

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ

ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ

Γ. ΠΟΥΛΑΚΟΣ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ



Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών
Τεύχος 3

ΑΘΗΝΑ 2003

ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ

Γ. ΠΟΥΛΑΚΟΣ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών
Τεύχος 3

Διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς κτηρίων στο Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου

Περίοδος εκτέλεσης: 2002-2003

Επιστημονικός υπεύθυνος: Καθ. Αιμ. Κορωναίος

Κύριος ερευνητής: Γ. Πουλάκος Επ. Καθηγητής

Το τεύχος του ερευνητικού έργου είναι διαθέσιμο από τη διεύθυνση: www.ntua.gr/vitruvius/ress.htm

© 2003 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πρώτη έκδοση

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος εικόνων	3
Περίληψη	4
1 Εισαγωγή	5
1.1 Γενικά	5
2 Μετρήσεις	8
2.1 Θερμογραφία	8
2.2 Μετρήσεις θερμοκρασιών	8
2.3 Όργανα μετρήσεων, λογισμικό επεξεργασίας	9
3 Επεξεργασία και σχολιασμός μετρήσεων	10
4 Συμπεράσματα	14
5 Βιβλιογραφία	15

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1: Μεταφορά θερμότητας με αγωγή	5
Εικόνα 1.2: Μεταφορά θερμότητας με διάχυση.....	6
Εικόνα 1.3: Μεταφορά θερμότητας με μεταβίβαση.....	6
Εικόνα 1.4: Μεταφορά θερμότητας μέσω τοίχου	6
Εικόνα 2.1: Μετρήσεις θερμοκρασιών στην «Βίλα Σερπιέρι»	8
Εικόνα 2.2: Μετρήσεις θερμοκρασιών στο «Φαρμακείο».....	9
Εικόνα 2.3: Μετρήσεις με την θερμοκάμερα.....	9
Εικόνα 2.4: Μετρήσεις με το θερμόμετρο περιβάλλοντος-επιφανείας.....	9
Εικόνα 3.1: Εικόνα του παραθύρου του εξώστη.....	10
Εικόνα 3.2: Εικόνα όψης του «Φαρμακείου»	11
Εικόνα 3.3: Εικόνα του παραθύρου προς τον αύλειο χώρο της «Βίλα Σερπιέρι».....	11
Εικόνα 3.4: Τοίχος και παράθυρο του «Φαρμακείου» προς την πλευρά του δρόμου.....	12
Εικόνα 3.5: Πόρτα και τοίχος του «Φαρμακείου» προς τον αύλειο χώρο της «Βίλα Σερπιέρι».	12
Εικόνα 3.6: Θερμογράφημα της οροφής της «Βίλα Σερπιέρι»	13
Εικόνα 3.7: Η οροφή της «Βίλα Σερπιέρι»	13
Εικόνα 3.8: Επεξεργασμένο θερμογράφημα , η οροφή της «Βίλα Σερπιέρι».....	13

Περίληψη

Η έρευνα αναφέρεται στην θερμική συμπεριφορά των κτηρίων «Φαρμακείο» και «Βίλα Σερπιέρι» του Τεχνολογικού Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου του Ε.Μ.Πολυτεχνείου. Η μελέτη αναφέρεται στον εντοπισμό θερμογεφυρών και διαρροής θερμού αέρα από τα κτήρια.

Τα κτήρια του ΤΠΠΑ κατασκευάστηκαν περίπου στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Κατά την δεκαετία του 1990 το Ε.Μ.Πολυτεχνείο ανέλαβε την αναβίωση των εγκαταστάσεων της πρώην Γαλλικής Μεταλλευτικής Εταιρείας, αποκατάσταση των κτηρίων προς επανάχρηση, με στόχο το Πάρκο να φιλοξενήσει Εταιρείες Τεχνολογίας Αιχμής με εξειδικευμένο προσωπικό.

Για να εντοπιστούν προβλήματα της θερμικής συμπεριφοράς των κτηρίων, έγινε θεωρητική μελέτη και μετρήσεις με θερμοκάμερα και θερμομέτρα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κελύφους των κτηρίων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι σε συγκεκριμένα σημεία παρατηρούνται διαρροές θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό του κτηρίου και κατέδειξαν τις αδυναμίες θωράκισης του κελύφους.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Για να εξετάσουμε την διαρροή θερμότητας από το κέλυφος κτηρίου διατυπώνονται οι αρχές που διέπουν την μεταφορά θερμότητας.

1.1.1 Μεταφορά με αγωγή

Η θερμότητα μεταδίδεται δια μέσου των μαζών των σωμάτων. Η δυσκολία της μεταφοράς της θερμότητας δια μέσου των σωμάτων, εξαρτάται από την αγωγιμότητα του σώματος. Παράδειγμα καλών αγωγών είναι τα μέταλλα, ενώ αντίστοιχα παράδειγμα κακών αγωγών είναι τα πλαστικά, το ξύλο και ο αέρας. Η μεταφορά με αγωγή προκαλεί απώλειες θερμότητας από ένα κτήριο, που μπορούν όμως να μειωθούν με την χρήση μονωτικών υλικών. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) των υλικών είναι μέτρο της ικανότητας των υλικών να μεταφέρουν θερμότητα δια μέσω της μάζας τους.

Η μεταφορά θερμότητας με αγωγή Q δια μέσου μίας επιφάνειας μπορεί να διατυπωθεί ως εξής :

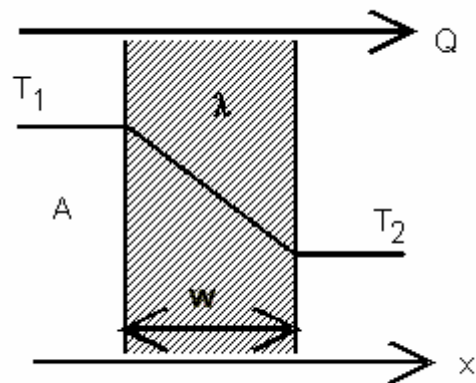
$$Q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

Το ποσό της θερμότητας από συγκεκριμένη επιφάνεια με δεδομένο πάχος τοίχου διατυπώνεται ως εξής.

$$Q = \frac{\lambda}{w} \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$$

Όπου λ είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, A η επιφάνεια που γίνεται η μεταφορά θερμότητας και T η θερμοκρασία των χώρων

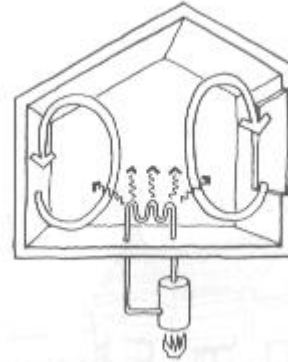
Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος μεταφοράς του Fourier



Εικόνα 1.1: Μεταφορά θερμότητας με αγωγή

1.1.2 Μεταφορά με μεταβίβαση

Η θερμότητα σε ένα υγρό ή αέριο μεταφέρεται και μέσω της μάζας του με την κίνηση του υγρού-αερίου. Έτσι σε ένα δωμάτιο, ο ψυχρός αέρας κινείται προς τα κάτω ενώ ο θερμός αέρας προς τα άνω. Την κίνηση αυτή την ονομάζουμε φυσική διάχυση ενώ αν η κίνηση γίνεται βεβιασμένα (ανεμιστήρες, ανεμοπίεση) την ονομάζουμε βίαιη διάχυση.



Εικόνα 1.2: Μεταφορά θερμότητας με διάχυση

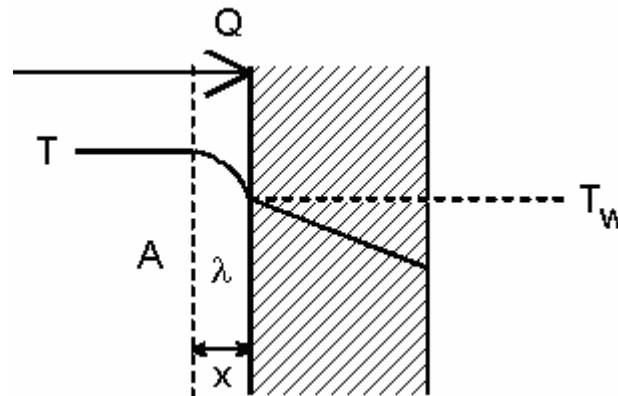
Η μεταφορά θερμότητας με διάχυση είναι μακροσκοπικό φαινόμενο και παρατηρείται κατά την ανάμειξη των υγρών. Η διαφορά πυκνοτήτων διαφόρων υγρών προκαλεί φυσική διάχυση. Αντίστοιχα η μηχανική ανάμειξη προκαλεί βεβιασμένη διάχυση.

Μεταξύ υγρών-αερίων με στερεό σώμα παρατηρείται μεταφορά με μεταβίβαση. Έτσι παρατηρείται μεταφορά με μεταβίβαση από ένα αέριο στην τοιχοποιία, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Το ποσό της μεταφερόμενης θερμότητας εκφράζεται:

$$Q = \frac{\lambda}{x} \cdot A \cdot (T - T_w)$$

Αφού όμως δεν μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς το πάχος του στρώματος στο οποίο γίνεται η διάχυση της θερμότητας, στην θέση του παράγοντα λ/x μπαίνει ένας διορθωτικός συντελεστής α [$W/m^2 \cdot K$]. που ονομάζεται συντελεστής θερμικής μεταβίβασης και εξαρτάται από την κινητική κατάσταση του αέρα.

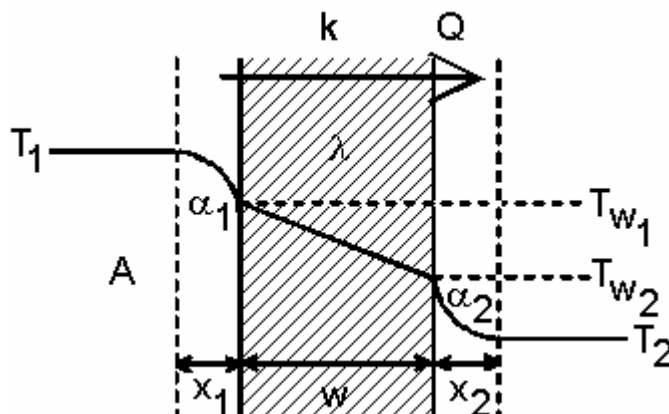


Εικόνα 1.3: Μεταφορά θερμότητας με μεταβίβαση

Η μεταφορά της θερμότητας, ανά ώρα, από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό χώρο του κελύφους του κτηρίου μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$\begin{aligned} Q &= k \cdot A \cdot (T_1 - T_2) = \\ &= \alpha_1 \cdot A \cdot (T_1 - T_{w_1}) = \\ &= \frac{\lambda}{w} \cdot A \cdot (T_{w_1} - T_{w_2}) = \\ &= \alpha_2 \cdot A \cdot (T_{w_2} - T_2) = \end{aligned}$$

Όπου λ [$W/m \cdot K$] είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, w το πάχος του υλικού και A η επιφάνεια.



Εικόνα 1.4: Μεταφορά θερμότητας μέσω τοίχου

Παρατηρείται, ότι αφού το α_1 , α_2 είναι κοινά σε όλο το κτήριο, σε περιοχές που έχουμε σχετικά χαμηλότερες στο εσωτερικό (υψηλότερες στο εξωτερικό) θερμοκρασίες του κελύφους του κτηρίου, στις περιοχές αυτές, υπάρχει συγκριτικά μεγαλύτερη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον (οι παρατήρηση αυτή ισχύει για τους χειμερινούς μήνες).

1.1.3 Μεταφορά με ακτινοβολία

Όλα τα σώματα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία που βρίσκονται, τον συντελεστή εκπομπής τους και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στην γη αποκλειστικά με αυτό τον μηχανισμό μεταφοράς.

Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν απαιτείται η παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου. Όταν η ακτινοβολία προσπέσει σε ένα άλλο σώμα ή θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί ή θα μεταφερθεί. Η θερμότητα που απορροφάται εμφανίζεται ως αύξηση θερμοκρασίας ενός σώματος.

Η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα εκφράζεται ως εξής:

$$q = \varepsilon \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Όπου

q = εκπεμπόμενη ενέργεια [W/m^2]

ε = συντελεστής εκπομπής υλικού

σ = σταθερά Stefan - Boltzmann [$5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$]

T = απόλυτη θερμοκρασία $^{\circ}\text{K}$

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος των Stefan – Boltzmann.

Την αρχή αυτή αξιοποιεί η θερμογραφία και προκύπτουν τα θερμογραφήματα.

2 Μετρήσεις

2.1 Θερμογραφία

Με την μέτρηση της θερμικής ακτινοβολίας των σωμάτων γίνεται η εκτίμηση των θερμοκρασιών των διαφόρων σωμάτων με την βοήθεια θερμογραφήματων. Τα θερμογραφήματα, όπως προκύπτει από τον τύπο εξαρτώνται από τον συντελεστή εκπομπής κάθε υλικού (ϵ) ο οποίος στην περίπτωση των μετρήσεών μας, για τα δομικά υλικά που εξετάζονται είναι της τάξης του 0.9.

2.2 Μετρήσεις θερμοκρασιών

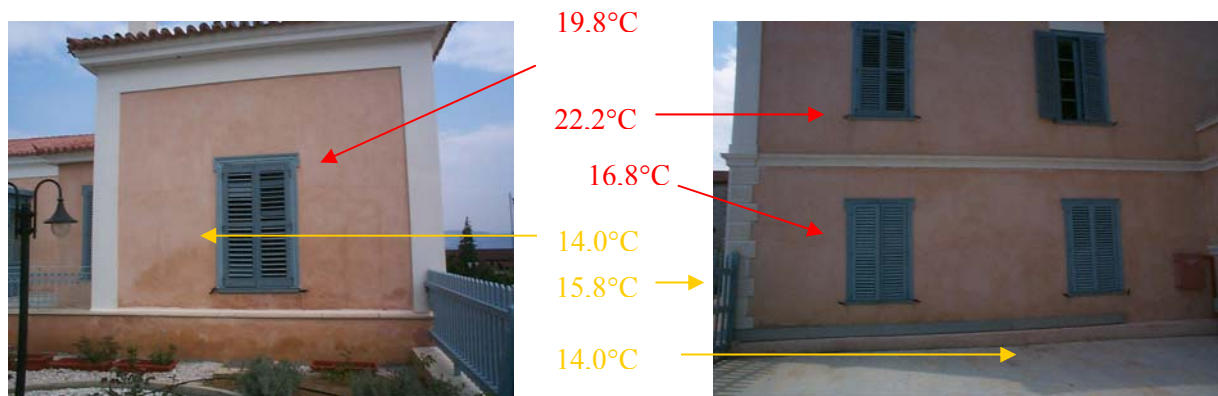
2.2.1 Βίλα Σερπιέρι

Στην «Βίλα Σερπιέρι» η εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια των μετρήσεων (28-03-2002) ήταν:

Στον εξωτερικό χώρο μπροστά από την είσοδο 14°C ενώ στον αντίστοιχο εσωτερικό χώρο που μελετήθηκε 19.8°C

Στον εξωτερικό χώρο μπροστά από το γραφείο της τεχνικής υποστήριξης 15.8°C ενώ η ίδια όψη προς την θάλασσα είχε θερμοκρασία $14,0^{\circ}\text{C}$

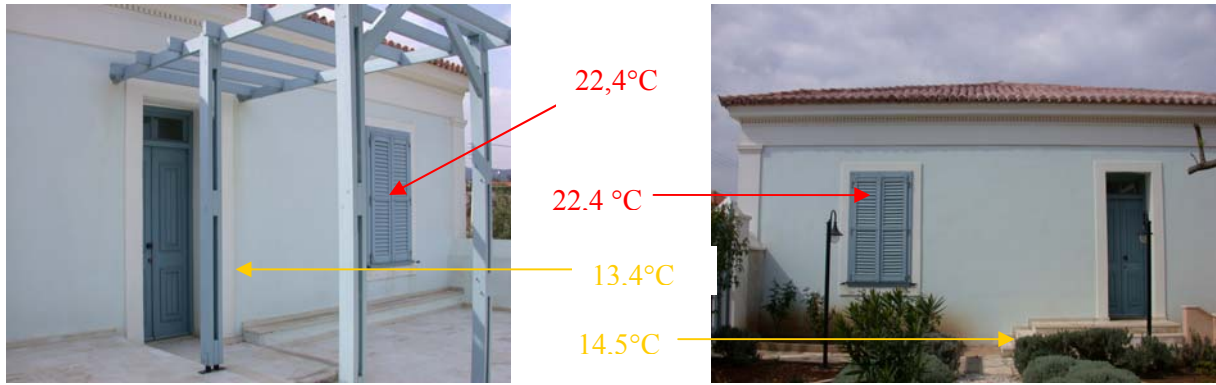
Οι εσωτερικοί χώροι του γραφείου τεχνικής υποστήριξης και του γραφείου του διευθυντή είχαν 22.2°C ενώ αντίστοιχα ο εσωτερικός χώρος του κάτω ορόφου που δεν θερμαινόταν είχε θερμοκρασία 16.8°C



Εικόνα 2.1: Μετρήσεις θερμοκρασιών στην «Βίλα Σερπιέρι»
Θέσεις μετρήσεων των θερμοκρασιών. Με κόκκινο σημειώνεται η εσωτερική θερμοκρασία και με κίτρινο η εξωτερική θερμοκρασία

2.2.2 Φαρμακείο

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων στο «Φαρμακείο» (28-03-2002) ο εξωτερικός χώρος είχε θερμοκρασία 14.3°C (στην όψη προς τον δρόμο) 14.5°C (στην αυλή του «Φαρμακείου») ενώ στον εξώστη είχε 13.4°C . Κατά την διάρκεια των μετρήσεων στο εσωτερικό του «Φαρμακείου» (μετά από 45' με ηλιοφάνεια, η εξωτερική θερμοκρασία ανήλθε στους 17.2°C (στην όψη του δρόμου). Ο εσωτερικός χώρος είχε θερμοκρασία 22.4°C .



Εικόνα 2.2: Μετρήσεις θερμοκρασιών στο «Φαρμακείο»
 Θέσεις μετρήσεων των θερμοκρασιών του κτηρίου. Με κόκκινο σημειώνεται η εσωτερική θερμοκρασία και με κίτρινο η εξωτερική θερμοκρασία

2.3 Όργανα μετρήσεων, λογισμικό επεξεργασίας

Οι μετρήσεις θερμογραφίας γίνανε με θερμοκάμερα τύπου Agema Thermovision 570

Οι μετρήσεις θερμοκρασίας έγιναν με θερμόμετρο περιβάλλοντος-επιφανείας τύπου Dostmann H200 πιστοποιημένο από το εργαστήριο DECA S.A. την 13-02-2002 με σφάλμα $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$



Εικόνα 2.3: Μετρήσεις με την θερμοκάμερα



Εικόνα 2.4: Μετρήσεις με το θερμόμετρο περιβάλλοντος-επιφανείας

Το λογισμικό επεξεργασίας των μετρήσεων ήταν:

- Microsoft word
- Microsoft excel
- Irwin Report 5.21
- Adobe Photoshop 6

3 Επεξεργασία και σχολιασμός μετρήσεων

3.1.1 Θεωρητική μελέτη

Από την θεωρητική μελέτη των κτηρίων (Ιεσσαί 2002, Ζάγκος 2001), έχει προκύψει η απαίτηση ενίσχυσης των κατασκευών από άποψη θερμομόνωσης, ειδικότερα στο δάπεδο του ισογείου του «Φαρμακείου» και στο δάπεδο του ισογείου της «Βίλα Σερπιέρι».

Από την μελέτη του δαπέδου του κτηρίου «Φαρμακείο» προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμικής διόδου του δαπέδου είναι $K_{\delta\alpha\pi}=2,51$ [Kcal/m² ·h· °C]

Ο συντελεστής θερμικής διόδου που συνιστάται από τον κανονισμό για τα δάπεδα είναι 0,4 [Kcal/m² ·h· °C].

Προκύπτει ότι ο υπάρχων συντελεστής θερμικής διόδου είναι μεγαλύτερος από τον επιτρεπόμενο συνεπώς το δάπεδο του ισογείου του «Φαρμακείου» κρίνεται ανεπαρκές από πλευράς θερμομόνωσης.

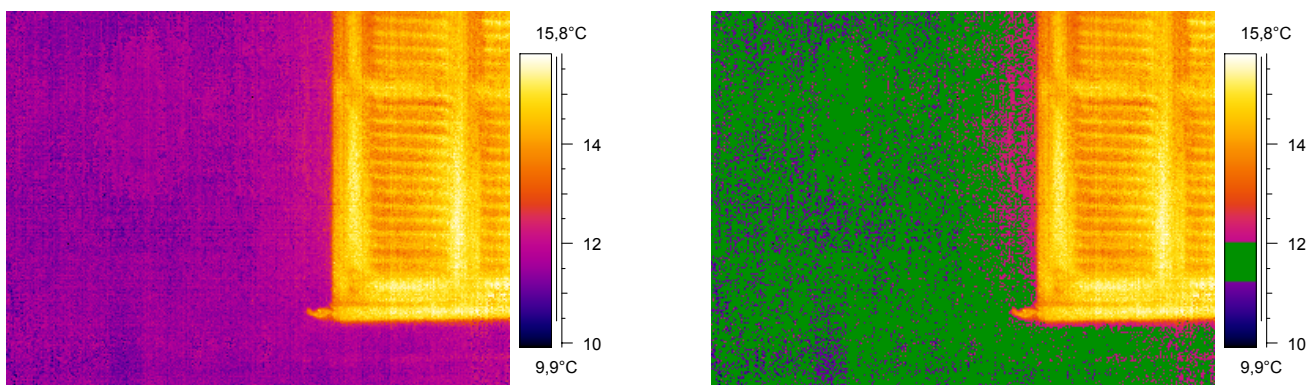
Τα άλλα δομικά στοιχεία του κτηρίου «Φαρμακείο», σύμφωνα με την θεωρητική μελέτη (αλλά όπως προκύπτει και από τις πειραματικές μετρήσεις) δεν παρουσίασαν αστοχία από άποψη θερμομόνωσης.

Στην περίπτωση της «Βίλα Σερπιέρι» προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμικής διόδου του δαπέδου είναι $K_{\delta\alpha\pi}= 0.49$ ο οποίος είναι και αυτός μεγαλύτερος από τον συντελεστή θερμικής διόδου που συνιστάται από τον κανονισμό.

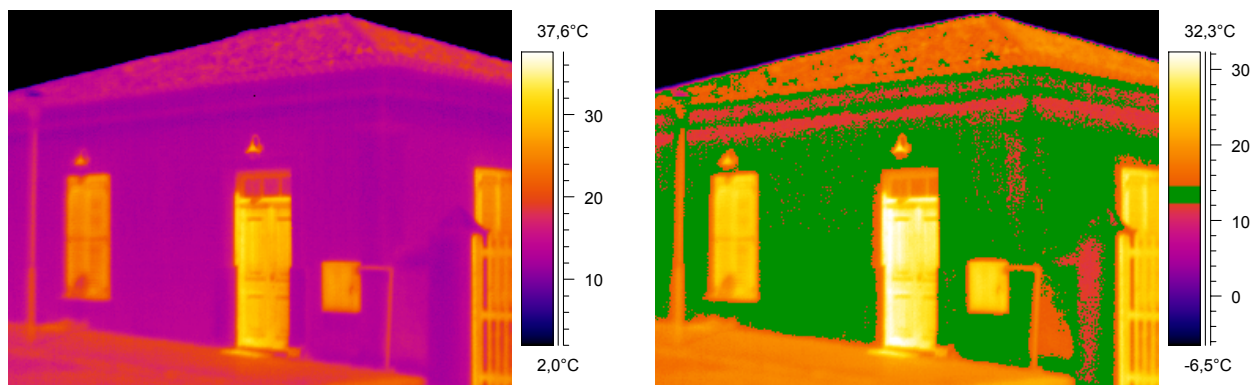
Εκτός των ανωτέρω, από την θεωρητική ανάλυση, δεν εντοπίστηκε άλλη αστοχία στις κατασκευές. Αντίθετα όπως θα αποδειχθεί στην μελέτη της «Βίλα Σερπιέρι» εντοπίστηκε πειραματικά διαφυγή θερμού αέρα από καπνοδόχο.

3.1.2 Επεξεργασία θερμογραφίας εξωτερικού κελύφους των κτηρίων

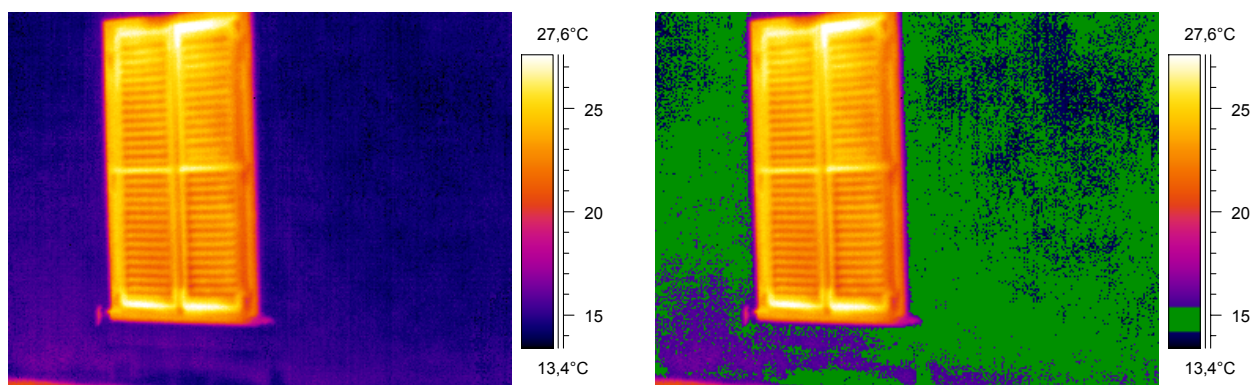
Στα θερμογραφικά δεδομένα αριστερά παρουσιάζονται οι θερμογραφίες χωρίς ανάλυση και στην δεξιά έχει γίνει επεξεργασία σε συγκεκριμένη θερμοκρασιακή περιοχή.



Εικόνα 3.1: Εικόνα του παραθύρου του εξώστη
Τα κουφώματα στον εξώστη έχουν μέση θερμοκρασία 15.9 °C.



Εικόνα 3.2.: Εικόνα όψης του «Φαρμακείου»
Τα κουφώματα της όψης προς τον δρόμο έχουν μέση θερμοκρασία 29.2 °C

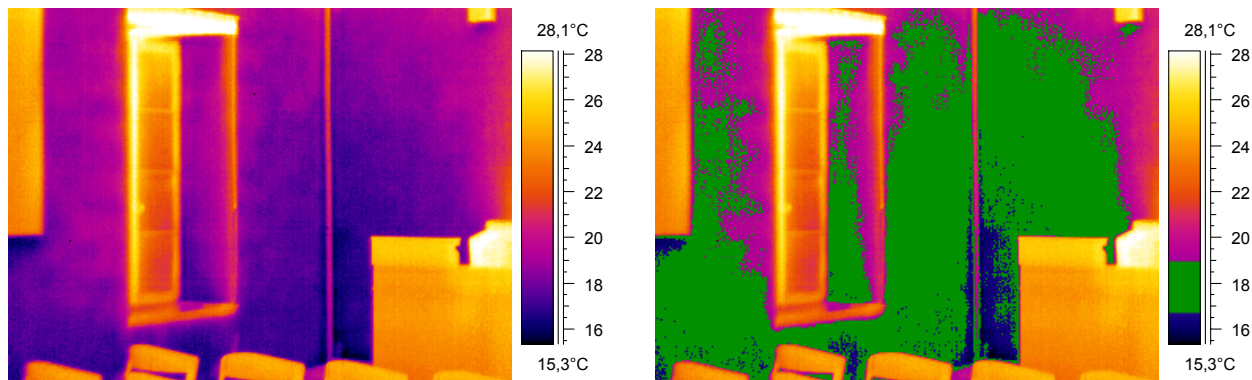


Εικόνα 3.3: Εικόνα του παραθύρου προς τον αύλειο χώρο της «Βίλα Σερπιέρι»

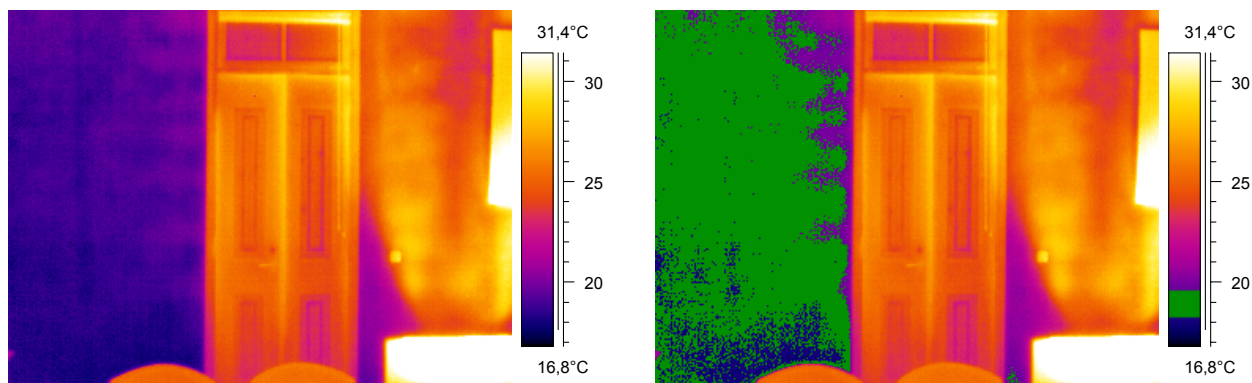
Στο σύνολο των θερμογραφημάτων που μελετήθηκαν οι ισοθερμικές της τοιχοποιίας που δέχονται ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά μέσο όρο 15°C . Αντίθετα η τοιχοποιία που δεν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία έχει μικρότερη θερμοκρασία, σημαντικά μικρότερη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό ερμηνεύεται, διότι η θερμοκρασία των υλικών έχει αυξηθεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ στο τοίχο προς τον εξώστη το υλικό λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του (λιθοδομή) δεν έχει αποκριθεί ακόμα στην αυξανόμενη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Στην περίπτωση αυτή μολοντί η ηλιοφάνεια ήταν σχετικά μικρή την ημέρα των μετρήσεων και οι θερμοκρασίες αρκετά χαμηλές, διαπιστώνεται και πειραματικά ότι η θερμική άνεση του κτηρίου εξαρτάται από τον προσανατολισμό του. Από την πειραματική μέτρηση μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας από την τοιχοποιία αφού δεν έχει αυξηθεί καθόλου η θερμοκρασία του τοίχου λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών στο εσωτερικό, ενώ οι θερμοκρασίες του κελύφους εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία και μόνον. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και από τις θερμοκρασίες των ξύλινων κουφωμάτων του κελύφους, τα οποία έχουν αποκτήσει ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία στις όψεις προς τον δρόμο και προς τον αύλειο χώρο της «Βίλα Σερπιέρι», όπου δέχονται ηλιακή ακτινοβολία, ενώ αντίθετα είναι ιδιαίτερα χαμηλές στην πλευρά προς τον εξώστη, εκεί όπου δεν δέχονται ηλιακή ακτινοβολία.

3.1.3 Εσωτερική παρειά του κελύφους



Εικόνα 3.4: Τοίχος και παράθυρο του «Φαρμακείου» προς την πλευρά του δρόμου

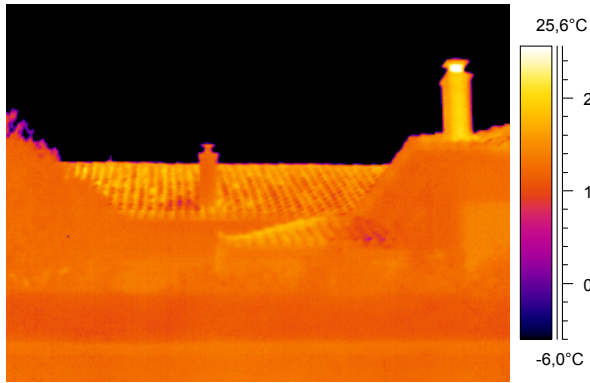


Εικόνα 3.5: Πόρτα και τοίχος του «Φαρμακείου» προς τον αύλειο χώρο της «Βίλα Σερπιέρι». Στον δεξιά τοίχο παρατηρείται θερμική πηγή (από κλιματιστικό του χώρου). Ο τοίχος επάνω από το κλιματιστικό έχει αυξημένη θερμοκρασία.

Το κτήριο φαίνεται να έχει ισορροπήσει θερμικά μετά από τρεις ώρες λειτουργίας των κλιματιστικών του. Όπως φαίνεται από τα θερμογραφήματα, κατά την περίοδο των μετρήσεων στο «Φαρμακείο» δεν υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές των επιφανειών σε σχέση με τις θερμοκρασίες που έχει το περιβάλλον.

Διαπιστώνεται ότι το κτήριο όχι μόνο δεν έχει πρόβλημα στην θερμική του συμπεριφορά αλλά ανταποκρίνεται σωστά θερμικά εφ'όσον διαπιστώνεται και πειραματικά η ικανοποιητική του θερμική συμπεριφορά.

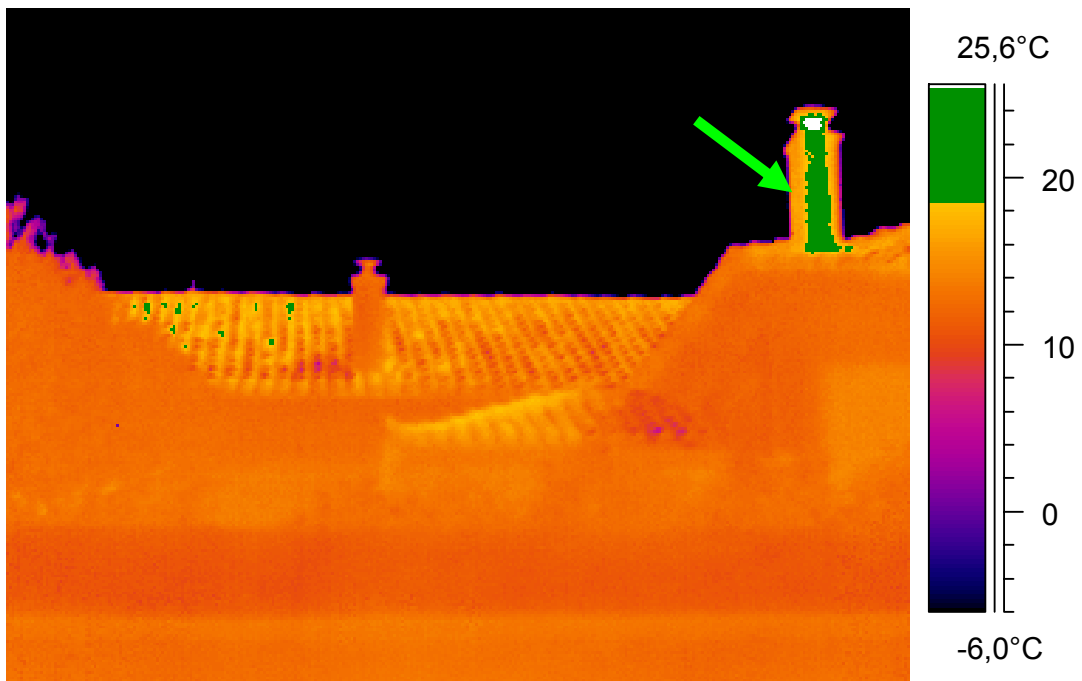
Όμοια θερμική συμπεριφορά παρατηρείται και σε άλλα μικρού ύψους κτήρια στο χώρο του Τ.Π.Π.Λ., όπως στη «Βίλα Σερπιέρι». Στην «Βίλα Σερπιέρι» παρά ταύτα εντοπίστηκε διαρροή θερμού αέρα από μία καπνοδόχο.



Εικόνα 3.6: Θερμογράφημα της οροφής της «Βίλα Σερπιέρι»



Εικόνα 3.7: Η οροφή της «Βίλα Σερπιέρι»



Εικόνα 3.8: Επεξεργασμένο θερμογράφημα , η οροφή της «Βίλα Σερπιέρι»

Οι καπνοδόχοι έχουν παραμείνει από εστίες που έχουν αχρηστευθεί κατά την αποκατάσταση των κτηρίων. Προκύπτει από το θερμογράφημα ότι η δεξιά καπνοδόχος έχει αυξημένη θερμοκρασία, λόγω μετακίνησης του θερμού αέρα από το εσωτερικό, και της διάχυσης της θερμότητας στην καπνοδόχο. Αντίθετα στην καπνοδόχο που είναι στο κέντρο δεν παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο δεδομένου ότι είχε σφραγιστεί κατά την αποκατάσταση των κτηρίων.

4 Συμπεράσματα

Από την θεωρητική ανάλυση έχει διαπιστωθεί ότι τα κελύφη των κτηρίων έχουν καλή θερμική θωράκιση με εξαίρεση τα δάπεδα των ισογείων τους τα οποία δεν πληρούν τους κανονισμούς θερμομόνωσης.

Από τις θερμογραφικές αναφορές δεν διαπιστώνονται θερμογέφυρες στο κέλυφος της κατασκευής των κτηρίων. Παρατηρήθηκε όμως σημαντική διαφυγή θερμού αέρα από μία καπνοδόχο του κτηρίου «Βίλα Σερπιέρι».

Εν συμπεράσματι, τα κτήρια έχουν καλή θερμική συμπεριφορά, ενώ απαιτούνται περιορισμένες επεμβάσεις, στα δάπεδα των ισογείων και στην καπνοδόχο του κτηρίου «Βίλα Σερπιέρι».

Από την εργασία προκύπτει ότι η θερμογραφία είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την μελέτη της θερμικής θωράκισης των κτηρίων, όπου η χρήση δομικών υλικών λόγω της ηλικίας και της ιδιομορφίας των κτηρίων δεν επιτρέπει μία ασφαλή θεωρητική προσέγγιση της ποιότητας επιτυχούς θερμομόνωσης των.

5 Βιβλιογραφία

- ΕΛΟΤ 1364, Θερμομόνωση- Ανίχνευση θερμικών ανομοιομορφιών σε κελύφη κτηρίων - Μέθοδος υπέρυθρων ακτίνων, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
- Ζάγκος Κ., Μόνωση της «Βίλα Σερπιέρι» στο Τ.Π.Π.Λ., Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών, Αθήνα 2001
- Ιεσσαί Β., Μελέτη θερμομόνωσης, υγραμόνωσης και ηχομόνωσης του κτηρίου του πρώην «Φαρμακείου» στο Τ.Π.Π.Λ., Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών, Αθήνα 2002
- Κορωναίος Αιμ., Πουλάκος Γ., Τεχνικά Υλικά 2, εκδ. Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Αθήνα 2002
- Σπανός Χ., Σπιθάκης Μ., Τρέζος Κ., Μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών, ΤΕΕ, Αθήνα 2002
- Haralambopoulos D. A. and G.F. Paparsenos, Assessing the thermal insulation of old buildings-the need for in situ spot measurements of thermal resistance and planar infrared thermography, Energy Convers, Mgmt Vol. 39, No ½, pp 65-79, 1998
- Titman D. J., Applications of thermography in non-destructive testing of structures, NDT &E International 34 (2001) p.149-154, 2001
- Sakagami T., Kubo S., Development of a new non- destructive testing technique for quantitative evaluations of delaminating defects in concrete structures based on phase delay measurement using lock- in thermography, Infrared physics & Technology, 43 p.311-316, 2002