

# ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΟΝΟΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΠΟ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΥΣ

Θωμάς Δ. Ξένος

*Αν. Καθ. Τμ. Ηλ/γων Μηχ/κών – Μηχ/κών Υπολογιστών*

## Περίληψη

Το αντικείμενο που αναπτύσσεται στην εργασία αυτή, σχετίζεται με τη θερμική συμπεριφορά της μονόστρωτης τοιχοποιίας από οπτόπλινθους και εστιάζεται στις στις θερμοσυσσωρευτικές ιδιότητες της τοιχοποιίας μεγάλης μάζας από οπτόπλινθους, στη μεγάλη θερμική αδράνεια που αυτή παρέχει και ως εκ τούτου στη διαμόρφωση και σταθεροποίηση που αυτή προσφέρει στο εσωτερικό μικρόκλιμα του κτιρίου.

## 1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την οδηγία 89/106 της ΕΟΚ «Το κτίριο και οι εγκαταστάσεις του, θέρμανσης ή ψύξης, θα πρέπει να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε τα ποσά της ενέργειας, που θα απαιτούνται, να είναι χαμηλά σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες, τη θέση και τους ενοίκους». Προφανώς, η οδηγία αυτή δίνει μια κατεύθυνση για τη συμπεριφορά των κτιρίων και υπαινίσσεται την κατά το δυνατόν οικονομική λειτουργία τους, ανάλογα φυσικά με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

Έτσι προκύπτουν απαιτήσεις ικανοποιητικών επιδόσεων:

1. από το συντελεστή θερμικής μετάδοσης  $U$  ( $W/m^2K$ ) του κτιρίου αφενός και των επιμέρους στοιχείων του αφετέρου.
2. από τη συνολικά μεταδιδόμενη θερμική ισχύ δια της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου ( $W/K$ )
3. από την εσωτερική κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο (αερισμός, ανάκτηση ενέργειας στο κτίριο λόγω επωφελούς διαχειρίσεώς της και ενταμίευση ενέργειας στα στοιχεία του λόγω υψηλής θερμοχωρητικότητάς του – θερμικά κέρδη).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η προσέγγιση του προβλήματος της θερμικής συμπεριφοράς της μονόστρωτης τοιχοποιίας από οπτόπλινθους. Πιο συγκεκριμένα θα προσεγγισθούν οι θερμομονωτικές κατ' αρχήν και οι θερμοσυσσωρευτικές ιδιότητες κατόπιν της τοιχοποιίας από οπτόπλινθους ενώ θα αναπτυχθεί το θέμα της διαμόρφωσης και σταθεροποίη-

σης, που μια τέτοιου τύπου τοιχοποιία προσφέρει στο εσωτερικό μικρόκλιμα ενός κτιρίου.

## **2. Θερμική συμπεριφορά κτιρίων, προτυποποίηση και δομικά υλικά**

Το θέμα του ελέγχου της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου καλύπτεται από το πρότυπο EN 832. Ο απλούστερος τρόπος ελέγχου και σχεδιασμού αναφέρεται στον έλεγχο των επιμέρους στοιχείων του κτιρίου ξεκινώντας από τα δομικά υλικά του. Έτσι, προτείνονται πινακοποιημένες τιμές θερμικής αντιστάσεως ή θερμικής αγωγιμότητας (Bjoern et al 2002, CIBSE 1986, prEN 13786), που υπάρχουν σε εναρμονισμένα Ευρωπαϊκά πρότυπα τόσο για απλά υλικά, όπως είναι τα ελαφρά θερμομονωτικά π.χ. πολυστερίνη, όσο και για πιο σύνθετα και ανισότροπα, όπως είναι οι οπτόπλινθοι. Σημαντικό είναι, ότι οι πίνακες αυτοί περιλαμβάνουν διορθωτικούς συντελεστές του  $\lambda$ , που σχετίζονται με την υγρασία, την εφαρμοζόμενη πίεση κατά την τοποθέτηση, τη διάτρησή τους από στηρίγματα μεταλλικά ή μη, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και εν τέλει και τη γήρανση τους.

Η θερμική συμπεριφορά των υλικών τοιχοποιίας, όπως είναι και οι οπτόπλινθοι, περιγράφεται αναλυτικά στο πρότυπο EN1745, το οποίο ήδη ισχύει στην Ελλάδα. Σύμφωνα λοιπόν με αυτό μπορεί:

1. Να χρησιμοποιηθούν πινακοποιημένες τιμές θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  του υλικού (π.χ. πηλός).

2. Να χρησιμοποιηθούν πινακοποιημένες τιμές ισοδύναμης θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda_{eq}$  για πιο σύνθετα στοιχεία π.χ. οπτόπλινθοι.

3. Να γίνουν μετρήσεις θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  των υλικών (πηλός) ή θερμικής αντίστασης  $R$  των στοιχείων (οπτόπλινθοι) κατά μόνας.

4. Να γίνουν μετρήσεις θερμικής αντίστασης  $R$  των κτισμένων τοίχων.

5. Με τη χρήση πινακοποιημένων ή μετρημένων τιμών θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  της μάζας να γίνουν υπολογισμοί της θερμικής αντίστασης του στοιχείου ή της τοιχοποιίας. Αυτοί οι υπολογισμοί χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τους απλοποιημένους (EN ISO 6946) και αυτούς που χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους (π.χ. μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων κλπ.), οι απαιτήσεις πιστοποίησης των οποίων αναφέρονται στο πρότυπο EN 1745.

Όπως είναι φανερό λοιπόν, η διαδικασία προσδιορισμού των τιμών της θερμικής αντίστασης τοιχοποιίας είναι ιδιαίτερα σαφής και δεν επιδέχεται καμία αμφισβήτηση.

### 3. Θερμοχωρητικότητα – θερμική αδράνεια τοιχοποιίας

Παραδοσιακά η ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων περιορίζεται στον υπολογισμό του πάχους του θερμομονωτικού υλικού που θα πρέπει να τοποθετηθεί σε κάθε δομικό στοιχείο (EN ISO 13790) ώστε να πληρούνται κάποια κριτήρια ελάχιστης οικονομικής - θερμικής συμπεριφοράς τους. Με αντίστοιχο τρόπο σχεδιάζεται και το σύστημα θέρμανσης του. Μια τέτοια ανάλυση όμως βασίζεται στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας του κτιρίου και να μην καλύπτει ικανοποιητικά ακόμα και ακραίες τιμές θερμοκρασιών αλλά δεν μπορεί να λάβει υπόψη και συνεπώς να ακυρώσει τα αποτελέσματα των μεταβολών των εξωτερικών συνθηκών παρά μόνο με τη λειτουργία ενεργοβόρων συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης.

Μια πιο σύγχρονη αντιμετώπιση του θέματος λαμβάνει υπόψη δυναμική θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Στο θέμα αυτό αναφέρεται μια σειρά Ευρωπαϊκών προτύπων (π.χ. EN 832) ή προτύπων υπό επεξεργασία (prEN ISO 13786). Στη συγκεκριμένη πλέον περίπτωση σημαντικό πλέον ρόλο παίζουν οι έννοιες θερμοχωρητικότητα και θερμική αδράνεια του κτιρίου. Εξάλλου, είναι ευρύτατα γνωστό (Barnard et al 2001, Basam 2002, Rafik 1995), ότι τα προβλήματα, που θα μπορούσαν να εμφανιστούν λόγω μικρής θερμικής αδράνειας ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού π.χ. είναι υπερθέρμανση του κτιρίου με μόνη πλέον λύση τη λειτουργία συστήματος κλιματισμού ή ψύξης του. Αντίθετα, σε κτίρια μεγάλης θερμικής αδράνειας το πρόβλημα της ψύξης θα μπορούσε να αντικατασταθεί με νυχτερινό αερισμό (Rosenlund 2000, Roulet et al 1994, Van der Maas and Roulet 1997).

Συνήθως, η απόκριση κτιρίων με δομικά στοιχεία μεγάλης μάζας όπως π.χ. τοίχους από οπτόπλινθους μεγάλου πλάτους και κατά συνέπεια μεγάλης μάζας και θερμοχωρητικότητας, που εξασφαλίζουν δηλαδή μεγάλη θερμική αδράνεια, δεν είναι οριακή σε τέτοιες παραμέτρους καταπονήσεως κατά τους θερινούς μήνες, ιδιαίτερα όταν η θερμική αδράνειά τους είναι πολύ μεγαλύτερη των 10 - 12 ωρών ([www.ornl.gov/roof+wall/research/detailed\\_papers/dyn\\_perf/thermal.html](http://www.ornl.gov/roof+wall/research/detailed_papers/dyn_perf/thermal.html)).

Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι η χρονική καθυστέρηση για ένα τοίχο από οπτόπλινθους φαινόμενης πυκνότητας  $900 \text{ kg/m}^3$  και πάχους 280 mm είναι 10 ώρες περίπου ενώ η αντίστοιχη μιας ελαφροβαρούς οροφής από ξύλο, θερμομονωτικό υλικό και κεραμίδια κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2 ωρών. Φυσική συνέπεια της μεγάλης θερμικής χρονικής σταθεράς είναι η δραστική εξομάλυνση των εσωτερικών θερμοκρασιακών διακυμάνσεων.

Προφανώς, η επιλογή της θερμικής χρονικής σταθεράς μπορεί να γίνει από το μελετητή. Μια συνηθισμένη επιλογή θα ήταν αυτή της μιας ημέρας.

Η παράμετρος αυτή που αποτελεί ένα μέτρο της ικανότητας του κτιρίου να απορροφά της εισερχόμενη στο εσωτερικό του κτιρίου ηλιακή ενέργεια και να την αποδίδει κατά τις νυχτερινές ώρες. Η σημασία της κατά την περίοδο που απαιτείται θέρμανση του κτιρίου είναι περισσότερα από προφανής. Πράγματι, εφόσον το κτίριο έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και εφόσον, όπως αναφέρθηκε, εξασφαλιστούν υψηλά θερμικά κέρδη από ενέργεια απολήψιμη από τον ηλιασμό του κτιρίου, η διακύμανση των εσωτερικών θερμοκρασιών σε σχέση με τη διακύμανση των εξωτερικών θα προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\Delta T = 0,61 \frac{Q_s}{DHC_{tot}} \quad (9)$$

όπου:

$\Delta T$  η θερμοκρασιακή διακύμανση

$DHC_{tot}$  η συνολική ημερήσια θερμοχωρητικότητα

$Q_s$  η συνολική ημερήσια απορροφώμενη ηλιακή ενέργεια

Κατά τη θερινή πάλι περίοδο, σε ένα κτίριο με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, ικανοποιητικό αερισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας και μικρό κατά τη διάρκεια της ημέρας, (μεγάλη θερμοχωρητικότητα θα προκύπτει από τη μεγάλη μάζα των δομικών στοιχείων του), οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 24/ώρου δεν θα είναι σημαντικές. Εδώ θα πρέπει να προστεθεί, ότι σε περίπτωση υγρού κλίματος μπορεί ταυτόχρονα να γίνει και μια σχετικά λυσιτελής ρύθμιση της εσωτερικής υγρασίας, υπό την προϋπόθεση βέβαια, ότι το επίχρισμα επιτρέπει διαπερατότητα της υγρασίας προς τους οπτόπλινθους και αντιστρόφως.

### **Βιβλιογραφία**

1. Barnard N, Concannon P, Jaunzens D, 2001, Modeling the performance of thermal mass. BRE information paper, IP6/01
2. Basam Behsh, 2002, Building from an option for enhancing the indoor thermal conditions, Building Physics, 6<sup>th</sup> Nordic Symposium, Session 18: Indoor Environment.
3. Bjoern V, Uvsloekk S, Herbert A, 2002, Documentation of thermal properties of building components. Transformation from a scientific approach to a practical approach in the European market place. A case study. Building Physics, 6<sup>th</sup> Nordic Symposium, Session 7: Energy Use 1.
4. CIBSE Guide, 1986

5. EEC 89/106/EEC Construction product directive.
6. EN 1745, Masonry and masonry products — Methods for determining design thermal values
7. EN ISO 6946, Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation method.
8. EN ISO 13790, Calculation of energy demands by space heating.
9. prEN 832 Thermal performance of buildings. Calculation of energy use for heating. Residential buildings.
10. prEN ISO 13786, Thermal performance of building components. Dynamic thermal characteristics. Calculation methods.
11. Rafik Bensalem, 1995, Climate Responsive Architecture – Learning from the past and exploring contemporary concepts in the context of Algeria, Climate and Energy use in glazed spaces, Lund Univ. Rep., TABK-96/1009.
12. Rosenlund H, 2000, Climatic design of buildings using passive techniques, Building issues 2000, Housing, Developing and Management, Lund Univ.
13. Roulet C.-A., J. Van der Maas, F. Flourentzos, 1994, A passive cooling by night ventilation, European conf on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon 1994
14. Van der Maas J, Roulet C-A, 1997, Night-time ventilation by stack effect, ASHRAE Trans. 97.
15. [www.ornl.gov/roof+wall/research/detailed\\_papers/dyn\\_perf/thermal.html](http://www.ornl.gov/roof+wall/research/detailed_papers/dyn_perf/thermal.html) Dynamic thermal performance and energy benefits of using massive walls in residential buildings – Thermal mass benefit

