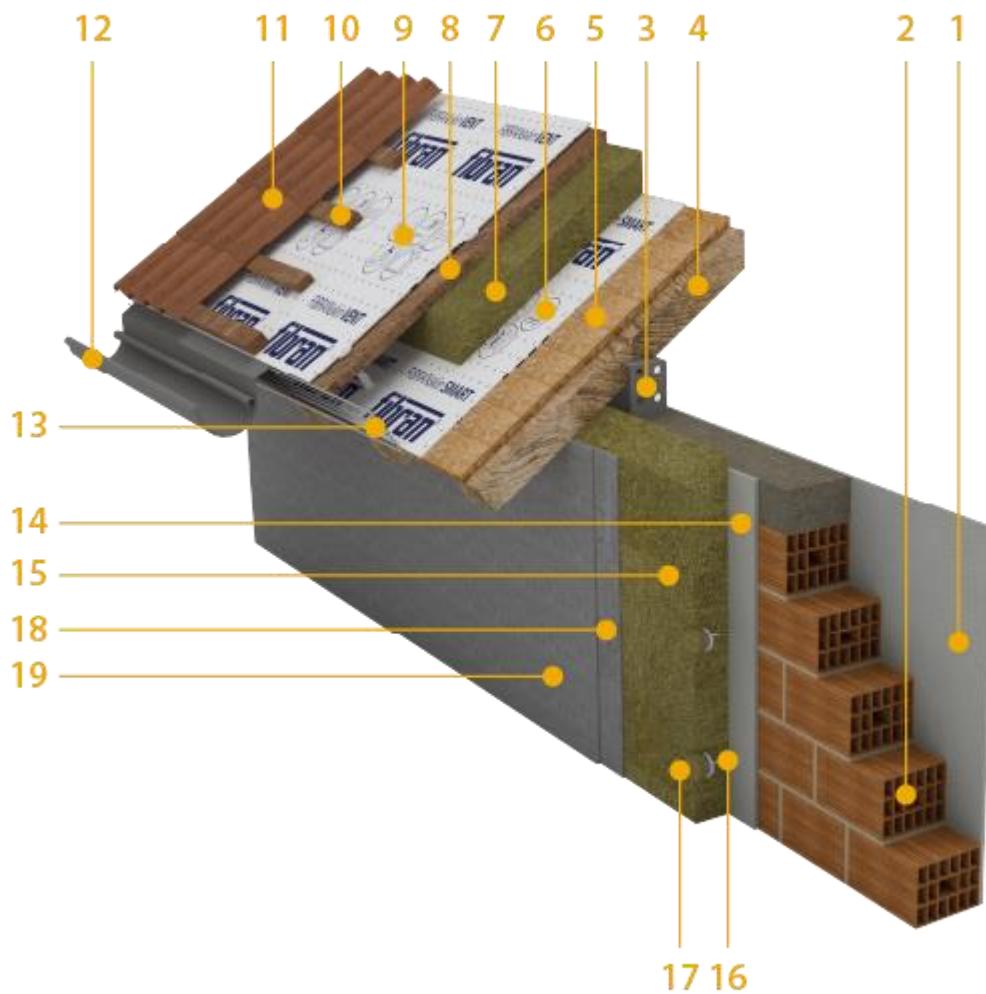
- (1) Κόλληση θερμομονωτικών πλακών με ISOMAT AK-T35
- (2) Θερμομονωτικές πλάκες από εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) με μηχανική στερέωση
- (3) Οπλισμένη στρώση ISOMAT AK-T55 με υαλόπλεγμα ISOMAT THERMOSYSTEM (149 g/m<sup>2</sup> ή 161 g/m<sup>2</sup>)
- (4) Αστάρωμα με ML-PRIMER ή εναλλακτικά FLEX-PRIMER

(5) Σοβάτισμα με MARMOCRYL ή MARMOCRYL SILICONE

| ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ ΣΤΕΓΗΣ/ΔΩΜΑΤΟΣ |                   |                 |              |                                       |
|---------------------------------------------------|-------------------|-----------------|--------------|---------------------------------------|
| Χαρακτηριστικό                                    | Μονάδα            | Κεκλιμένη Στέγη | Επίπεδο Δώμα | Πρότυπο Ελέγχου<br>(Testing Standard) |
| Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας ( $\lambda_D$ ) | W/(m·K)           | 0,034–0,036     | 0,038–0,040  | EN 12667 / EN 12939                   |
| Αντίδραση στη Φωτιά                               | Cat.              | A1 (Άκαυστο)    | A1 (Άκαυστο) | EN 13501-1                            |
| Συντελεστής Αντίστασης Υδατμών ( $\mu$ )          | -                 | 1               | 1            | EN 12086                              |
| Πυκνότητα ( $\rho$ )                              | kg/m <sup>3</sup> | 40–60           | 120–180      | EN 1602                               |
| Σημείο Τήξης ινών                                 | °C                | >1.000          | >1.000       | DIN 4102-17                           |
| Βραχυπρόθεσμη Απορρόφηση Νερού ( $W_p$ )          | kg/m <sup>2</sup> | ≤1,0            | ≤1,0         | EN 1609                               |
| Ειδική Θερμοχωρητικότητα ( $c_p$ )                | J/(kg·K)          | 1030            | 1030         | EN ISO 10456                          |
| Αντοχή σε Συμπίεση ( $\sigma_{10}$ )              | kPa               | -               | ≥50          | EN 826                                |

Εύλ

ινη κεραμοσκεπή με θερμομόνωση επί της ξυλείας

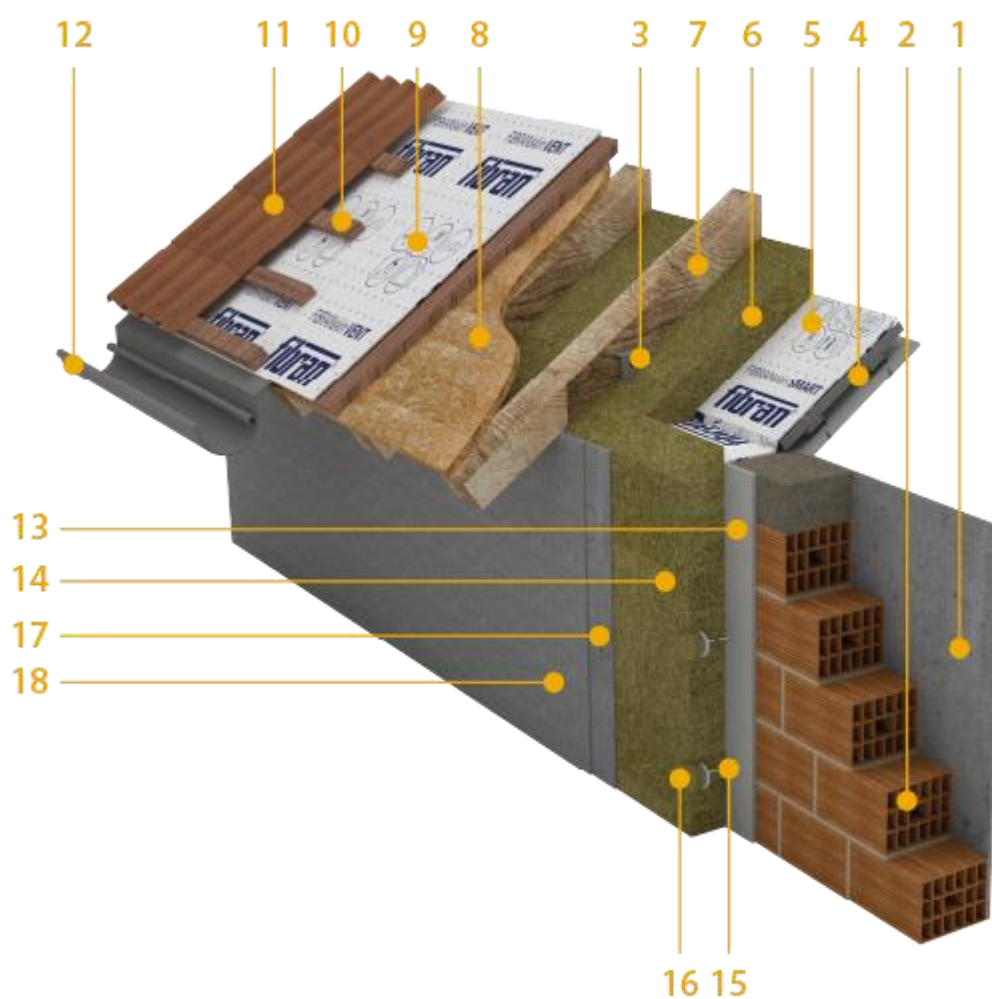


### Σύνθεση Δομικού Στοιχείου

1. Εσωτερικό επίχρισμα
2. Εξωτερική τοιχοποιία
3. Μεταλλική βάση στήριξης
4. Αμείβοντες
5. Πέτσωμα
6. Μεμβράνη διαχείρισης υδρατμών
7. FIBRANgeoB-001
8. Τεγίδες με διπλόπασση βίδα
9. FIBRANskinVENT
10. Επιτεγίδες
11. Κεραμίδια
12. Πλευρική υδρορροή

13. Μεταλλικό πλέγμα αερισμού
14. Κονίαμα επικόλλησης
15. FIBRANgeoBP-ETICS
16. Βύσμα μηχανικής στερέωσης
17. FIBRANgeoCAP
18. Οπλισμένη βασική στρώση επιχρίσματος
19. Τελικό επίχρισμα

Ξύλινη κεραμοσκεπή με θερμομόνωση με ψευδοροφή κάτω από κεραμοσκεπή



Σύνθεση Δομικού Στοιχείου

1. Εσωτερικό επίχρισμα
2. Εξωτερική τοιχοποιία
3. Μεταλλική βάση στήριξης
4. Αναρτημένη ψευδοροφή γυψοσανίδας
5. FIBRANskin SMART
6. FIBRANgeo B-001 ή B-570

7. Αμείβοντες
8. Πέτσωμα και τεγίδες
9. FIBRANskin VENT ή  
VENT SILVER
10. Επιτεγίδες
11. Κεραμίδια
12. Πλευρική υδρορροή
13. Κονίαμα επικόλλησης
14. FIBRANgeo BP-ETICS
15. Βύσμα μηχανικής στερέωσης
16. FIBRANgeo CAP
17. Οπλισμένη βασική στρώση επιχρίσματος
18. Τελικό επίχρισμα