

Η επιρροή της θερμομόνωσης σε κατασκευές μεγάλης θερμοχωρητικότητας για θερμά κλίματα

Χριστίνα Α. Κωνσταντινίδου , Άγις Μ. Παπαδόπουλος,
*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Εργαστήριο Μετάδοσης
Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Θυρίδα 483, ΤΚ 541 24 Θεσσαλονίκη*
Email: ckonst@aix.meng.auth.gr , τηλ: 2310996048, fax: 2310996012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως μέρος του συνόλου της διαδικασίας οικοδόμησης είναι υποχρέωση των αρχιτεκτόνων και μηχανικών να δημιουργούν ένα ευχάριστο εσωτερικό περιβάλλον για του χρήστες. Οι συνθήκες του εσωτερικού χώρου επηρεάζονται από εποχικές και ημερήσιες μεταβολές του κλίματος και τις ποικίλες απαιτήσεις των χρηστών όσον αφορά το χρόνο και το χώρο. Ο σχεδιασμός του κελύφους του κτιρίου είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ενός εσωκλίματος, το οποίο να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις μεταβολές του περιβάλλοντος, προκειμένου να περιορίσουμε τις επιπτώσεις τους. Αδιαμφισβήτητα, η θερμοχωρητικότητα του κελύφους και η θερμομόνωση παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη συνολική θερμική απόδοση ενός κτιρίου. Σε κλίματα όπου η ψύξη αποτελεί μείζον μέλημα, η ύπαρξη θερμικής μάζα μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας με την προϋπόθεση ότι το κτίριο δεν χρησιμοποιείται τις απογευματινές ώρες και η αποθηκευμένη θερμότητα μπορεί να διαχέεται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Ωστόσο, η θερμομόνωση μπορεί να φθείρει την απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η θερμική μάζα αποθηκεύει και απελευθερώνει θερμότητα, αλληλεπιδρά με τη λειτουργία του κτιρίου πολύ περισσότερο από την απλή προσθήκη της θερμομόνωσης. Το γεγονός αυτό καθιστά την επιλογή της βέλτιστης τοποθέτησης του θερμομονωτικού υλικού ιδιαίτερα σημαντική. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ο συνδυασμός θερμομόνωσης και θερμοχωρητικότητας στα κτίρια σε θερμά κλίματα. Συγκεκριμένα, εξετάζεται βιβλιογραφικά η επιρροή της τοποθέτησης της θερμομόνωσης σε βαριές κατασκευές όσον αφορά την ενεργειακή τους συμπεριφορά.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως μέρος του συνόλου της διαδικασίας οικοδόμησης είναι υποχρέωση των αρχιτεκτόνων και μηχανικών να δημιουργούν ένα ευχάριστο εσωτερικό περιβάλλον για του χρήστες. Οι συνθήκες του εσωτερικού χώρου επηρεάζονται από εποχικές και ημερήσιες μεταβολές του κλίματος και τις ποικίλες απαιτήσεις των χρηστών όσον αφορά το χρόνο και το χώρο. Ο σχεδιασμός του κελύφους του κτιρίου είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ενός εσωκλίματος, το οποίο να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις μεταβολές του περιβάλλοντος, προκειμένου να περιορίσουμε τις επιπτώσεις τους. Ταυτόχρονα, με το σωστό σχεδιασμό του κελύφους μπορεί να πραγματοποιηθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.

Το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για την ψύξη και τη θέρμανση ενός κτιρίου εξαρτάται από το πόσο καλά προστατεύεται θερμικά το κέλυφος του κτιρίου. Η θερμική απόδοση του κελύφους του κτιρίου προσδιορίζεται από τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του και χαρακτηρίζεται από την ικανότητά της να απορροφήσει ή να εκπέμψει τη θερμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού σε ένα δομικό στοιχείο μπορεί να επηρεάσει την απόδοση του σχετικά με την παροδική ροή θερμότητας. Τις περισσότερες φορές, η καλύτερη απόδοση μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού κοντά στο σημείο εισόδου της ροής θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι η τοποθέτηση της θερμομόνωσης στο εσωτερικό είναι πιο ευνοϊκή για τις κλιματικές περιοχές όπου η θέρμανση το χειμώνα κατέχει δεσπόζουσα θέση, ενώ αντίστοιχα στο εξωτερικό στις περιοχές όπου η ψύξη το καλοκαίρι είναι κυρίαρχη. Ωστόσο, πρακτικά, είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται μόνωση στον πυρήνα των τοίχων. (Al-Homoud 2005). Η θερμοχωρητικότητα του κελύφους είναι μια παράμετρος που σχετίζεται κυρίως με το πάχος και το είδος των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, καθώς και την ικανότητά της να καθυστερήσει τη μεταβίβαση θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων για κάποια χρονική περίοδο. Είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος στον καθορισμό της θερμικής απόδοσης του κτιρίου και κατά συνέπεια για την ενέργεια που απαιτείται για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης στο χώρο. (Al-Homoud 2005).

Αδιαμφισβήτητα, η θερμοχωρητικότητα του κελύφους και η θερμομόνωση παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη συνολική θερμική απόδοση ενός κτιρίου. Σε κλίματα όπου η ψύξη αποτελεί μείζον μέλημα, η ύπαρξη θερμικής μάζα μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας με την προϋπόθεση ότι το κτίριο δεν χρησιμοποιείται τις απογευματινές ώρες και η αποθηκευμένη θερμότητα μπορεί να διαχέεται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. (Balaras 1996). Ωστόσο, η θερμομόνωση μπορεί να φθείρει την απόδοση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η θερμική μάζα αποθηκεύει και απελευθερώνει θερμότητα, αλληλεπιδρά με τη λειτουργία του κτιρίου πολύ περισσότερο από την απλή προσθήκη της θερμομόνωσης. Το γεγονός αυτό καθιστά την επιλογή της βέλτιστης τοποθέτησης του θερμομονωτικού υλικού ιδιαίτερα σημαντική. (Balaras 1996). Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ο συνδυασμός θερμομόνωσης και θερμοχωρητικότητας στα κτίρια σε θερμά κλίματα. Συγκεκριμένα, εξετάζεται βιβλιογραφικά η επιρροή της τοποθέτησης της θερμομόνωσης σε βαριές κατασκευές όσον αφορά την ενεργειακή τους συμπεριφορά.

2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η αποτελεσματική θερμική προστασία του κελύφους είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επίτευξη ενός αποδοτικού ενεργειακά κτιρίου, ιδίως σε κτίρια που βρίσκονται σε περιοχές με δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες. Η χρήση των θερμομονωτικών υλικών για τη μείωση της μεταφοράς θερμότητας από και προς το εσωτερικό ενός κτιρίου έχει πρακτική εφαρμογή εδώ και πολλά χρόνια. Οι πρόσφατες ανησυχίες σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και την ευαισθητοποίηση σχετικά με τους περιορισμένους πόρους ενέργειας ενθαρρύνουν την αναθεώρηση όσον αφορά την κατασκευή της θερμομόνωσης. Οι περισσότερες από τις διαθέσιμες μελέτες επικεντρώνονται στην καλύτερη δυνατή μόνωση των κτιρίων και στο βέλτιστο πάχος της

θερμομόνωσης ανεξάρτητα από την επιρροή της θέσης της μέσα στα δομικά στοιχεία. (Bolatturk 2008).

Υπάρχουν πολλά οφέλη για τη χρήση θερμομόνωση σε κτίρια, τα οποία μπορούν να συνοψιστούν σε οικονομικά, περιβαλλοντικά, κατασκευαστικά καθώς και οφέλη που σχετίζονται με την άνεση των χρηστών ενός κτιρίου. Η χρήση της θερμομόνωσης στα κτίρια συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τα μηχανικά και ηλεκτρικά συστήματα εξοικονομώντας έτσι ενέργεια. Με την προσθήκη επαρκούς θερμομόνωσης μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας με ελάχιστη δαπάνη κεφαλαίων. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση, όχι μόνο του κόστους λειτουργίας, αλλά και του αρχικού κόστους ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Αντίστοιχα είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς οι εκπεμπόμενοι ρύποι είναι μειωμένοι. Η σωστή χρήση της θερμομόνωσης των κτιρίων επεκτείνει τις περιόδους εσωτερικής θερμικής άνεσης, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μειώσει ενοχλητικό θόρυβο από το γειτονικούς χώρους ή από το εξωτερικό ενισχύοντας έτσι την ακουστική άνεση του χώρου. Υψηλές θερμοκρασιακές αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν ανεπιθύμητες κινήσεις θερμότητας, οι οποίες μπορούν να βλάψουν τη δομή κτιρίου. Η διατήρηση ελάχιστων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλης θερμομόνωσης, η οποία βοηθά με αυτόν τον τρόπο στην αύξηση της διάρκειας ζωής του δομικών κατασκευών. Η σωστή σχεδίαση και εγκατάσταση της θερμομόνωσης βοηθά επίσης στην πρόληψη συμπύκνωση υδρατμών στις επιφάνειες κτιρίων. Ακατάλληλη τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεων στο κτίριο. Τέλος, αν γίνει σωστή επιλογή και εγκατάσταση του θερμομονωτικού υλικού, τότε μπορεί αυτό να συμβάλλει στην πυροπροστασία του κτιρίου επιβραδύνοντας τη μεταφορά της φλόγας στο κτίριο. (Al-Homoud 2005).

3. ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Πέρα από την αποτελεσματική θερμική προστασία του κελύφους, η ύπαρξη θερμικής μάζας σε ένα κτίριο μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο στις εσωτερικές του συνθήκες, τόσο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όσο και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η ενέργεια που διατίθεται από την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύεται και στη συνέχεια απελευθερώνεται αργά στο περιβάλλον των εσωτερικών χώρων σε μεταγενέστερο χρόνο. Το χειμώνα, η αποθηκευμένη θερμότητα μεταφέρεται πίσω στο δωμάτιο αργά το απόγευμα και το βράδυ, όταν είναι περισσότερο απαραίτητη, καλύπτοντας μέρος του φορτίου θέρμανσης, ενώ ταυτόχρονα συντελεί στην αποφυγή της υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλά. Το καλοκαίρι, η θερμότητα αποθηκεύεται στο θερμική μάζα, μειώνοντας έτσι τις ακραίες τιμές του ψυκτικού φορτίου. Μια μειωμένη αναλογία του φορτίου θα πρέπει να αφαιρεθεί από τον εσωτερικό χώρο, ενώ το υπόλοιπο τμήμα των εξωτερικών και των εσωτερικών θερμικών κερδών περιέχεται μέσα στη θερμική μάζα των υλικών. Η αποθηκευμένη θερμότητα σταδιακά απελευθερώνεται προς το εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα εντός των ορίων θερμικής άνεσης, για τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Κατά συνέπεια η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη μειώνεται σημαντικά, σε ποσοστό που μπορεί να φθάσει το 20% σε εμπορικά κτίρια. Εκτός από τη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας, παρουσιάζεται μια αλλαγή στην ώρα εμφάνισης του φορτίου αιχμής, καθώς και μια χρονική καθυστέρηση της απελευθέρωσης της θερμότητας από το υλικό στον εσωτερικό αέρα. Αυτή η χρονική υστέρηση είναι επιθυμητή, δεδομένου ότι κατά τη στιγμή που η θερμότητα αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο, η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι σχετικά μικρότερη. (Balaras 1996).

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας και η αποτελεσματικότητα της θερμικής μάζας καθορίζεται από μια σειρά παραμέτρων και συνθηκών. Για την επίτευξη των καλύτερων δυνατών αποτελεσμάτων, πρέπει κανείς να ακολουθεί κάποιες γενικές κατευθυντήριες γραμμές και να λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα που εμπίπτουν στο πλαίσιο της συνολικής διαδικασίας για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Είναι σημαντικό όμως να κατανοήσουμε τη σχέση των παραμέτρων αυτών στην απόδοση της θερμικής μάζας για να επιτευχθούν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Η βελτιστοποίηση της θερμοχωρητικότητας ενός κτιρίου εξαρτάται από τις ιδιότητες των οικοδομικών υλικών, από τον

προσανατολισμό του κτιρίου για τη σωστή τοποθεσία και διανομή τους, από τη θερμομόνωση, τον αερισμό, τις κλιματικές συνθήκες και τη χρήση βοηθητικών συστημάτων ψύξης, καθώς και από την κατανομή των εσωτερικών φορτίων κατά τη διάρκεια της μέρας. (Balagas 1996).

4. ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου δεν πρέπει κανείς να εξετάζει τη λύση της υπερβολικής θερμομόνωσης έναντι των παθητικών ηλιακών συστημάτων θεωρώντας ότι μία και μόνη στρατηγική είναι καλύτερη από την άλλη ή ότι η μία αποκλείει την άλλη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μια συνδυασμένη στρατηγική είναι καλύτερη από ό,τι μια μεμονωμένη στρατηγική: καλύτερη όσον αφορά το κόστος, καλύτερη από την άποψη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου και καλύτερη όσον αφορά την ευελιξία αντιμετώπισης διαφόρων καταστάσεων. Τα πειραματικά στοιχεία που προκύπτουν από την παρακολούθηση και μελέτη διαφόρων κτιρίων επιβεβαιώνουν αυτό το συμπέρασμα. (Eben Saleh 1990). Η κύρια λειτουργία και ο στόχος της θερμομόνωσης είναι να επιβραδύνει τη ροή θερμότητας, με αποτέλεσμα τον έλεγχο των εσωτερικών θερμοκρασιών σε ένα συγκεκριμένο χώρο.

Σε θερμά κλίματα, η ύπαρξη θερμομόνωσης οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου ανεξάρτητα από την τοποθέτηση της, εσωτερικά ή εξωτερικά. (Eben Saleh 1990). Η θέση της θερμομόνωσης σε σχέση με τη θερμική μάζα του κτιρίου δεν είναι κρίσιμη από άποψη θερμικής αντίστασης. Οποιοδήποτε δομικό στοιχείο του κτιρίου, θα έχει την ίδια συνολική θερμική αντίσταση για τον ίδιο τύπο και πάχος μόνωσης, ανεξάρτητα από την τοποθέτηση της στη διατομή. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα τεχνικά και πρακτικά στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σχετικά με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης. Σε πειραματική μελέτη στην Κεντρική Σαουδική Αραβία παρουσιάζεται ότι διαφορετικά ποσά θερμότητας μεταφέρονται από ή προς στο χώρο για διαφορετικές περιπτώσεις τοποθέτησης της θερμομόνωσης στη διατομή του τοίχου ή της οροφής. Αποδεικνύεται στην περίπτωση αυτή ότι η σωστή θέση της θερμομόνωσης έχει θετική επιρροή στην παροδική μεταφορά θερμότητας από τους τοίχους και την οροφή του κτιρίου. (Eben Saleh 1990).

Συγκεκριμένα, η μόνωση στο εσωτερικό της διατομής είναι κατ' αρχάς προστατευμένη από το εξωτερικό περιβάλλον και τις πιθανές ζημιές. Ωστόσο, η θερμοκρασία της διατομής είναι πιο κοντά στην εξωτερική θερμοκρασία. (Al-Homoud 2005). Στην περίπτωση εσωτερικής μόνωσης η διαστολή και η συστολή γίνονται πιο σημαντικές, καθώς επίσης αναπτύσσονται περισσότερες θερμογέφυρες λόγω των αναπόφευκτων ανοιγμάτων. Τέλος, ελαχιστοποιούνται πιθανά οφέλη θέρμανσης από τη θερμική μάζα του κτιρίου. Από την άλλη πλευρά, η μόνωση στο εξωτερικό της διατομής ευνοεί την ψύξη από συναγωγή το καλοκαίρι και την παθητική ηλιακή θέρμανση το χειμώνα και επιτρέπει στη θερμική μάζα την αποθήκευση επιπλέον ηλιακών κερδών και εσωτερικών κερδών. Ωστόσο, παρουσιάζει μικρότερη ανθεκτικότητα λόγω της έκθεσης στο εξωτερικό περιβάλλον. Τέλος, η μόνωση στη μέση της διατομής παρέχει ομοιόμορφη κατανομή της μόνωσης στη διατομή. (Al-Homoud 2005).

Τα παραπάνω στοιχεία αποδεικνύονται και πειραματικά από μια σειρά μελετών που έχουν γίνει σχετικά με τη βέλτιστη τοποθέτηση της θερμομόνωσης. Σε ένα θερμό και ξηρό κλίμα, όπου το ημερήσιο εύρος θερμοκρασιών είναι πάντα μεταξύ 10-20C, η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων και η θέση της θερμομόνωσης στους φαίνεται να έχουν σημαντική επίδραση στη συνολική θερμική απόδοση του κτιρίου. Συγκεκριμένα, η εξωτερική θερμομόνωση 5-10cm παρουσιάζει τη βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά συγκριτικά με αντίστοιχη εσωτερική θερμομόνωση σε μετρήσεις που έγιναν στην Κεντρική Σαουδική Αραβία. (Eben Saleh 1990). Το γεγονός αυτό οφείλεται εν μέρει στην μείωση των θερμογεφυρών. Η τοποθέτηση της θερμομόνωσης στο εξωτερικό της διατομής οδηγεί στη μείωση της θερμοκρασιακής διαβάθμισης στον εσωτερικό χώρο. (Sonderregger 1977). Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα πολύ ζεστά κλίματα όπου η θερμοκρασία είναι εκτός της ζώνης θερμικής άνεσης και απαιτείται θέρμανση ή ψύξη κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Η ύπαρξη θερμικής μάζας στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων βοηθά στο να ξεπεραστούν οι αρνητικές επιπτώσεις που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα

στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης. Στην περίπτωση αυτή, η άμεση ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνεται από τα τζάμια αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου και κατά συνέπεια συντελεί στη μείωση του απαιτούμενου φορτίου θέρμανσης. (Eben Saleh 1990). Ταυτόχρονα, σε τέτοια κλίματα, η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης σε συνδυασμό με θερμική μάζα στο εσωτερικό της διατομής μειώνει σημαντικά τις αυξομειώσεις της θέρμανσης και ψύξης καθώς ενεργοποιείται η θερμική μάζα του κτιρίου. (Sonderegger 1977).

Στην περίπτωση τοποθέτησης της θερμομόνωσης εσωτερικά δε χρησιμοποιείται η θερμική μάζα του κτιρίου, επομένως δεν υπάρχουν και τα αντίστοιχα οφέλη. Για το λόγο αυτό η χρήση εσωτερικής θερμομόνωσης ενδείκνυται μόνο για υφιστάμενα κτίρια. (Sonderegger 1977). Από την άλλη πλευρά, σε ένα κλιματιζόμενο κτίριο με εσωτερική θερμομόνωση η θερμοκρασία φτάνει πιο γρήγορα στα επίπεδα θερμικής άνεσης συγκριτικά με ένα αντίστοιχο κτίριο μονωμένο εξωτερικά. (Eben Saleh 1990).

Τέλος, έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Τουρκία έχουν δείξει ότι η καλύτερη θερμική απόδοση μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση της μόνωσης σε δύο κομμάτια με ίδιο συνολικό πάχος μόνωσης, αντί της τοποθέτησης της σε ένα κομμάτι. (Ozel et al 2007 and, Asan 1998). Η χειρότερη συμπεριφορά παρουσιάζεται στην περίπτωση που η μόνωση τοποθετείται ως ένα ενιαίο κομμάτι σε κάθε θέση του τοίχου, εκτός από την περίπτωση που τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια. Η βέλτιστη περίπτωση σχετικά με την τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού θεωρείται αυτή που εμφανίζει τη μέγιστη χρονική υστέρηση σε συνδυασμό με την ελάχιστη θερμοκρασιακή διαβάθμιση. (Ozel et al 2007 and, Asan 1998). Αντίστοιχες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για την καλοκαιρινή περίοδο στην περιοχή της Μεσογείου δείχνουν ότι η τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού σε δυο στρώσεις έχει σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά τις παραμέτρους θερμοχωρητικότητας του κτιρίου, ενώ αποφεύγονται οι διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας του χώρου. (Kontoleon et al. 2007). Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες τιμές χρονικής υστέρησης προκύπτουν όταν τα στρώματα της θερμομόνωσης τοποθετούνται ένα εξωτερικά και ένα στο μέσον της διατομής, ενώ οι μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις παρατηρούνται όταν τα στρώματα τοποθετούνται εσωτερικά και εξωτερικά της διατομής. (Kontoleon et al. 2007).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σχεδιασμός του κελύφους του κτιρίου είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ενός εσωκλίματος, το οποίο να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις μεταβολές του περιβάλλοντος, προκειμένου να περιορίσουμε τις επιπτώσεις τους. Ταυτόχρονα, με το σωστό σχεδιασμό του κελύφους μπορεί να πραγματοποιηθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Η αποτελεσματική θερμική προστασία του κελύφους είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επίτευξη ενός αποδοτικού ενεργειακά κτιρίου, ιδίως σε κτίρια που βρίσκονται σε περιοχές με δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες. Η ύπαρξη θερμικής μάζας σε ένα κτίριο μπορεί να επίσης να έχει θετικό αντίκτυπο στις εσωτερικές του συνθήκες, τόσο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όσο και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας και η αποτελεσματικότητα της θερμικής μάζας καθορίζεται από μια σειρά παραμέτρων και συνθηκών. Για την επίτευξη των καλύτερων δυνατών αποτελεσμάτων, πρέπει κανείς να ακολουθεί κάποιες γενικές κατευθυντήριες γραμμές και να λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα που εμπίπτουν στο πλαίσιο της συνολικής διαδικασίας για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Είναι σημαντικό όμως να κατανοήσουμε τη σχέση των παραμέτρων αυτών στην απόδοση της θερμικής μάζας για να επιτευχθούν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Η θέση της θερμομόνωσης σε σχέση με τη θερμική μάζα του κτιρίου δεν είναι κρίσιμη από άποψη θερμικής αντίστασης. Αποδεικνύεται βιβλιογραφικά ότι η σωστή θέση της θερμομόνωσης έχει θετική επιρροή στην παροδική μεταφορά θερμότητας από τους τοίχους και την οροφή του κτιρίου. Συγκεκριμένα, η εξωτερική θερμομόνωση ευνοεί τη χρήση της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου, ενώ ευνοεί την ψύξη από συναγωγή το καλοκαίρι και την παθητική ηλιακή θέρμανση το χειμώνα. Στην περίπτωση της εσωτερικής θερμομόνωσης, η θερμοκρασία της διατομής είναι πιο κοντά στην εξωτερική θερμοκρασία, ενώ παρουσιάζονται περισσότερες απώλειες λόγω θερμογεφυρών. Τέλος, ελαχιστοποιούνται πιθανά οφέλη θέρμανσης από τη θερμική μάζα του κτιρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η καλύτερη θερμική

απόδοση μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση της μόνωσης σε δύο κομμάτια με ίδιο συνολικό πάχος μόνωσης, αντί της τοποθέτησής της σε ένα κομμάτι. Η χειρότερη συμπεριφορά, αντίστοιχα, παρουσιάζεται στην περίπτωση που η μόνωση τοποθετείται ως ένα ενιαίο κομμάτι σε κάθε θέση του τοίχου, εκτός από την περίπτωση που τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Homoud M. S., (2005). Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials, *Building and Environment* 40, pp. 353–366.
- Asan H., (1998). Effects of Wall's insulation thickness and position on time lag and decrement factor, *Energy and Buildings* 28, pp. 299-305.
- Asan H., (2000). Investigation of wall' s optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of view, *Energy and Buildings* 32, pp. 197–203.
- Balaras C. A., (1996). The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods, *Energy and Buildings* 24, pp. 1-10.
- Bojic M., Yik F., Sat P., (2001). Influence of thermal insulation position in building envelope on the space cooling of high-rise residential buildings in Hong Kong, *Energy and Buildings* 33, pp.569-581.
- Bolatturk A., (2008). Optimum insulation thickness for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey, *Building and Environment* 43, pp. 1055-1064.
- Eben Saleh M. A., (1990). Impact of thermal insulation location on buildings in hot dry climates, *Solar and Wind Technology* Vol. 7 No 4, pp. 393-406.
- Kontoleon K. J, Bikas D. K., (2007). The effect of south wall's outdoor absorption coefficient on time lag, decrement factor and temperature variations, *Energy and Buildings* 39, pp.1011–1018.
- Sonderegger R. C., (1977). Harmonic Analysis of building thermal response applied to the optimal location of insulation within the walls, *Energy and Buildings*, 1, pp. 131-140.
- Ozel M., Pihtili K., (2007). Optimum location and distribution of insulation layers on building walls with various orientations, *Building and Environment* 42, pp. 3051–3059.