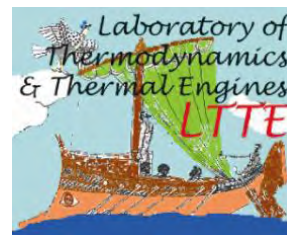




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑΣ**

από τον

ΜΠΟΥΡΟΥΤΖΗΚΑ ΦΩΤΙΟ

Διπλωματούχο Μηχανολόγο Μηχανικό Π.Θ., 2014

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
Βόλος, Οκτώβριος 2015

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

© 2015 Μπουρουτζήκας Φώτης

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Αναστάσιος Σταματέλλος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Ερρίκος Σταπουντζής Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Παναγιώτης Τσιακάρας Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή στη μεταπτυχιακή μου εργασία, κ. Σταματέλλο Αναστάσιο, για την αμέριστη συμπαράστασή του στην προσπάθεια που κατέβαλα και την καθοδήγηση του στην αντιμετώπιση διάφορων ζητημάτων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της μελέτης. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια Κωνσταντούλα τους ιδιοκτήτες της οικίας που μου επιτρέψανε να επιθεωρήσω την οικία τους και για την προθυμία τους να απαντήσουν στα διάφορα ερωτήματά μου σχετικά με ζητήματα που ανέκυψαν. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία Κούρτης Κατασκευαστική για την υποστήριξη που πρόσφεραν κατά τη διάρκεια της μελέτης μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη υποστήριξη της όλο αυτό το διάστημα καθώς και τους φίλους μου για την στήριξη τους.

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΜΠΟΥΡΟΥΤΖΗΚΑΣ ΦΩΤΗΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2015

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Αναστάσιος Σταματέλλος, Καθηγητής

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα επιχειρηθεί η αποτύπωση της θερμικής συμπεριφοράς και των προβλημάτων που εμφανίζει μια προκατασκευασμένη οικία με τη χρήση της υπέρυθρης θερμογραφίας. Η οικία που εξετάζεται βρίσκεται στην περιοχή των Αλυκών Βόλου και κατασκευάστηκε από την εταιρεία «Ε. Κούρτης», η οποία ειδικεύεται στην κατασκευή χαμηλού κόστους προκατασκευασμένων οικημάτων, το 2007. Το σπίτι σε σύντομο χρονικό διάστημα εμφάνισε ελαφρές ρηγματώσεις στους τοίχους και η αιτία εμφάνισης τους είναι ένας από τους στόχους αυτής της εργασίας. Επιλέχθηκε η χρήση της υπέρυθρης θερμογραφίας, διότι πιστεύεται ότι η αιτία εμφάνισης του φαινομένου είναι το γεγονός ότι λόγω ατελειών στη θερμομόνωση αναπτύσσονται κατά την διάρκεια της ημέρας έντονες θερμοκρασιακές βαθμίδες στους τοίχους της κατοικίας οι οποίες προκαλούν θερμικές καταπονήσεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι το σπίτι διαθέτει μεταλλικό σκελετό ενώ οι τοίχοι του είναι θερμομομωμένοι με διογκωμένη πολυστερίνη. Στα πλαίσια της εργασίας γίνεται αρχικά μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των αρχών λειτουργίας και των εφαρμογών της θερμογραφίας. Επίσης, γίνεται λεπτομερής περιγραφή της κατασκευής του κελύφους και της διαμόρφωσης των χώρων της οικίας. Ακολουθεί παρουσίαση θερμογραφιών που έχουν συλλεχθεί από το εξωτερικό αλλά και το εσωτερικό του σπιτιού, τόσο κατά τη χειμερινή όσο και κατά τη θερινή περίοδο, ώστε να τονιστούν τα προβλήματα στη θερμική συμπεριφορά του σπιτιού. Παράλληλα, έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν τυχόν ρηγματώσεις, που συνδέονται με καταστροφή της μόνωσης, μέσω κατάλληλων μετρήσεων υγρασίας της τοιχοποιίας (αν υπάρχει καταστροφή της μόνωσης τότε παρατηρούνται και αυξημένες τιμές υγρασίας λόγω εισχώρησης αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον). Τέλος, γίνεται κατηγοριοποίηση του κτίσματος σε ανάλογη ενεργειακή κλάση με τη χρήση του προγράμματος TEE-KENAK που χρησιμοποιείται στις ενεργειακές επιθεωρήσεις, ενώ εξετάζονται και σενάρια βελτιώσεων.

Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος πινάκων	11
Κατάλογος διαγραμμάτων.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1) Η ΕΤΑΡΕΙΑ ΚΟΥΡΤΗΣ-ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΠΙΤΙΑ	14
1.2) ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΠΙΤΙΟΥ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	18
2.1) ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ.....	18
2.1.1) ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	18
2.2) ΘΕΩΡΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	24
2.2.1) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	24
2.2.2) ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	26
2.2.3) ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	30
2.3) ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	34
2.3.1) ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	34
2.3.2) ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΙΚΙΑΣ	47
3.1) ΣΚΕΛΕΤΟΣ.....	47
3.2) ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ.....	49
3.3) ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	51
3.4) ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΚΑΜΕΡΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	57
4.1) ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΟΧΗΣ	57
4.2) ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	59
4.2.1) ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΚΑΜΕΡΑ THERMACAM S45	59
4.2.2) ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ THERMACAM RESEARCHER PRO 2.8 SR-3	63
4.2.3) ΥΓΡΑΝΣΙΟΜΕΤΡΟ WÖHLER HBF 410.....	68
4.2.4) ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ WÖHLER DT 310	71
4.3) ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	71
4.4) ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	76
5.1) ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	76

5.2) ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΛΗΨΕΙΣ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ.....	77
5.2.1) ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΨΗΣ ΟΙΚΙΑΣ	77
5.2.2) ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΨΗΣ ΟΙΚΙΑΣ	80
5.2.3) ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ	84
5.3) ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	102
6.1) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	103
6.2) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ	113
6.3) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΟΙΚΙΑΣ	117
6.4) ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΑΙΤΙΩΝ ΡΩΓΜΑΤΩΣΕΩΝ	121
6.5) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΙΚΙΑΣ.....	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΦΡΙΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΟ BS EN ISO 14683:2007	135
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΕΛΑΦΡΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΚΕΛΕΤΟ ΤΟΥ ΙΡΛΑΝΔΙΚΟΥ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ	145
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ ASTM C1090-11a.....	146

Κατάλογος εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΤΑ ΓΡΑΦΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ «ΚΟΥΡΤΗΣ».	14
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ «ΚΟΥΡΤΗΣ».	14
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΑΛΥΚΩΝ ΟΠΟΥ ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	15
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΚΑΤΟΨΗ ΤΟΥ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ Η ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ.	16
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΚΑΤΟΨΗ ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ Η ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ.	16
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΚΑΤΟΨΗ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ Η ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ.	17
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕ Ο WILLIAM HERSCHEL ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.	18
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΟΝΤΑΙ ΤΟ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟ ΤΟΥ THERMOPILE ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟΝ L. NOBILI ΚΑΙ ΔΕΞΙΑ ΤΟ ΑΤΕΛΕΣ THERMOPILE ΤΩΝ NOBILI- MELLONI.	19
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΒΟΛΟΜΕΤΡΟΥ ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟΝ SAMUEL P. LANGLEY ΤΟ 1880.	20
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΦΩΤΟΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ TI ₂ S ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 1943.	21
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΒΟΛΟΜΕΤΡΟΥ.	22
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΙΚΡΟΒΟΛΟΜΕΤΡΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ 2048X1536 PIXELS.	22
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΜΗΚΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ.	25

ΕΙΚΟΝΑ 14: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΝΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ «ΜΕΛΑΝ ΣΩΜΑΤΟΣ» ΟΠΟΥ 1-ΚΕΡΜΑΙΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ, 2-ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, 3-ΑΓΩΓΟΣ ΑΠΟ Al_2O_3 , 4-ΑΝΟΙΓΜΑ	27
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.	29
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΣΤΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΙ ΤΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (ΣΜΑΛΤΟ, ΓΥΨΟΣ, ΤΣΙΜΕΝΤΟ, ΠΥΡΙΜΑΧΟ ΤΟΥΒΛΟ) ΕΝΩ ΣΤΑ ΔΕΞΙΑ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΦΤΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ (ΑΡΓΥΡΟΣ, ΧΡΥΣΟΣ, ΠΛΑΤΙΝΑ, ΡΟΔΙΟ, ΧΡΩΜΙΟ, ΤΑΝΤΑΛΙΟ, ΜΟΛΥΒΔΑΙΝΙΟ).	31
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ-ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΛΙΑΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΑΝΗ ΥΛΙΚΑ.	32
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.	32
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΕΙΚΟΝΑ 20: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ-ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΛΙΑΣ ΓΙΑ ΑΔΙΑΦΑΝΗ ΥΛΙΚΑ.	33
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΟΣ ΦΙΛΜ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	33
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΟΣ ΦΙΛΜ ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑ	33
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.	35
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΜΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ)- ΦΑΚΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΓΕΡΜΑΝΙΟ (GE) ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΚΑΜΕΡΕΣ (ΔΕΞΙΑ).	36
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΦΑΚΩΝ ΓΕΡΜΑΝΙΟΥ (GE) ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΦΑΚΩΝ ΓΕΡΜΑΝΙΟΥ (GE) ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ (ΔΕΞΙΑ).	36
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΨΥΧΟΜΕΝΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ 1024X1024 PIXELS.	37
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΨΥΧΟΜΕΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ LWIR, VLWIR ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.	38
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΜΗ ΨΥΧΟΜΕΝΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ (ΒΟΛΟΜΕΤΡΟ)	39
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) – ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΡΙΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΒΟΛΟΜΕΤΡΩΝ.	39
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΟΘΟΝΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (LCD) ΜΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.	40
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ ΚΑΜΕΡΩΝ ΟΠΟΥ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΚΟΥΜΠΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥΣ.	41
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.	42
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.	43
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.	43
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΛΟΓΩ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (ΔΕΞΙΑ).	44
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ. ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ Η ΣΤΑΘΜΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΑ ΣΕ ΑΥΤΕΣ.	44
ΕΙΚΟΝΑ 37: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΑΜΙΝΟΥ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΑΠΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΜΙΝΟΥ.	45
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΑΙΤΙΕΣ ΠΟΥ ΤΑ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ.	45

ΕΙΚΟΝΑ 39: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ ΚΑΜΕΡΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΛΑΘΡΕΜΠΟΡΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΩΣΗΣ (ΚΕΝΤΡΟ) ΚΑΙ ΣΕ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ (ΔΕΞΙΑ).	46
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ Η ΟΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΜΕΣΟΤΟΙΧΙΑ ΜΕ ΠΑΡΑΚΕΙΜΕΝΗ ΟΙΚΙΑ.	47
ΕΙΚΟΝΑ 41: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΣΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ Ο ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΚΑΙ Η ΜΟΝΩΣΗ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.	48
ΕΙΚΟΝΑ 42: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	48
ΕΙΚΟΝΑ 43: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ.	49
ΕΙΚΟΝΑ 44: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΔΟΚΑΡΙΩΝ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ.	50
ΕΙΚΟΝΑ 45: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.	53
ΕΙΚΟΝΑ 46: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.	53
ΕΙΚΟΝΑ 47: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΤΟΥ BOILER.	54
ΕΙΚΟΝΑ 48: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΤΟΥ ΙΣΟΓΕΙΟΥ.	55
ΕΙΚΟΝΑ 49: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ.	55
ΕΙΚΟΝΑ 50: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΙΣΧΥΟΣ 18000BTU.	56
ΕΙΚΟΝΑ 51: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΗΜΕΡΑΣ.	58
ΕΙΚΟΝΑ 52: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΗΜΕΡΑΣ.	58
ΕΙΚΟΝΑ 53: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΤΗΝ ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ.	61
ΕΙΚΟΝΑ 54: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΜΕΡΑ.	62
ΕΙΚΟΝΑ 55: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ LAPTOP ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ ΤΗΝ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΚΑΜΕΡΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΑΥΤΗΝ.	63
ΕΙΚΟΝΑ 56: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ THERMACAM RESEARCHER PRO 2.8 SR-3.	64
ΕΙΚΟΝΑ 57: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ ΛΗΨΕΩΝ.	64
ΕΙΚΟΝΑ 58: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ. ΑΠΟ ΤΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΟΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΩΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ, ΤΟΥ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.	65
ΕΙΚΟΝΑ 59: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΕΣ ΠΑΛΕΤΕΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ. ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΕΧΟΥΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΟΙ IRON, MEDICAL, RAIN ΚΑΙ MIDGREEN.	65
ΕΙΚΟΝΑ 60: ΣΤΟ ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΕΝΩ ΑΠΟ ΚΑΤΩ ΜΕ ΒΕΛΑΚΙ ΕΠΙΣΗΜΑΙΝΕΤΑΙ Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΣΤΙΑΣΗΣ.	66
ΕΙΚΟΝΑ 61: ΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ «ΠΑΡΑΘΥΡΑ» ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΟΡΙΩΝ (ΔΕΞΙΑ).	67
ΕΙΚΟΝΑ 62: ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ «ΠΑΡΑΘΥΡΟ» ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.	67
ΕΙΚΟΝΑ 63: ΤΟ ΜΕΝΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.	68
ΕΙΚΟΝΑ 64: Η ΟΘΟΝΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΠΟΥ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ.	68
ΕΙΚΟΝΑ 65: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΑΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ WÖHLER HBF 410 ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	68

ΕΙΚΟΝΑ 66: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΔΙΑΘΕΤΕΙ ΤΟ ΥΓΡΑΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΕΝΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΡΟΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	69
ΕΙΚΟΝΑ 67: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΟΥ ΛΗΦΘΗΚΕ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΟΠΟΥ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΟΙ ΒΕΛΟΝΕΣ ΠΟΥ ΕΙΣΧΩΡΟΥΝ ΣΤΟ ΤΟΙΧΟ.	70
ΕΙΚΟΝΑ 68: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ WÖHLER DT 310 ΠΟΥ ΔΙΑΘΕΤΕΙ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.	71
ΕΙΚΟΝΑ 69: ΣΗΜΕΙΟ ΛΗΨΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ WC ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ. ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΜΙΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΣΤΑ ΔΕΞΙΑ.	72
ΕΙΚΟΝΑ 70: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ ΟΠΟΥ ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΜΙΑ ΡΩΓΜΗ.	72
ΕΙΚΟΝΑ 71: ΒΟΡΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	73
ΕΙΚΟΝΑ 72: ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	73
ΕΙΚΟΝΑ 73: ΝΟΤΙΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	74
ΕΙΚΟΝΑ 74: ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	74
ΕΙΚΟΝΑ 75: ΔΥΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΣΤΟ WC ΟΠΟΥ ΕΓΙΝΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	75
ΕΙΚΟΝΑ 76: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΛΗΨΗ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΟΥ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	77
ΕΙΚΟΝΑ 77: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΛΗΨΗ ΤΗΣ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΟΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΠΛΕΥΡΑΣ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.	78
ΕΙΚΟΝΑ 78: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	78
ΕΙΚΟΝΑ 79: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΛΗΨΗ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	79
ΕΙΚΟΝΑ 80: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ ΔΩΜΑΤΙΟΥ Η/Υ.	80
ΕΙΚΟΝΑ 81: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟΥ.	81
ΕΙΚΟΝΑ 82: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΟΥ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟΥ.	81
ΕΙΚΟΝΑ 83: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΝΟΤΙΟ ΚΑΙ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ.	81
ΕΙΚΟΝΑ 84: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ.	82
ΕΙΚΟΝΑ 85: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟΥ.	82
ΕΙΚΟΝΑ 86: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ.	82
ΕΙΚΟΝΑ 87: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ.	83
ΕΙΚΟΝΑ 88: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ ΤΩΝ ΓΟΝΕΩΝ.	83
ΕΙΚΟΝΑ 89: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΒΟΡΕΙΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ ΤΩΝ ΓΟΝΕΩΝ.	83
ΕΙΚΟΝΑ 90: ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ WC.	84
ΕΙΚΟΝΑ 91: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟΥ ΟΠΟΥ ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΠΟΥ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΤΙ ΜΕΣΟΧΩΡΙΣΜΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΡΟΦΩΝ.	85
ΕΙΚΟΝΑ 92: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΕ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.	85
ΕΙΚΟΝΑ 93: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟΥ. ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΕΥΚΡΙΝΩΣ Ο ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.	87
ΕΙΚΟΝΑ 94: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ ΤΩΝ ΓΟΝΕΩΝ. ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΕΥΚΡΙΝΩΣ Ο ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.	88
ΕΙΚΟΝΑ 95: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΤΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ ΤΩΝ ΓΟΝΕΩΝ. ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΕΥΚΡΙΝΩΣ Ο ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΔΥΟ ΠΙΘΑΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΟΝ ΒΟΡΕΙΟ ΤΟΙΧΟ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.	90
ΕΙΚΟΝΑ 96: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑ ΤΩΝ ΓΟΝΕΩΝ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΕΥΚΡΙΝΩΣ ΔΥΟ ΠΙΘΑΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΟΝ ΒΟΡΕΙΟ ΤΟΙΧΟ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.	91
ΕΙΚΟΝΑ 97: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ ΟΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΔΥΟ ΡΩΓΜΕΣ.	93

ΕΙΚΟΝΑ 98: ΣΕ ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΟΙ ΡΩΓΜΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	93
ΕΙΚΟΝΑ 99: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΙΔΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΠΑΡΑΠΑΝΩ.	94
ΕΙΚΟΝΑ 100: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΗΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΡΕΒΑΤΟΚΑΜΑΡΑΣ.	95
ΕΙΚΟΝΑ 101: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΟΥ WC ΟΠΟΥ ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΜΙΑ ΡΩΓΜΗ.	96
ΕΙΚΟΝΑ 102: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΤΟΙΧΟΥ.	97
ΕΙΚΟΝΑ 103: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ. ΕΙΝΑΙ ΕΜΦΑΝΗΣ Η ΕΝΤΟΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΩΝ.	98
ΕΙΚΟΝΑ 104: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ. ΕΙΝΑΙ ΕΜΦΑΝΕΙΣ ΟΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΚΟΙ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ.	99
ΕΙΚΟΝΑ 105: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΗΣ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΟΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΕΜΦΑΝΗΣ ΜΙΑ ΕΝΤΟΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΙΘΑΝΩΣ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.	100
ΕΙΚΟΝΑ 106: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΣΤΟ ΔΩΜΑΤΙΟ ΤΟΥ Η/Υ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΕΝΑ ΠΙΘΑΝΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΜΟΝΩΣΗΣ.	101
ΕΙΚΟΝΑ 107: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΟΠΟΥ ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ Ο ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΜΗΚΟΣ 5,35Μ ΣΕ ΜΙΚΡΟΤΕΡΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΝΩ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ Α ΚΑΙ Β ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.	107
ΕΙΚΟΝΑ 108: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ.	116
ΕΙΚΟΝΑ 109: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ 1 ^{ΗΣ} ΕΚΔΟΧΗΣ.	119
ΕΙΚΟΝΑ 110: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ 2 ^{ΗΣ} ΕΚΔΟΧΗΣ.	120
ΕΙΚΟΝΑ 111: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΚΕΛΕΤΟ. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΔΥΟ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.	122
ΕΙΚΟΝΑ 112: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.	127
ΕΙΚΟΝΑ 113: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.	130

Κατάλογος πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΜΗΚΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ.	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΟΡΟΦΗΣ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ.	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΟΙΚΙΑΣ.	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΟΡΤΕΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΠΑΛΚΟΝΟΠΟΡΤΕΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ JOANNES AZ-4.	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΤΛΙΑ BOILER GRUNDFOS UPS 25-40.	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ WILO STAR RS 30/6.	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: : ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΤΛΙΑΣ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ GRUNDFOS UPS 25-60.	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ 8/12 ΤΡΕΙΣ ΩΡΕΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ.	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ.	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ THERMACAM S45 ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ FLIR SYSTEMS.	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΟΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΙ ΚΩΔΙΚΟΙ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ.	70

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ WÖHLER DT 310 ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ.	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 24: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 25: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 26: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 27: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 28: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ.	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 29: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 30: ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ISO 6946, ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΕΣ ΑΝΑ ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ.	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 31: ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ.	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 32: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΚΔΟΧΗ.	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 33: : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΧΗ.	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 34: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΙΣΟΓΕΙΟΥ.	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 35: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ.	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 36: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ.	108
ΠΙΝΑΚΑΣ 37: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 38: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΙΣΟΓΕΙΟ).	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 39: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ (1 ^{ΟΣ} ΟΡΟΦΟΣ).	111

ΠΙΝΑΚΑΣ 40: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ ΑΠΟ ΘΥΡΙΔΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ.	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 41: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΛΟΓΩ ΥΠΑΡΞΗΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ.	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 42: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 43: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 44: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ.	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 45: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ.	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 46: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ 1 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.	125
ΠΙΝΑΚΑΣ 47: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ 1 ^Ο ΣΕΝΑΡΙΟ.	126
ΠΙΝΑΚΑΣ 48: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ 2 ^{ΟΥ} ΣΕΝΑΡΙΟΥ.	128
ΠΙΝΑΚΑΣ 49: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ 2 ^Ο ΣΕΝΑΡΙΟ.	129

Κατάλογος διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΜΗ ΨΥΧΟΜΕΝΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ (ΜΙΚΡΟΒΟΛΟΜΕΤΡΑ).	23
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΜΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ.	35
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΕΞΑΙΡΕΣΗ ΤΗ ΒΟΡΕΙΑ (ΜΕΣΟΤΟΙΧΙΑ).	80
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 92 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI02-LI03.	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 93 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI04-LI02.	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 94 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI03-LI01.	89
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 95 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI04-LI03 ΚΑΙ LI05-LI06.	91
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 96.	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 99.	94
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 100 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI01-LI04.	96
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 102 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI04-LI01 ΚΑΙ LI02-LI05. ...	97
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 103 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI02-LI01.	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13: ΤΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΣΗΜΑΝΘΕΙ ΣΤΗΝ ΕΙΚΟΝΑ 104 ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ LI02-LI01.	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1) Η ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΚΟΥΡΤΗΣ-ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΠΙΤΙΑ

Η κατασκευαστική εταιρεία ΚΟΥΡΤΗΣ - Προκατασκευασμένα Σπίτια ιδρύθηκε το 1986 από τον Ευάγγελο Κούρτη, αρχικά με την ονομασία «ΠΡΟΦΙΛ», και ειδικεύεται στην κατασκευή προκατασκευασμένων κατοικιών. Οι εγκαταστάσεις της εταιρείας με έκταση 20.000 τ.μ. βρίσκονται στο 7ο χλμ. της εθνικής οδού Λάρισας-Κοζάνης.[1]

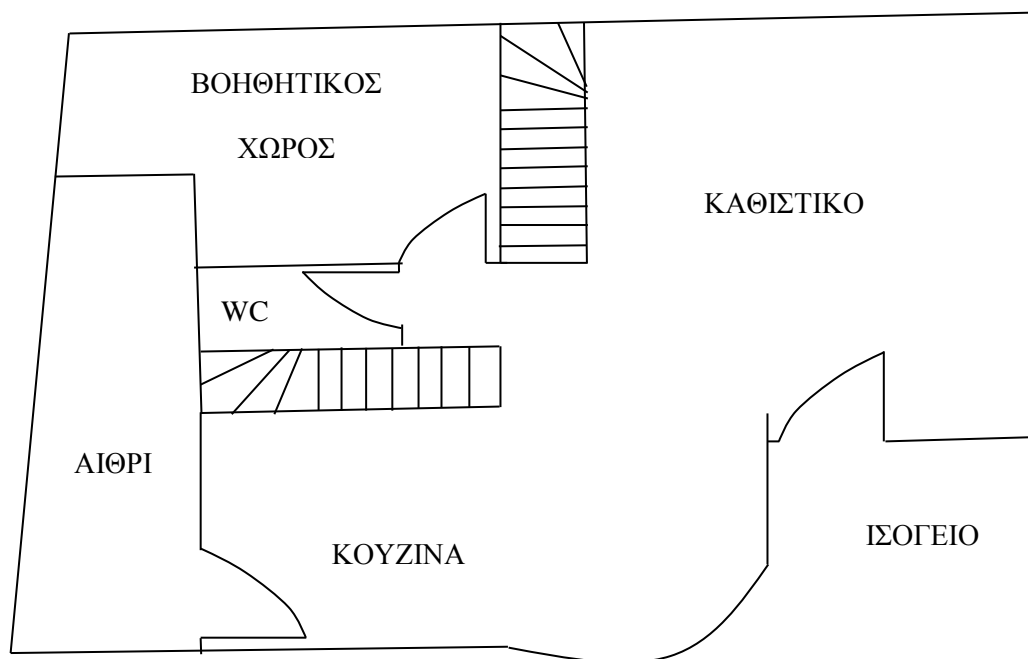


Εικόνα 1: Τα γραφεία της κατασκευαστικής εταιρείας «Κούρτης».

Η εταιρεία απασχολεί 20 άτομα ενώ συνεργάζεται και με περισσότερους από 60 εξωτερικούς συνεργάτες διαφόρων ειδικοτήτων (μηχανικοί, αρχιτέκτονες, διακοσμητές, ηλεκτρολόγοι, υδραυλικοί κ.α.). Παράλληλα διαθέτει ιδιόκτητο στόλο φορτηγών αυτοκινήτων κάθε τύπου. Πλέον εξειδικεύεται πέρα από τα προκατασκευασμένα σπίτια και σε συμβατικές κατασκευές, ανακαινίσεις, αναπαλαιώσεις, σύμμικτες και μεταλλικές κατασκευές, μεταφερόμενες κατοικίες, κ.α. Από τις αρχές του 2013 συνεργάζεται με την ελληνική εταιρεία MARMODOM η οποία ειδικεύεται στα συστήματα θερμομόνωσης με σκοπό την προσφορά ολοκληρωμένων λύσεων για την κατασκευή κατοικιών.

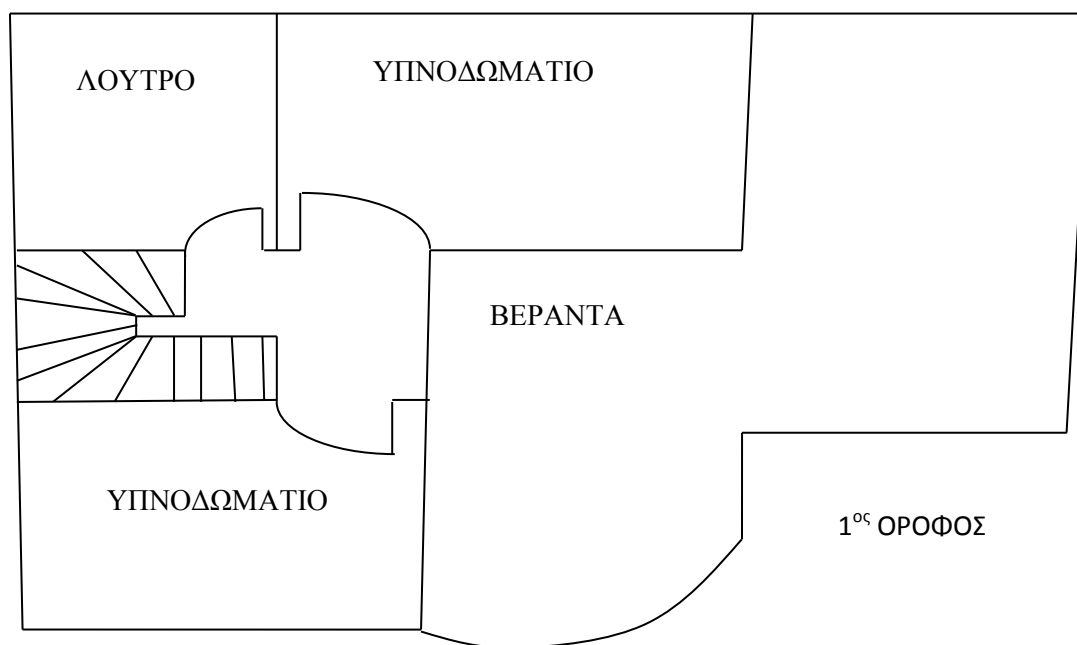


Εικόνα 2: Οι εγκαταστάσεις της κατασκευαστικής εταιρείας «Κούρτης».



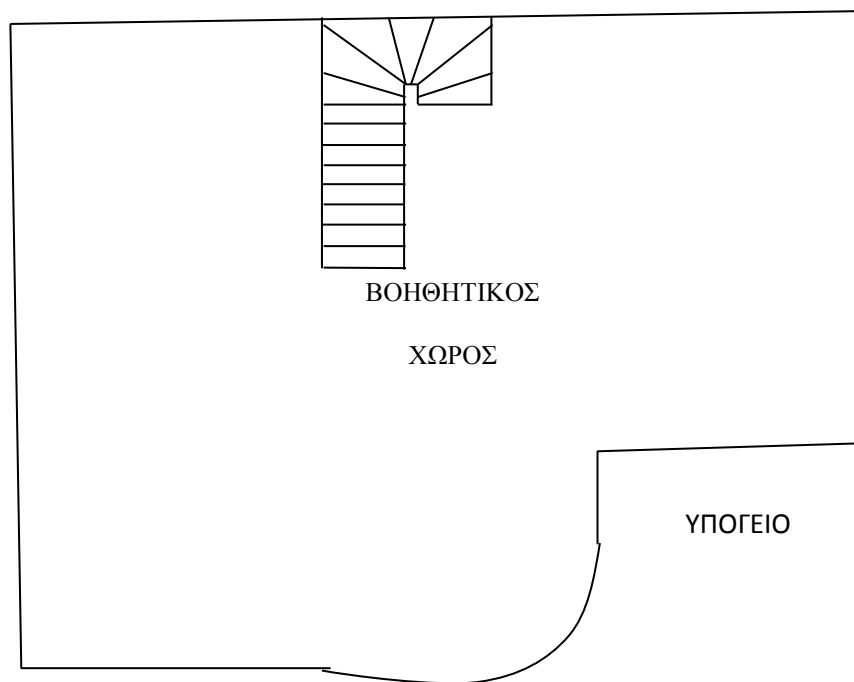
Εικόνα 4: Κάτοψη του ισογείου της οικίας όπου φαίνεται η διαρρύθμιση των χώρων.

Ο 1^{ος} όροφος είναι χωρισμένος και αυτός σε 3 χώρους: δυο κρεβατοκάμαρες και ένα λουτρό.



Εικόνα 5: Κάτοψη του 1^{ου} ορόφου της οικίας όπου φαίνεται η διαρρύθμιση των χώρων.

Τέλος το υπόγειο είναι ένας ενιαίος χώρος που λειτουργεί σαν βοηθητικός χώρος ενώ εκεί βρίσκεται εγκατεστημένος και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός της κατοικίας.



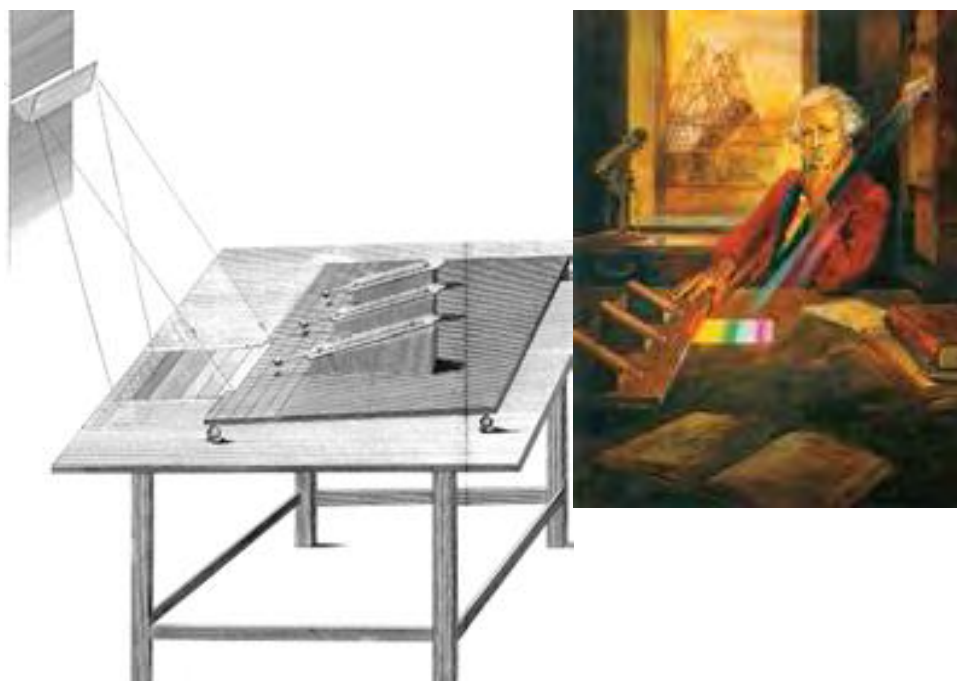
Εικόνα 6: Κάτοψη του υπογείου της οικίας όπου φαίνεται η διαρρύθμιση των χώρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1) ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ

2.1.1) ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πριν από 200 χρόνια περίπου, η ύπαρξη του υπέρυθρου τμήματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος δεν ήταν καν νοητή. Η ανακάλυψη του έγινε τυχαία το 1800 από τον Sir William Herschel ο οποίος ερευνούσε την εφαρμογή νέων υλικών στην οπτική. Πιο συγκεκριμένα, έψαχνε για ένα υλικό, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν οπτικό φίλτρο που θα μείωνε την λαμπρότητα του ήλιου στα τηλεσκόπια. Χρησιμοποιώντας διαφορετικά δείγματα χρωματιστού γυαλιού, που έδιναν παρόμοια αποτελέσματα, παρατήρησε ότι τα δείγματα άφηναν να περνά η ηλιακή θερμότητα με διαφορετικό τρόπο. Προκειμένου να διερευνήσει περαιτέρω το φαινόμενο χρησιμοποίησε ένα πρίσμα και ένα θερμόμετρο υδραργύρου στο οποίο είχε μαυρίσει το κάτω μέρος. Μετακινώντας το θερμόμετρο μέσα από τα διάφορα χρώματα του φάσματος από το ιώδες προς το κόκκινο διαπίστωσε ότι η θερμοκρασία αυξάνονταν συνεχώς. Όταν μάλιστα το μετακίνησε στη σκοτεινή περιοχή πέρα από το κόκκινο ο Herschel επιβεβαίωσε ότι η θερμοκρασία συνέχιζε να αυξάνεται. Το μέγιστο σημείο της αύξησης της θερμοκρασίας βρισκόταν μακριά από το κόκκινο του φάσματος και είναι γνωστό σήμερα σαν «υπέρυθρο μήκος κύματος»[2].



Εικόνα 7: Φωτογραφία της διάταξης που χρησιμοποίησε ο William Herschel για την ανακάλυψη της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Ο Herschel αναφερόμενος στην ανακάλυψή του αποκαλούσε αυτό το νέο κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σαν «θερμοκρασιακό φάσμα». Η ακτινοβολία αναφερόταν σαν «σκοτεινή θερμότητα» ή απλούστερα σαν «αόρατες ακτίνες». Ο όρος «υπέρυθρη» πρωτοεμφανίστηκε 75 χρόνια αργότερα και είναι ακόμη αβέβαιο ποιος ήταν ο πρώτος που τον χρησιμοποίησε.

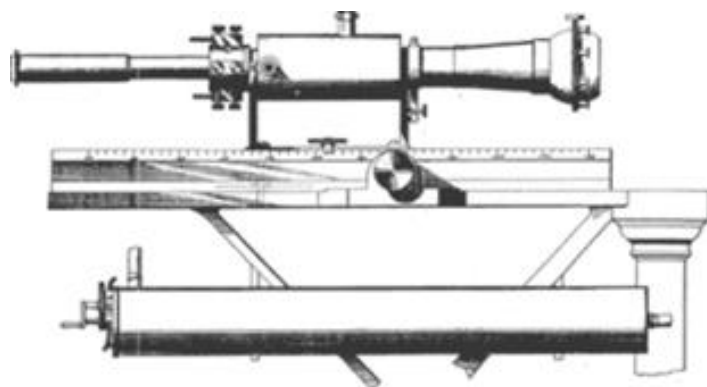
Η χρήση γυαλιού σαν υλικό οδήγησε σε αντιπαραθέσεις, σχετικά με την πραγματική ύπαρξη της υπέρυθρης ακτινοβολίας, καθώς ερευνητές που προσπαθούσαν να επαναλάβουν τα αποτελέσματα του Herschel χρησιμοποιούσαν διαφορετικά είδη γυαλιού με διαφορετική διαπερατότητα στο υπέρυθρο με αποτέλεσμα τα αρχικά ευρήματα να μην είναι επαναλήψιμα. Το πρόβλημα αυτό παρέμεινε μέχρι το 1830 όταν ο Ιταλός ερευνητής Macedonio Melloni ανακάλυψε πως το ορυκτό αλάτι (NaCl), το οποίο μπορούσε να διαμορφωθεί σε φακούς και πρίσματα, ήταν εξαιρετικά διαπερατό στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Το ορυκτό αλάτι παρέμεινε το πρωταρχικό υλικό για την κατασκευή οπτικών μέσων για την ανίχνευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας για τα επόμενα 100 περίπου χρόνια μέχρι την εμφάνιση των συνθετικών κρυστάλλων στη δεκαετία του 1930[3].

Τα θερμόμετρα παρέμειναν το κύριο όργανο ανίχνευσης της υπέρυθρης ακτινοβολίας μέχρι και το 1829, όταν ο Leopoldo Nobili, Ιταλός εφευρέτης, κατασκεύασε το πρώτο θερμοστοιχείο το οποίο είχε ακρίβεια 0.05°C . Η σημαντικότερη εξέλιξη έγινε όταν ο Melloni συνέδεσε παράλληλα έναν αριθμό θερμοστοιχείων και δημιούργησε το πρώτο thermopile. Η καινούρια αυτή συσκευή ήταν τουλάχιστον 40 φορές πιο ευαίσθητη από το καλύτερο θερμόμετρο της εποχής[4].



Εικόνα 8: Στις παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζονται το πρωτότυπο του thermopile αριστερά που κατασκευάστηκε από τον L. Nobili και δεξιά το ατελές thermopile των Nobili- Melloni.

Η βελτίωση της ευαισθησίας των ανιχνευτών υπέρυθρων ήταν αργή μέχρι και το 1880 όταν ο Samuel P. Langley εφηύρε το βολόμετρο, το οποίο ήταν ιδιαίτερος ευαίσθητο στην υπέρυθρη ακτινοβολία[4].



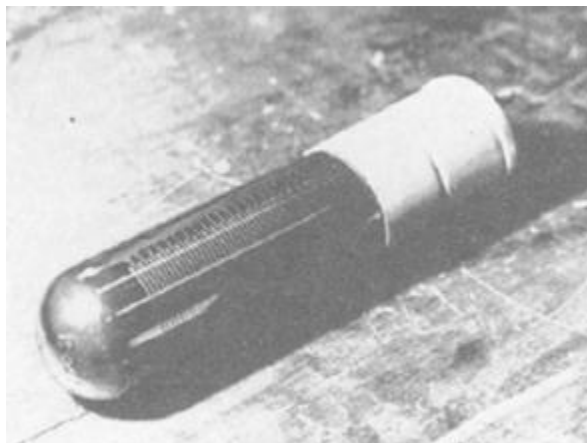
Εικόνα 9: Φωτογραφία του πρώτου βολόμετρου που κατασκευάστηκε από τον Samuel P. Langley το 1880.

Στο διάστημα 1900-1920 οι εφευρέτες ανά τον κόσμο ασχολήθηκαν ενεργά με τις πρακτικές εφαρμογές της υπέρυθρης ακτινοβολίας κάτι το οποίο αποτυπώνεται και στο πλήθος των πατεντών που κατατέθηκαν εκείνη την εποχή. Τα πρώτα λειτουργικά συστήματα κατασκευάστηκαν στο διάστημα του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου (1914-1918) καθώς υπήρχε μεγάλο ενδιαφέρον για τις στρατιωτικές εφαρμογές των ανιχνευτών υπέρυθρων. Οι πρώτες ειρηνικές εφαρμογές της συγκεκριμένης τεχνολογίας εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1950 στους τομείς της βιομηχανίας και της επιστημονικής έρευνας.

Η πρώτη θερμογραφία δημιουργήθηκε το 1840 από τον Sir John Herschel ο οποίος βασίστηκε στο γεγονός ότι ένα λεπτό φιλμ λαδιού εξατμίζεται με διαφορετικό ρυθμό όταν εκτίθεται σε μία θερμική διάταξη. Φέρνοντας σε επαφή ένα φύλλο χαρτιού με τους ατμούς του ελαίου κατάφερε να αποτυπώσει για πρώτη φορά το φαινόμενο. Το επόμενο μεγάλο βήμα στην εξέλιξη της μεθόδου ήρθε με την εφεύρεση του μετατροπέα εικόνας, ο οποίος επέτρεψε για πρώτη φορά στον χρήστη του να «δει στο σκοτάδι».

Το καθοριστικό, όμως, βήμα, στην εξέλιξη της υπέρυθρης τεχνολογίας έγινε το 1887 από τον Heinrich Rudolf Hertz ο οποίος ανακάλυψε την αρχή της φωτοαγωγιμότητας, όταν παρατήρησε ότι αρνητικά φορτισμένα σωματίδια εκπέμπονται από έναν αγωγό αν αυτός έχει εκτεθεί σε υπεριώδη ακτινοβολία. Περαιτέρω έρευνες έδειξαν ότι το φαινόμενο μπορεί να αναπαραχθεί και στο ορατό φάσμα χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια κατασκευασμένα από κάποιο μέταλλο της οικογένειας των αλκαλίων. Η περίοδος μεταξύ των δυο παγκοσμίων πολέμων χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη διάφορων φωτοανιχνευτών και μετατροπέων εικόνας καθώς και από την ανάδυση της υπέρυθρης σπεκτροσκοπίας, σαν μια σημαντική μέθοδος ανάλυσης. Ο πρώτος υπέρυθρος φωτοανιχνευτής κατασκευάστηκε από τον Theodore W. Case το 1917 [4]. Αυτός ανακάλυψε ότι μια ένωση αποτελούμενη από θάλλιο και θείο (Te_2S) παρουσίαζε ιδιότητες φωτοαγωγιμότητας. Με την υποστήριξη του αμερικάνικου στρατού κατασκεύασε

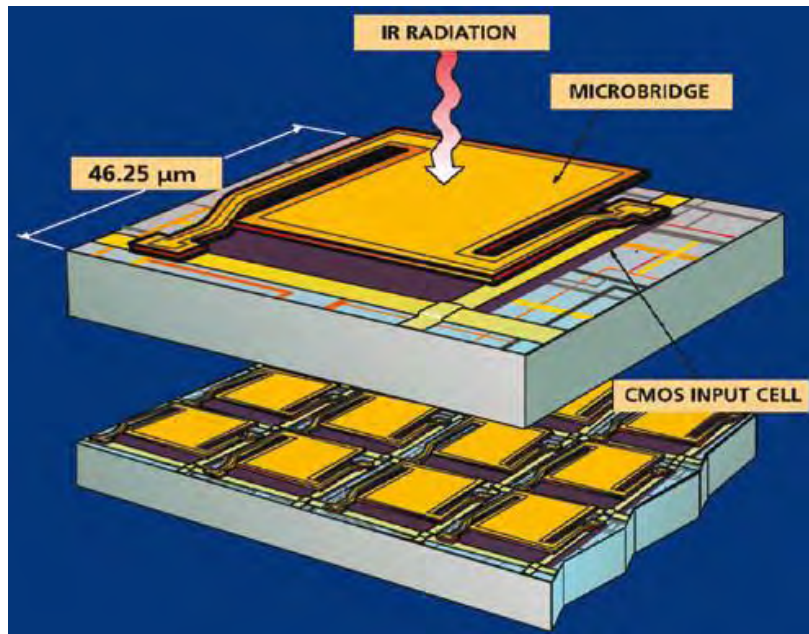
ανιχνευτές, οι οποίοι αποτελούσαν μέρος μιας συσκευής επικοινωνίας μέσω υπέρυθρων σημάτων.



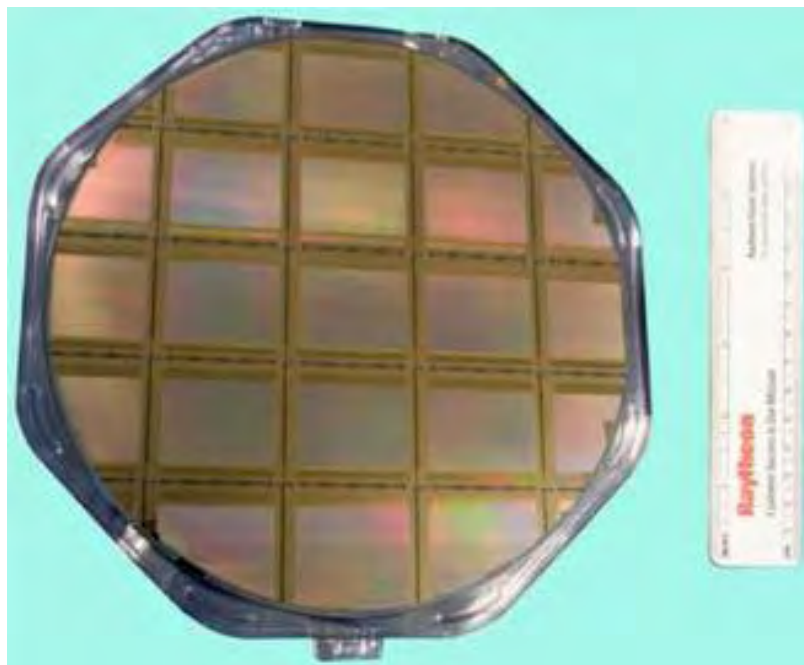
Εικόνα 10: Φωτοανιχνευτής Ti_2S κατασκευής 1943.

Το 1929 ο Ούγγρος φυσικός Kálmán Tihanyi εφεύρε την πρώτη συσκευή παρακολούθησης υπέρυθρων ακτινοβολιών και η οποία χρησιμοποιήθηκε στην αντιαεροπορική άμυνα της Αγγλίας [3]. Οι πρώτες συμβατικές θερμογραφικές κάμερες έκαναν την εμφάνισή τους το 1947 και ήταν αποτέλεσμα της συνεργασίας του αμερικάνικου Στρατού με την εταιρεία Texas Instruments. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι πρώτες κάμερες απαιτούσαν διάστημα μιας ώρας προκειμένου να αποτυπώσουν μια εικόνα. Ένα σημαντικό εμπόδιο στην περαιτέρω βελτίωση της ταχύτητας και της ακρίβειας ήταν η γρήγορη υπερθέρμανση των ηλεκτρονικών μερών των καμερών. Σημαντική ήταν η συμβολή των εταιρειών AGA και Royal Signals and Radar Establishment στο να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο μέσω της κατασκευής αγωγών που μπορούσαν να ψύχονται πιο αποτελεσματικά. Το 1969 ο Michael Francis Tompsett, ο οποίος εργαζόταν στην αγγλική Electric Valve Company, κατέθεσε μια πατέντα που αφορούσε την κατασκευή κάμερας, η λειτουργία της οποίας βασιζόταν στο φαινόμενο του πυροηλεκτρισμού[3]. Πρότεινε την κατασκευή μιας κάμερας η οποία αποτέλεσε και μια πρώτη μορφή των σύγχρονων υπέρυθρων καμερών. Ο συγκριμένος τύπος κάμερας βελτιώθηκε περαιτέρω μέσα στη δεκαετία του 1970 χάρις σε μια σειρά εφευρέσεων. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα, των ως τότε χρησιμοποιούμενων υπέρυθρων καμερών, ήταν το μεγάλο τους μέγεθος που οφειλόταν στην ανάγκη ύπαρξης ψυκτικής διάταξης για τη σωστή λειτουργία του φωτοανιχνευτή. Παράλληλα, πέρα από το μεγάλο μέγεθος, ο χρόνος ζωής αυτών των διατάξεων ήταν αρκετά περιορισμένος (10000 ώρες λειτουργίας), ενώ το κόστος συντήρησης ήταν αρκετά υψηλό. Για αυτούς τους λόγους στις αρχές της δεκαετίας του '70 έγιναν προσπάθειες να αναπτυχθούν μη ψυχόμενοι υπέρυθροι ανιχνευτές, για χρήση αρχικά σε στρατιωτικές εφαρμογές, οι οποίοι αποτελούν σήμερα το 95% της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας. Οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν αρχικά σε δυο διαφορετικές τεχνολογίες. Η πρώτη εφαρμόστηκε από την Texas Instruments (TI) και χρησιμοποιούσε ανιχνευτές από βάριο-στρόντιο-τιτάνιο (BST), ενώ η δεύτερη αναπτύχθηκε

από την Honeywell και χρησιμοποιούσε βολόμετρα κατασκευασμένα από οξείδια του βαναδίου (VOx)[4, 5]. Αργότερα, λόγω των περιορισμών που εμφάνισε η τεχνολογία BST ανάγκασε την Texas Instruments να αναπτύξει μια παραλλαγή της τεχνολογίας των βολομέτρων της Honeywell όπου αντί για οξείδια του βαναδίου χρησιμοποιήθηκε άμορφο πυρίτιο (a-Si).



Εικόνα 11: Σχηματική απεικόνιση ενός μικροβολομέτρου.

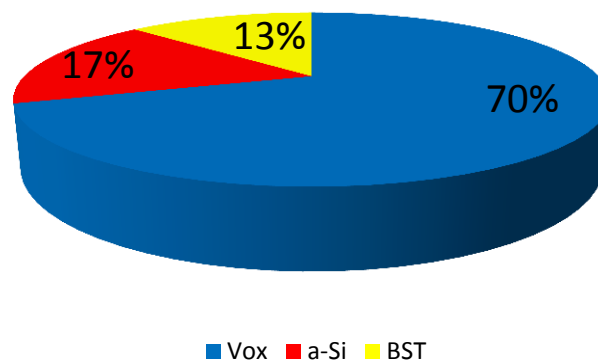


Εικόνα 12: Διάταξη μικροβολομέτρων συνολικής ανάλυσης 2048x1536 pixels.

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '80-'90 έγιναν πολλές προσπάθειες από διάφορες εταιρείες να αναπτυχθούν και άλλοι τύποι ανιχνευτών ενώ παράλληλα εκείνη την περίοδο εμφανίστηκαν και οι πρώτες υπέρυθρες κάμερες 2^{ης} γενιάς. Στα μέσα της δεκαετίας του '90 η τεχνολογία του άμορφου πυριτίου γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη σε αρκετές χώρες, και κυρίως στην Γαλλία, λόγω του πλεονεκτήματος που εμφάνιζε τότε καθώς μπορούσε να παράγεται σε μεγάλες ποσότητες σε χυτήρια πυριτίου. Έκτοτε βέβαια έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες τεχνικές που επιτρέπουν την παραγωγή βολομέτρων οξειδίου του βαναδίου σε χυτήρια πυριτίου, ενώ παράλληλα εξαφανίστηκαν και οι περιορισμοί που επέβαλλε ο αμερικάνικος στρατός στην εξαγωγή της συγκεκριμένης τεχνολογίας, καθώς αρχικά αυτή είχε αναπτυχθεί στα πλαίσια στρατιωτικών εφαρμογών.

Στην αρχή του 21^{ου} αιώνα έκαναν την εμφάνιση τους οι πρώτες υπέρυθρες κάμερες 3^{ης} γενιάς. Σήμερα, τα βολόμετρα που βασίζονται στην τεχνολογία του οξειδίου του βαναδίου αποτελούν την ευρύτερα χρησιμοποιούμενη τεχνολογία για τους μη ψυχόμενους ανιχνευτές με βάση έρευνες που έγιναν το 2010[5].

Estimated market shares for VOx, a-Si and BST detectors



Διάγραμμα 1: Μερίδιο αγοράς των διαθέσιμων τεχνολογιών για τους μη ψυχόμενους αισθητήρες υπερύθρων (μικροβολόμετρα).

2.2) ΘΕΩΡΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

2.2.1) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

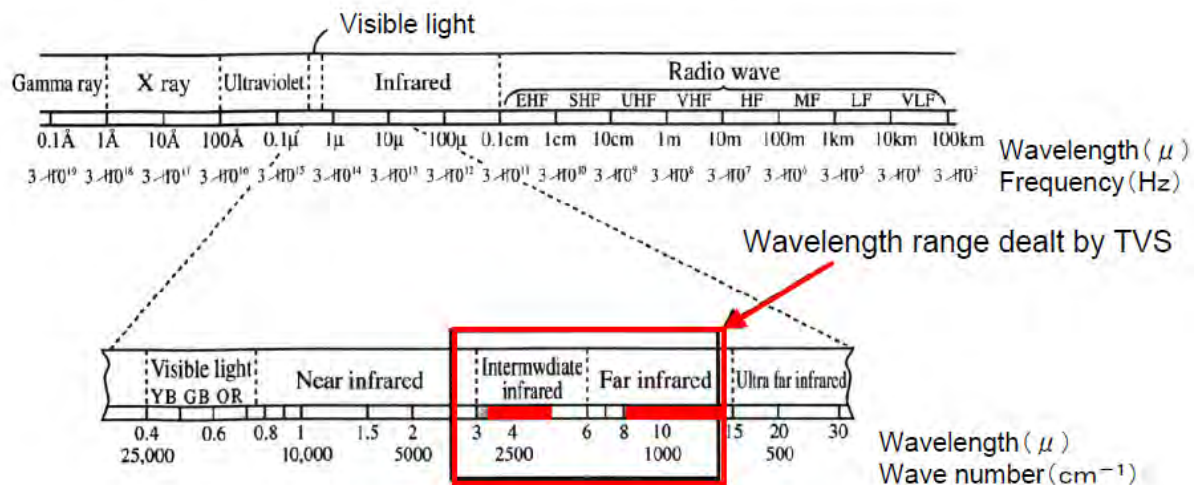
Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα έχει διαιρεθεί αυθαίρετα σε έναν αριθμό από κυματικές περιοχές (μπάντες) οι οποίες διακρίνονται από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και ανίχνευση της ακτινοβολίας. Δεν υπάρχει κάποια βασική διαφορά στην ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις διάφορες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Όλες τους διέπονται από τους ίδιους νόμους και οι μόνες διαφορές τους οφείλονται στο διαφορετικό μήκος κύματος. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιλαμβάνει επίσης ακτίνες γ και Χ, υπεριώδη ακτινοβολία, ορατό φως, υπέρυθρη ακτινοβολία, μικροκύματα καθώς και ραδιοκύματα[6].

Μήκος κύματος	Τύπος κύματος
1000km	Ακουστικές συχνότητες
100km	
10km	
1km	
100m	Ραδιοκύματα
10m	
1m	
10cm	
1cm	Μικροκύματα
1mm	
100 μm	
10 μm	
1μm	Υπέρυθρη ακτινοβολία
100nm	
10nm	
1nm	
0,1nm	Ορατό φως
0,01nm	
0,001nm	
0,0001nm	
0,00001nm	Υπεριώδης ακτινοβολία
	Ακτίνες Χ
	Ακτίνες Γ

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών και των αντίστοιχων μηκών κύματος.

Το είδος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που σχετίζεται με τη μεταφορά θερμότητας αποτελεί τη θερμική ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται λόγω των δονητικών και των περιστροφικών κινήσεων των μορίων, των ατόμων και των ηλεκτρονίων μιας ουσίας. Ο ρυθμός εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η θερμική ακτινοβολία εκπέμπεται διαρκώς από οποιαδήποτε μορφή ύλης της οποίας η θερμοκρασία είναι πάνω από το απόλυτο μηδέν. Αυτό σημαίνει ότι τα πάντα στον τριγύρω κόσμο, όπως οι τοίχοι, τα έπιπλα και τα άτομα εκπέμπουν και απορροφούν ακτινοβολία. Η

Θερμική ακτινοβολία ορίζεται επίσης και ως το ποσοστό του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που εκτείνεται από 0.1μm μέχρι και 100μm εφόσον η ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα, λόγω της θερμοκρασίας τους, βρίσκεται σχεδόν εντελώς μέσα σε αυτό το εύρος τιμών του μήκους κύματος. Επομένως, η θερμική ακτινοβολία περιλαμβάνει ολόκληρη την ορατή και υπέρυθη (IR) ακτινοβολία καθώς και ένα μέρος της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας[7].



Εικόνα 13: Κατηγοριοποίηση υπέρυθρης ακτινοβολίας και των αντίστοιχων μηκών κύματος.

Το φως είναι απλώς το ορατό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που κυμαίνεται μεταξύ 0.40 και 0.76μm. Το φως δε διαφέρει σημαντικά από τις άλλες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες εκτός του ότι τυχαίνει να ερεθίζει την όραση του ανθρώπινου ματιού. Το φως ή το ορατό φάσμα αποτελείται από στενές ζώνες χρώματος, από το ιώδες (0.4-0.44μm) μέχρι το κόκκινο (0.63-0.76μm). Το χρώμα μιας επιφάνειας εξαρτάται από την ικανότητα να ανακλά συγκεκριμένα μήκη τμήματος. Για παράδειγμα, μια επιφάνεια που ανακλά ακτινοβολία σε τιμές μήκος κύματος 0.63-0.76μm ,ενώ απορροφά την υπόλοιπη ορατή ακτινοβολία, εμφανίζεται στο ανθρώπινο μάτι ως κόκκινη. Μια επιφάνεια που απορροφά όλο το φως που προσπίπτει σε αυτήν εμφανίζεται ως μαύρη, ενώ μια επιφάνεια που ανακλά όλο το φως εμφανίζεται ως λευκή.

Η ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα σε θερμοκρασία δωματίου βρίσκεται στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος που εκτείνεται από 0.76 έως 100μm. Τα σώματα αρχίζουν να εκπέμπουν ορατή ακτινοβολία σε θερμοκρασίες πάνω από 800 K. Το νήμα μιας ηλεκτρονικής λυχνίας από βολφράμιο θα πρέπει να θερμανθεί σε θερμοκρασίες πάνω από 2000 K πριν να είναι σε θέση να εκπέμψει σημαντική ποσότητα ακτινοβολίας στο ορατό φάσμα.

Η υπεριώδης ακτινοβολία καταλαμβάνει το τμήμα του φάσματος της θερμικής ακτινοβολίας με τα χαμηλότερα μήκη κύματος και κυμαίνεται μεταξύ 0.01 έως 0.4 μm. Οι

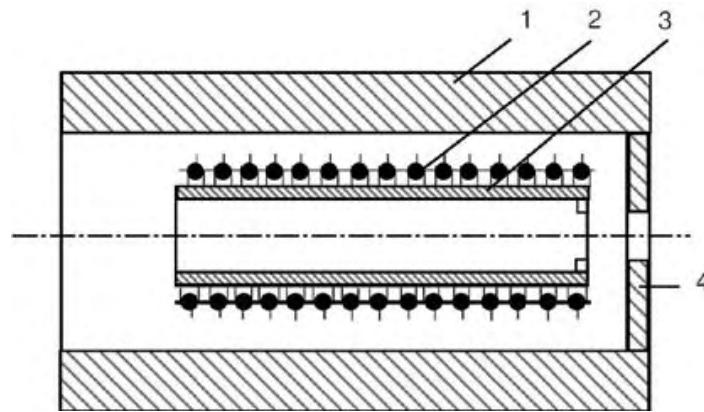
υπεριώδεις ακτίνες θα πρέπει να αποφεύγονται εφόσον μπορούν να σκοτώσουν μικροοργανισμούς και να προκαλέσουν σημαντική ζημία στους ανθρώπους και σε άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Περίπου το 12% της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται στην υπεριώδη περιοχή και θα προκαλούσε τεράστιες καταστροφές, αν έφτανε στην επιφάνεια της γης. Ευτυχώς το στρώμα του όζοντος (O_3) στην ατμόσφαιρα λειτουργεί ως προστατευτικό κάλυμμα και απορροφά το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ακτινοβολίας. Οι υπεριώδεις ακτίνες που παραμένουν στο ηλιακό φώς είναι αρκετές, ώστε να προκαλέσουν σημαντικά εγκαύματα στους λάτρες του ήλιου, ενώ η εκτεταμένη έκθεση στην άμεση ακτινοβολία αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες εμφάνισης καρκίνου του δέρματος, που μπορεί να αποβεί μοιραία. Οι σχετικά πρόσφατες αποκαλύψεις για τις «τρύπες» του όζοντος οδήγησαν στην απαγόρευση της χρήσης χημικών ουσιών που το καταστρέφουν, όπως το ευρέως διαδεδομένο ψυκτικό Freon-12 με σκοπό την προστασία της γης[8].

Στην επιστήμη της θερμογραφίας το ενδιαφέρον επικεντρώνεται μόνο στην ενέργεια που εκπέμπουν τα σώματα λόγω της θερμοκρασίας τους και μάλιστα στο κομμάτι της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται στο υπέρυθρο μήκος φάσματος.

2.2.2) ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ένα σώμα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπει ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις σε ένα μεγάλο εύρος τιμών μήκους κύματος. Η ποσότητα της ενέργειας που εκπέμπει με ακτινοβολία μια επιφάνεια σε συγκεκριμένο μήκος κύματος εξαρτάται από το υλικό του σώματος και την κατάσταση της επιφάνειας του καθώς και από τη θερμοκρασία της επιφάνειας του. Επομένως, είναι φυσικό να παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον σχετικά με τη μέγιστη ποσότητα ακτινοβολίας που μπορεί να εκπέμψει μια επιφάνεια σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Η ικανοποίηση αυτού του ενδιαφέροντος απαιτεί τον ορισμό ενός ιδανικού σώματος, που ονομάζεται μέλαν σώμα, το οποίο χρησιμεύει ως πρότυπο για τη σύγκριση των ιδιοτήτων της ακτινοβολίας των πραγματικών επιφανειών.

Το μέλαν σώμα ορίζεται ως ένα σώμα τέλει εκπομπής και απορρόφησης της ακτινοβολίας. Σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και μήκος κύματος καμία επιφάνεια δεν μπορεί να εκπέμψει περισσότερη ενέργεια από ένα μέλαν σώμα. Ένα μέλαν σώμα απορροφά όλη την προσπίπτουσα ενέργεια ανεξάρτητα από το μήκος κύματος και τη διεύθυνση. Επίσης, ένα μέλαν σώμα εκπέμπει ενέργεια με ακτινοβολία ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις. Δηλαδή, ένα μέλαν σώμα αποτελεί ενεργειακό πομπό διάχυσης.



Εικόνα 14: Σχηματική απεικόνιση ενός πραγματικού «μέλαν σώματος» όπου 1-κεραμικός αγωγός, 2-θερμαντικά στοιχεία, 3-αγωγός από Al_2O_3 , 4-άνοιγμα

Η ενέργεια ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα μέλαν σώμα ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα εμβαδού προσδιορίστηκε πειραματικά από τον Joseph Stefan το 1879 και εκφράζεται ως εξής[9]:

$$E_b = \sigma T^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

όπου $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ αποτελεί τη σταθερά *Stefan-Boltzmann* και T είναι η απόλυτη θερμοκρασία της επιφάνειας σε Κ. Η σχέση αυτή επαληθεύτηκε θεωρητικά το 1884 από τον Ludwig Boltzmann. Η παραπάνω εξίσωση είναι γνωστή και ως νόμος Stefan-Boltzmann και E_b είναι η ισχύς εκπομπής ή ισχύς εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (emissive power) του μέλανος σώματος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας είναι ανάλογη προς την τετάρτη δύναμη της απόλυτης θερμοκρασίας[10].

Παρόλο που το σώμα μπορεί να εμφανίζεται ως μέλαν (μαύρο) στο ανθρώπινο μάτι θα πρέπει να διαχωριστεί το ιδανικό μέλαν σώμα από μια κανονική μαύρη επιφάνεια. Κάθε επιφάνεια που απορροφά φως (το ορατό τμήμα της ακτινοβολίας) θα εμφανίζεται μαύρη στο ανθρώπινο μάτι, ενώ μια επιφάνεια που ανακλά το φως πλήρως θα εμφανίζεται λευκή. Θεωρώντας ότι η ορατή ακτινοβολία καταλαμβάνει μια πολύ στενή ζώνη του φάσματος από 0.4 έως 0.76 μm δεν είναι δυνατόν να γίνουν σωστές κρίσεις σχετικά με το αν μια επιφάνεια είναι μαύρη και πόσο μαύρη είναι, με βάση τις οπτικές παρατηρήσεις. Για παράδειγμα, το χιόνι και η λευκή βαφή ανακλούν το φως και έτσι μοιάζουν με λευκά. Όμως στην πράξη είναι μαύρα στην υπέρυθρη ακτινοβολία εφόσον απορροφούν κατά πολύ την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Οι επιφάνειες που είναι καλυμμένες με βαφή στο χρώμα του φούμου έχουν σχεδόν τη συμπεριφορά ενός ιδανικού μέλανος σώματος.

Ο νόμος *Stefan-Boltzmann* δίνει την ολική ισχύ εκπομπής του μέλανος σώματος E_b η οποία αποτελεί το άθροισμα της ακτινοβολίας που εκπέμπεται σε όλα τα μήκη κύματος. Μερικές φορές θα πρέπει να είναι γνωστή η ισχύς εκπομπής φασματικής ακτινοβολίας του μέλανος σώματος, που είναι η ποσότητα της ενέργειας της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα

μέλαν σώμα σε απόλυτη θερμοκρασία T ανά μονάδα χρόνου, ανά μονάδα εμβαδού και ανά μονάδα μήκους κύματος, στο μήκος κύματος λ . Για παράδειγμα, η ποσότητα της ακτινοβολίας που εκπέμπει ένας λαμπτήρας πυράκτωσης στο φάσμα ορατού μήκους κύματος είναι πιο σημαντική απ' ό,τι η ολική ποσότητα ακτινοβολίας που εκπέμπει ο λαμπτήρας.

Η σχέση για την ισχύ εκπομπής $E_{b\lambda}$ του φασματικού μέλανος σώματος αναπτύχθηκε από τον Max Planck το 1901 ταυτόχρονα με την διάσημη κβαντική θεωρία του. Η σχέση αυτή είναι γνωστή ως ο νόμος κατανομής του Planck και εκφράζεται ως εξής:

$$E_{b\lambda}(T) = \frac{C_1}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]} \quad (\text{W/m}^2 \cdot \mu\text{m})$$

όπου:

$$C_1 = 2\pi h c_0^2 = 3.742 \cdot 10^8 \text{ W} \cdot \mu\text{m}^4 / \text{m}^2$$

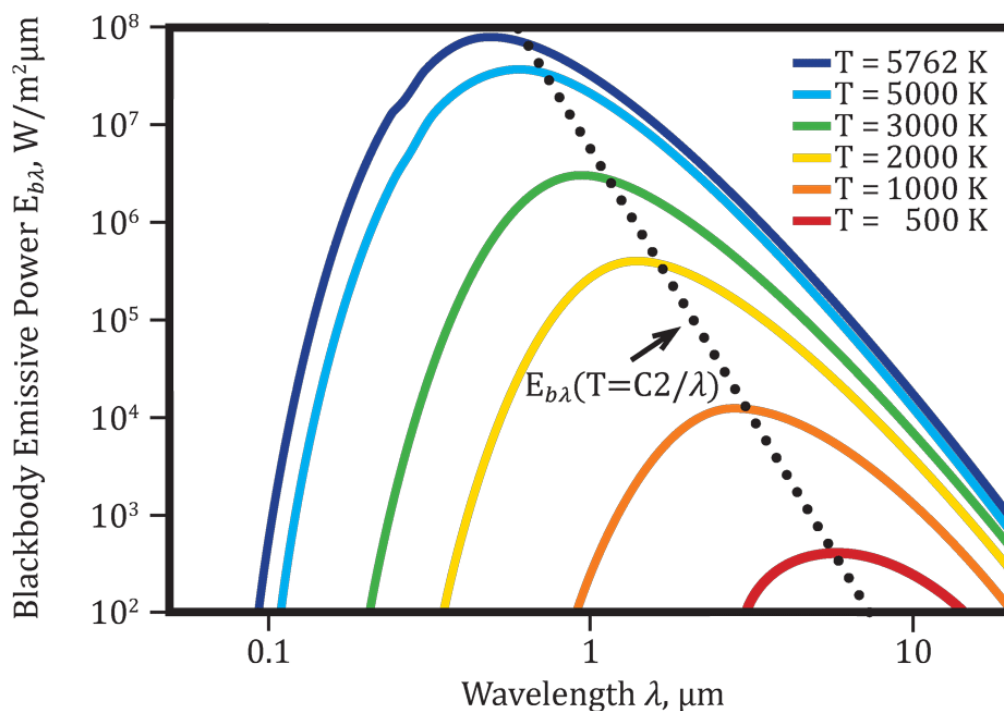
$$C_2 = h c_0 / k = 1.439 \cdot 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

Επίσης T είναι η απόλυτη θερμοκρασία της επιφάνειας, λ είναι το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας και $k = 1.3805 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ είναι η σταθερά Boltzmann. Η σχέση αυτή ισχύει για μια επιφάνεια σε κενό ή σε αέριο. Σε άλλα μέσα θα πρέπει να τροποποιείται αντικαθιστώντας τη C_1 με την C_1/n^2 όπου n^2 είναι ο δείκτης διάθλασης του μέσου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος φασματικός δηλώνει εξάρτηση από το μήκος κύματος.

Η μεταβολή της ισχύος εκπομπής ακτινοβολίας του μέλανος σώματος σε σχέση με το μήκος κύματος παρουσιάζεται γραφικά στην παρακάτω εικόνα για συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, το μέγιστο της καμπύλης στο διάγραμμα μετατοπίζεται προς μικρότερα μήκη κύματος. Το μήκος κύματος στο οποίο εμφανίζεται το μέγιστο σημείο για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία δίνεται από το νόμο της μετατόπισης του Wien ως εξής:

$$(\lambda T)_{\max \text{ power}} = 2897.8 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

Τη σχέση αυτή ανέπτυξε αρχικά ο Willy Wien το 1894 χρησιμοποιώντας την κλασσική θερμοδυναμική αλλά μπορεί να προκύψει και από τη διαφόριση του νόμου κατανομής του Planck[11].



Εικόνα 15: Διάγραμμα μεταβολής της ισχύος εκπομπής ακτινοβολίας του μέλανος σώματος σε σχέση με το μήκος κύματος για συγκεκριμένες θερμοκρασίες.

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτουν κάποια συμπεράσματα:

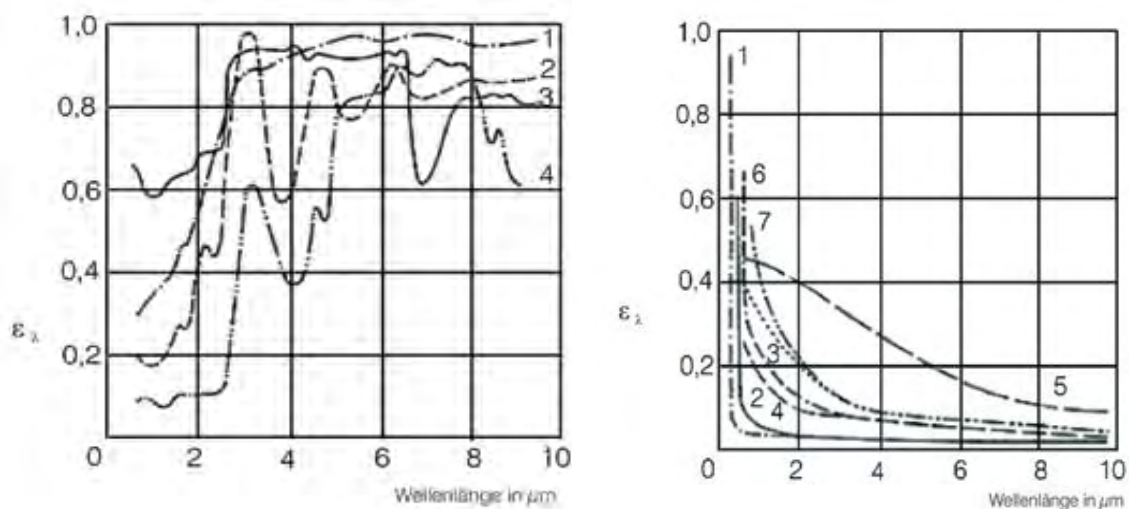
- Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία αποτελεί μια συνεχή συνάρτηση του μήκους κύματος. Σε οποιαδήποτε θερμοκρασία αυξάνεται με το μήκος κύματος φτάνει σε μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια μειώνεται καθώς αυξάνεται το μήκος κύματος.
- Σε οποιοδήποτε μήκος κύματος η ποσότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία.
- Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία οι καμπύλες γίνονται πιο απότομες και μετατοπίζονται προς τα αριστερά, στην περιοχή μικρότερου μήκους κύματος. Επομένως, ένα μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας εκπέμπεται σε μικρότερα μήκη κύματος σε υψηλότερες θερμοκρασίες.
- Η ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος, ο οποίος θεωρείται ως μέλαν σώμα, στους 5762 K φτάνει στο μέγιστο στην περιοχή του ορατού φωτός. Επομένως, ο ήλιος είναι συντονισμένος με το ανθρώπινο μάτι. Από την άλλη οι επιφάνειες σε θερμοκρασία $T \leq 800$ K εκπέμπουν σχεδόν εξολοκλήρου στην υπέρυθρη περιοχή και επομένως δεν είναι ορατές στο ανθρώπινο μάτι, εκτός αν ανακλούν φως που προέρχεται από άλλες πηγές.

2.2.3) ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Τα περισσότερα υλικά είναι αδιαφανή στη θερμική ακτινοβολία και η ακτινοβολία θεωρείται επιφανειακό φαινόμενο για τέτοιου είδους υλικά. Δηλαδή, η θερμική ακτινοβολία εκπέμπεται ή απορροφάται το πολύ λίγα μόλις μικρόμετρα από την επιφάνεια και έτσι γίνεται λόγος για ιδιότητες ακτινοβολίας των επιφανειών αδιαφανών υλικών. Μόνο λίγα υλικά ανταποκρίνονται στην ιδεατή θεώρηση του μέλανος σώματος. Η πλειοψηφία των υλικών εκπέμπουν πολύ λιγότερη ακτινοβολία στην ίδια θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό ονομάζονται «γκρι σώματα». Τα υλικά παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά σε διαφορετικά μήκη κύματος, ενώ η εξάρτηση από το μήκος κύματος αποτελεί σημαντικό στοιχείο μελέτης των ιδιοτήτων της ακτινοβολίας, όπως η ικανότητα εκπομπής (emissivity), η απορροφητικότητα (absorptivity), η αντανακλαστικότητα (reflectivity), και η περατότητα (transmissivity) των υλικών[8, 12].

- **Ικανότητα εκπομπής (Emissivity):** Ορίζεται ως ο λόγος της ακτινοβολίας που εκπέμπει η επιφάνεια αυτή προς την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία. Η ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας συμβολίζεται με ϵ και κυμαίνεται μεταξύ του μηδενός και της μονάδας, $0 \leq \epsilon \leq 1$. Η ικανότητα εκπομπής αποτελεί μέτρο του κατά πόσο μια επιφάνεια προσεγγίζει τη συμπεριφορά ενός μέλανος σώματος για το οποίο ισχύει $\epsilon=1$.

Η ικανότητα εκπομπής μιας πραγματικής επιφάνειας δεν αποτελεί σταθερά. Αντίθετα μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία της επιφάνειας καθώς και με το μήκος κύματος και τη διεύθυνση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Γενικά ισχύει ότι τα μέταλλα έχουν χαμηλές ικανότητες εκπομπής μέχρι και 0.02 για τις στιλβωμένες επιφάνειες, ενώ τα υπόλοιπα υλικά όπως τα κεραμικά και τα οργανικά έχουν υψηλότερες. Η ικανότητα εκπομπής των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα έντονα οξειδωμένα μέταλλα είναι δυνατό να εμφανίσουν ικανότητες εκπομπής ανάλογες με εκείνες των υπόλοιπων στοιχείων.



Εικόνα 16: Στα αριστερά το διάγραμμα απεικονίζει τους συντελεστές εκπομπής τεσσάρων δομικών υλικών (σμάλτο, γύψος, τσιμέντο, πυρίμαχο τούβλο) ενώ στα δεξιά φαίνονται οι συντελεστές εκπομπής επτά μετάλλων (άργυρος, χρυσός, πλατίνα, ρόδιο, χρώμιο, tantalum, μολυβδαίνιο).

➤ **Απορροφητικότητα, Αντανakλαστικότητα, Περατότητα (Absorptivity, Reflectivity, Transmissivity)**

Το τμήμα της ακτινοβολίας που απορροφάται από την επιφάνεια ονομάζεται **απορροφητικότητα α**, το τμήμα που ανακλάται από την επιφάνεια ονομάζεται **αντανakλαστικότητα ρ**, ενώ το τμήμα που μεταδίδεται ονομάζεται **περατότητα τ**. Δηλαδή:

$$\text{Απορροφητικότητα} : \alpha = \frac{G_{abs}}{G}$$

$$\text{Αντανakλαστικότητα} : \rho = \frac{G_{ref}}{G}$$

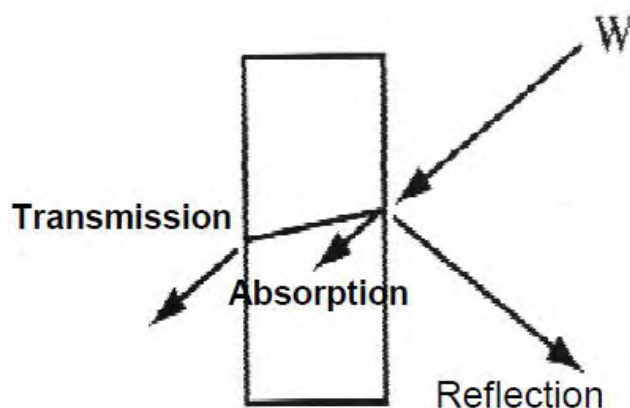
$$\text{Περατότητα} : \tau = \frac{G_{tr}}{G}$$

όπου G είναι η ενέργεια ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια και G_{abs} , G_{ref} , G_{tr} είναι τα απορροφούμενα, αντανakλόμενα και μεταδιδόμενα τμήματα της αντίστοιχα. Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής απαιτεί το άθροισμα της απορροφούμενης, αντανakλόμενης και μεταδιδόμενης ενέργειας ακτινοβολίας να ισούται με την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Δηλαδή:

$$G_{abs} + G_{ref} + G_{tr} = G$$

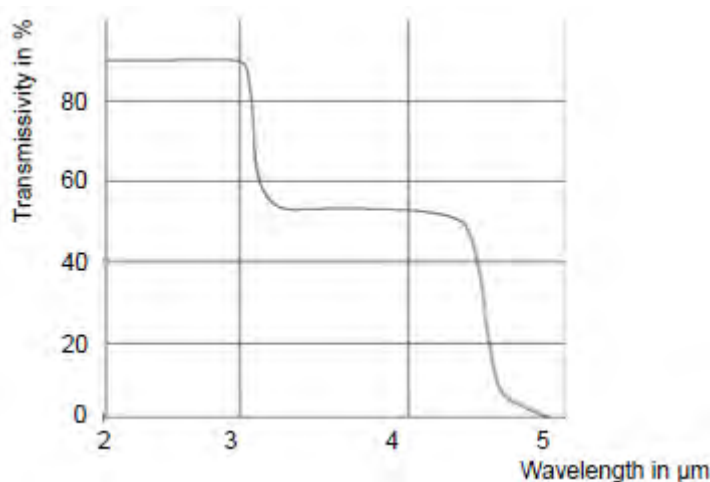
Διαιρώντας κάθε όρο της συγκεκριμένης σχέσης ως προς G προκύπτει:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$



Εικόνα 17: Σχηματική απεικόνιση του μηχανισμού ανάκλασης-απορρόφησης-μετάδοσης της ακτινοβολίας για διαφανή υλικά.

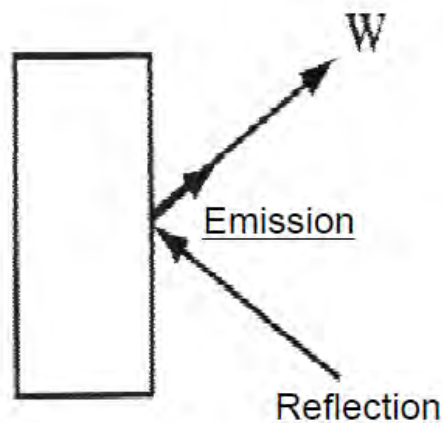
Κάποια άλλα υλικά, όπως το γυαλί και το νερό, επιτρέπουν τη διείσδυση της ορατής ακτινοβολίας σε αρκετό βάθος πριν την εμφάνιση σημαντικής απορρόφησης. Η ακτινοβολία διαμέσου τέτοιων ημιδιαφανών υλικών προφανώς δε μπορεί να θεωρηθεί ως επιφανειακό φαινόμενο, εφόσον ολόκληρος ο όγκος του υλικού αλληλεπιδρά με την ακτινοβολία. Από την άλλη και το γυαλί και το νερό είναι ουσιαστικά αδιαφανή στην υπέρυθρη ακτινοβολία.



Εικόνα 18: Μεταβολή της ικανότητας μετάδοσης του γυαλιού σε συνάρτηση με το μήκος κύματος.

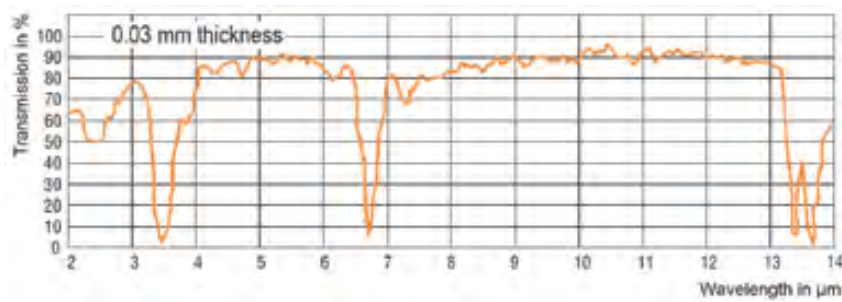
Για τις αδιαφανείς επιφάνειες ισχύει $\tau=0$ οπότε η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$\alpha + \rho = 1$$

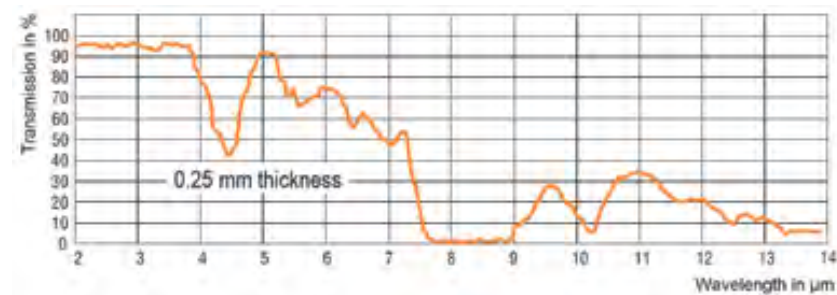


Εικόνα 19: Εικόνα 20: Σχηματική απεικόνιση του μηχανισμού ανάκλασης-απορρόφησης-μετάδοσης της ακτινοβλίας για αδιαφανή υλικά.

Αυτή η σχέση των ιδιοτήτων είναι πολύ σημαντική εφόσον επιτρέπει τον προσδιορισμό και της απορροφητικότητας και της ανακλαστικότητας μιας αδιαφανούς επιφάνειας μετρώντας μια από τις ιδιότητες αυτές.



Εικόνα 21: Μεταβολή του συντελεστή περατότητας ενός φιλμ πολυαιθυλενίου



Εικόνα 22: Μεταβολή του συντελεστή περατότητας ενός φιλμ πολυεστέρα

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απορροφητικότητα του αλουμινίου αυξάνεται με τη θερμοκρασία, χαρακτηριστικό των μετάλλων, ενώ η απορροφητικότητα των μονωτών γενικά μειώνεται με την θερμοκρασία. Αυτή η μείωση είναι εντονότερη για επιφάνειες που εμφανίζονται λευκές στο ανθρώπινο μάτι. Για παράδειγμα, η απορροφητικότητα μιας επιφάνειας η οποία είναι βαμμένη με λευκό χρώμα είναι

χαμηλή για την ηλιακή ακτινοβολία παρόλο που είναι αρκετά υψηλή για την υπέρυθρη.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως ισχύει: $\varepsilon(T) = \alpha(T)$

Δηλαδή η ολική ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας σε θερμοκρασία T ισούται με την ολική απορροφητικότητα για ακτινοβολία που προέρχεται από ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία. Για το μέλαν σώμα ισχύει ότι : $\varepsilon=\alpha=1$. Η σχέση αυτή ονομάζεται νόμος του Kirchhoff και αναπτύχθηκε αρχικά το 1860 από τον Gustav Kirchhoff. Η σχέση αυτή προκύπτει υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία επιφάνειας ισούται με τη θερμοκρασία της πηγής ακτινοβολήσης, η οποία περιορίζει και την ακρίβεια της σχέσης αυτής, όταν η θερμοκρασιακή διαφορά της επιφάνειας και της πηγής ακτινοβολήσης είναι αρκετά μεγάλη.

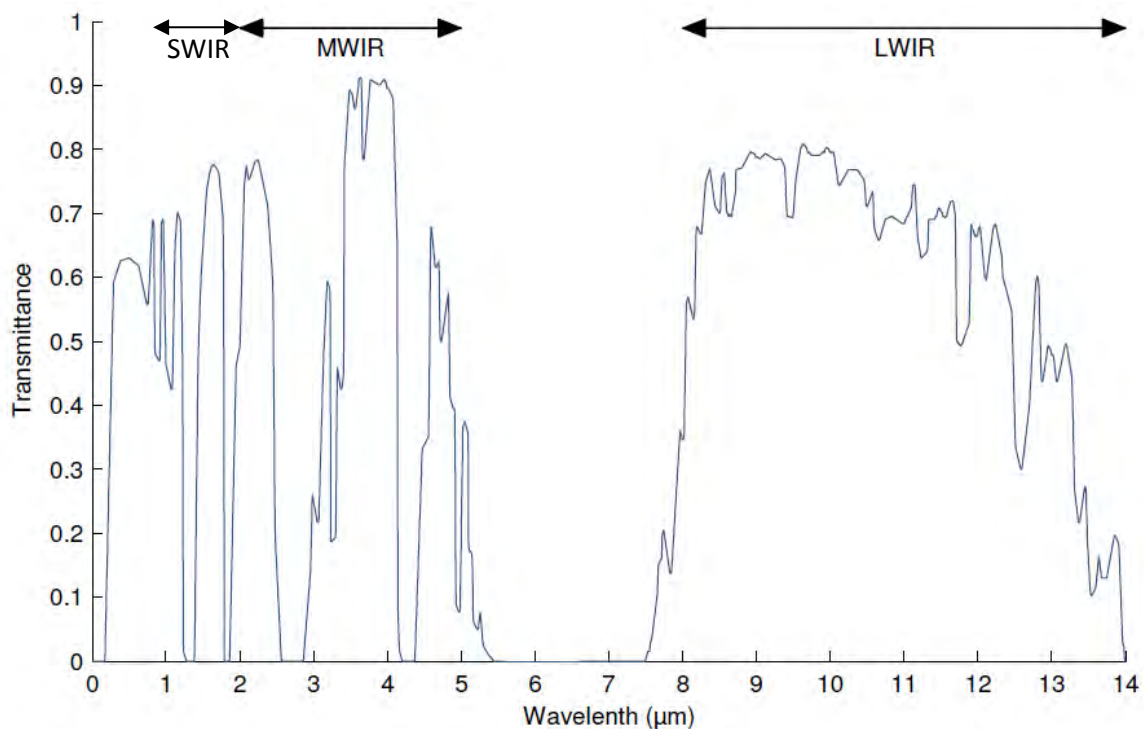
2.3) ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2.3.1) ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Οι θερμογραφικές κάμερες βασίζουν την λειτουργία τους στο γεγονός ότι όλα τα σώματα εκπέμπουν μια ποσότητα ακτινοβολίας μέλανος σώματος ανάλογα με τη θερμοκρασία τους. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του σώματος τόσο περισσότερη υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπεται με την μορφή ακτινοβολίας μέλανος σώματος. Οι υπέρυθρες κάμερες ανιχνεύουν την ακτινοβολία αυτή με τον ίδιο τρόπο που οι συμβατικές κάμερες ανιχνεύουν το ορατό φως[13].

Το φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας το οποίο αποτελεί το πεδίο εφαρμογής των υπέρυθρων καμερών διαίρεείται σε 4 κατηγορίες:

- Πολύ μακρινού κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία (VLWIR) με εύρος 15-30 μ m.
- Μακρινού κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία (LWIR) με εύρος 8-14 μ m.
- Μεσαίου κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία (MWIR) με εύρος 2-5 μ m.
- Κοντινού κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία (SWIR) με εύρος 1-2 μ m



Εικόνα 23: Μεταβολή του συντελεστή περατότητας της ατμόσφαιρας συναρτήσει του μήκους κύματος.

Εξαρτήματα υπέρυθρης κάμερας

Μια τυπική υπέρυθρη κάμερα αποτελείται από διάφορα κοινά εξαρτήματα τα οποία περιλαμβάνουν τον φακό, το προστατευτικό κάλυμμα του φακού, την οθόνη απεικόνισης, τον ανιχνευτή υπέρυθρης ακτινοβολίας, τον επεξεργαστή του ηλεκτρονικού σήματος που παράγεται από τον ανιχνευτή, τα διάφορα κουμπιά ελέγχου της κάμερας, κάποιο μέσο αποθήκευσης δεδομένων (συχνότερα με τη μορφή καρτών μνήμης) και τέλος συνοδεύονται από κατάλληλα λογισμικά επεξεργασίας των δεδομένων. Αυτά τα εξαρτήματα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο και το μοντέλο της υπέρυθρης κάμερας[2].



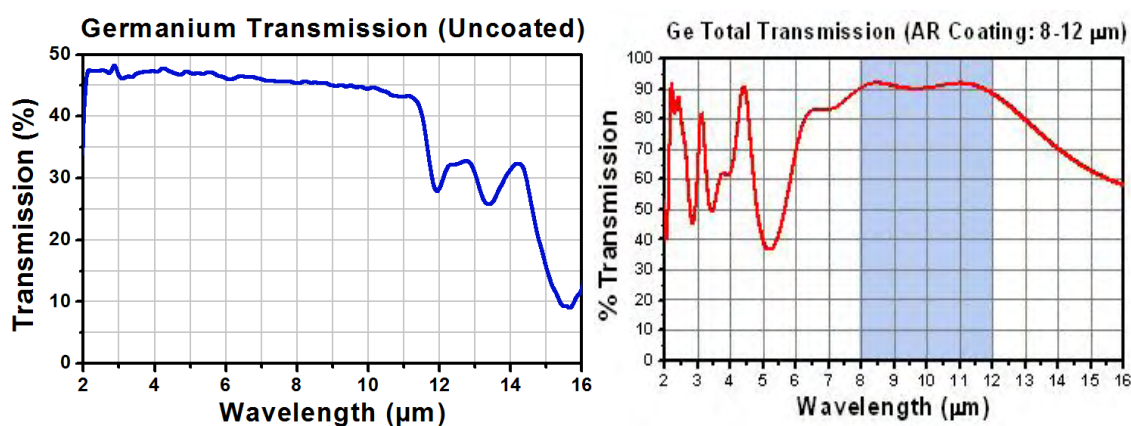
Διάγραμμα 2: Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας λήψης και επεξεργασίας του σήματος μιας υπέρυθρης κάμερας.

➤ Φακός

Οι υπέρυθρες κάμερες διαθέτουν τουλάχιστον ένα φακό. Η λειτουργία του φακού είναι να λαμβάνει την υπέρυθρη ακτινοβολία και να την επικεντρώνει στον υπέρυθρο ανιχνευτή. Ο ανιχνευτής αποκρίνεται και παράγει μια ηλεκτρονική απεικόνιση. Οι φακοί των περισσότερων υπέρυθρων καμερών σήμερα κατασκευάζονται από γερμάνιο (Ge). Ο λόγος που επιλέγεται το γερμάνιο σαν υλικό κατασκευής είναι γιατί στο υπέρυθρο μήκος κύματος, και πιο συγκεκριμένα στη μπάντα 8-12 μm , (μακρινού μήκους κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία), είναι σχεδόν διάφανο. Στους φακούς από γερμάνιο προστίθενται έπειτα και λεπτές στρώσεις υλικών τα οποία μειώνουν την ανακλαστικότητα του φακού βελτιώνοντας έτσι την περατότητα του[2].



Εικόνα 24: Απεικόνιση του εσωτερικού μιας υπέρυθρης κάμερας (αριστερά)- φακοί κατασκευασμένοι από γερμάνιο (Ge) για χρήση σε υπέρυθρες κάμερες (δεξιά).



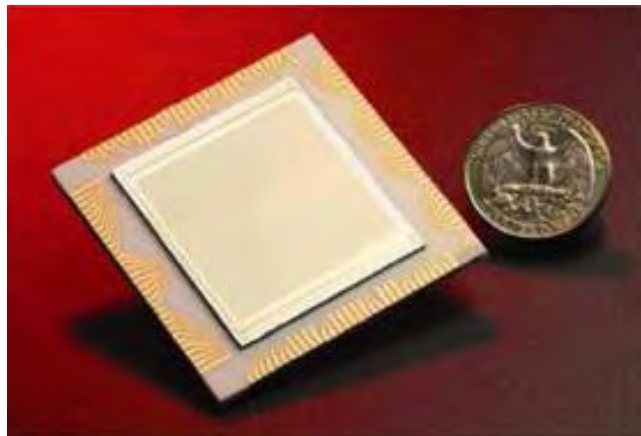
Εικόνα 25: Απεικόνιση της μεταβολής του συντελεστή περατότητας φακών γερμανίου (Ge) χωρίς επικάλυψη (αριστερά) - Απεικόνιση της μεταβολής του συντελεστή περατότητας φακών γερμανίου (Ge) με επικάλυψη (δεξιά).

➤ **Ανιχνευτής υπέρυθρης ακτινοβολίας-επεξεργαστής ηλεκτρικού σήματος**

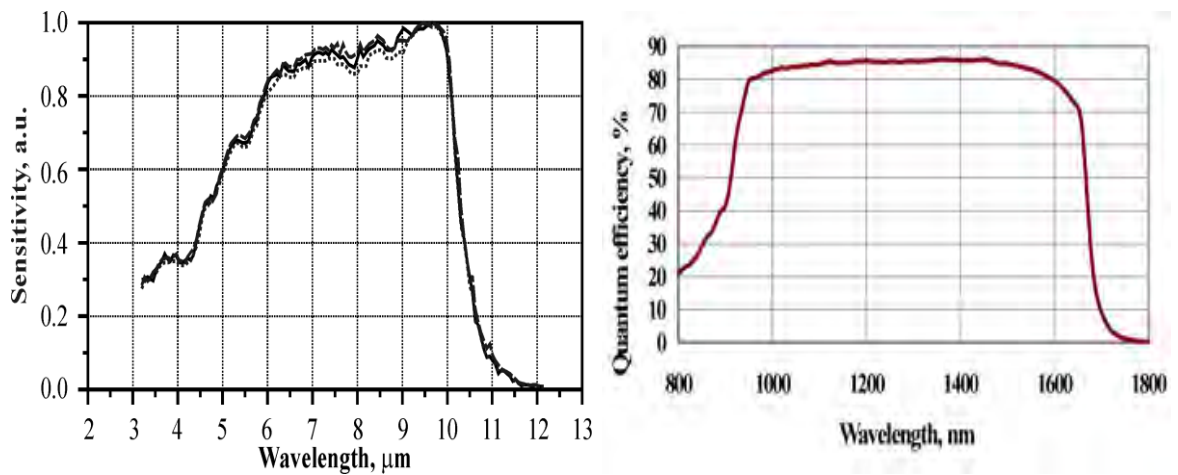
Σήμερα υπάρχουν δυο είδη ανιχνευτών υπέρυθρης ακτινοβολίας, οι οποίοι βασίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ανιχνευτές φωτονίων και αντιστοιχούν στο 5% του συνόλου των υπέρυθρων καμερών, ενώ στη δεύτερη κατηγορία, η οποία και αντιπροσωπεύει και το υπόλοιπο 95% της υπάρχουσας αγοράς, ανήκουν διάφορες παραλλαγές θερμικών αισθητήρων.

- **Αισθητήρας φωτονίων**

Στους φωτοανιχνευτές η ακτινοβολία περνά μέσα στο υλικό κατασκευής και αλληλεπιδρά είτε με ηλεκτρόνια τα οποία είναι δεσμευμένα στο ατομικό πλέγμα, είτε με άτομα προσμίξεων, είτε με ελεύθερα ηλεκτρόνια. Το παραγόμενο ηλεκτρικό σήμα είναι αποτέλεσμα της αλλαγής στην ενεργειακή κατανομή. Οι φωτοανιχνευτές δείχνουν μια επιλεκτική εξάρτηση από το μήκος κύματος, καλή απόδοση σήματος προς θόρυβο και πολύ γρήγορη απόκριση. Αλλά για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η κρυογονική ψύξη του αισθητήρα. Ο αισθητήρας λειτουργεί σε θερμοκρασιακό περιβάλλον από 4K έως θερμοκρασίες λίγο κάτω από τις θερμοκρασίες δωματίου. Τα πιο συνηθισμένα λειτουργικά όρια είναι από 60K έως και 100K. Ο λόγος που οι αισθητήρες αυτοί ψύχονται είναι για να μην «τυφλώνονται» από την ακτινοβολία που θα εξέπεμπαν οι ίδιοι, λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας τους. Οι αισθητήρες αυτοί κατασκευάζονται από κράματα ημιαγωγών με τους πιο διαδεδομένους να αποτελούνται από HgCdTe και InGaAs. Οι κάμερες, που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία, είναι γενικότερα πολύ πιο ακριβές, αλλά έχουν και πολύ μεγαλύτερη ανάλυση στις εικόνες που παράγουν[4].



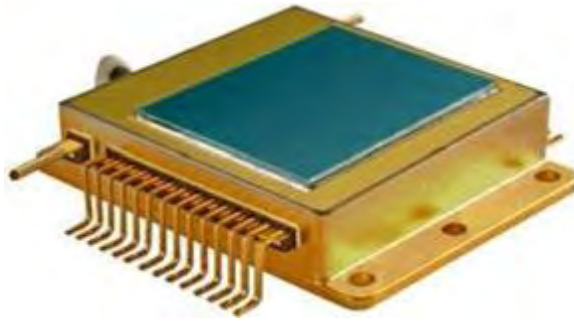
Εικόνα 26: Φωτογραφία ψυχόμενου αισθητήρα υπέρυθρων ανάλυσης 1024x1024 pixels.



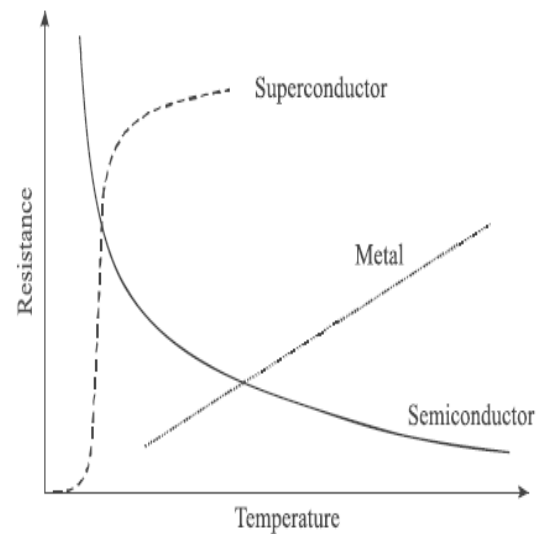
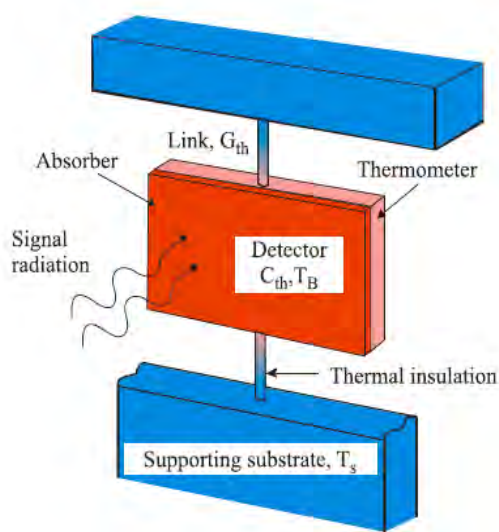
Εικόνα 27: Διαγράμματα μεταβολής της απόδοσης ψυχόμενων αισθητήρων LWIR, VLWIR συναρτήσει του μήκους κύματος.

- **Θερμικοί αισθητήρες**

Στην κατηγορία αυτή η προσπίπτουσα ακτινοβολία απορροφάται από το υλικό κατασκευής του ανιχνευτή αυξάνοντας τη θερμοκρασία του υλικού, με αποτέλεσμα να αλλάζει κάποια φυσική ιδιότητά του, παράγοντας ηλεκτρικό σήμα. Οι φυσικές ιδιότητες που μεταβάλλονται μπορούν να είναι η αντίσταση (συνηθέστερο), το δυναμικό ή η ένταση του ρεύματος. Στη συνέχεια, οι μεταβολές αυτές μετρώνται και συγκρίνονται με τις τιμές του αισθητήρα στην τυπική θερμοκρασία λειτουργίας. Οι αισθητήρες λειτουργούν είτε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος είτε σε σταθερή θερμοκρασία, κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, και για το λόγο αυτό τοποθετούνται πάνω σε ψύκτρες διατηρώντας έτσι τη θερμοκρασία τους σταθερή, ώστε να μειώνονται τα επίπεδα του θορύβου στο παραγόμενο ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα δεν εξαρτάται από τον αριθμό των φωτονίων που προσπίπτουν στην επιφάνεια τους άρα και η απόδοση τους δεν εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Τα βολόμετρα αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή θερμικού αισθητήρα, που χρησιμοποιείται σήμερα στις υπέρυθρες κάμερες. Πρόκειται για πολύ λεπτές συσκευές με μαυρισμένη επιφάνεια, ώστε να πλησιάζουν την ιδανική κατάσταση του «μέλανος σώματος» και τετραγωνικής γεωμετρίας, των οποίων η ηλεκτρική αντίσταση εξαρτάται από τη θερμοκρασία του υλικού κατασκευής τους. Μπορούν να κατασκευαστούν από οξειδία του βαναδίου (VOx), από άμορφο πυρίτιο (a-Si) ή από ένα κράμα βαρίου-στρόντιου-τιτανίου (BST) με το πρώτο να αποτελεί και τη συνηθέστερη επιλογή. Οι κάμερες που βασίζονται σε αυτή τη τεχνολογία είναι γενικότερα πολύ πιο φθηνές και μικρές, αλλά οι εικόνες που παράγουν είναι χαμηλότερης ανάλυσης και ποιότητας, σε σχέση με τις κάμερες της πρώτης κατηγορίας[4].



Εικόνα 28: Φωτογραφία μη ψυχόμενου αισθητήρα υπέρυθρων (βολόμετρο)

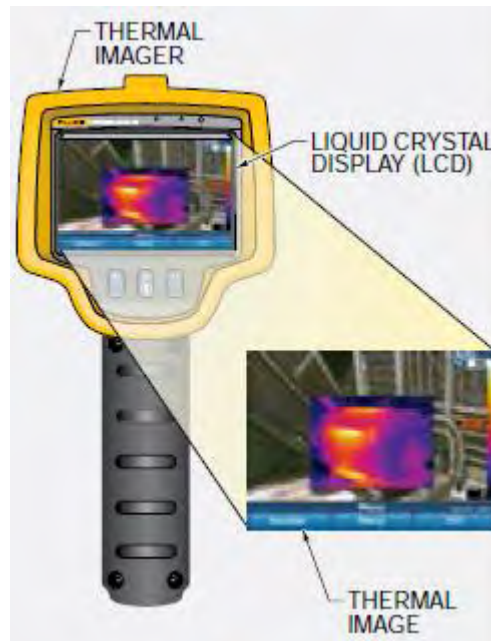


Εικόνα 29: Σχηματική αναπαράσταση ενός θερμικού αισθητήρα (αριστερά) – Μεταβολή της αντίστασης συναρτήσει της θερμοκρασίας για τρία υλικά κατασκευής βολομέτρων.

➤ Οθόνη απεικόνισης

Η θερμική απεικόνιση προβάλλεται σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) η οποία είναι ενσωματωμένη στην υπέρυθρη κάμερα, προκειμένου να διευκολύνεται η παρακολούθηση των φαινομένων. Παράλληλα, στην οθόνη προβάλλονται και πληροφορίες που αφορούν την κάμερα και τον χρήστη, όπως τα επίπεδα φόρτισης της μπαταρίας, την ημερομηνία, την ώρα, την θερμοκρασία ($^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$ ή K) του στόχου, όπου εστιάζει η κάμερα εκείνη τη στιγμή, την αντίστοιχη εικόνα σε κανονική απεικόνιση κ.α.[2]. Οι εικόνες των υπέρυθρων καμερών τείνουν να παρουσιάζονται σαν μονοχρωματικές, καθώς ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται συνήθως δεν μπορεί να ξεχωρίσει τα διάφορα κυματικά μήκη της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Επειδή το ανθρώπινο μάτι μπορεί πιο εύκολα να ξεχωρίσει τις μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές, όταν αυτές παρουσιάζονται με διαφορετικό χρώμα, έχει επικρατήσει οι διάφορες θερμοκρασιακές περιοχές μιας εικόνας να χρωματίζονται με βάση μια ψευδοκλίμακα, όπου η κάθε θερμοκρασία αντιστοιχίζεται με ένα χρώμα. Έτσι, τα πιο θερμά σημεία εμφανίζονται λευκά, οι ενδιάμεσες θερμοκρασιακές περιοχές εμφανίζονται

σαν κόκκινες ή κίτρινες, ενώ οι ψυχρότερες περιοχές σαν μαύρες. Προκειμένου να είναι δυνατή η αντιστοίχιση της κάθε θερμοκρασίας με το αντίστοιχο χρώμα πάντα δίπλα από την εικόνα υπάρχει μια κλίμακα θερμοκρασιών-χρωμάτων.



Εικόνα 30: Φωτογραφία της οθόνης απεικόνισης υγρών κρυστάλλων (LCD) μιας υπέρυθρης κάμερας.

➤ **Κουμπιά ελέγχου κάμερας**

Διάφορες ηλεκτρονικές ρυθμίσεις μπορούν να γίνουν μέσω των κουμπιών ελέγχου, ώστε να τελειοποιηθεί η εμφάνιση της θερμικής απεικόνισης του στόχου στην οθόνη της κάμερας. Τροποποιήσεις μπορούν να γίνουν σε μεταβλητές όπως τα θερμοκρασιακά εύρη, στη χρωματική παλέτα και στην ανάλυση της εικόνας. Επίσης, αλλαγές μπορούν να γίνουν στον συντελεστή της ικανότητας εκπομπής (ϵ) και στην θερμοκρασία του φόντου του περιβάλλοντος[2].



Εικόνα 31: Φωτογραφία υπέρυθρων καμερών όπου διακρίνονται τα κουμπιά ελέγχου τους.

➤ **Μέσο αποθήκευσης δεδομένων**

Οι ψηφιακοί φάκελοι που περιέχουν τις θερμογραφίες και λοιπά σχετικά δεδομένα αποθηκεύονται σε διάφορους τύπους καρτών μνήμης ή σε άλλες συσκευές αποθήκευσης και μεταφοράς. Πλέον πολλά μοντέλα υπέρυθρων καμερών έχουν τη δυνατότητα παράλληλης αποθήκευσης ηχητικών ή δεδομένων κειμένου, όπως επίσης και φωτογραφιών, οι οποίες λαμβάνονται μέσω της αντίστοιχης ενσωματωμένης κάμερας.

➤ **Λογισμικά επεξεργασίας δεδομένων**

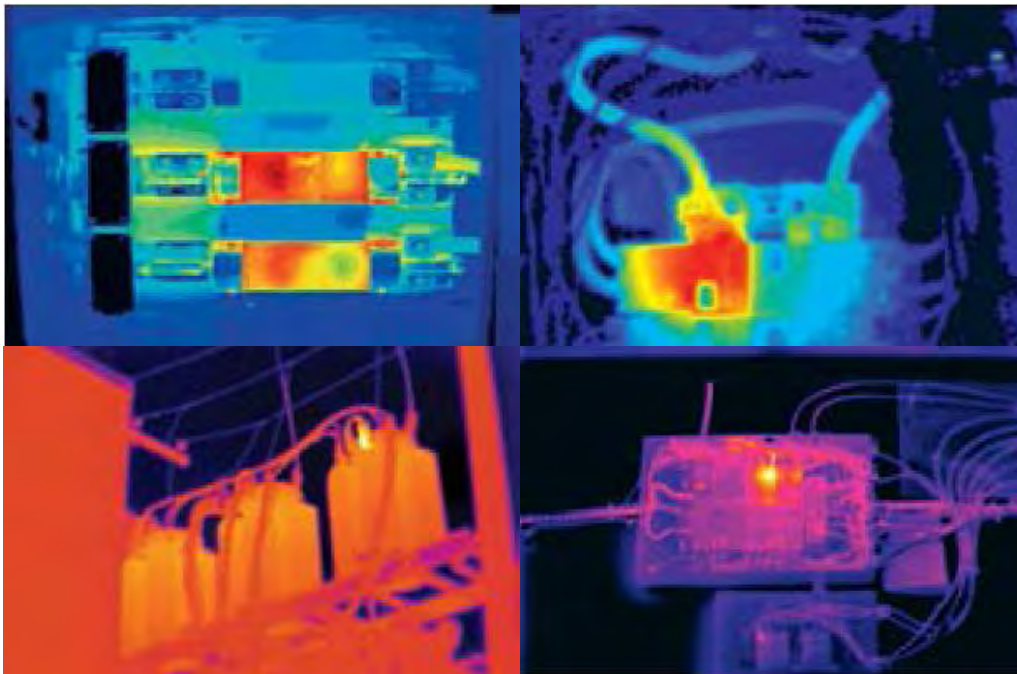
Τα λογισμικά τα οποία συνοδεύουν τις σύγχρονες υπέρυθρες κάμερες διαθέτουν πολλές δυνατότητες ενώ είναι παράλληλα και φιλικά προς τον χρήστη. Οι ψηφιακές φωτογραφίες και θερμογραφίες μπορούν να μεταφερθούν σε υπολογιστές, όπου είναι δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία τους, είτε μέσω της χρήσης διαφορετικών χρωματικών παλετών είτε μέσω της τροποποίησης όλων των διαθέσιμων ραδιομετρικών μεταβλητών και της ανάλυσής τους.

2.3.2) ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ

Η υπέρυθρη θερμογραφία και κατά αντιστοίχιση οι υπέρυθρες κάμερες έχουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών όπως:

- **Επιθεώρηση ηλεκτρικού εξοπλισμού**

Οι υπέρυθρες κάμερες χρησιμοποιούνται συχνά για την επιθεώρηση και προληπτική συντήρηση του ηλεκτρικού εξοπλισμού, καθώς δεν χρειάζεται να υπάρξει επαφή του επιθεωρητή με τα μηχανήματα, ενώ η διαδικασία πραγματοποιείται με γρήγορους ρυθμούς. Η χρήση της υπέρυθρης θερμογραφίας προσδίδει μια ποιοτική απεικόνιση των προβλημάτων καθώς οι βλάβες έχουν τις περισσότερες φορές καθαρά και εύκολα αναγνωρίσιμα θερμοκρασιακά προφίλ. Τυπικά μπορεί να ειπωθεί ότι αυξημένες θερμοκρασίες που οφείλονται σε υψηλές ηλεκτρικές αντιστάσεις προηγούνται κάποιας ηλεκτρικής βλάβης[14].

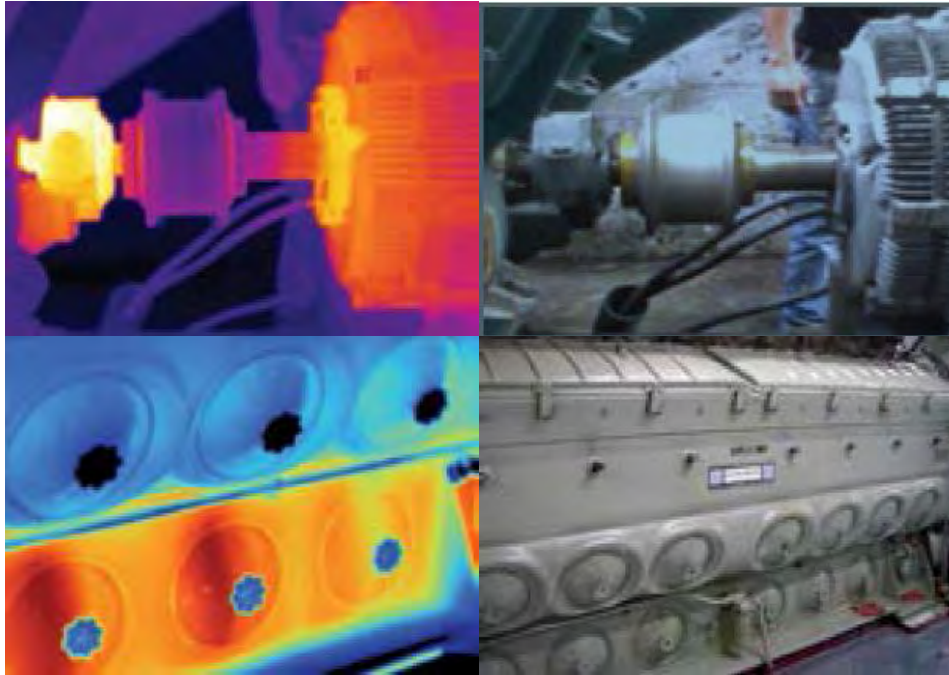


Εικόνα 32: Υπέρυθρες φωτογραφίες ηλεκτρολογικού εξοπλισμού από επιθεώρηση. Διακρίνονται οι προβληματικές περιοχές αυξημένης θερμοκρασίας.

- **Επιθεώρηση μηχανολογικού εξοπλισμού**

Όπως και στην παραπάνω περίπτωση, η υπέρυθρη θερμογραφία προσδίδει μια ποιοτική απεικόνιση των προβλημάτων, καθώς οι βλάβες έχουν τις περισσότερες φορές καθαρά και εύκολα αναγνωρίσιμα θερμοκρασιακά προφίλ. Παίρνοντας λήψεις και συγκρίνοντας τις με προηγούμενες μπορούν να εντοπιστούν εύκολα και γρήγορα προβλήματα. Τις περισσότερες φορές οι βλάβες του μηχανολογικού εξοπλισμού οφείλονται σε υπερθέρμανση των εξαρτημάτων που με τη σειρά της οφείλεται στην ύπαρξη αυξημένης τριβής. Είναι φανερό επομένως ότι η

Θερμογραφία είναι η κατάλληλη μέθοδος για τον εντοπισμό τυχών προβλημάτων[14].



Εικόνα 33: Υπέρυθρες φωτογραφίες μηχανολογικού εξοπλισμού από επιθεώρηση. Διακρίνονται οι προβληματικές περιοχές αυξημένης θερμοκρασίας.

- **Επιθεώρηση κτιρίων**

Η χρήση υπέρυθρων καμερών για την επιθεώρηση κτιρίων ξεκίνησε από πολύ νωρίς. Ήδη από τη δεκαετία του '80 ξεκίνησε η πιλοτική χρήση καμερών για τον εντοπισμό προβλημάτων σε κτίρια ενώ λίγο αργότερα, προς το τέλος της ίδιας δεκαετίας, εμφανίστηκαν και τα πρώτα θερμογραφικά πρότυπα. Η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες περιπτώσεις όπως ο εντοπισμός υγρασίας, εντοπισμός ανεπαρκούς μόνωσης και στεγανότητας, επιθεώρηση ταρατσών για επαρκή μόνωση, κ.α.[14].



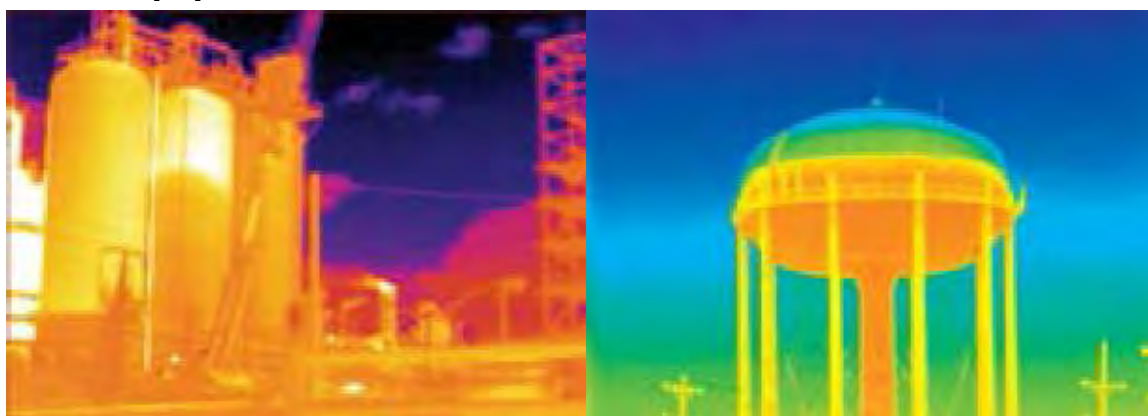
Εικόνα 34: Υπέρυθρες φωτογραφίες κτιρίων από επιθεώρηση. Διακρίνονται οι προβληματικές περιοχές λόγω ελλιπούς μόνωσης.



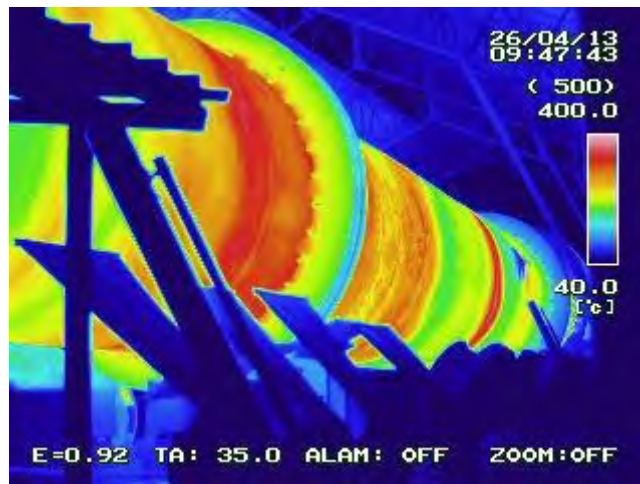
Εικόνα 35: Υπέρυθρες φωτογραφίες κτιρίων από επιθεώρηση. Διακρίνονται οι προβληματικές περιοχές λόγω ελλιπούς στεγανότητας (αριστερά) και λόγω υγρασίας (δεξιά).

- **Επίβλεψη σωστής λειτουργίας και καταγραφή προβλημάτων μηχανημάτων στην βιομηχανία διεργασιών**

Οι θερμογραφικές επιθεωρήσεις χρησιμοποιούνται συχνά για να επιβεβαιώνεται η σωστή λειτουργία εξοπλισμού, ο οποίος έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες (πυρίμαχος) στη βιομηχανία των διεργασιών. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταγραφούν τα επίπεδα υλικών σε δεξαμενές αποθήκευσης και σε σιλό[14].



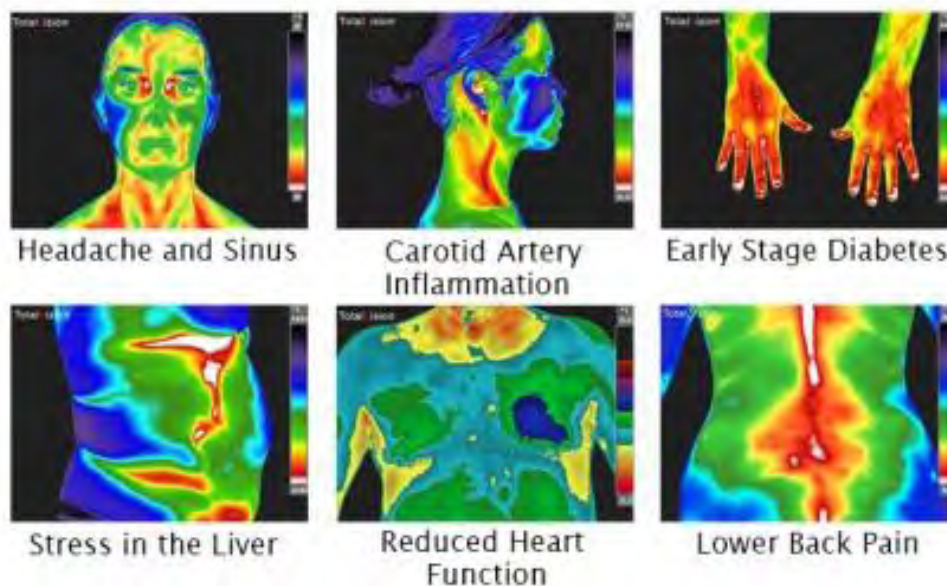
Εικόνα 36: Υπέρυθρες φωτογραφίες δεξαμενών αποθήκευσης από επιθεώρηση. Διακρίνεται η στάθμη των υλικών που βρίσκονται αποθηκευμένα σε αυτές.



Εικόνα 37: Υπέρυθρη φωτογραφία περιστροφικής καμίνου από βιομηχανία τσιμέντου από επιθεώρηση. Διακρίνονται οι περιοχές θερμικής καταπόνησης της καμίνου.

- **Ιατρική**

Η «ιατρική θερμογραφία» είναι όρος ο οποίος αναφέρεται στη χρήση υπέρυθρων καμερών ώστε να παρακολουθηθεί ο μεταβολισμός, η θερμορύθμιση και η εκπεμπόμενη θερμότητα ενός οργανισμού. Μέσω της θερμογραφίας μπορούν να αποκαλυφθούν οι αιτίες προβλημάτων όπως: πονοκέφαλοι, αλλεργίες, οδοντικές παθήσεις, καρκίνος του μαστού, πεπτικές δυσλειτουργίες, μυοσκελετικά προβλήματα, κ.α.[15].



Εικόνα 38: Υπέρυθρες φωτογραφίες προβλημάτων υγείας και οι αιτίες που τα προκαλούν.

- **Διατήρηση κρατικής ασφάλειας-Επιτήρηση συνόρων-Επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης-Στρατιωτικές επιχειρήσεις**

Οι υπέρυθρες κάμερες έχουν μεγάλη απήχηση στους τομείς των στρατιωτικών επιχειρήσεων, στη διατήρηση της εσωτερικής ασφάλειας του κράτους, στην καταπολέμηση του λαθρεμπορίου όπως επίσης και στις επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης[13].



Εικόνα 39: Φωτογραφίες εφαρμογών των υπέρυθρων καμερών σε περιπτώσεις καταπολέμησης λαθρεμπορίου (αριστερά), σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης (κέντρο) και σε στρατιωτικές επιχειρήσεις (δεξιά).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΙΚΙΑΣ

3.1) ΣΚΕΛΕΤΟΣ

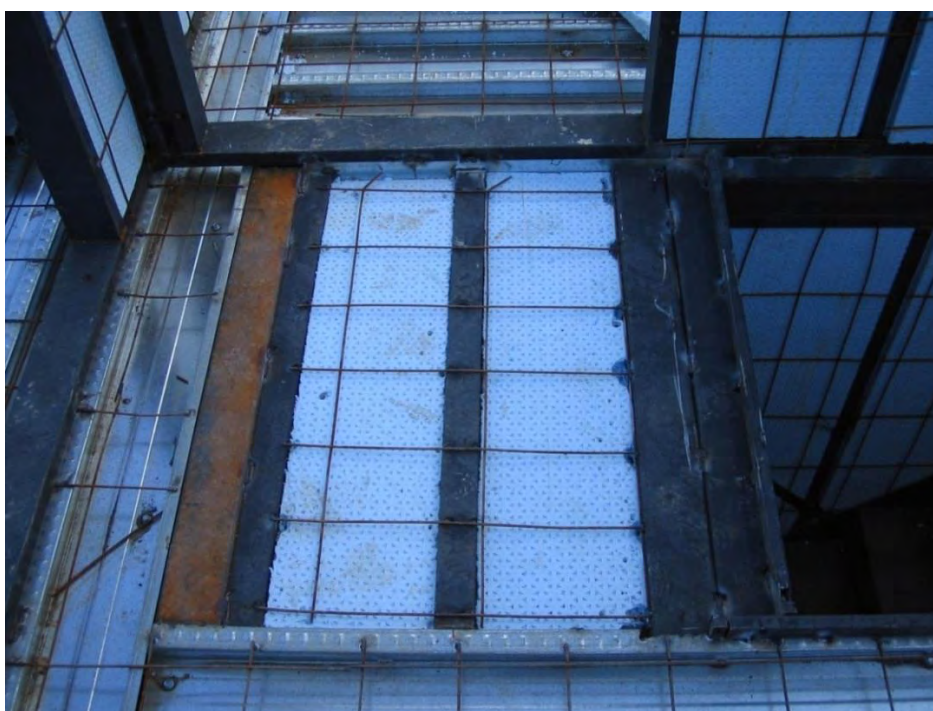
Ο σκελετός της κατοικίας αποτελείται από δυο ξεχωριστά τμήματα. Το πρώτο τμήμα το οποίο αφορά τα θεμέλια και τον όροφο, στον οποίο βρίσκεται το υπόγειο, κατασκευάστηκε από ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα. Το δεύτερο τμήμα το οποίο αφορά τους υπόλοιπους ορόφους κατασκευάστηκε από κοιλοδοκούς διαστάσεων 30mm x 100mm x 3mm. Οι δοκοί τοποθετούνται ανά αποστάσεις των 5,35m εκτός και αν υπάρχουν περιορισμοί λόγω σχήματος κατασκευής. Ενδιαμέσως προστίθενται και επιπλέον σιδηροδοκοί ώστε να εξασφαλιστεί η δομική ακεραιότητα της οικίας. Η στέγη η οποία είναι επίσης μεταλλική είναι τύπου ζευκτού και οι δοκοί της κατασκευάζονται και αυτοί από βιομηχανοποιημένο σίδηρο διαστάσεων 38mm x 38mm. Προστίθενται παράλληλα απέλες (σκουρέτα) για καλύτερη στήριξη της κατασκευής ενώ τοποθετούνται και ξύλινοι δοκοί, διαστάσεων 40mm x 60mm, πάνω στους οποίους τοποθετούνται τα κεραμίδια. Όσον αφορά την οριζόντια τοιχοποιία (ταβάνια) έχει και αυτή μεταλλικό σκελετό από κοιλοδοκούς διαστάσεων 20 x 30 x 3mm. Τέλος, όλα τα μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής υφίστανται εξωτερική και εσωτερική βαφή με εμβάπτιση σε ειδικό προστατευτικό αντισκωριακό αστάρι[16].



Εικόνα 40: Φωτογραφία της βόρειας πλευράς της οικίας η οποία είναι μεσοτοιχία με παρακείμενη οικία.



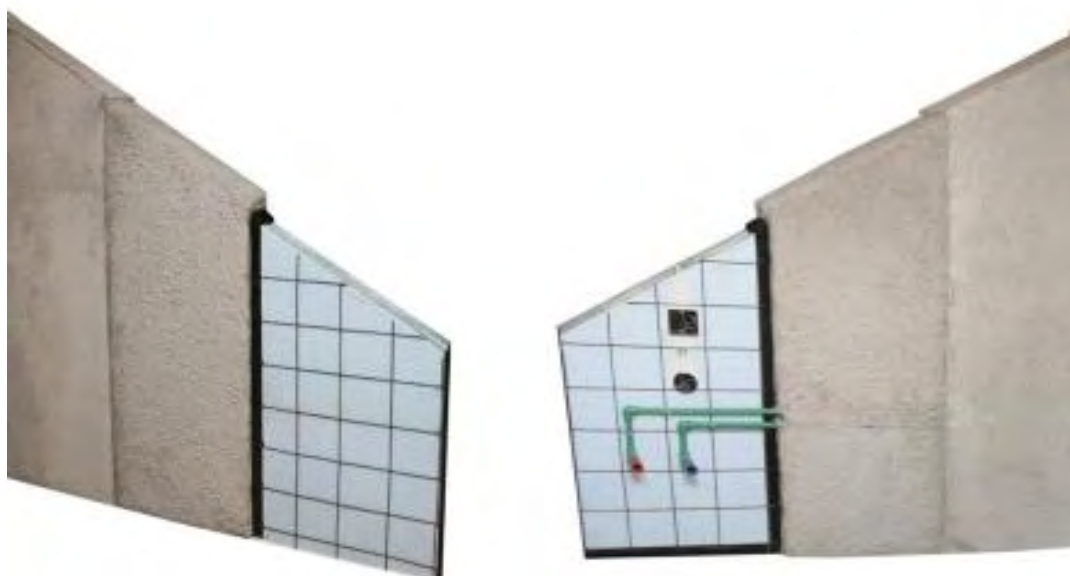
Εικόνα 41: Φωτογραφία της οικίας στο στάδιο της κατασκευής. Διακρίνονται ο μεταλλικός σκελετός και η μόνωση της τοιχοποιίας.



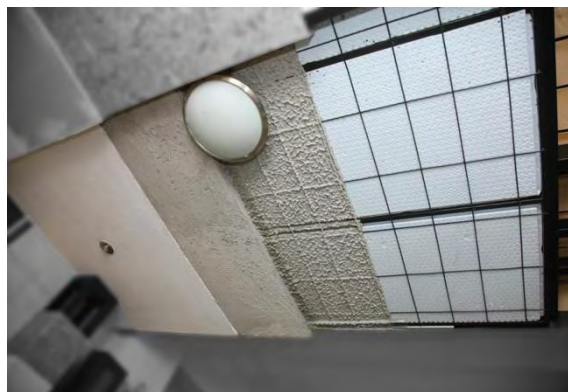
Εικόνα 42: Φωτογραφία του πατώματος του 1^{ου} ορόφου της οικίας.

3.2) ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Οι τοίχοι του ισογείου και του 1^{ου} ορόφου της κατοικίας έχουν κατασκευαστεί εξ ολοκλήρου από διογκωμένη πολυστερίνη ενώ η στατικότητα και η αντοχή της κατασκευής ενισχύεται με την προσθήκη δομικού πλέγματος εξωτερικά και εσωτερικά των τοιχωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, για την κάθετη τοιχοποιία χρησιμοποιείται μονωτικό πάχους 10cm και σε κομμάτια διαστάσεων 15cm x 15cm ενώ εκατέρωθεν των τοίχων προστίθεται μεταλλικό πλέγμα αντίστοιχων διαστάσεων με το μονωτικό. Όσον αφορά την οριζόντια τοιχοποιία (ταβάνια) και αυτή κατασκευάζεται εξ ολοκλήρου από διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 3cm και σε κομμάτια διαστάσεων 15cm x 15cm ενώ εκατέρωθεν προστίθεται μεταλλικό πλέγμα αντίστοιχων διαστάσεων με το μονωτικό [16]. Πρέπει να σημειωθεί ότι, σε μεταγενέστερο στάδιο, ο ιδιοκτήτης πρόσθεσε στο πάτωμα της στέγης επιπλέον μόνωση από πετροβάμβακα πάχους 4cm. Οι τοίχοι του υπογείου έχουν κατασκευαστεί από μπετόν πάχους 20cm. Τα επιχρίσματα της τοιχοποιίας γίνονται σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι το αρχικό σοβάτισμα, το λεγόμενο «πεταχτό», το οποίο γίνεται με ελαστομερή μονωτικά υλικά, τα οποία αντικαθιστούν τον ασβέστη, και κάνουν αδιάβροχο τον σοβά, προστατεύοντας έτσι το μέταλλο και την μόνωση από την υγρασία, τον ασβέστη και από διάφορες κλιματολογικές συνθήκες. Επίσης, στο στάδιο αυτό ένα μέρος του τσιμέντου στο μείγμα του σοβά αντικαθίσταται από οικοδομική ρητίνη. Το επόμενο στάδιο είναι μια δεύτερη στρώση σοβά όπου η ποσότητα τσιμέντου του μείγματος είναι λιγότερη σε σχέση με την αρχική. Το τελευταίο στάδιο είναι το τρίψιμο των επιφανειών με μαρμαρόσκονη ή μαύρη άμμο. Το συνολικό πάχος των διάφορων στρώσεων του σοβά εξωτερικά κυμαίνεται από 4-5cm ενώ εσωτερικά είναι 2cm.



Εικόνα 43: Φωτογραφία των διάφορων σταδίων κατασκευής της τοιχοποιίας όπου φαίνονται τα στρώματα επιχρίσματος.



Εικόνα 44: Φωτογραφία των διάφορων σταδίων κατασκευής οροφών και δοκαριών όπου φαίνονται τα στρώματα επιχρίσματος.

Η διογκωμένη πολυστερίνη που χρησιμοποιείται για την μόνωση της κατοικίας παράγεται από την ελληνική εταιρεία Πανμονωτική με έδρα στη Θεσσαλονίκη. Πρόκειται για μονωτικό υλικό κατάλληλο για θερμομόνωση τοιχοποιίας και με βάση το τεχνικό φυλλάδιο οι προδιαγραφές του είναι οι εξής[17]:

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Τιμές
Είδος υλικού	Διογκωμένη πολυστερίνη
Θλιπτική αντοχή σε 10% παραμόρφωση	$\geq 100 \text{ kPa}$
Καμπτική αντοχή	$\geq 150 \text{ kPa}$
Εφελκυστική τάση	-
Συντελεστής θερμικής Αγωγιμότητας	0,035
Βραχυχρόνια υδατοαπορρόφηση	-
Διαπερατότητα υδρατμών (μ)	-
Συμπεριφορά σε διάτμηση	-
Αντίδραση σε φωτιά	Κατηγορία E (αυτοσβηνόμενο προϊόν με βάση το πρότυπο EN 13501-1)

Πίνακας 2: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών της μόνωσης που χρησιμοποιήθηκε στην τοιχοποιία της οικίας.

Τέλος με βάση την 2^η οδηγία TOTEE του ελληνικού κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ασβεστοτσιμεντοκονιάματος, τσιμεντοκονιάματος και του πετροβάμβακα που χρησιμοποιούνται στις δυο στρώσεις επιχρίσματος και στην επιπρόσθετη μόνωση του πατώματος της στέγης είναι τα εξής[18]:

	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	Τσιμεντοκονίαμα	Πετροβάμβακας
Πυκνότητα (ρ)	1800 Kg/m ³	2000 Kg/m ³	40-100 Kg/m ³
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (Cp)	1000 J/Kg*K	1100 J/Kg*K	840 J/Kg*K
Ειδική θερμοχωρητικότητα (k)	0,87 W/K*m	1,4 W/K*m	0,035-0,041 W/K*m
Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών (μ)	25-35	25-35	1-1,5

Πίνακας 3: Φυσικές ιδιότητες υλικών επιχρίσματος και μονωτικού οροφής 1^{ου} ορόφου.

3.3) ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Τα κουφώματα που έχουν τοποθετηθεί στην κατοικία είναι αλουμινίου, ενεργειακά με θερμοδιακοπή. Στην κατοικία έχουν τοποθετηθεί συνολικά 21 κουφώματα και η κατανομή τους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Είδος κουφώματος	Αριθμός
Πόρτες	2
Παράθυρα	13
Μπαλκονόπορτες	6

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας αριθμού ανοιγμάτων οικίας.

Οι διαστάσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά με βάση την 2^η οδηγία TOTEE του ελληνικού κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) παρουσιάζονται ανά κατηγορία παρακάτω.

Πόρτες				
Διαστάσεις	Ύψος	Πλάτος	Αριθμός	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)
	2,2m	1m	1	6
	2,2 m	0,9 m	1	6

Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά από τις πόρτες της οικίας.

Παράθυρα				
Διαστάσεις	Ύψος	Πλάτος	Αριθμός	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)
	1,6 m	1,4 m	2	3,552678571
	1,4 m	1 m	1	3,588571429
	1 m	1,2 m	5	3,63
	1,2 m	0,9 m	4	3,62037037
	1 m	1 m	1	3,658

Πίνακας 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά από τα παράθυρα της οικίας.

Μπαλκονόπορτες				
Διαστάσεις	Ύψος	Πλάτος	Αριθμός	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² *K)
	2,2m	1,5m	3	3,496969697
	2,2 m	3 m	1	3,607878788

Πίνακας 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά από τις μπαλκονόπορτες της οικίας.

3.4) ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

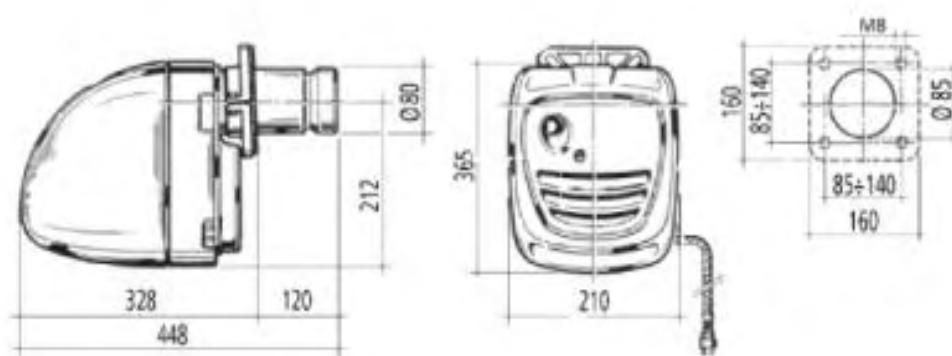
Όσον αφορά τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, που είναι εγκατεστημένος στην οικία, έγινε καταγραφή του στα πλαίσια της επιθεώρησης. Αυτός αποτελείται από έναν καυστήρα πετρελαίου της εταιρείας Finterm-Grugliasco ηλικίας 15 ετών και ισχύος 46,5kW (40kcal/h). Ο καυστήρας συνοδεύεται από ένα boiler χωρητικότητας 120 λίτρων και την ανακυκλοφορία του συστήματος την εξασφαλίζουν 3 αντλίες (κυκλοφορητές) μία για κάθε όροφο. Οι αντλίες είναι των εταιρειών Wilo και Grundfos. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά των μηχανημάτων[19-22].

Καυστήρας πετρελαίου			
Μοντέλο	Joannes AZ 4		
Ισχύς	(min-max)	kW	21,3-53,4
		kcal/h	18,3-45,9
Κατανάλωση καυσίμου	(min-max)	kg/h	1,8-4,5
Παροχή ακροφυσίου	(min-max)	gal/h	0,6-1,25
Πίεση λειτουργίας αντλίας καυσίμου		bar	12
Βάρος		kg	12,5
Χωρητικότητα boiler		l	120

Πίνακας 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά καυστήρα πετρελαίου Joannes AZ-4.



Εικόνα 45: Φωτογραφία του καυστήρα πετρελαίου.



Εικόνα 46: Διαστάσεις καυστήρα πετρελαίου.

Αντλία boiler			
Μοντέλο	Grundfos UPS 25-40		
Περιοχή θερμοκρασίας με μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος +40 °C	(min-max)	°C	+2...+110
Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	(max)	bar	10
Κατανάλωση ισχύος		W	25 / 35 / 45
Κατανάλωση ρεύματος		A	0,12 / 0,16 / 0,20

Πίνακας 9: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλία boiler Grundfos UPS 25-40.



Εικόνα 47: Φωτογραφία της αντλίας του boiler.

Αντλία ισογείου			
Μοντέλο	Wilo Star RS 30/6		
Περιοχή θερμοκρασίας με μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος +40 °C	(min-max)	°C	-10...+110
Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	(max)	bar	10
Κατανάλωση ισχύος		W	43 / 61 / 84
Κατανάλωση ρεύματος		A	0,20 / 0,28 / 0,36

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας ισογείου Wilo Star RS 30/6.



Εικόνα 48: Φωτογραφία της αντλίας του ισογείου.

Αντλία 1 ^{ου} ορόφου			
Μοντέλο	Grundfos UPS 25-60		
Περιοχή θερμοκρασίας με μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος +40 °C	(min-max)	°C	+2...+110
Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	(max)	bar	10
Κατανάλωση ισχύος		W	50 / 60 / 70
Κατανάλωση ρεύματος		A	0,22 / 0,27 / 0,30

Πίνακας 11: : Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας 1^{ου} ορόφου Grundfos UPS 25-60.



Εικόνα 49: Φωτογραφία της αντλίας του 1^{ου} ορόφου.

Επίσης στην κατοικία είναι τοποθετημένα 11 σώματα καλοριφέρ ,ενώ παράλληλα είναι εγκατεστημένο και ένα ενεργειακό τζάκι στο ισόγειο.

Η ψύξη της οικίας γίνεται με τη χρήση τεσσάρων κλιματιστικών. Πιο συγκεκριμένα στο ισόγειο είναι εγκατεστημένα δυο κλιματιστικά ισχύος 18000Btu (5,28kW) και 12000Btu (3,52kW) αντίστοιχα, ενώ στον 1^ο όροφο είναι εγκατεστημένα άλλα δυο κλιματιστικά ισχύος 12000Btu (3,52kW) και τα δυο.



Εικόνα 50: Φωτογραφία εγκατεστημένου στο καθιστικό κλιματιστικού ισχύος 18000Btu.

Τέλος για το ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ) υπάρχει εγκατεστημένος ηλεκτρικός θερμοσίφωνας χωρητικότητας 80l και θερμοκρασίας λειτουργίας 60 °C ο οποίος όμως δεν χρησιμοποιείται καθώς το ζεστό νερό εξασφαλίζεται μέσω του boiler. Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι δεν υπάρχει εγκατεστημένος ηλιακός θερμοσίφωνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΚΑΜΕΡΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Οι επιθεωρήσεις κτιρίων με τη χρήση υπέρυθρων καμερών πραγματοποιούνται βάσει κάποιων διεθνών ή εθνικών προτύπων[23]. Τα πρώτα πρότυπα για τις επιθεωρήσεις αυτού του είδους εμφανίστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '70 στην Αμερική και στη συνέχεια θεσμοθετήθηκαν και σε άλλες χώρες. Το πρώτο θερμογραφικό πρότυπο για την επιθεώρηση κελυφών κτιρίων υιοθετήθηκε από τον ASTM (American Society of Testing and Materials) το 1978 αφορούσε προκατασκευασμένες κατοικίες με ξύλινο ή μεταλλικό σκελετό (αποτελούν πολύ διαδεδομένο τύπο κατοικιών σε αυτήν την χώρα αλλά και αλλού) και περιείχε ένα σύνολο οδηγιών για την σωστή διεξαγωγή μιας επιθεώρησης. Το πιο επικαιροποιημένο πρότυπο του ASTM είναι το C 1090-11a[24] το οποίο δημοσιεύτηκε το 2011 ενώ διεθνώς υπάρχουν το πρότυπο ISO 6781 το οποίο δημοσιεύτηκε το 1983 και το BS EN 13187 με χρόνο δημοσίευσης το 1999.

4.1) ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΟΧΗΣ

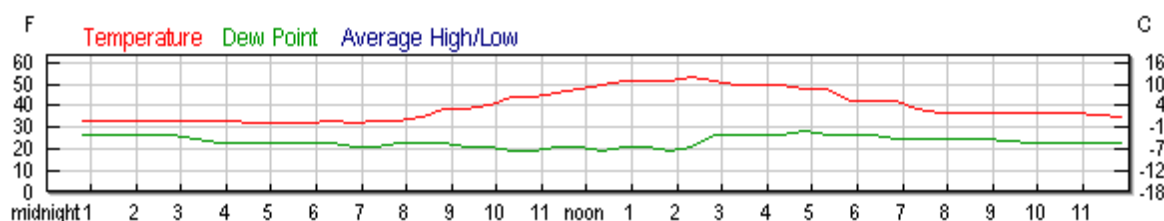
Το πρότυπο C 1090-11a[24] ορίζει τις παραμέτρους οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου η επιθεώρηση να είναι αποτελεσματική. Σύμφωνα με αυτό βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ικανούς θερμοκρασιακής διαφοράς ανάμεσα στο περιβάλλον και το εσωτερικό του κτιρίου προς επιθεώρηση για επαρκές χρονικό διάστημα. Επίσης ορίζει, σαν πιο ακριβείς για τον καθορισμό της θερμοκρασιακής διαφοράς, τις μετρήσεις που γίνονται με θερμοστοιχεία επαφής αλλά αναφέρει ότι εξίσου αποδεκτές μπορούν να είναι και οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα. Σαν ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικά και εξωτερικά του κτιρίου ορίζονται οι 10°C η οποία θα πρέπει να διατηρείται για ένα διάστημα τουλάχιστον 4 ωρών πριν την έναρξη της διαδικασίας επιθεώρησης. Παράλληλα θα πρέπει να υπάρξει πρόβλεψη για τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν και πιο συγκεκριμένα για την ηλιοφάνεια και την ταχύτητα του ανέμου, οι οποίες επηρεάζουν τα ηλιακά κέρδη στις επιφάνειες και τη μεταφορά θερμότητας μέσω συναγωγής αντίστοιχα. Για το λόγο αυτό ορίζεται ότι θα πρέπει να αποφεύγεται, αν είναι δυνατόν, η έκθεση των εξεταζόμενων επιφανειών στην ηλιακή ακτινοβολία για διάστημα 3 ωρών πριν την έναρξη της επιθεώρησης, αν πρόκειται για κατασκευές με μεταλλικό σκελετό, και για διάστημα 8 ωρών, αν η κατασκευή διαθέτει ξύλινο σκελετό. Βέβαια, τα χρονικά διαστήματα που αναφέρονται παραπάνω μειώνονται σε διάρκεια όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού-εξωτερικού. Τέλος, όσον αφορά την ταχύτητα του ανέμου αυτή θα πρέπει να είναι μικρότερη των 6,7m/s και η επιφάνεια του κελύφους θα πρέπει να είναι στεγνή για να μην εντείνονται να φαινόμενα συναγωγής.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια επιλέχθηκε η ημέρα διεξαγωγής της επιθεώρησης της οικίας. Λόγω του κλίματος της Ελλάδας, οι καταλληλότερες εποχές για τέτοιου είδους ενέργειες είναι ο χειμώνας ή το καλοκαίρι, διότι τότε παρατηρούνται οι μεγαλύτερες

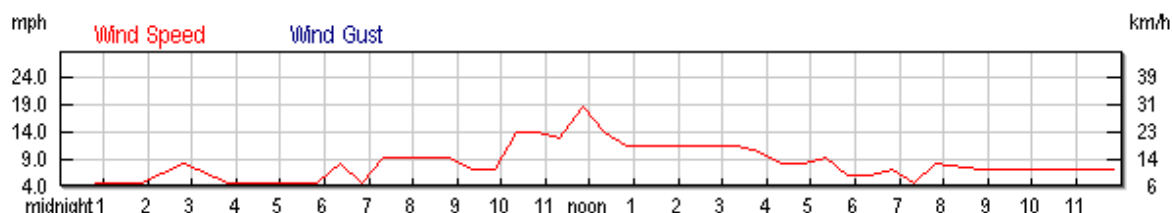
θερμοκρασιακές διαφορές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η επιθεώρηση έγινε την Κυριακή 8 Δεκεμβρίου 2013. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν 11:30 π.μ και ολοκληρώθηκαν 1:10 μ.μ. Η μέρα ήταν με ηλιοφάνεια, εξωτερική θερμοκρασία 10°C και ταχύτητα ανέμου 6,06m/s κατά μέσο όρο ενώ η σχετική υγρασία ήταν στο 37% κατά τη διάρκεια των μετρήσεων[25].

Ώρα	Θερμοκρασία (°C)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Σχετική Υγρασία (%)
8:20 π.μ.	2	4,1	60
8:50 π.μ.	4	4,1	52
9:20 π.μ.	4	3,1	49
9:50 π.μ.	5	3,1	45
10:20 π.μ.	7	6,2	37
10:50 π.μ.	7	6,2	37
11:20 π.μ.	8	5,7	37
11:50 π.μ.	9	8,2	34
12:20 π.μ.	10	6,2	30
12:50 π.μ.	11	5,1	30
13:20 π.μ.	11	5,1	30

Πίνακας 12: Πίνακας μεταβολής της θερμοκρασίας στις 8/12 τρεις ώρες πριν την επιθεώρηση και κατά τη διάρκεια της.



Εικόνα 51: Μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ίδιας ημέρας.



Εικόνα 52: Μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια της ίδιας ημέρας.

Η κατοικία είχε θερμανθεί επαρκώς από την προηγούμενη ημέρα και η θερμοκρασία στο εσωτερικό ήταν κατά μέσο όρο 23,8 °C. Οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στους διάφορους χώρους του σπιτιού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Να σημειωθεί πως οι μετρήσεις αφορούν τη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό της οικίας.

Θερμοκρασίες Χώρων	
Σαλόνι (ισόγειο)	23,1 °C
Κουζίνα (ισόγειο)	23,6 °C
Δωμάτιο Η/Υ (ισόγειο)	23,6 °C
Κλιμακοστάσιο	23,9 °C
WC (1 ^{ος} όροφος)	24,2 °C
1 ^η Κρεβατοκάμαρα (1 ^{ος} όροφος)	24,2 °C
2 ^η Κρεβατοκάμαρα (1 ^{ος} όροφος)	24,2 °C

Πίνακας 13: Πίνακας θερμοκρασιών εσωτερικών χώρων.

Επομένως, όπως φαίνεται, η θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού-εξωτερικού κυμαινόταν για το διάστημα των 3 ωρών πριν την έναρξη των μετρήσεων από 21,8 έως 15,8 °C ενώ κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν από 14,8 έως 12,8 °C και η ταχύτητα του ανέμου ήταν κάτω από το όριο των 6,7 m/s ικανοποιώντας έτσι τις προϋποθέσεις που θέτει το πρότυπο ώστε να είναι ακριβή τα αποτελέσματα.

4.2) ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ

Για τη λήψη των μετρήσεων (υπέρυθρες φωτογραφίες, τιμές υγρασίας τοιχοποιίας, θερμοκρασίες) χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός του εργαστηρίου Θερμοδυναμικής & Θερμικών Μηχανών. Ο εξοπλισμός αποτελούνταν από:

- Υπέρυθρη κάμερα ThermaCam S45 της FLIR SYSTEMS
- Laptop για τον χειρισμό της κάμερας με εγκατεστημένο το λογισμικό ThermaCam Researcher Pro 2.8 SR-3[26]
- Υγρανσιόμετρο WÖHLER HBF 410
- Διαφορικό θερμόμετρο WÖHLER DT 310 για τις μετρήσεις θερμοκρασίας

4.2.1) ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΚΑΜΕΡΑ THERMACAM S45

Η υπέρυθρη κάμερα του εργαστηρίου είναι η ThermaCam S45 της εταιρείας FLIR SYSTEMS. Ανήκει στην κατηγορία των μη ψυχόμενων καμερών με πεδίο λειτουργίας τα 7,5-13μm το οποίο σημαίνει, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, ότι ο αισθητήρας της κάμερας αποτελείται από μια σειρά μικροβολομέτρων. Η ανάλυση της κάμερας είναι 320x240 pixels ενώ το οπτικό της πεδίο είναι 24°x18°. Έχει τη δυνατότητα ηλεκτρονικής μεγέθυνσης έως και 4x ενώ η εστίαση στα παρατηρούμενα αντικείμενα γίνεται είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα. Διαθέτει 4 επίπεδα θερμοκρασιακών ευρών[27]. Αυτά είναι:

- 1^ο επίπεδο: -40 °C-120 °C
- 2^ο επίπεδο: 0 °C-500 °C
- 3^ο επίπεδο: 350 °C-1500 °C
- 4^ο επίπεδο: ≤2000 °C

Η ακρίβεια της κάμερας είναι $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ή $\pm 2\%$ ενώ είναι δυνατή και περαιτέρω μείωση του παρατηρούμενου σφάλματος μέσω της δυνατότητας που δίνεται στον χρήστη να παρεμβαίνει σε πραγματικό χρόνο και να αλλάζει κάποιες μεταβλητές (συντελεστής εκπομπής (ϵ), σχετική υγρασία περιβάλλοντος, απόσταση από το αντικείμενο κ.α.) οι οποίες έχουν αντίκτυπο στο τελικό αποτέλεσμα. Επίσης, είναι δυνατή η λήψη είτε μεμονωμένων καρτέ είτε βίντεο (60Hz) τα οποία μπορούν να αποθηκεύονται στην εσωτερική μνήμη της κάμερας (CompactFlash-μεγέθους 256MB). Παράλληλα είναι φορητή με μέγιστη διάρκεια συνεχούς λειτουργίας μέχρι και 2 ώρες χωρίς την ανάγκη φόρτισης, κάτι που διευκολύνει σημαντικά τη διενέργεια επιθεωρήσεων. Τέλος μέσω 2 θυρών Firewire και USB είναι η δυνατή η μετάδοση των δεδομένων και ο έλεγχος της κάμερας μέσω υπολογιστή και του λογισμικού ThermaCam Researcher Pro 2.8 SR-3 το οποίο συνοδεύει την κάμερα.

Χαρακτηριστικά κάμερας ThermaCam S45	
Οπτικό πεδίο	24° x 18°
Ελάχιστη απόσταση εστίασης	0,3m
Λειτουργία μεγέθυνσης (zoom)	2x, 4x αυτόματα ή χειροκίνητα
Τύπος αισθητήρα	Μη ψυχώμενο μικροβολόμετρο
Ανάλυση εικόνας	320x240 pixels
Θερμοκρασιακά εύρη	-40° C - +120° C
	0° C to - 500° C
	+350° C - +1500° C
Θερμοκρασιακά εύρη λειτουργίας	≤+2000° C
Θερμοκρασιακά εύρη αποθήκευσης	-15° C - +50° C
Υγρασιακά εύρη λειτουργίας & αποθήκευσης	-40° C - +70° C
Ακρίβεια	10%-95%
Μέγιστος χρόνος συνεχούς λειτουργίας	± 2° C ή ± 2%
Θύρες επικοινωνίας	2 ώρες
	Firewire, USB, RS232

Πίνακας 14: Τεχνικά χαρακτηριστικά υπέρυθρης κάμερας εργαστηρίου ThermaCam S45 της εταιρείας FLIR Systems.



Εικόνα 53: Φωτογραφία της υπέρυθρης κάμερας του εργαστηρίου και του εξοπλισμού που την συνοδεύει.

- **Συνάρτηση μέτρησης κάμερας**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 2, όταν η υπέρυθρη κάμερα «βλέπει» μια επιφάνεια τότε δέχεται ακτινοβολία όχι μόνο από την επιφάνεια αλλά και από τον περιβάλλοντα χώρο ο οποίος ανακλάται πάνω στην επιφάνεια. Η ατμόσφαιρα που παρεμβάλλεται μεταξύ της επιφάνειας και της κάμερας εξασθενεί κατά ένα βαθμό αυτά τα δυο είδη ακτινοβολίας, αλλά παράλληλα προσθέτει και ένα τρίτο είδος ακτινοβολίας η οποία προέρχεται από την ίδια. Η θεώρηση αυτή ανταποκρίνεται αρκετά καλά στην πραγματικότητα δεν περιλαμβάνει όμως τη διάχυτη ακτινοβολία του περιβάλλοντος και την ακτινοβολία, από άλλες πηγές εκπομπής οι οποίες είναι εκτός του οπτικού πεδίου της κάμερας. Οι πηγές αυτές ακτινοβολίας είναι τις περισσότερες φορές αρκετά μικρές ώστε να θεωρούνται αμελητέες. Στην περίπτωση όμως που δεν μπορούν να αγνοηθούν τότε θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες αλλαγές στις ρυθμίσεις της κάμερας ώστε να ληφθούν υπόψη. Με βάση την παραπάνω περιγραφή προκύπτει και η συνάρτηση μέτρησης της θερμοκρασίας ενός αντικειμένου από την υπέρυθρη κάμερα.

Έστω ότι η λαμβανόμενη ισχύς ακτινοβολίας W από ένα «μέλαν σώμα» θερμοκρασίας T_{source} σε κοντινή απόσταση παράγει ένα σήμα εξόδου U_{source} στην κάμερα το οποίο είναι ανάλογο της ισχύος του σήματος εισόδου[3]. Προκύπτει έτσι η εξής σχέση:

$$U_{source} = CW(T_{source}) = CW_{source} \quad (1) \text{ όπου } C=\text{constant}$$

Αυτό ισχύει για την ιδανική περίπτωση του «μέλανος σώματος». Σε πραγματικές συνθήκες κανένα σώμα δεν είναι «μέλαν σώμα» και η ικανότητα εκπομπής ακτινοβολίας εξαρτάται

από τον συντελεστή εκπομπής ε οπότε η λαμβανόμενη ακτινοβολία γίνεται πλέον εW_{source} . Άρα προκύπτουν τρεις νέες σχέσεις:

1. Εκπεμπόμενη ακτινοβολία σώματος $= \varepsilon \tau W_{obj}$ όπου ε είναι ο συντελεστής εκπομπής και τ είναι ο συντελεστής περατότητας της ατμόσφαιρας. Η θερμοκρασία του σώματος είναι T_{obj} .
2. Ανακλώμενη ακτινοβολία από περιβάλλοντες πηγές $= (1 - \varepsilon) \tau W_{refl}$ όπου $(1 - \varepsilon)$ είναι η ανακλαστικότητα του σώματος. Οι περιβάλλοντες πηγές έχουν θερμοκρασία T_{refl} .
3. Εκπεμπόμενη ακτινοβολία ατμόσφαιρας $= (1 - \tau) \tau W_{atm}$ όπου $(1 - \tau)$ είναι η ικανότητα εκπομπής της ατμόσφαιρας. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι T_{atm} .

Επομένως το σύνολο της λαμβανόμενης ακτινοβολίας μπορεί να γραφτεί ως:

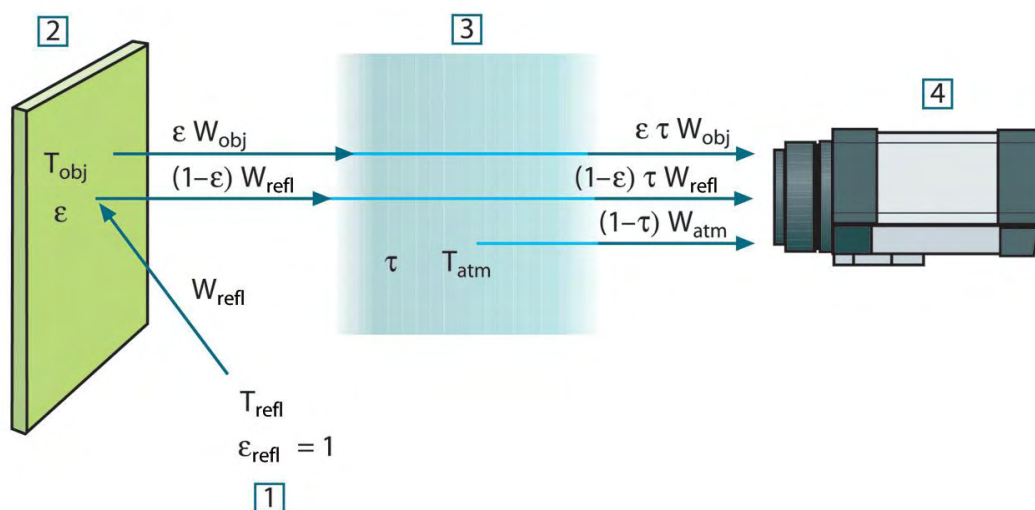
$$W_{tot} = \varepsilon \tau W_{obj} + (1 - \varepsilon) \tau W_{refl} + (1 - \tau) \tau W_{atm} \quad (2)$$

Πολλαπλασιάζοντας τη σχέση (2) με τη σταθερά C από τη σχέση (1) και αντικαθιστώντας τους όρους CW που προκύπτουν με τα αντίστοιχα U τότε προκύπτει μια τρίτη σχέση:

$$U_{tot} = \varepsilon \tau U_{obj} + (1 - \varepsilon) \tau U_{refl} + (1 - \tau) \tau U_{atm} \quad (3)$$

Λύνοντας την παραπάνω σχέση ως προς U_{obj} προκύπτει η γενική σχέση μέτρησης της κάμερας:

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon \tau} U_{tot} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} U_{refl} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon \tau} U_{atm}$$



Εικόνα 54: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου ανάκτησης σήματος από την κάμερα.

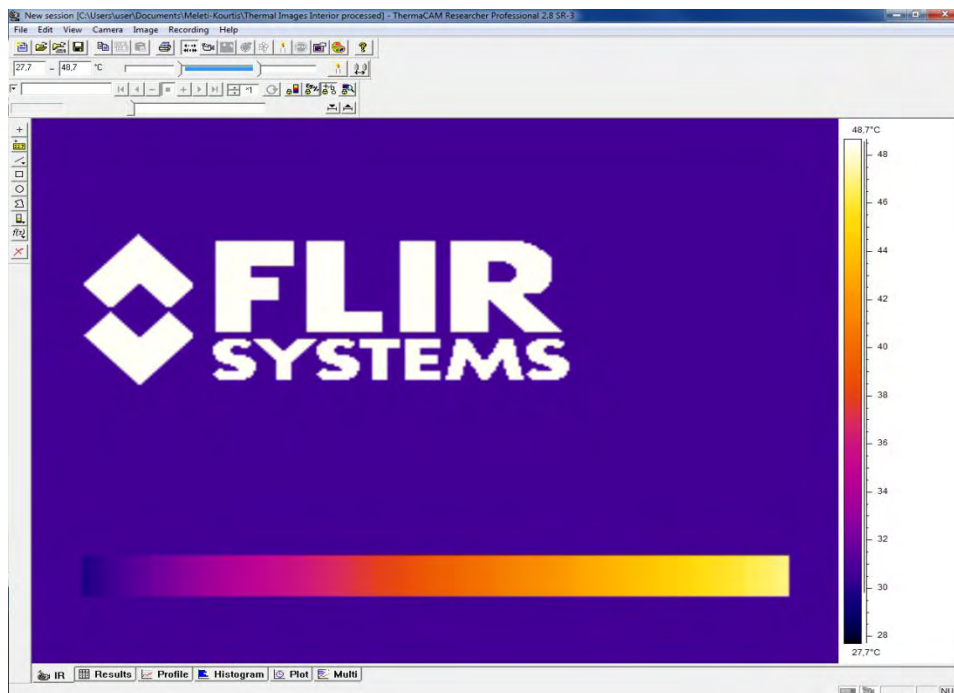
4.2.2) ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ THERMACAM RESEARCHER PRO 2.8 SR-3

Για τον καλύτερο έλεγχο της κάμερας αλλά και για την περαιτέρω επεξεργασία των υπέρυθρων φωτογραφιών που λήφθηκαν χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ThermaCam Researcher PRO 2.8 SR-3 της εταιρείας FLIR SYSTEMS, το οποίο είναι εγκατεστημένο σε laptop του εργαστηρίου. Η επικοινωνία του laptop με την κάμερα γίνεται μέσω θύρας Firewire το οποίο επιτρέπει την απευθείας μετάδοση των όσων καταγράφονται από την κάμερα.

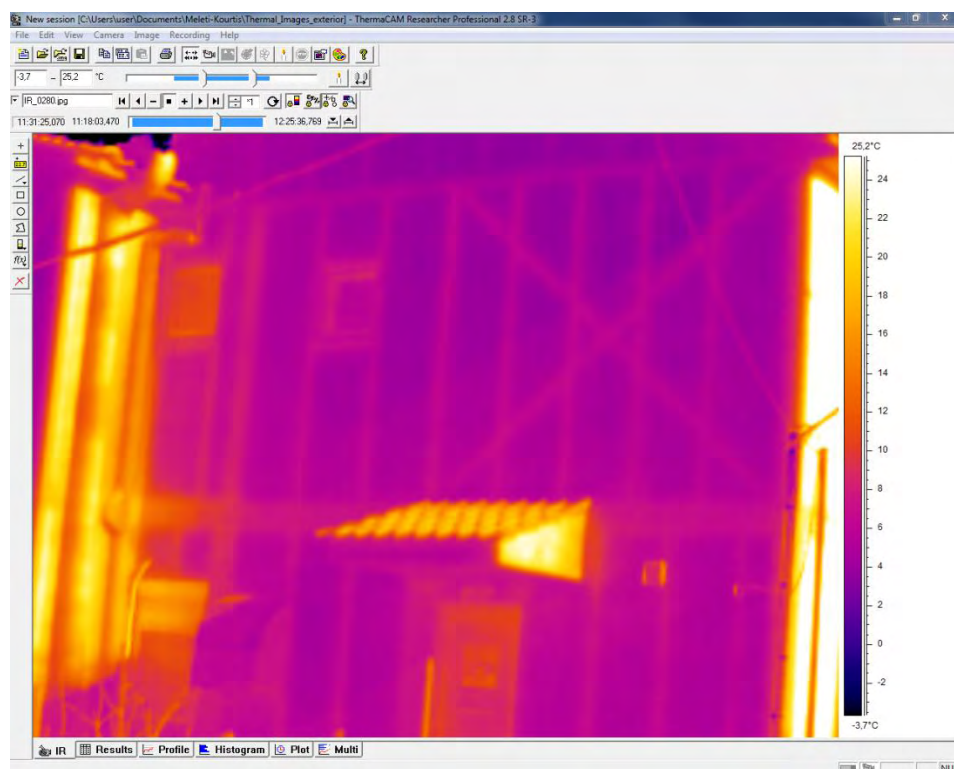


Εικόνα 55: Φωτογραφία του laptop που συνοδεύει την υπέρυθρη κάμερα και του τρόπου σύνδεσης με αυτήν.

Ο βασικός στόχος του λογισμικού είναι να επιτρέπει στον χρήστη τον καλύτερο έλεγχο και την απευθείας καταγραφή των όσων «βλέπει» η κάμερα αλλά και την μετέπειτα επεξεργασία των λήψεων αυτών με τη χρήση ενσωματωμένων αναλυτικών εργαλείων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εμφανίζονται σε ενσωματωμένες καρτέλες του προγράμματος.



Εικόνα 56: Φωτογραφία της αρχικής οθόνης του προγράμματος ThermaCam Researcher PRO 2.8 SR-3.



Εικόνα 57: Φωτογραφία της οθόνης του προγράμματος κατά τη διάρκεια επεξεργασίας υπέρυθρων λήψεων.

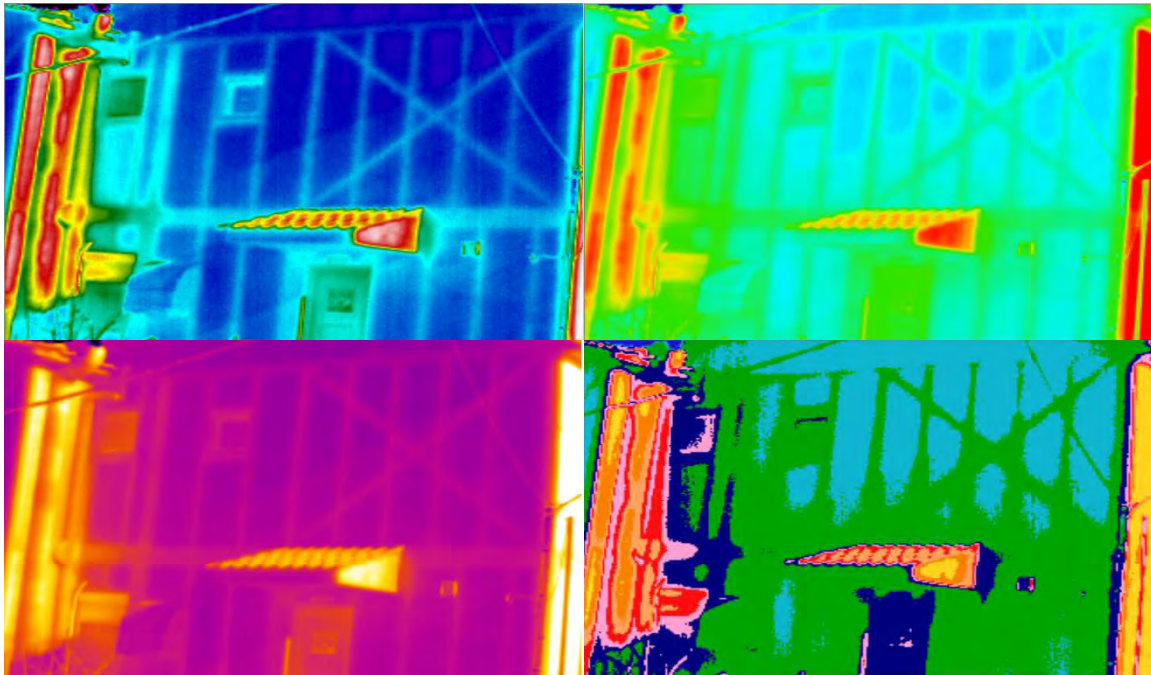
Όπως φαίνεται και στις παραπάνω φωτογραφίες στα δεξιά της εκάστοτε εικόνας υπάρχει η θερμοκρασιακή κλίμακα στην οποία οφείλεται και ο διαφορετικός χρωματισμός της εικόνας. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες αντιστοιχούν σε σκοτεινότερες αποχρώσεις και οι

μεγαλύτερες σε πιο φωτεινές. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να θέτει τη δική του θερμοκρασιακή κλίμακα είτε με τη μορφή αριθμητικών ορίων είτε χειροκίνητα μετακινώντας τα άκρα σε μια μπάρα ενώ τέλος δίνει και την επιλογή του αυτόματου ορισμού των ορίων από το πρόγραμμα.



Εικόνα 58: Φωτογραφία της περιοχής ελέγχου της θερμοκρασιακής κλίμακας στο λογισμικό. Από τα αριστερά προς τα δεξιά υπάρχουν οι περιοχές των αριθμητικών ορίων, του χειροκίνητου ορισμού και τέλος του αυτόματου ορισμού από το λογισμικό.

Επίσης, το λογισμικό διαθέτει ενσωματωμένες χρωματικές παλέτες κατάλληλες η καθεμία για διαφορετική περίπτωση. Για παράδειγμα, οι παλέτες iron και iron10 είναι καταλληλότερη για μεταλλικές κατασκευές, οι rain, rain10, rain900 και midgreen χρησιμοποιούνται για τον ευκολότερο εντοπισμό υγρασίας σε κατασκευές, η medical εφαρμόζεται σε περιπτώσεις λήψεων με ιατρικό ενδιαφέρον.



Εικόνα 59: Απεικόνιση της ίδιας υπέρυθρης φωτογραφίας με τη χρήση διάφορων από τις ενσωματωμένες παλέτες του λογισμικού. Στη συγκεκριμένη έχουν χρησιμοποιηθεί οι iron, medical, rain και midgreen.

Όσον αφορά την εστίαση της κάμερας μέσω του προγράμματος υπάρχει η δυνατότητα τόσο αυτόματης εστίασης όσο και χειροκίνητης.

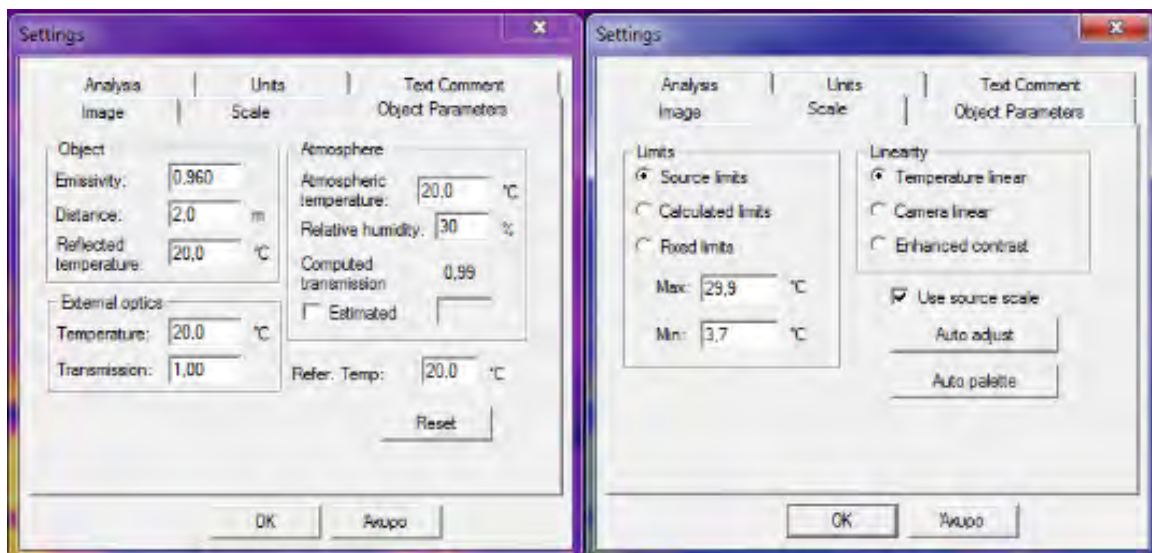


Εικόνα 60: Στο πάνω μέρος εμφανίζεται το μενού του λογισμικού για χειροκίνητο έλεγχο της εστίασης της κάμερας ενώ από κάτω με βελάκι επισημαίνεται η επιλογή της αυτόματης εστίασης.

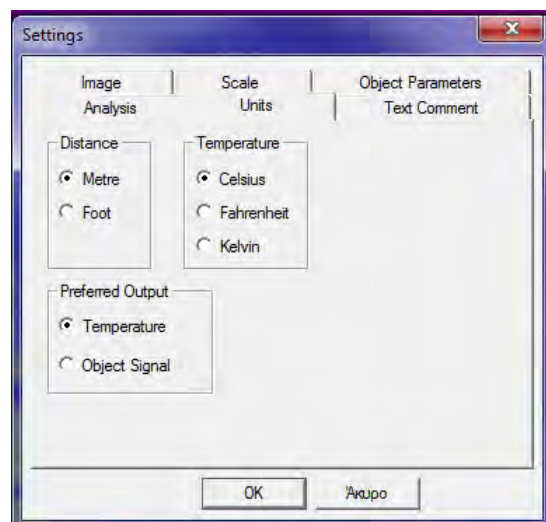
Μια από τις πιο σημαντικές επιλογές που προσφέρει το λογισμικό στο χρήστη είναι η ικανότητα μεταβολής των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Αυτές, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επηρεάζουν άμεσα τη σχέση υπολογισμού της θερμοκρασίας ενός σώματος και είναι:

- ο συντελεστής εκπομπής του σώματος (ϵ) (παίρνει τιμές από 0,1-1)
- η απόσταση από το σώμα (η αρχική ρύθμιση είναι στο 2m)
- η ανακλώμενη στο σώμα από το περιβάλλον θερμοκρασία (η αρχική ρύθμιση είναι στους 20° C)
- η ατμοσφαιρική θερμοκρασία (η αρχική ρύθμιση είναι στους 20° C)
- η υγρασία της ατμόσφαιρας (η αρχική ρύθμιση είναι στο 50%)
- η θερμοκρασία αναφοράς (η αρχική ρύθμιση είναι στους 20° C)

Παράλληλα μέσω αυτού του μενού είναι δυνατή η αλλαγή των θερμοκρασιακών ορίων και των μονάδων μέτρησης.



Εικόνα 61: Τα αντίστοιχα «παράθυρα» του προγράμματος για την αλλαγή των περιβαλλοντικών παραμέτρων (αριστερά) και των θερμοκρασιακών ορίων (δεξιά).



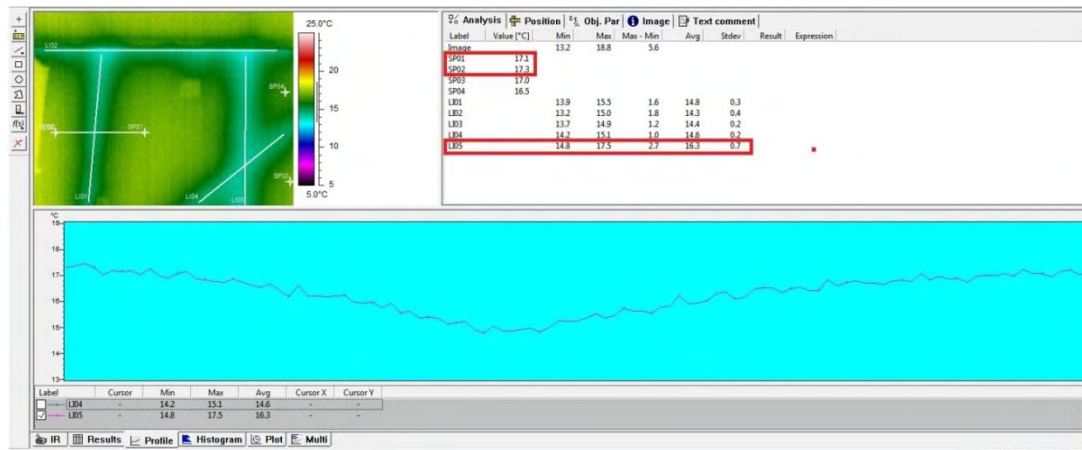
Εικόνα 62: Το αντίστοιχο «παράθυρο» για την μετατροπή των μονάδων μέτρησης.

Τέλος, η πιο σημαντική λειτουργία του προγράμματος είναι η δυνατότητα που δίνει στο χρήστη να επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει είτε σε πραγματικό χρόνο είτε αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία. Η επεξεργασία αυτή γίνεται μέσω ενός ενσωματωμένου μενού το οποίο βρίσκεται στα αριστερά της λήψης και το οποίο επιτρέπει την παρακολούθηση της μεταβολής της θερμοκρασίας σε περιοχές που επιλέγει ο χρήστης. Οι περιοχές αυτές μπορούν να είναι σημειακές, κατά μήκος μιας ευθείας, στο εσωτερικό ενός τετραγώνου ή κύκλου ή μιας μη συγκεκριμένου σχήματος περιοχής. Επίσης, υπάρχει η επιλογή εμφάνισης ισόθερμων περιοχών στην υπέρυθρη φωτογραφία και η εφαρμογή κάποιας συγκεκριμένης θερμοκρασιακής σχέσης η οποία αλλάζει ανάλογα τις

παρατηρούμενες θερμοκρασίες. Τέλος, οι θερμοκρασιακές μεταβολές εμφανίζονται με τη μορφή διαγραμμάτων σε ξεχωριστές καρτέλες του προγράμματος.



Εικόνα 63: Το μενού επεξεργασίας των υπέρυθρων φωτογραφιών που είναι ενσωματωμένο στο λογισμικό.



Εικόνα 64: Η οθόνη του προγράμματος όπου εμφανίζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης μιας υπέρυθρης φωτογραφίας.

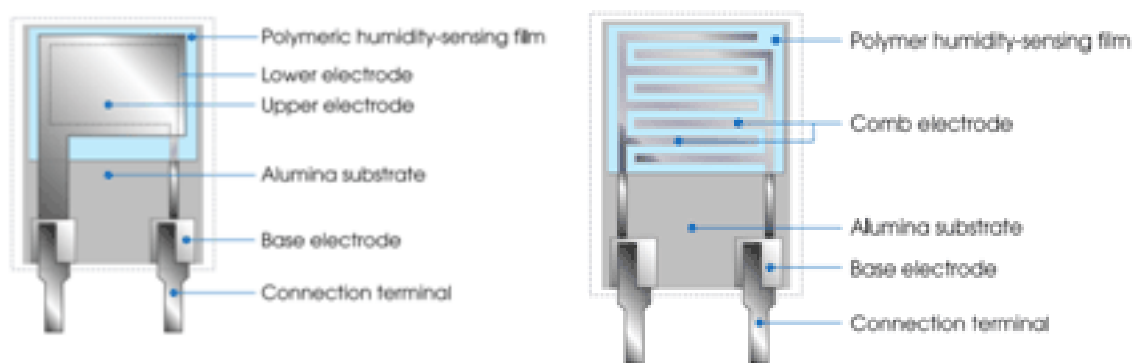
4.2.3) ΥΓΡΑΝΣΙΟΜΕΤΡΟ WÖHLER HBF 410

Για τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων στην τοιχοποιία της κατοικίας λόγω ύπαρξης υγρασίας χρησιμοποιήθηκε ένα υγρανσιόμετρο WÖHLER HBF 410 του εργαστηρίου.



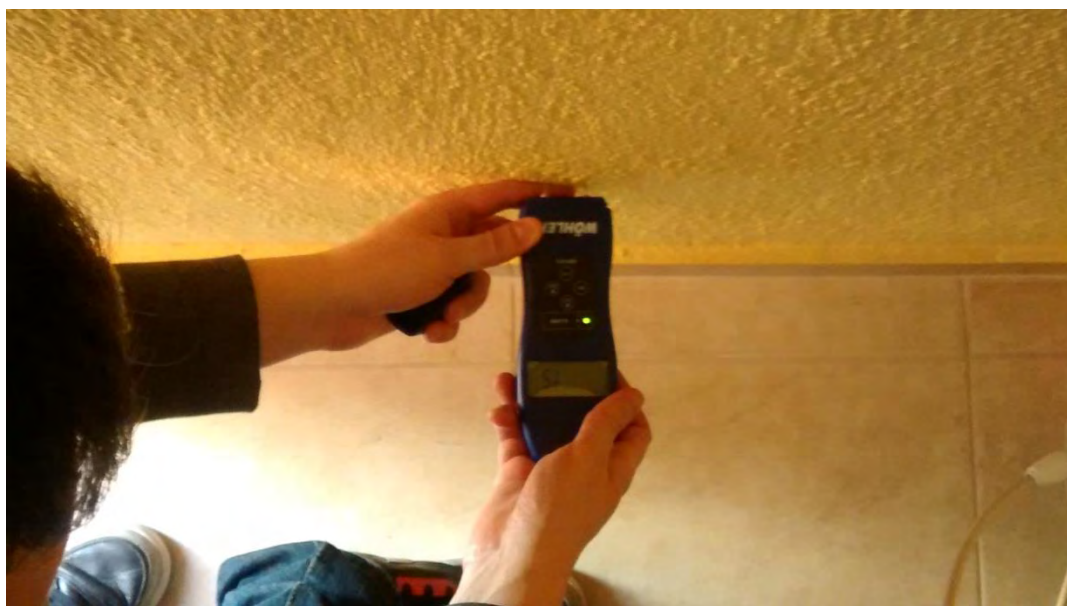
Εικόνα 65: Φωτογραφία του υγρανσιόμετρου WÖHLER HBF 410 που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις υγρασίας.

Η συσκευή αυτή διαθέτει δυο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης της υγρασίας. Ο πρώτος βασίζεται στην χωρητική ισχύ ενός υγροσκοπικού υλικού το οποίο τοποθετείται ανάμεσα σε δυο ηλεκτρόδια δημιουργώντας έτσι ένα μικρό πυκνωτή. Το υγροσκοπικό υλικό είναι από κάποιο πολυμερές, το οποίο έχει διηλεκτρική σταθερά από 2 έως 15. Σε τυπική θερμοκρασία δωματίου η διηλεκτρική σταθερά των υδρατμών είναι περίπου 80 η οποία είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της σταθεράς του πολυμερούς. Το πολυμερές απορροφά υγρασία, καθώς είναι υγροσκοπικό, και έτσι αυξάνεται η χωρητικότητα του αισθητήρα. Η καινούρια τιμή χωρητικότητας συγκρίνεται με αυτήν που είχε ο αισθητήρας σε περιβάλλον μηδενικής υγρασίας και παρουσιάζεται η τιμή στον χρήστη. Ο δεύτερος τρόπος μέτρησης βασίζεται στη μεταβολή της τιμής της αντίστασης του αισθητήρα εξαιτίας της αλλαγής στο υγρασιακό του περιεχόμενο.



Εικόνα 66: Σχηματική απεικόνιση των δυο αισθητήρων υγρασίας που διαθέτει το υγρανσιόμετρο ένας για κάθε τρόπο μέτρησης της υγρασίας.

Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ο δεύτερος τρόπος. Η συσκευή έχει ενσωματωμένες δυο βελόνες οι οποίες εισχωρούν στις περιοχές για τις οποίες υπάρχει υποψία ύπαρξης υγρασίας και μέσω των οποίων γίνεται η μέτρηση. Η συσκευή διαθέτει 10 εργοστασιακούς κωδικούς με τον καθένα να αντιπροσωπεύει και ένα διαφορετικό υλικό τοιχοποιίας[28].



Εικόνα 67: Φωτογραφία που λήφθηκε κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης υγρασίας όπου διακρίνονται οι βελόνες που εισχωρούν στο τοίχο.

Κωδικός	Υλικό
00	Oak, pine, walnut (American)
01	Douglas fir, meranti (white)
02	Beech, spruce, walnut (European), larch, sweet chestnut, silver fir
03	Lime wood, elm
04	Teak
05	Afrormosia, ebony
06	Guarea
07	Cherry, birch, walnut
08	-
09	Wall, concrete

Πίνακας 15: Πίνακας όπου παρουσιάζονται οι ενσωματωμένοι κωδικοί της συσκευής.

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η πλειονότητα των υλικών κατασκευής είναι είδη ξύλου αλλά υπάρχει και ο κωδικός 09 που αντιστοιχεί σε τυπικές τοιχοποιίες από μπετόν. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο παραπάνω κωδικός, καθώς το βάθος εισχώρησης των βελονών δεν ξεπέρασε τα 2cm που είναι και το πάχος των στρώσεων των επιχρισμάτων τα οποία βέβαια δεν αποτελούνται εξολοκλήρου από τσιμέντο, και επομένως οι μετρήσεις περιέχουν κάποιο σφάλμα ,αλλά παρόλα αυτά μπορούν να δώσουν μια ένδειξη για την ύπαρξη ή όχι υγρασίας. Όπως φαίνεται και στην παραπάνω φωτογραφία η συσκευή διαθέτει και μια χρωματική κωδικοποίηση σαν ένα είδος «συναγερμού» σε περίπτωση που οι μετρούμενες τιμές ξεπεράσουν τα όρια που έχουν τεθεί.

4.2.4) ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ WÖHLER DT 310

Οι μετρήσεις θερμοκρασίας στο εσωτερικό της οικίας έγιναν με το διαφορικό θερμόμετρο WÖHLER DT 310 που διαθέτει το εργαστήριο. Η συγκεκριμένη συσκευή έχει τη δυνατότητα μέτρησης μεμονωμένων τιμών θερμοκρασίας αλλά και θερμοκρασιακών διαφορών[29].

Τεχνικά χαρακτηριστικά διαφορικού θερμομέτρου WÖHLER DT 310		
	Κατηγορία θερμοστοιχείου	Τιμές
Θερμοκρασιακά όρια	Κατηγορία K	-200°C έως 1370°C
Ευκρίνεια μετρήσεων	Κατηγορία K	-200°C έως 650°C με βήμα 0,1°C
		650°C έως 1370°C με βήμα 1°C
Ακρίβεια μετρήσεων	Κατηγορία K	±0,3%

Πίνακας 16: Πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του διαφορικού θερμομέτρου WÖHLER DT 310 που χρησιμοποιήθηκε.



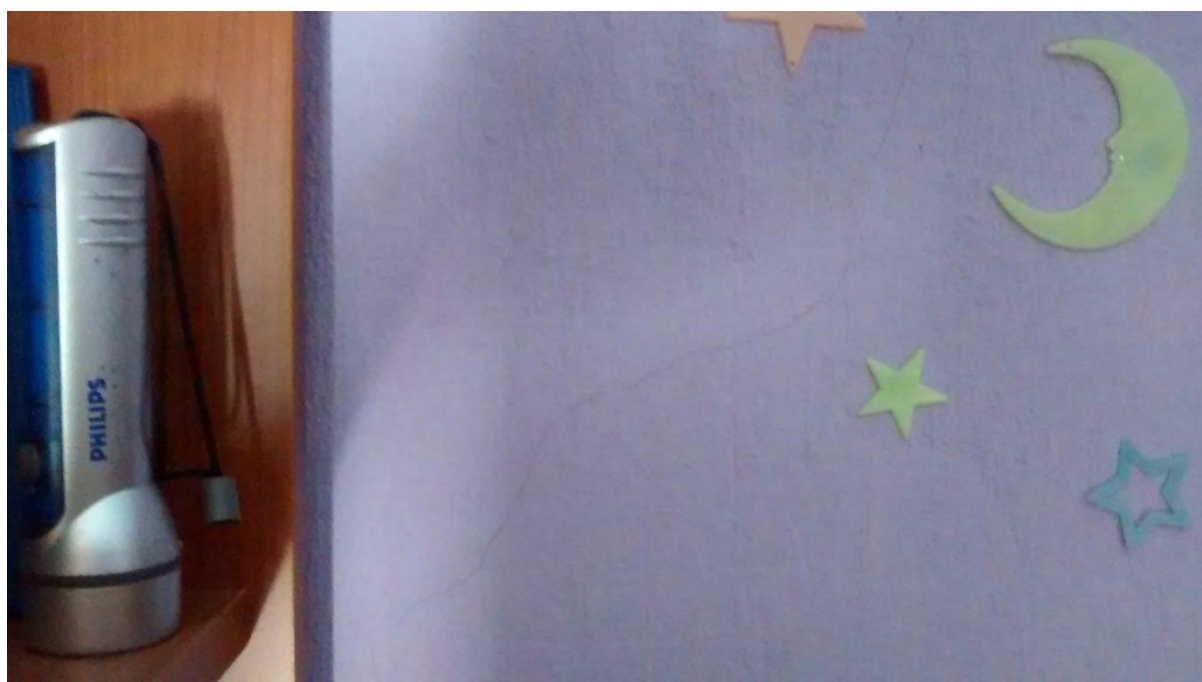
Εικόνα 68: Φωτογραφία του διαφορικού θερμομέτρου WÖHLER DT 310 που διαθέτει το εργαστήριο.

4.3) ΣΗΜΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης της κατοικίας φωτογραφήθηκαν όλοι οι εσωτερικοί χώροι αλλά ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στα σημεία τα οποία εμφάνιζαν ρηγματώσεις σε μια προσπάθεια να βρεθεί η αιτία που τις προκάλεσε. Οι ενδεικτικές φωτογραφίες που παρουσιάζονται παρακάτω είναι από προβληματικά σημεία.



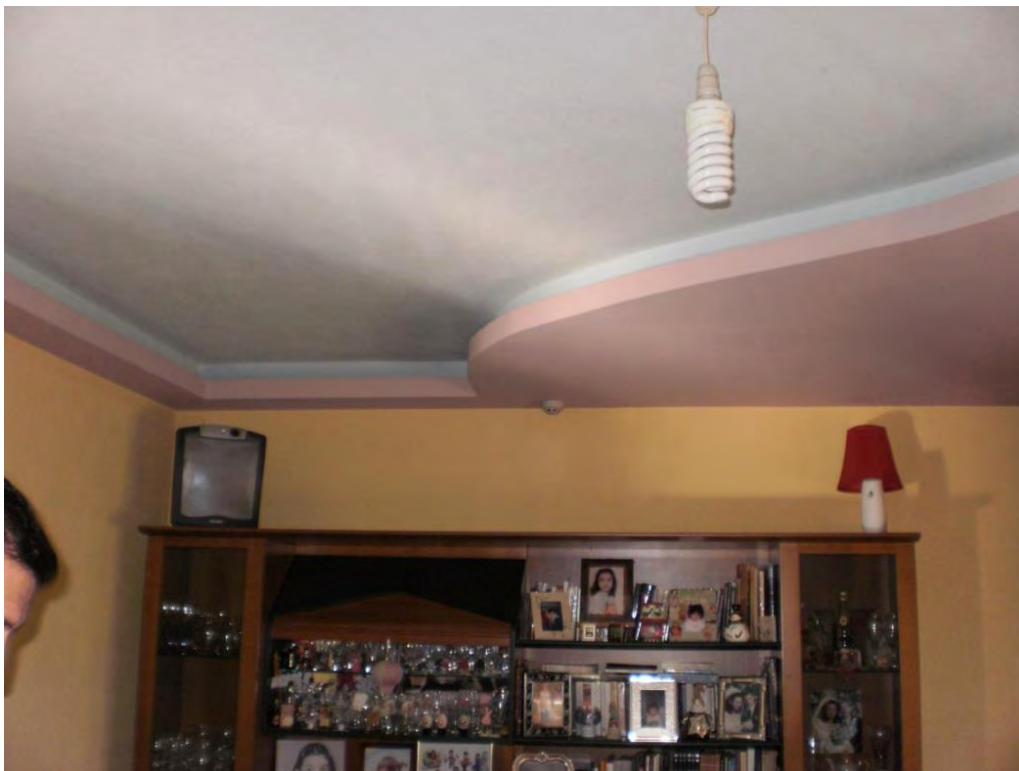
Εικόνα 69: Σημείο λήψης υπέρυθρης φωτογραφίας από τον δυτικό τοίχο του wc του 1^{ου} ορόφου της οικίας.
Διακρίνεται μια ρηγμάτωση στα δεξιά.



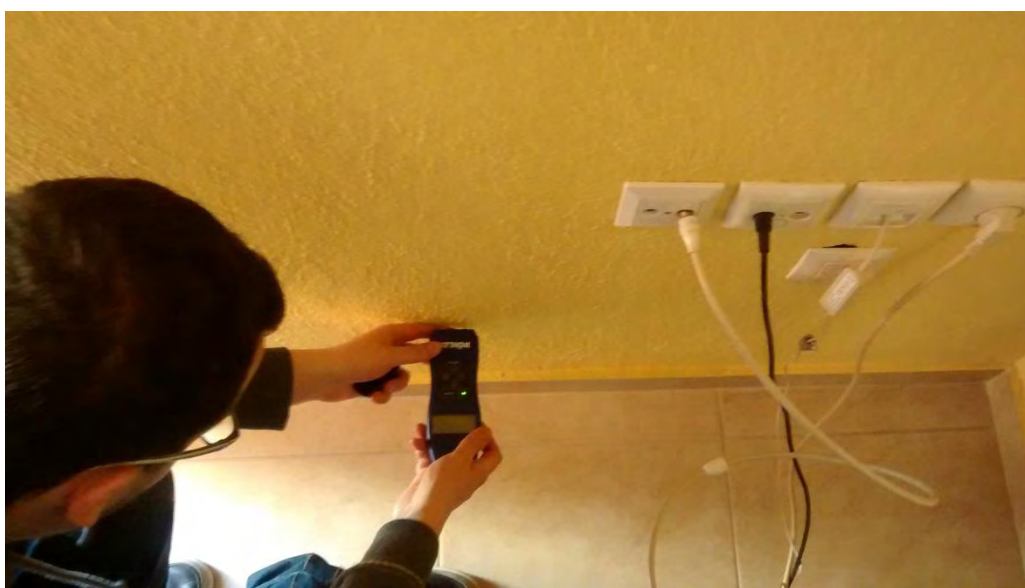
Εικόνα 70: Φωτογραφία του δυτικού τοίχου της παιδικής κρεβατοκάμαρας όπου διακρίνεται μια ρωγμή.

4.4) ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Οι μετρήσεις υγρασίας έγιναν τόσο σε σημεία που δεν εμφάνιζαν κάποιο πρόβλημα, και τα οποία αποτέλεσαν σημεία αναφοράς, αλλά και σε σημεία όπου υπήρχαν ρηγματώσεις, ώστε να διαπιστωθεί αν οι ρωγμές είχαν επηρεάσει τη στεγανότητα της οικίας. Οι παρακάτω φωτογραφίες είναι από σημεία όπου έγιναν μετρήσεις.



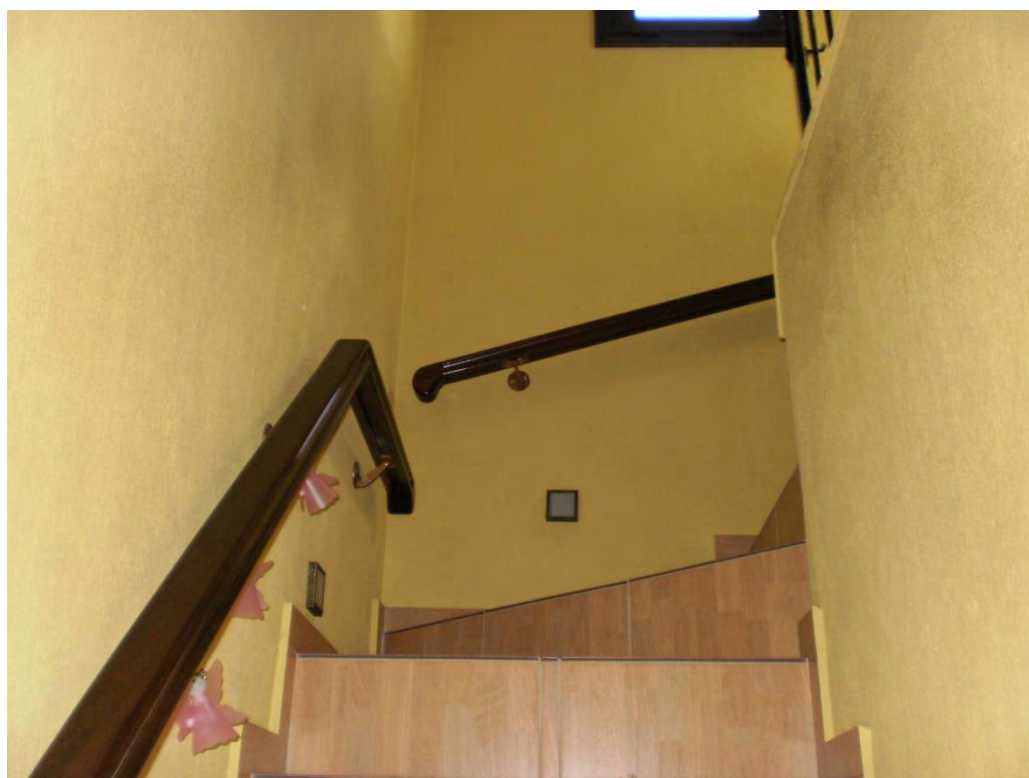
Εικόνα 71: Βορινός τοίχος στο καθιστικό όπου έγινε μέτρηση υγρασίας.



Εικόνα 72: Ανατολικός τοίχος στο καθιστικό όπου έγινε μέτρηση υγρασίας.



Εικόνα 73: Νότιος τοίχος στο καθιστικό όπου έγινε μέτρηση υγρασίας.



Εικόνα 74: Δυτικός τοίχος στο κλιμακοστάσιο όπου έγινε μέτρηση υγρασίας.



Εικόνα 75: Δυτικός τοίχος στο wc όπου έγινε μέτρηση υγρασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της επιθεώρησης που πραγματοποιήθηκε στη συγκεκριμένη κατοικία στις 8/12/2013. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τις υπέρυθρες λήψεις, την ανάλυση μέσω της παρουσίας των θερμοκρασιακών προφίλ των πιο σημαντικών σημείων που ανέκυψαν και τα αποτελέσματα των μετρήσεων υγρασίας που έγιναν.

5.1) ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την Κυριακή 8/12/2013. Ξεκίνησαν 11:30 π.μ και ολοκληρώθηκαν 1:10 μ.μ. Η μέρα ήταν με ηλιοφάνεια, εξωτερική θερμοκρασία 8°C και σχετική υγρασία 37%.

Η διαδικασία ξεκίνησε με την λήψη υπέρυθρων φωτογραφιών των εξωτερικών επιφανειών των δωματίων με ανατολικό προσανατολισμό και η σειρά που ακολουθήθηκε ήταν σαλόνι (κάτω όροφος) -κρεβατοκάμαρα γονέων (πάνω όροφος). Λήφθηκαν επίσης φωτογραφίες από το γκαράζ, που βρίσκεται στο υπόγειο. Η διαδικασία συνεχίστηκε με τα δωμάτια του πάνω ορόφου που έχουν δυτικό προσανατολισμό και με φορά από τα δεξιά προς τα αριστερά. Η σειρά είναι wc -κλιμακοστάσιο- παιδική κρεβατοκάμαρα. Στη συνέχεια φωτογραφήθηκαν τα δωμάτια του κάτω ορόφου με τον ίδιο προσανατολισμό και φορά. Η σειρά είναι δωμάτιο Η/Υ-κουζίνα. Η βόρεια πλευρά του σπιτιού είναι μεσοτοιχία με άλλο σπίτι.

Παράλληλα με τη λήψη φωτογραφιών των εξωτερικών επιφανειών γινόταν και λήψη θερμοκρασιών των εσωτερικών επιφανειών του σπιτιού.

Η λήψη φωτογραφιών των εσωτερικών χώρων ξεκίνησε από τον κάτω όροφο και από το δωμάτιο του Η/Υ. Ακολούθησε η φωτογράφιση του σαλονιού και στη συνέχεια της τραπεζαρίας-κουζίνας, του κλιμακοστασίου και των δωματίων του πάνω ορόφου με την εξής σειρά: παιδική κρεβατοκάμαρα-κρεβατοκάμαρα γονέων-wc.

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της φωτογράφισης έγινε μέτρηση της υγρασίας σε διάφορα σημεία της τοιχοποιίας. Τα σημεία που κατεγράφησαν ήταν: σαλόνι (βόρεια πλευρά) – σαλόνι (ανατολική πλευρά) – σαλόνι (νότια πλευρά) – κλιμακοστάσιο (δυτική πλευρά- στο ύψος του χωρίσματος των δυο ορόφων)-κλιμακοστάσιο (δυτική πλευρά – πάνω όροφος)-wc (βόρεια πλευρά). Τα ίδια σημεία μέτρησης έχουν φωτογραφηθεί και με ψηφιακά μέσα.

Τέλος, λήφθηκαν θερμοκρασίες του αέρα στους εσωτερικούς χώρους με τη σειρά: σαλόνι-κουζίνα-δωμάτιο Η/Υ-κλιμακοστάσιο-wc- κρεβατοκάμαρα γονέων-παιδική κρεβατοκάμαρα

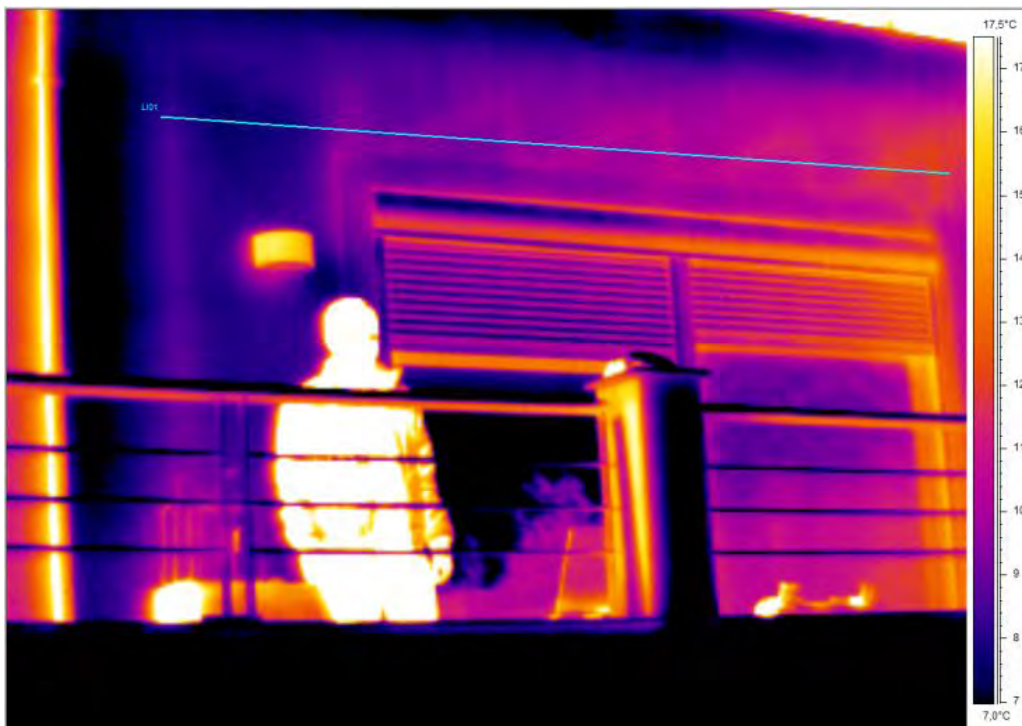
5.2) ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΛΗΨΕΙΣ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ

Οι υπέρυθρες φωτογραφίες, τόσο του εξωτερικού όσο και του εσωτερικού της οικίας καθώς και τα θερμοκρασιακά προφίλ των σημαντικότερων σημείων που ανέκυψαν, παρουσιάζονται παρακάτω.

5.2.1) ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΨΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

Οι εξωτερικές λήψεις έγιναν όσο το δυνατόν πιο πανοραμικές προκειμένου να αποτυπωθεί η θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου. Αυτό όπως γίνεται κατανοητό αυξάνει τα περιθώρια σφάλματος της μεθόδου οπότε το αποτέλεσμα είναι περισσότερο ποιοτικού χαρακτήρα παρά ποσοτικού. Οι λήψεις παρουσιάζονται με τη σειρά που αναφέρθηκε παραπάνω (ανατολικά-δυτικά-νότια).

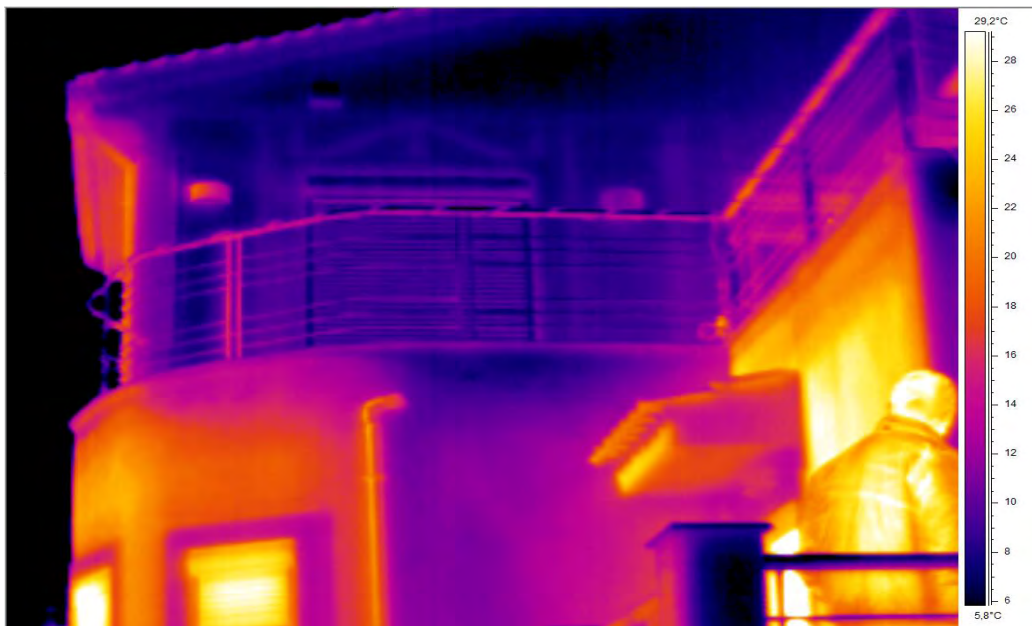
- Φωτογραφία ανατολικής πλευράς



Εικόνα 76: Υπέρυθρη λήψη της ανατολικής πλευράς του καθιστικού της οικίας.

Ο λόγος που η αριστερή πλευρά εμφανίζεται εμφανώς θερμότερη από τη δεξιά οφείλεται στο ότι στο εσωτερικό του σπιτιού και στην αριστερή πλευρά του καθιστικού, από όπου είναι και η λήψη, είναι τοποθετημένο το τζάκι.

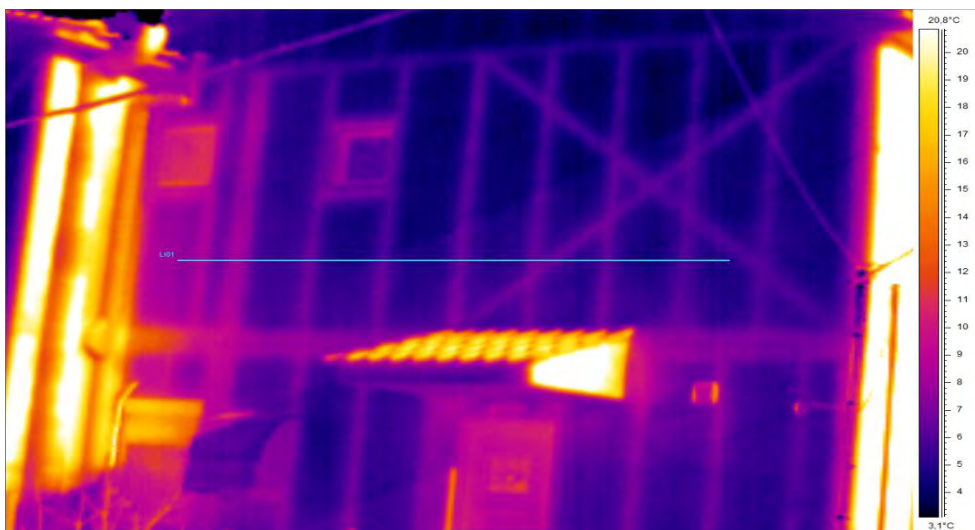
- Φωτογραφία νότιο-ανατολικής πλευράς



Εικόνα 77: Υπέρυθρη λήψη της νοτιοανατολικής πλευράς της οικίας όπου είναι διακριτές οι θερμοκρασιακές διαφορές της κάθε πλευράς λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στην παραπάνω λήψη φαίνεται εμφανώς η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη θερμική συμπεριφορά του σπιτιού καθώς το παράθυρο του πάνω ορόφου το οποίο έχει ανατολικό προσανατολισμό έχει εμφανώς χαμηλότερη θερμοκρασία από την πλευρά του ισογείου με νότιο προσανατολισμό.

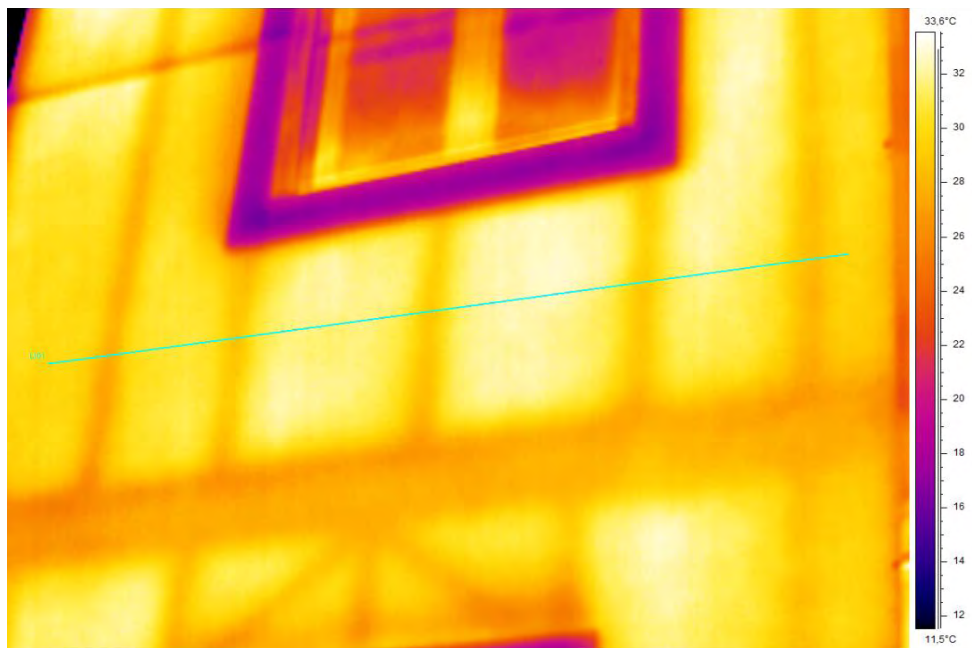
- Φωτογραφία δυτικής πλευράς



Εικόνα 78: Υπέρυθρη λήψη της δυτικής πλευράς της οικίας.

Η παραπάνω λήψη απεικονίζει τη δυτική πλευρά της κατοικίας και όπως εύκολα φαίνεται η θερμοκρασία αυτής της πλευράς είναι σαφώς χαμηλότερη σε σχέση με τις δυο προηγούμενες.

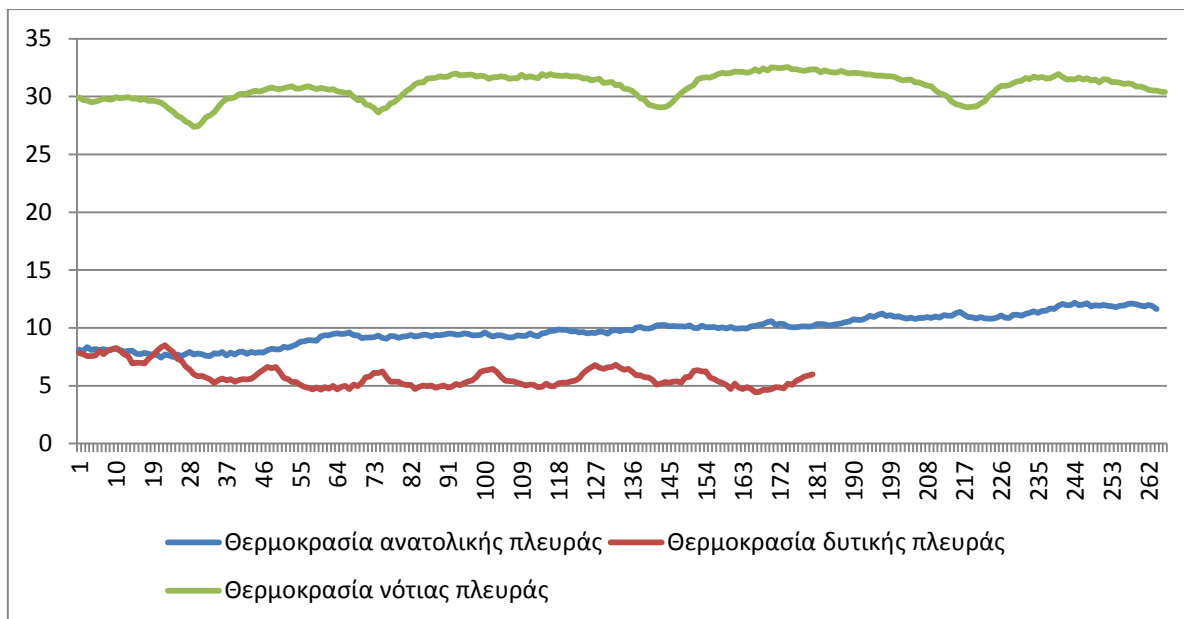
- **Φωτογραφία νότιας πλευράς**



Εικόνα 79: Υπέρυθρη λήψη της νότιας πλευράς της οικίας.

Τέλος, παρουσιάζεται η νότια πλευρά της οικίας η οποία παρουσιάζει εμφανώς υψηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τις υπόλοιπες πλευρές λόγω των ηλιακών κερδών, τα οποία όμως επηρεάζουν και το σφάλμα της μέτρησης με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες να παρουσιάζονται σαφώς μεγαλύτερες σε σχέση με την πραγματικότητα.

Συγκεντρωτικά τα θερμοκρασιακά προφίλ των πλευρών του κτιρίου παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

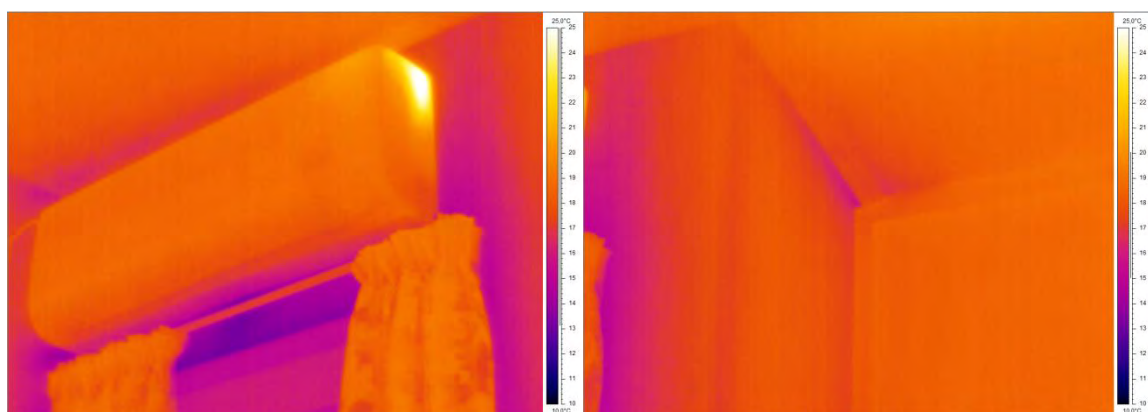


Διάγραμμα 3: Διάγραμμα θερμοκρασιακών προφίλ της κάθε πλευράς της οικίας με εξαίρεση τη βόρεια (μεσοτοιχία).

5.2.2) ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΨΗΣ ΟΙΚΙΑΣ

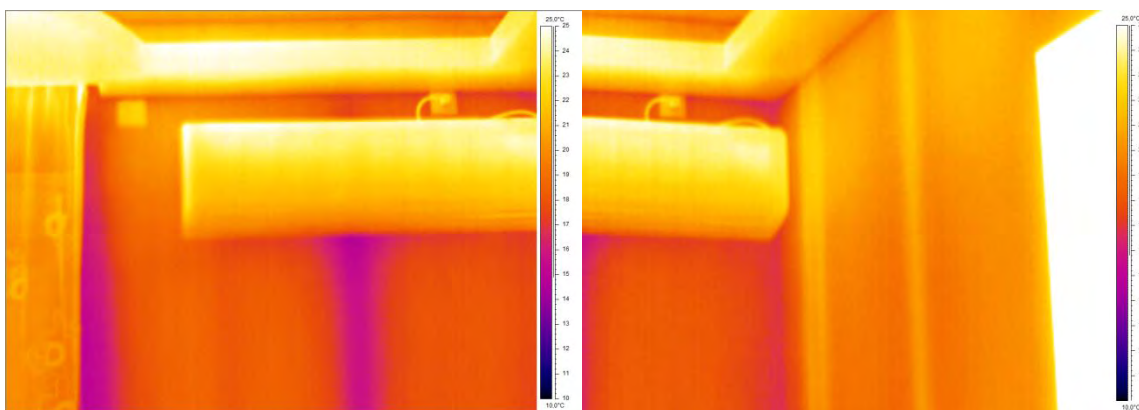
Οι εσωτερικές λήψεις, αν και έχουν το μειονέκτημα ότι τα διάφορα αντικείμενα και έπιπλα δεν έχουν απομακρυνθεί ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα των τοίχων, ωστόσο τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι πιο ασφαλή καθώς οι λήψεις γίνονται σε περιβάλλον σταθερών συνθηκών, οπότε δεν επηρεάζονται από εξωγενείς παράγοντες. Οι φωτογραφίες παρουσιάζονται με τη σειρά που αναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή πρώτα παρουσιάζονται οι χώροι του ισογείου (δωμάτιο Η/Υ-καθιστικό-κουζίνα-κλιμακοστάσιο) και μετά οι χώροι του 1^{ου} ορόφου (παιδική κρεβατοκάμαρα-κρεβατοκάμαρα γονέων-wc). Η θερμοκρασιακή κλίμακα έχει διατηρηθεί σταθερή σε όλες τις φωτογραφίες για να είναι τα αποτελέσματα συγκρίσιμα και είναι από 10 °C έως 25 °C.

- Λήψεις δωματίου Η/Υ

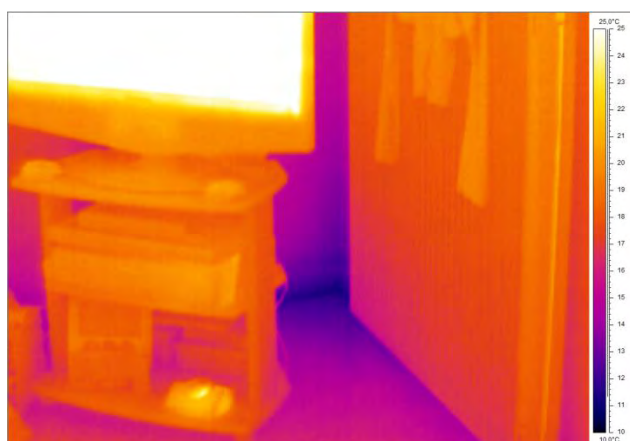


Εικόνα 80: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον δυτικό και νότιο τοίχο του δωματίου Η/Υ.

- Λήψεις καθιστικού

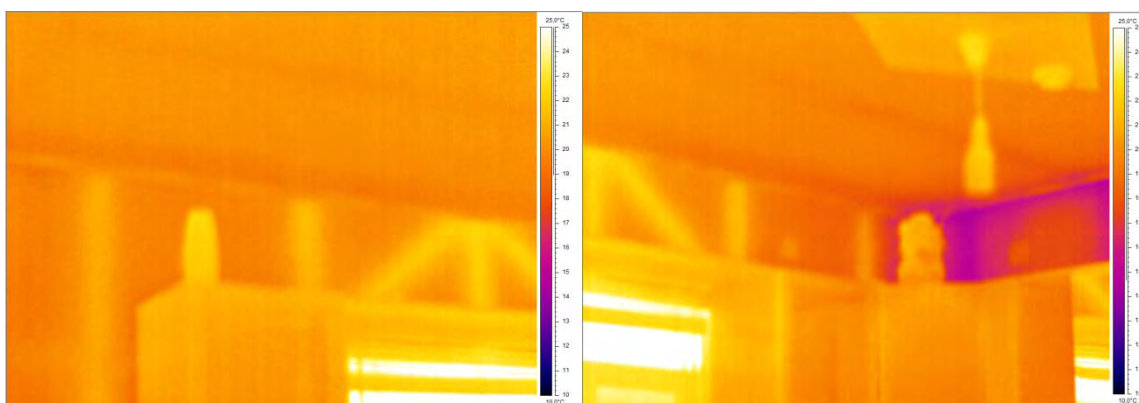


Εικόνα 81: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον ανατολικό και νότιο τοίχο του καθιστικού.

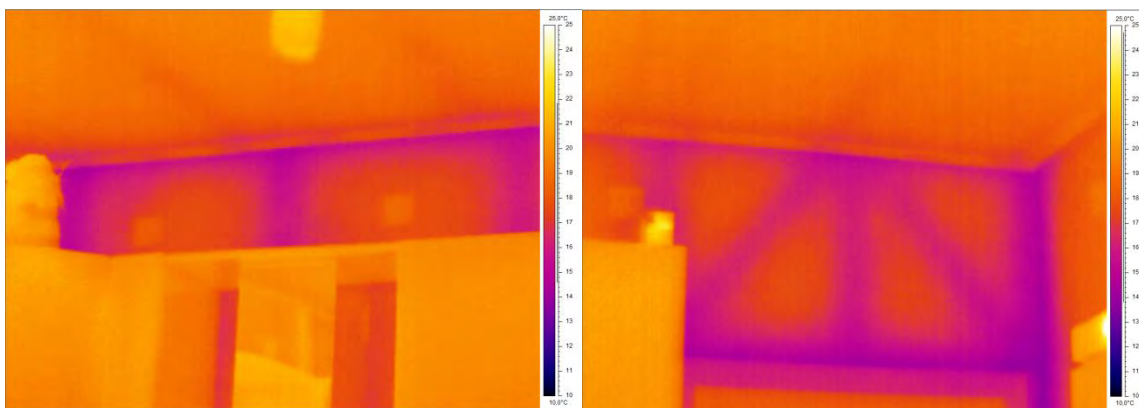


Εικόνα 82: Υπέρυθρη φωτογραφία της νοτιοανατολικής πλευράς του καθιστικού.

- Λήψεις κουζίνας

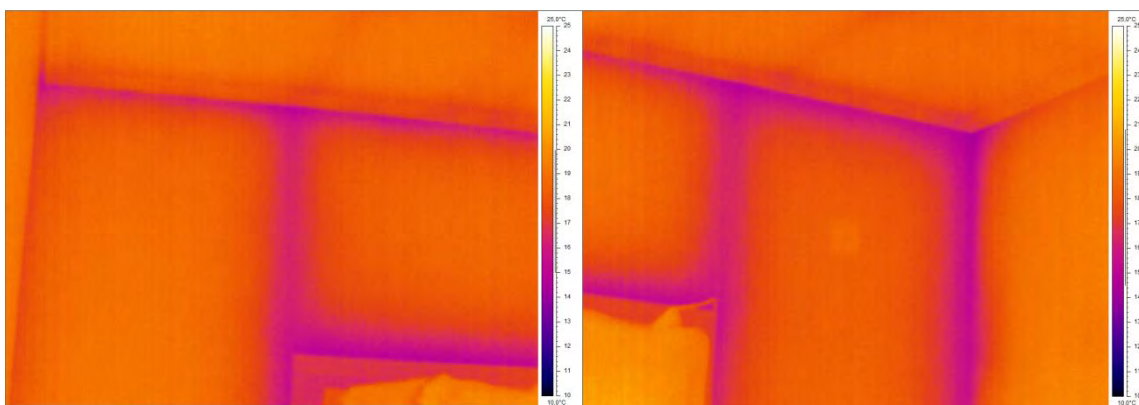


Εικόνα 83: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον νότιο και νοτιοδυτικό τοίχο της κουζίνας.



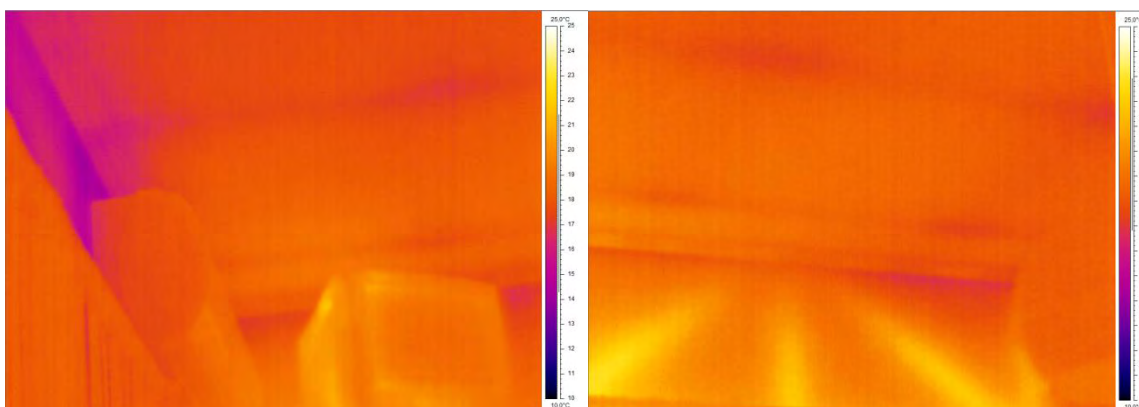
Εικόνα 84: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον δυτικό τοίχο της κουζίνας.

- Λήψεις κλιμακοστασίου

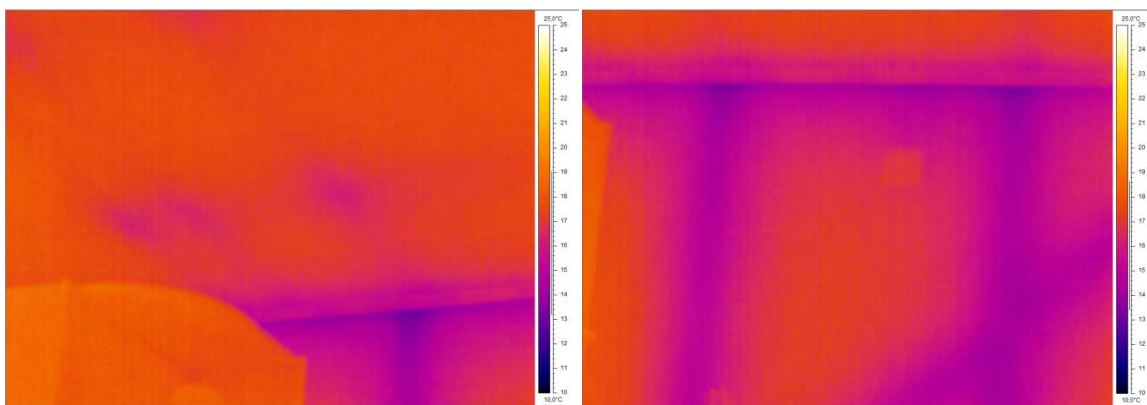


Εικόνα 85: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον δυτικό τοίχο του κλιμακοστασίου.

- Λήψεις παιδικής κρεβατοκάμαρας

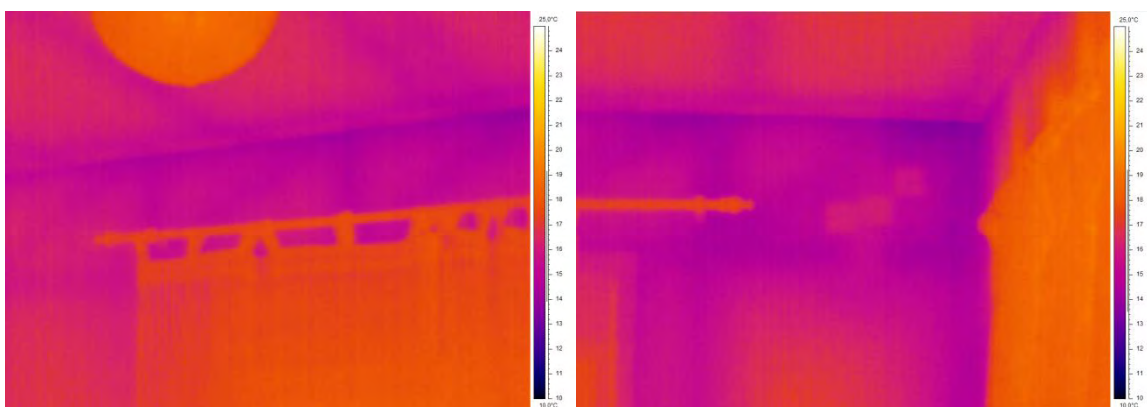


Εικόνα 86: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον ανατολικό και νότιο τοίχο της παιδικής κρεβατοκάμαρας.

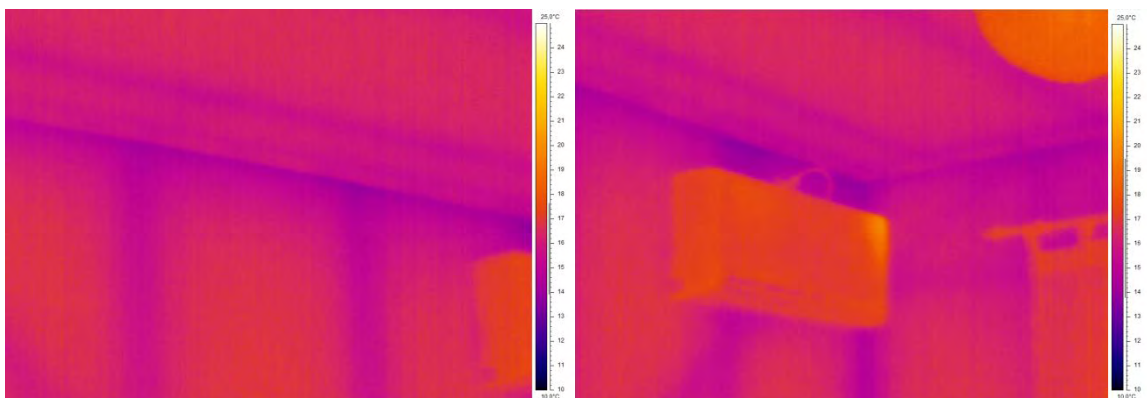


Εικόνα 87: Υπέρυθρες φωτογραφίες της οροφής και του δυτικού τοίχου της παιδικής κρεβατοκάμαρας.

- **Λήψεις κρεβατοκάμαρας γονέων**

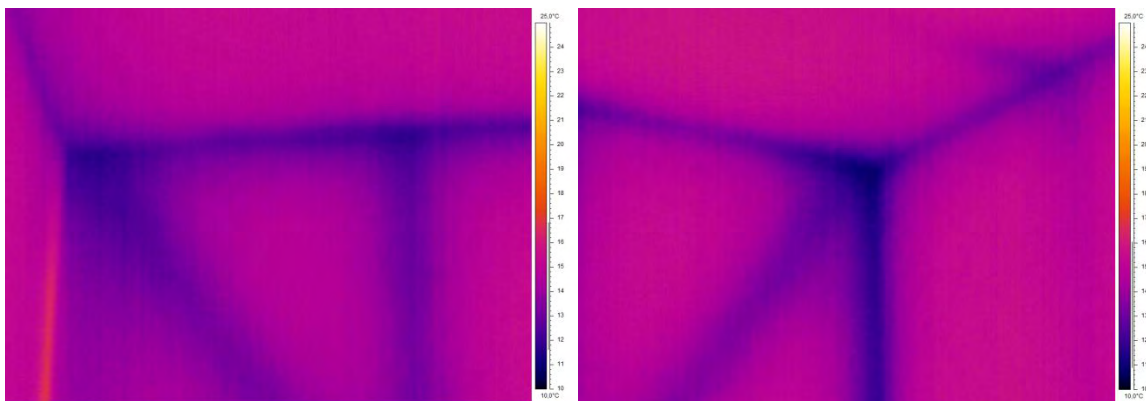


Εικόνα 88: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον ανατολικό τοίχο της κρεβατοκάμαρας των γονέων.



Εικόνα 89: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον βόρειο τοίχο της κρεβατοκάμαρας των γονέων.

- Λήψεις wc



Εικόνα 90: Υπέρυθρες φωτογραφίες από τον δυτικό τοίχο του wc.

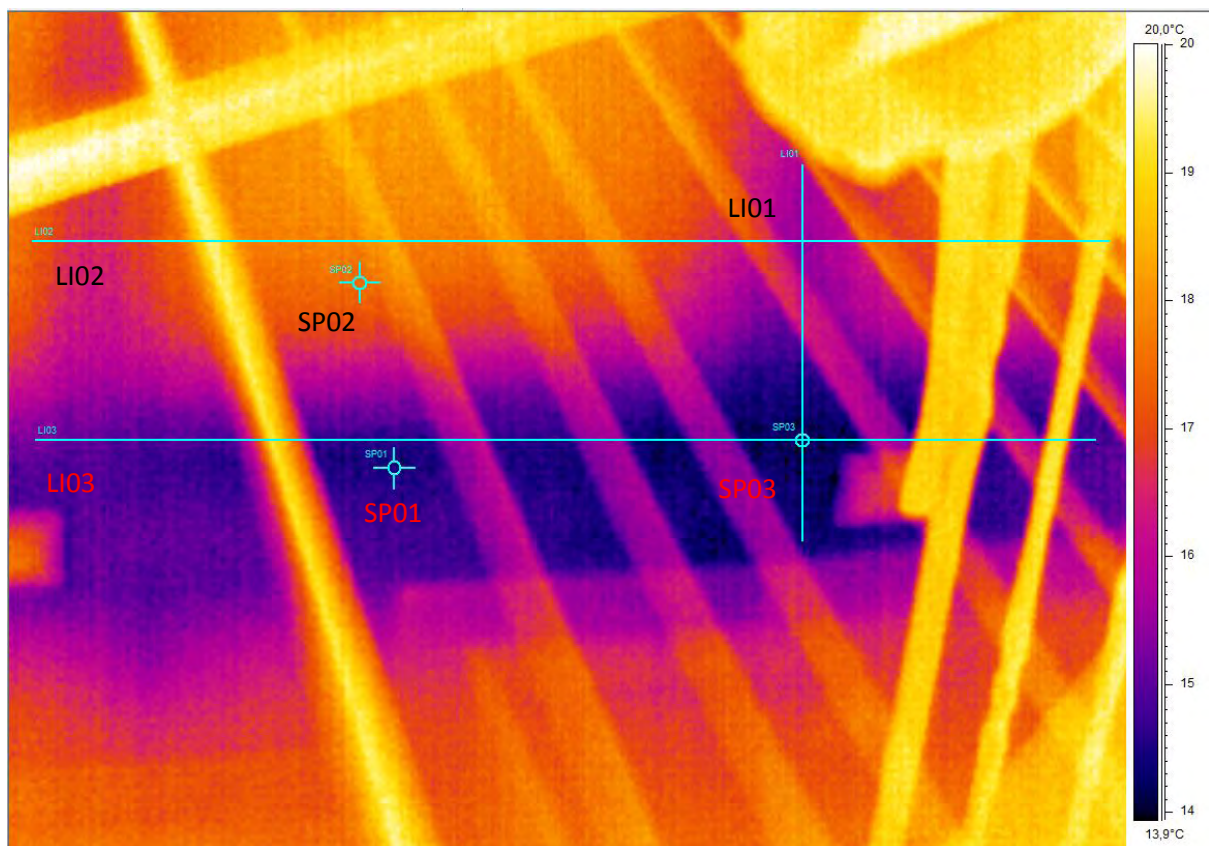
Με βάση τις παραπάνω φωτογραφίες η επαναλαμβανόμενη θερμοκρασιακή διαφορά που παρατηρείται, μεταξύ του μεταλλικού σκελετού με την υπόλοιπη τοιχοποιία, (εξ ου και οι διαφορετικοί χρωματισμοί των ανάλογων περιοχών) αν και αναμενόμενη σε αυτού του είδους της κατασκευές, εντούτοις στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι αρκετά πιο έντονη. Αυτό φαίνεται καλύτερα και στα θερμοκρασιακά προφίλ που έγιναν για τα πιο ενδιαφέροντα σημεία της επιθεώρησης.

5.2.3) ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΠΡΟΦΙΛ

Το πρώτο σημείο ενδιαφέροντος εμφανίστηκε στο κλιμακοστάσιο του σπιτιού που συνδέει το ισόγειο με τον 1^ο όροφο κατόπιν υπόδειξης του ιδιοκτήτη. Στο συγκεκριμένο σημείο εντοπίζεται το μεσοχώρισμα των δυο ορόφων όπου δυο μεταλλικές δοκοί έχουν τοποθετηθεί η μία πάνω στην άλλη για κατασκευαστικούς λόγους με αποτέλεσμα την ύπαρξη έντονων θερμοκρασιακών διαφορών της τάξης των 3 °C όπως προέκυψε από την ανάλυση των υπέρυθρων φωτογραφιών. Θα πρέπει να σημειωθεί πως ο προσανατολισμός του συγκεκριμένου χώρου είναι δυτικός.



Εικόνα 91: Φωτογραφία του δυτικού τοίχου του κλιμακοστασίου όπου έχει επισημανθεί η περιοχή όπου βρίσκεται το μεσοχώρισμα των δυο ορόφων.



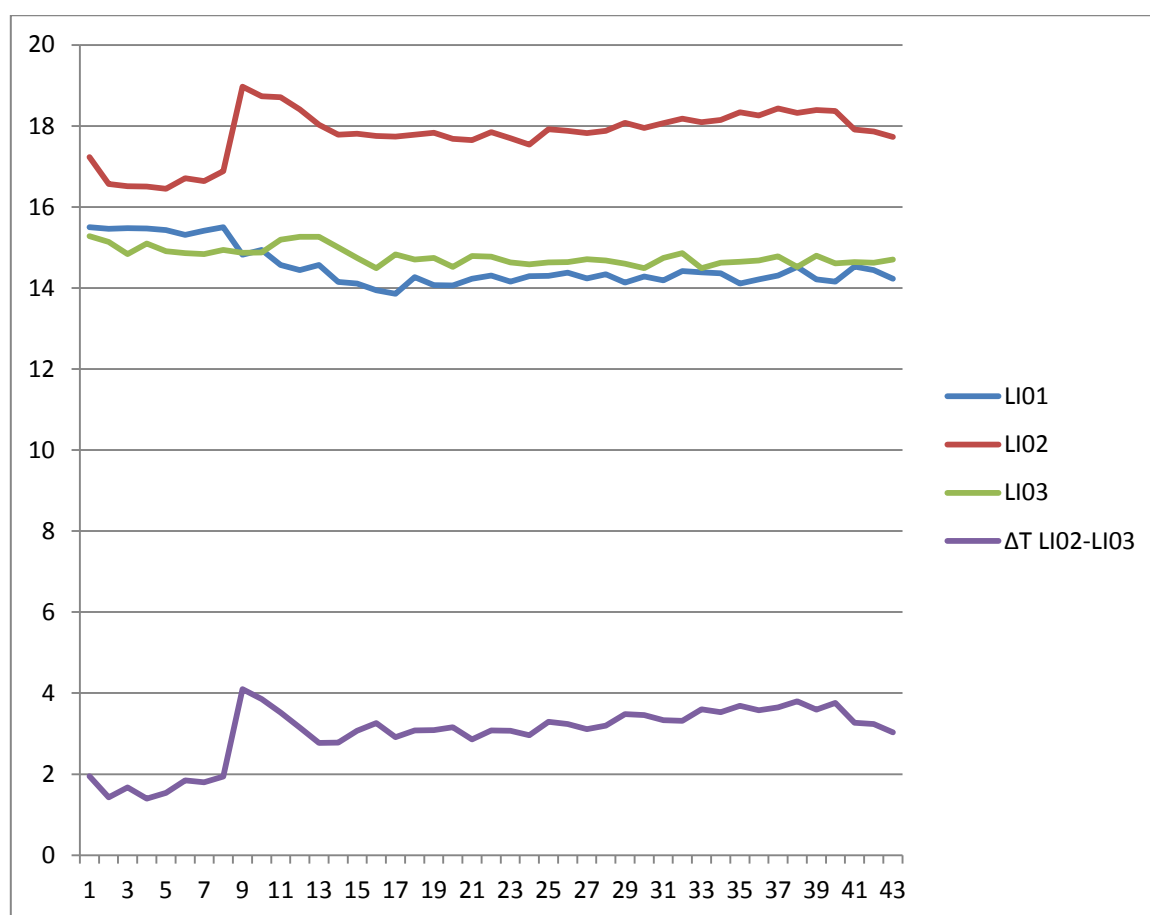
Εικόνα 92: Υπέρυθρη φωτογραφία σε μεγέθυνση της παραπάνω περιοχής.

Έχουν επιλεγθεί δυο τρόποι ανάλυσης της συγκεκριμένης θερμογραφίας. Η πρώτη είναι μέσω τριών σημείων, όπως φαίνονται στην παραπάνω εικόνα, τα οποία έχουν επιλεγθεί για να δείξουν τη θερμοκρασία των αντίστοιχων περιοχών. Δυο σημεία έχουν τοποθετηθεί πάνω στην περιοχή που αντιστοιχεί στις μεταλλικές δοκούς (SP01,SP03) ενώ ένα στην περιοχή της μόνωσης του τοίχου (SP02).

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	14,5
SP02	17,6
SP03	14,1

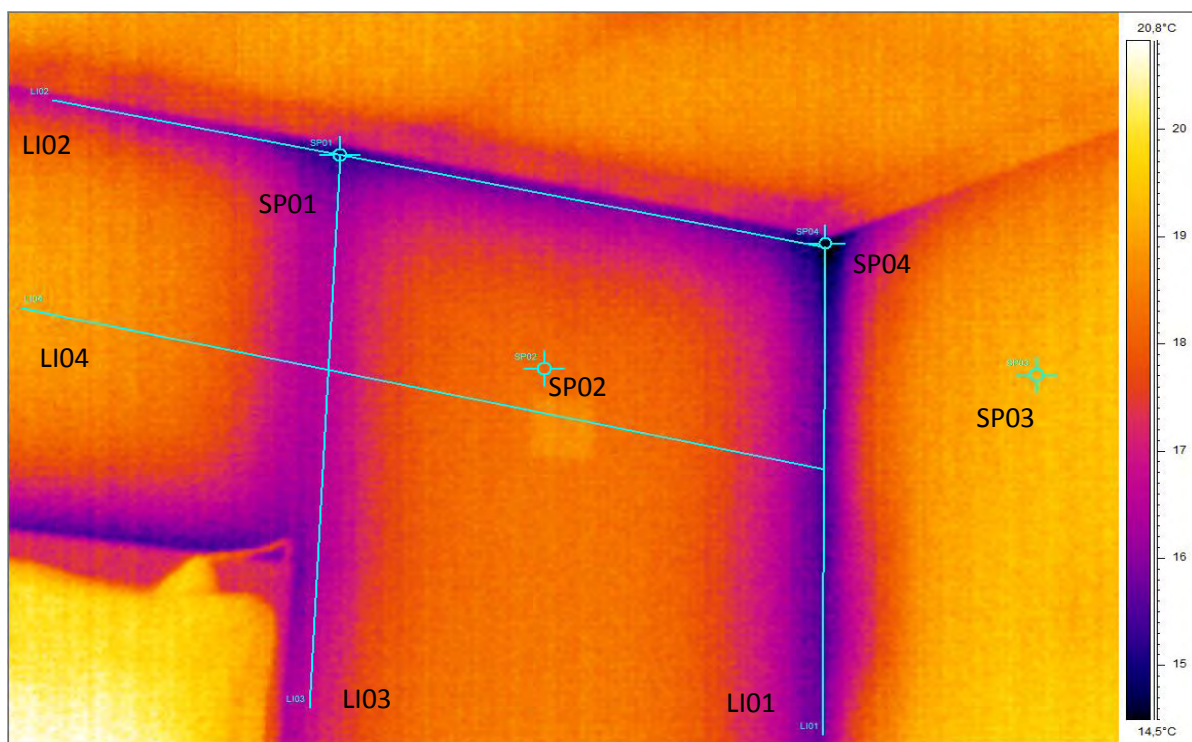
Πίνακας 17: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

Στις ίδιες περιοχές με τα σημεία έχουν τοποθετηθεί και γραμμές για να αναπαρασταθεί η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά μήκος τους. Η ανάλυση φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 92 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI02-LI03.

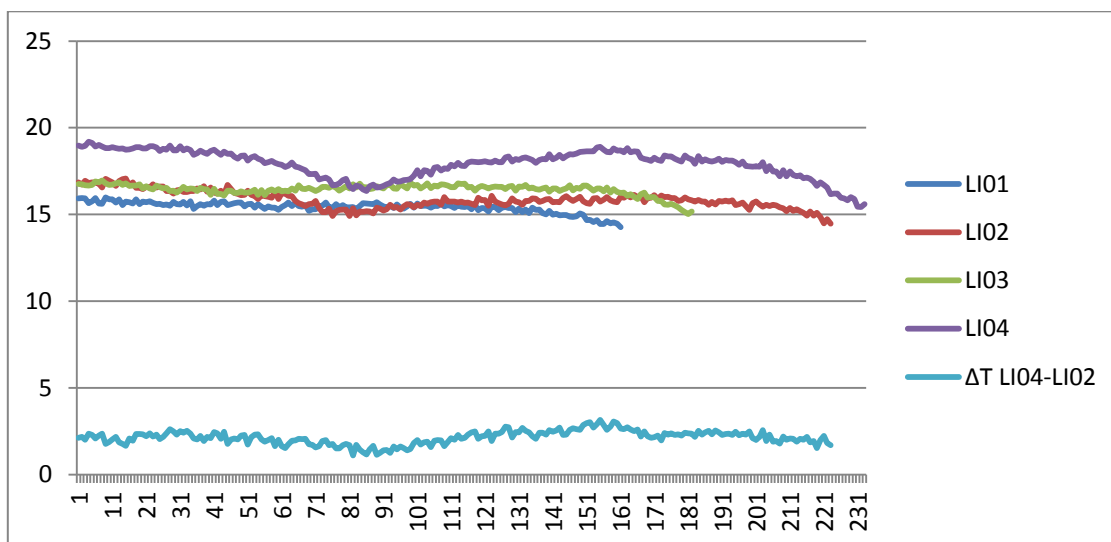
Στον ίδιο χώρο παρατηρήθηκαν επίσης εκτεταμένες θερμογέφυρες, όπως φαίνεται και από την επόμενη λήψη. Για την ανάλυσή της χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες με παραπάνω μέθοδοι.



Εικόνα 93: Υπέρυθρη λήψη από τον δυτικό τοίχο του κλιμακοστασίου. Διακρίνεται ευκρινώς ο μεταλλικός σκελετός του κτιρίου.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	15,2
SP02	18,1
SP03	19,2
SP04	14,6

Πίνακας 18: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

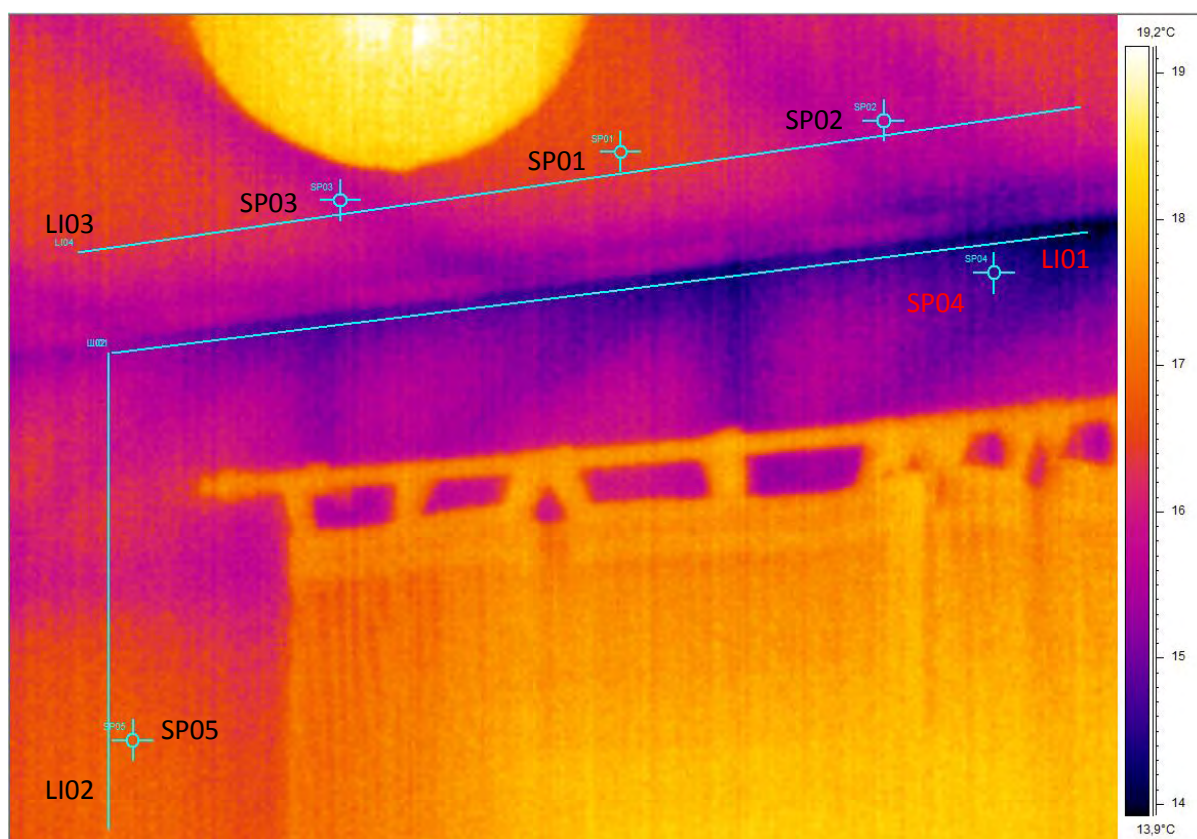


Διάγραμμα 5: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 93 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI04-LI02.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά με βάση και το παραπάνω διάγραμμα ανάμεσα στις LI02 και LI04 είναι της τάξης των 2 °C.

Συνεχίζοντας στον 1^ο όροφο τα επόμενα σημεία ενδιαφέροντος επικεντρώθηκαν στην κρεβατοκάμαρα των γονέων. Εντοπίστηκαν εκτεταμένες θερμογέφυρες στον ανατολικό τοίχο του δωματίου όπως επίσης και πιθανά σημεία ελλειπών μόνωσης στην οροφή.

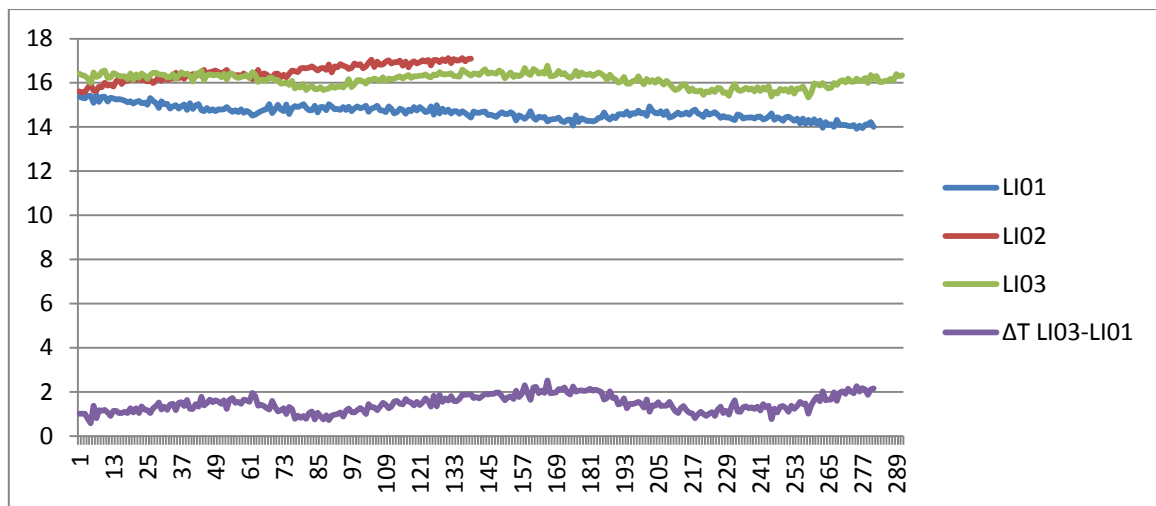
- **Ανατολικός τοίχος**



Εικόνα 94: Υπέρυθρη φωτογραφία από τον ανατολικό τοίχο της κρεβατοκάμαρας των γονέων. Διακρίνεται ευκρινώς ο μεταλλικός σκελετός του κτιρίου.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	16,6
SP02	15,9
SP03	15,7
SP04	14,7
SP05	17

Πίνακας 19: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

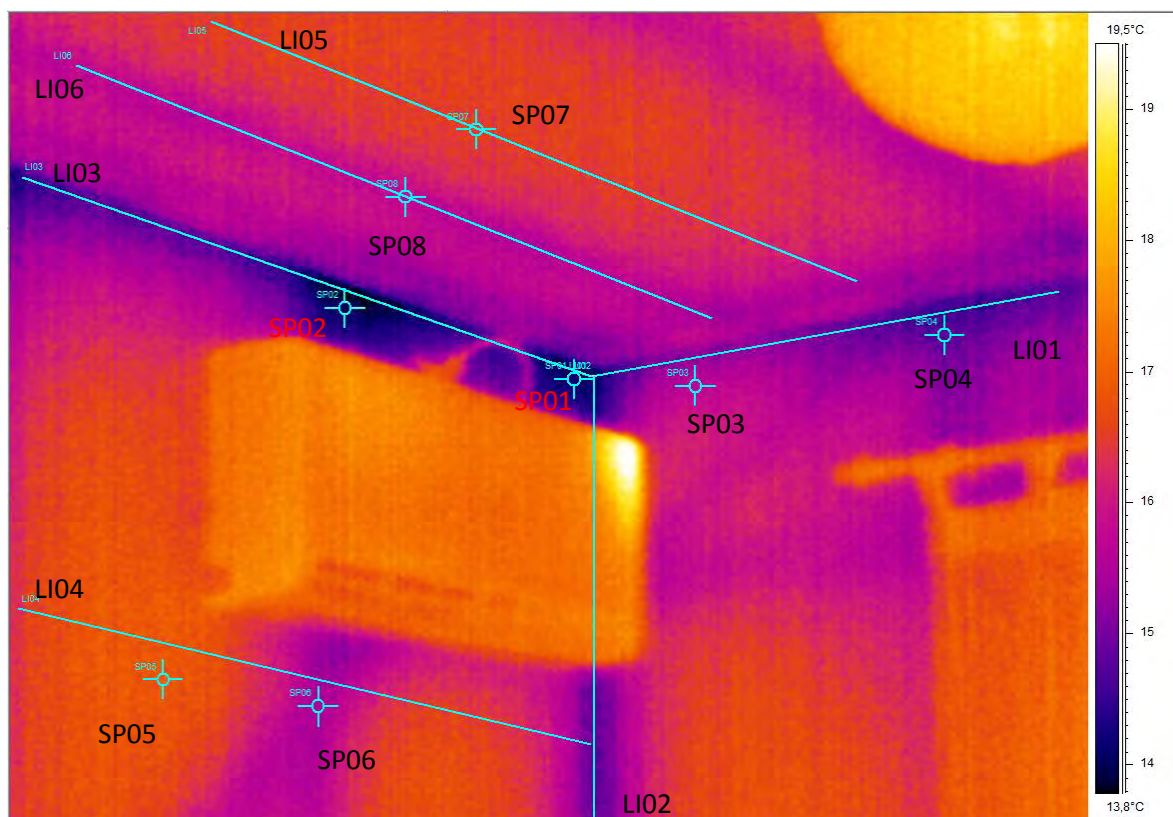


Διάγραμμα 6: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 94 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI03-LI01.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά με βάση και το παραπάνω διάγραμμα ανάμεσα στις LI01 και LI03 είναι της τάξης του 1,5 °C.

- **Βορειοανατολική πλευρά**

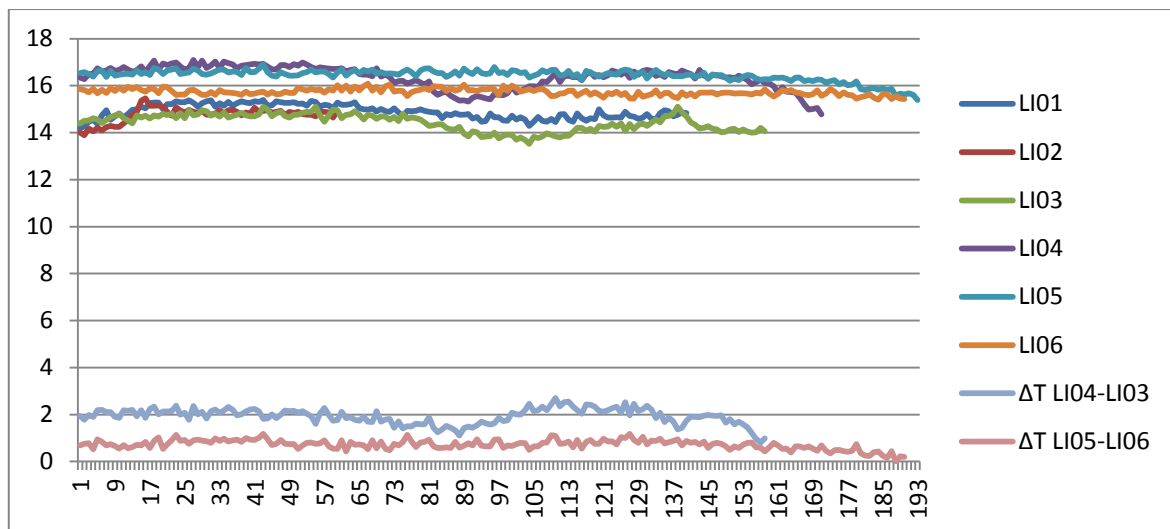
Στη συγκεκριμένη περιοχή παρατηρήθηκαν εκ νέου θερμογέφυρες όπως επίσης και πιθανά σημεία ελλιπούς μόνωσης.



Εικόνα 95: Υπέρυθρη φωτογραφία από τον βορειοανατολικό τοίχο της κρεβατοκάμαρας των γονέων. Διακρίνεται ευκρινώς ο μεταλλικός σκελετός του κτιρίου και δυο πιθανά σημεία στον βόρειο τοίχο ελλιπούς μόνωσης.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	14,2
SP02	14,1
SP03	15,6
SP04	14,9
SP05	16,9
SP06	15,5
SP07	16,7
SP08	15,8

Πίνακας 20: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

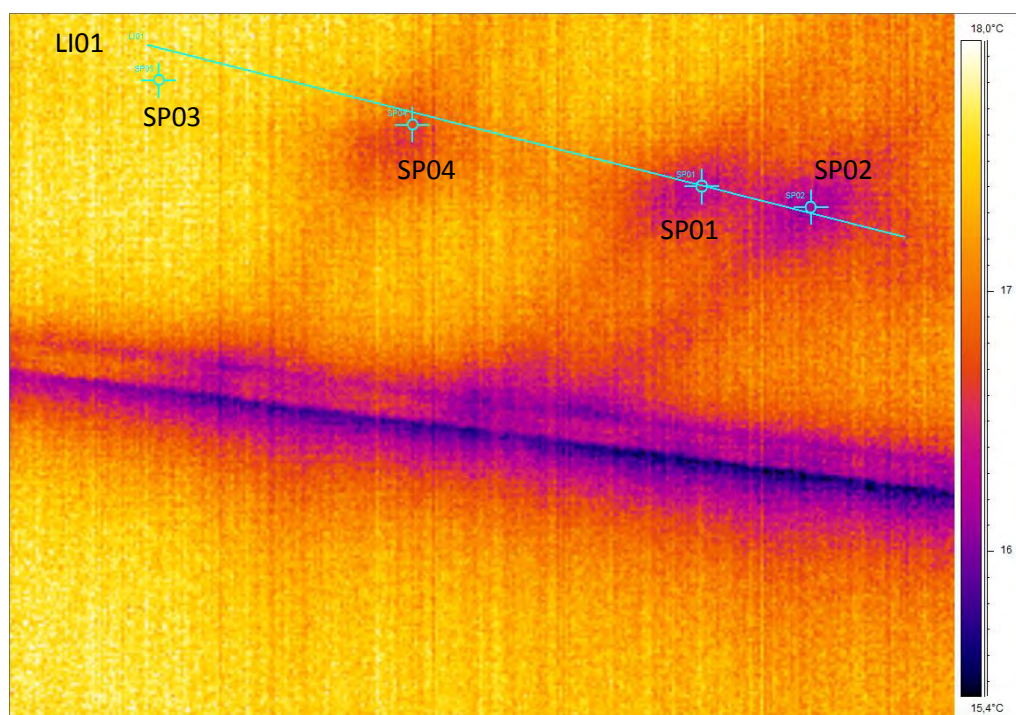


Διάγραμμα 7: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 95 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI04-LI03 και LI05-LI06.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά με βάση και το παραπάνω διάγραμμα ανάμεσα στις LI04-LI03 και LI05-LI06 είναι της τάξης των 2 °C και 0,7 °C αντίστοιχα.

- **Οροφή δωματίου**

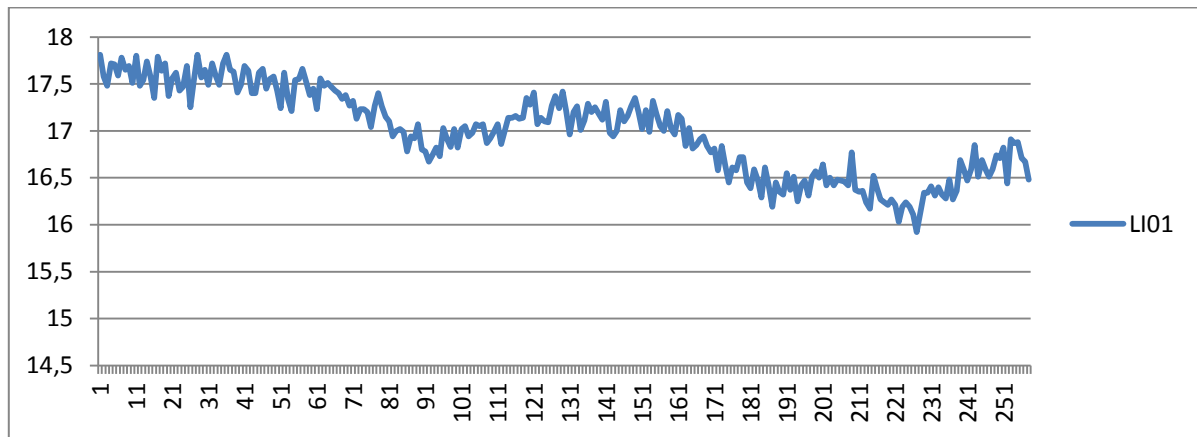
Στη συγκεκριμένη περιοχή παρατηρήθηκαν πιθανά σημεία ελλιπούς μόνωσης.



Εικόνα 96: Υπέρυθρη φωτογραφία από την οροφή στην κρεβατοκάμαρα των γονέων. Διακρίνονται ευκρινώς δυο πιθανά σημεία ελλιπούς μόνωσης.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	15,9
SP02	16
SP03	17,7
SP04	16,7

Πίνακας 21: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.



Διάγραμμα 8: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος της γραμμής που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 96.

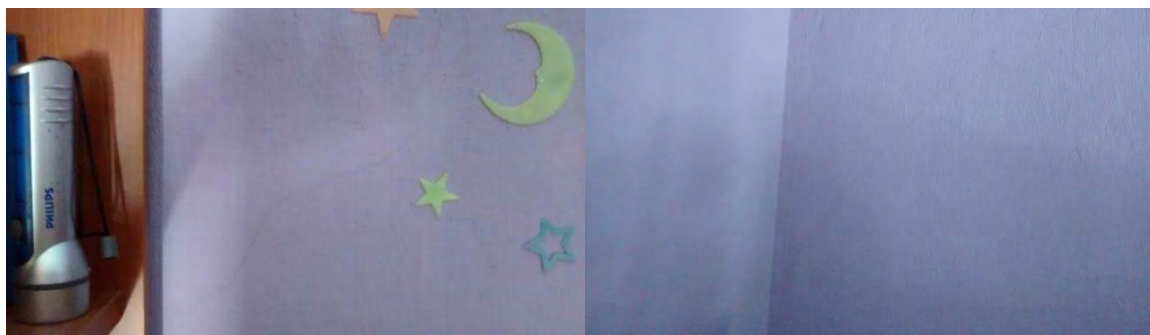
Ο επόμενος χώρος που εξετάστηκε ήταν η παιδική κρεβατοκάμαρα ,η οποία παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά με το προηγούμενο δωμάτιο που εξετάστηκε, καθώς και εδώ υπάρχουν εκτεταμένες θερμογέφυρες και πιθανά σημεία ελλιπούς μόνωσης.

- **Δυτική πλευρά**

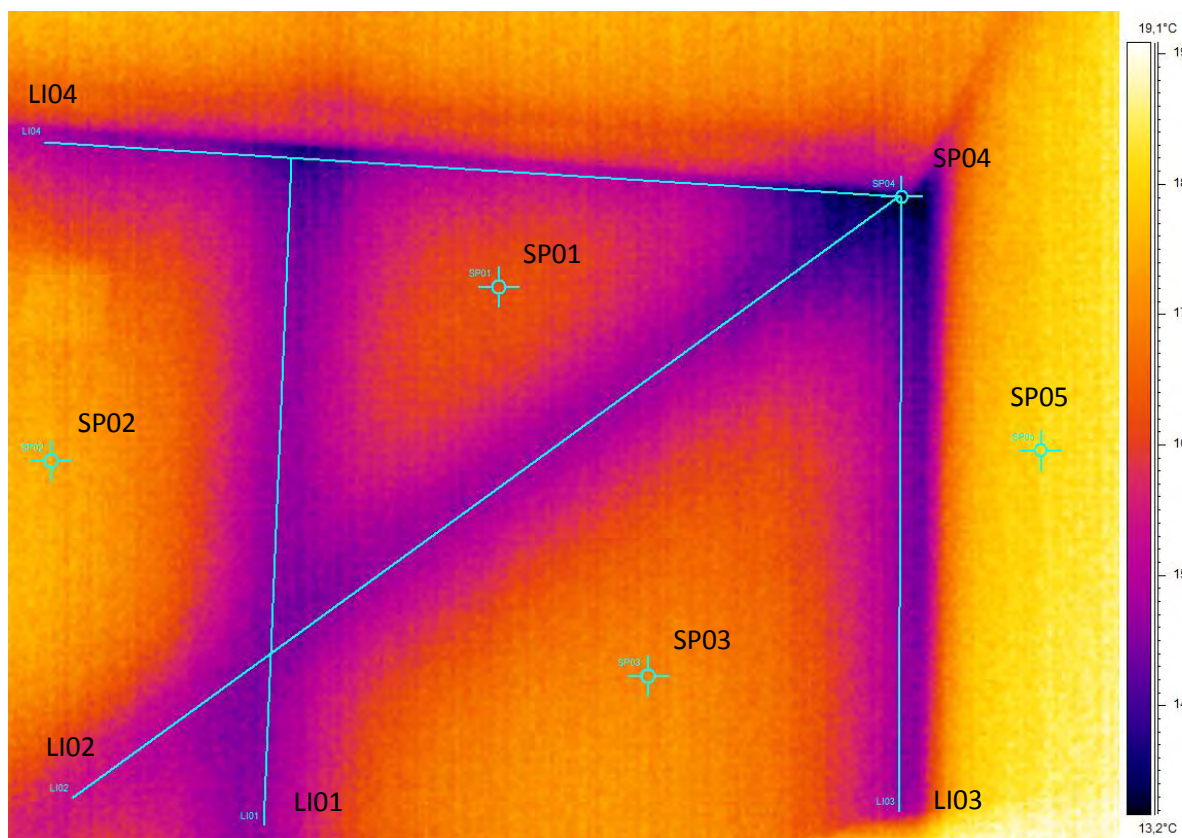
Πρέπει να σημειωθεί πως στον συγκεκριμένο τοίχο εμφανίζονται και δυο ρωγμές στην επιφάνεια του ,στα σημεία που υποδεικνύονται παρακάτω.



Εικόνα 97: Φωτογραφία του δυτικού τοίχου της παιδικής κρεβατοκάμαρας όπου έχουν επισημανθεί δυο ρωγμές.



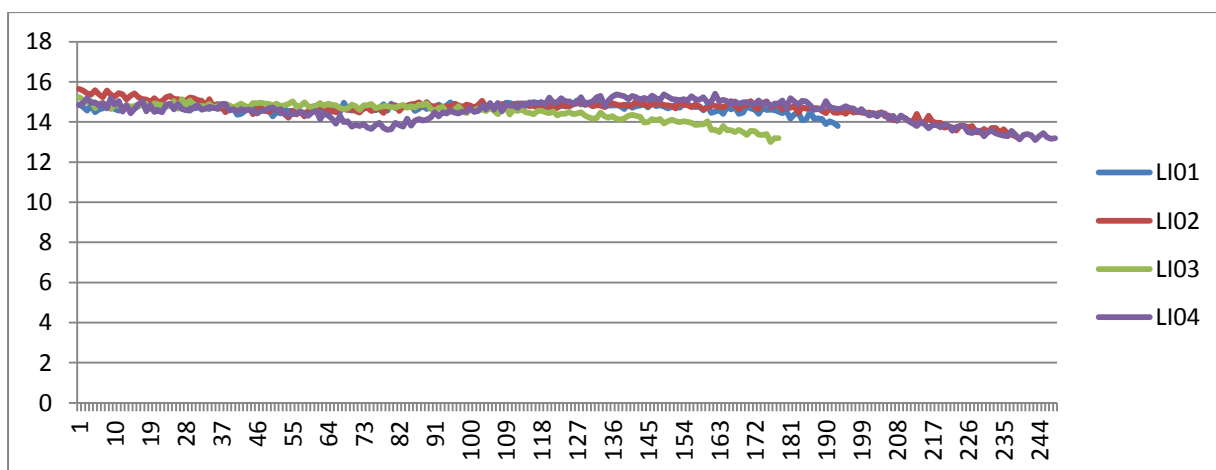
Εικόνα 98: Σε μεγέθυνση οι ρωγμές που επισημάνθηκαν στην παραπάνω φωτογραφία.



Εικόνα 99: Υπέρυθρη φωτογραφία του ίδιου τοίχου με παραπάνω.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	16,3
SP02	17,5
SP03	17
SP04	13,2
SP05	18,3

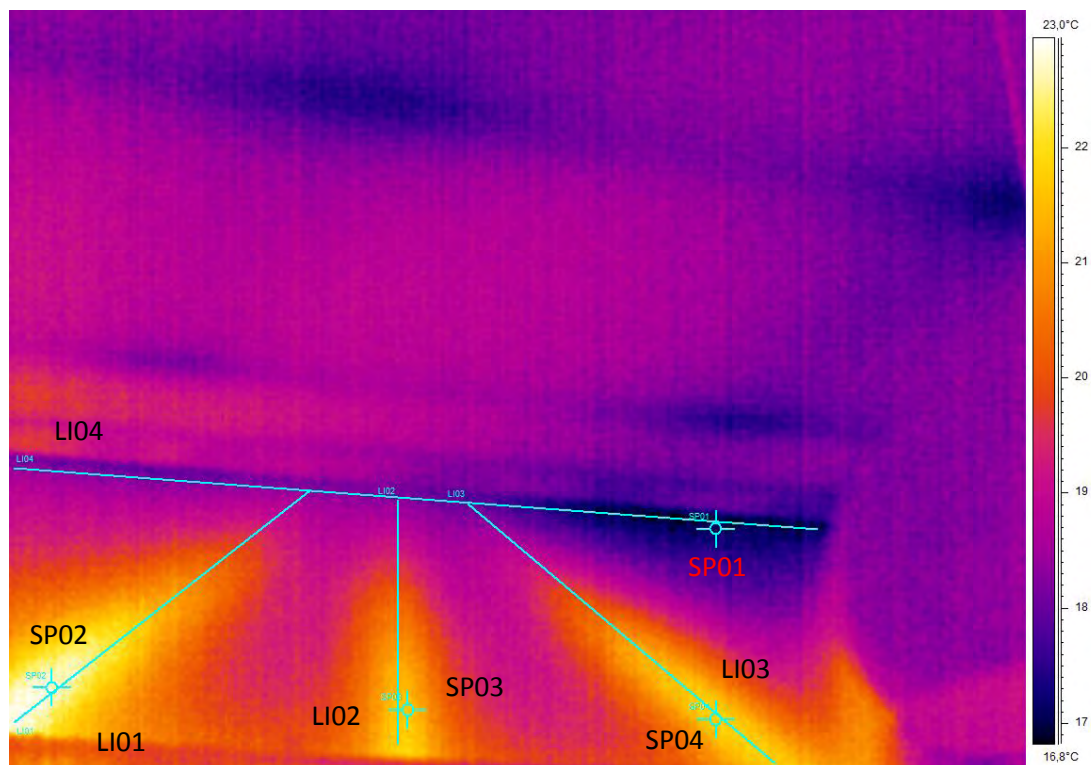
Πίνακας 22: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.



Διάγραμμα 9: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 99.

- **Ανατολική πλευρά**

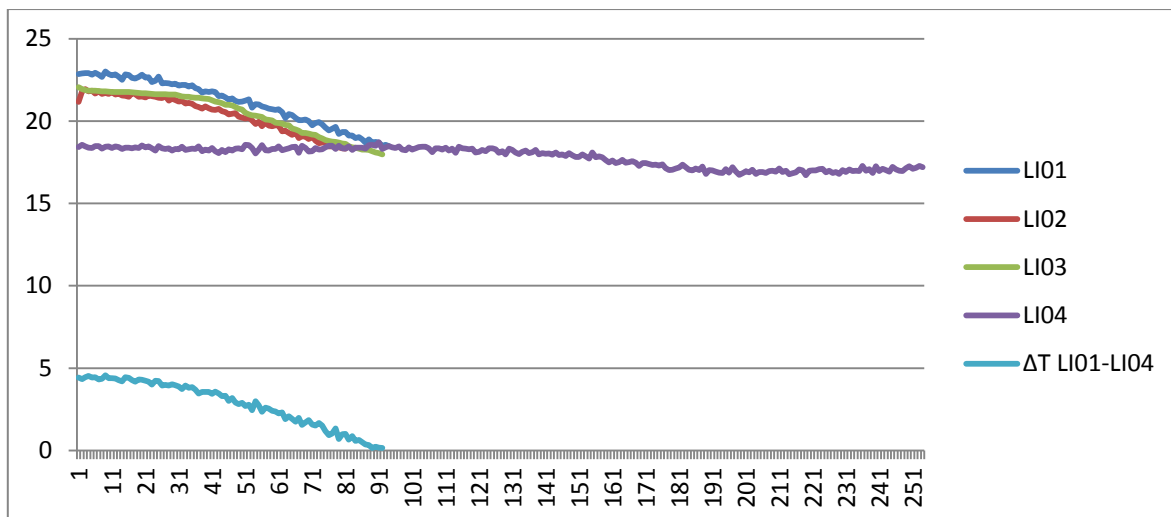
Στη συγκεκριμένη περιοχή παρατηρήθηκε μια πιθανή περιοχή ελλιπούς μόνωσης και επίσης πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η θερμική συμπεριφορά της οικίας εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 100: Υπέρυθρη φωτογραφία του νότιου τοίχου της παιδικής κρεβατοκάμαρας.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	17
SP02	22,9
SP03	21,7
SP04	21,6

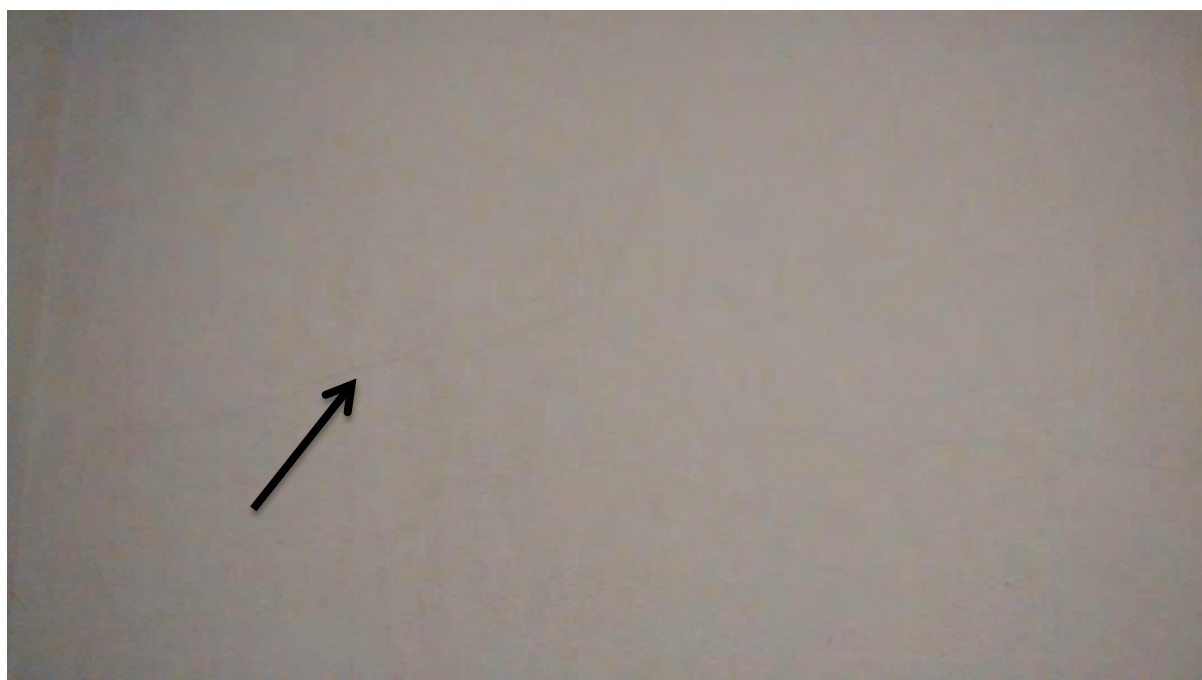
Πίνακας 23: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.



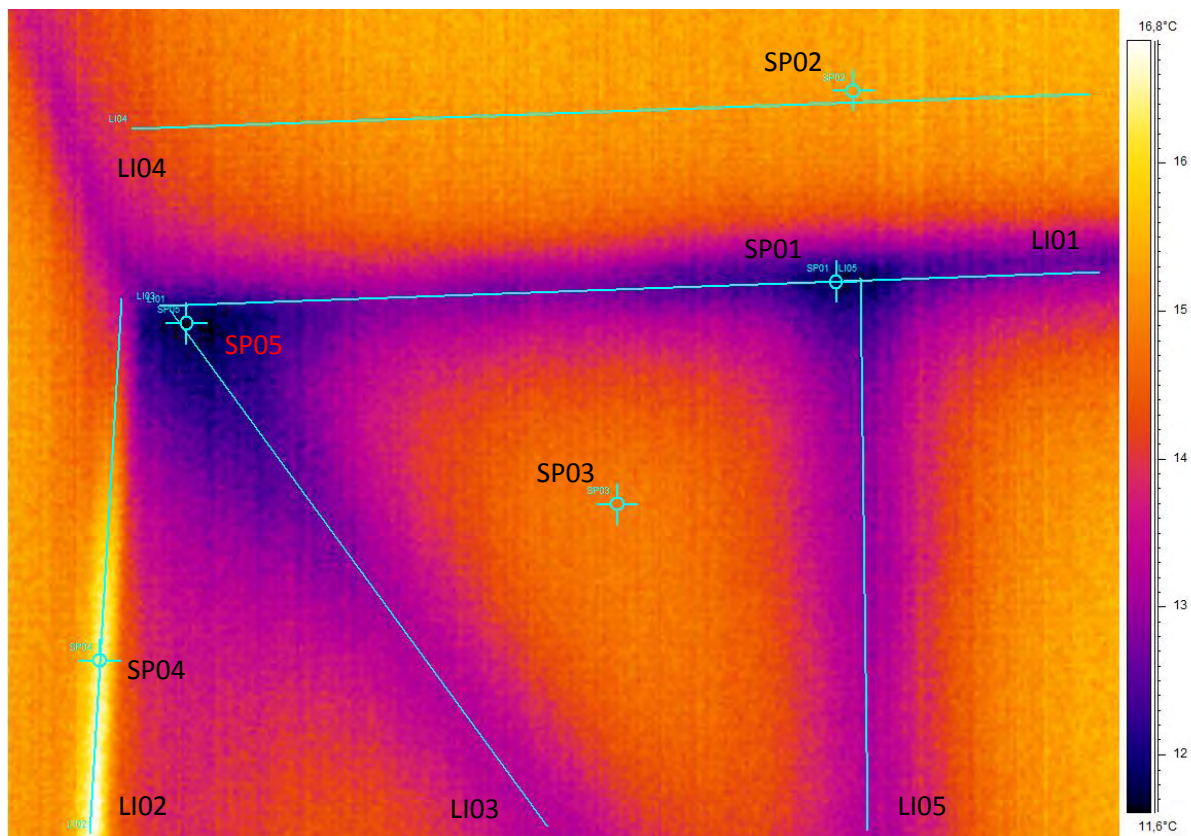
Διάγραμμα 10: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 100 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI01-LI04.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις LI01-LI04 είναι κατά μέσο όρο 2,8 °C.

Ο τελευταίος χώρος του 1^{ου} ορόφου που εξετάστηκε ήταν το wc όπου παρατηρήθηκε η ίδια συμπεριφορά με προηγούμενως. Η παρακάτω λήψη έχει προσανατολισμό δυτικό ενώ στον ίδιο τοίχο παρατηρήθηκε και μια ρωγμή.



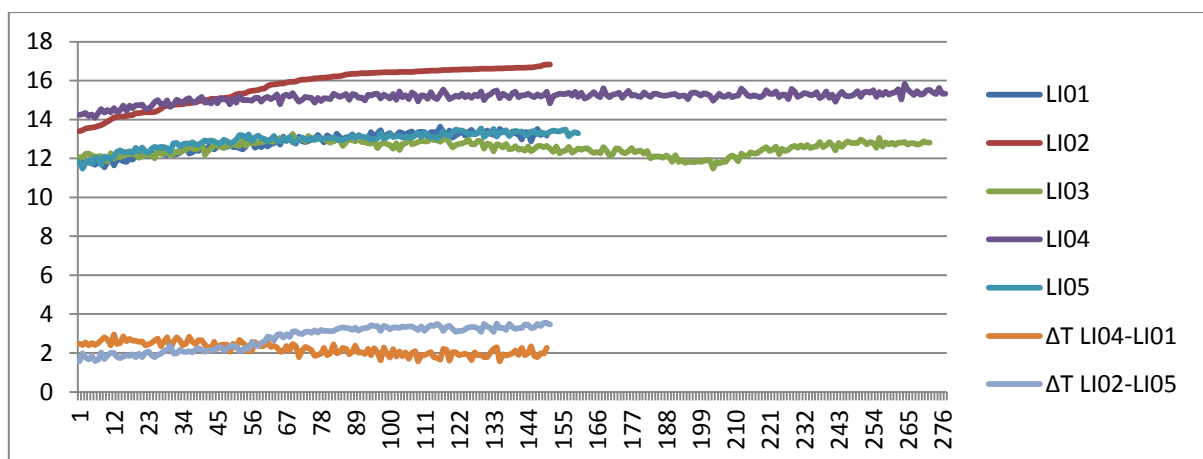
Εικόνα 101: Φωτογραφία του δυτικού τοίχου του wc όπου έχει επισημανθεί μια ρωγμή.



Εικόνα 102: Υπέρυθρη φωτογραφία του παραπάνω τοίχου.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	11,8
SP02	15,2
SP03	14,8
SP04	16,3
SP05	11,7

Πίνακας 24: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

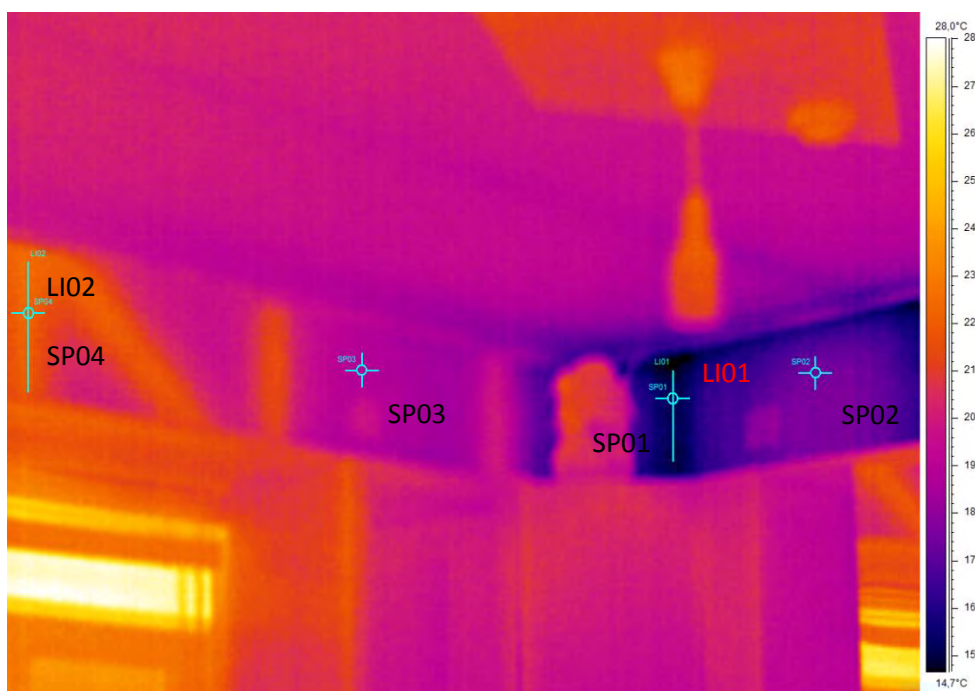


Διάγραμμα 11: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 102 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI04-LI01 και LI02-LI05.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις LI01-LI04 είναι κατά μέσο όρο 2,2 °C ενώ η διαφορά ανάμεσα στις LI02-LI05 είναι 2,8 °C αντίστοιχα.

Προχωρώντας στο ισόγειο ο επόμενος χώρος που εξετάστηκε ήταν η κουζίνα ,όπου επαναλαμβάνεται για ακόμη μια φορά η θερμική συμπεριφορά που παρατηρήθηκε στην παιδική κρεβατοκάμαρα.

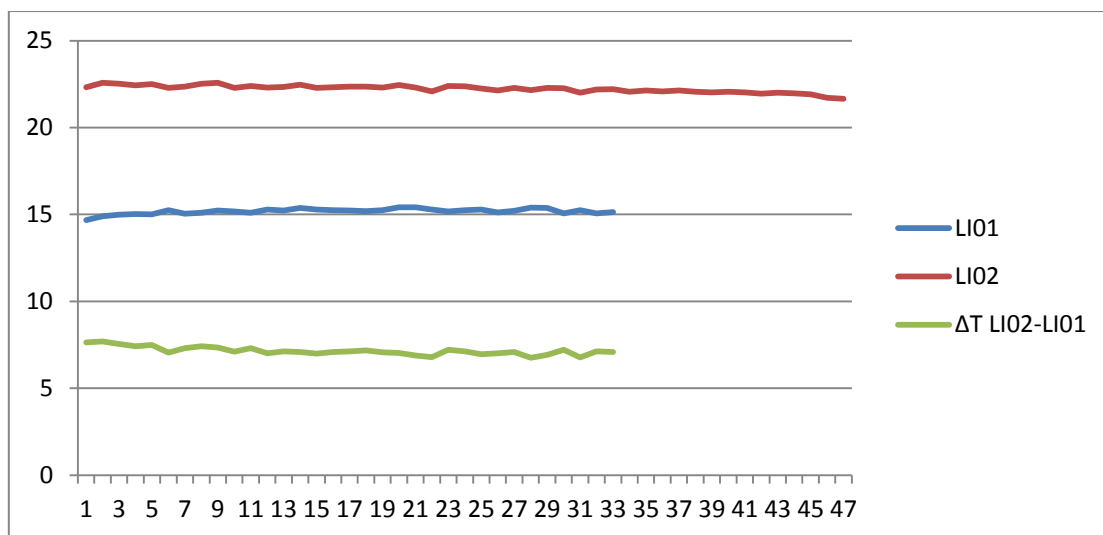
- **Νοτιοδυτική πλευρά**



Εικόνα 103: Υπέρυθρη φωτογραφία του νοτιοδυτικού τοίχου της κουζίνας. Είναι εμφανής η έντονη θερμοκρασιακή διαφορά των δυο πλευρών.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	15,1
SP02	17,7
SP03	19,1
SP04	22,3

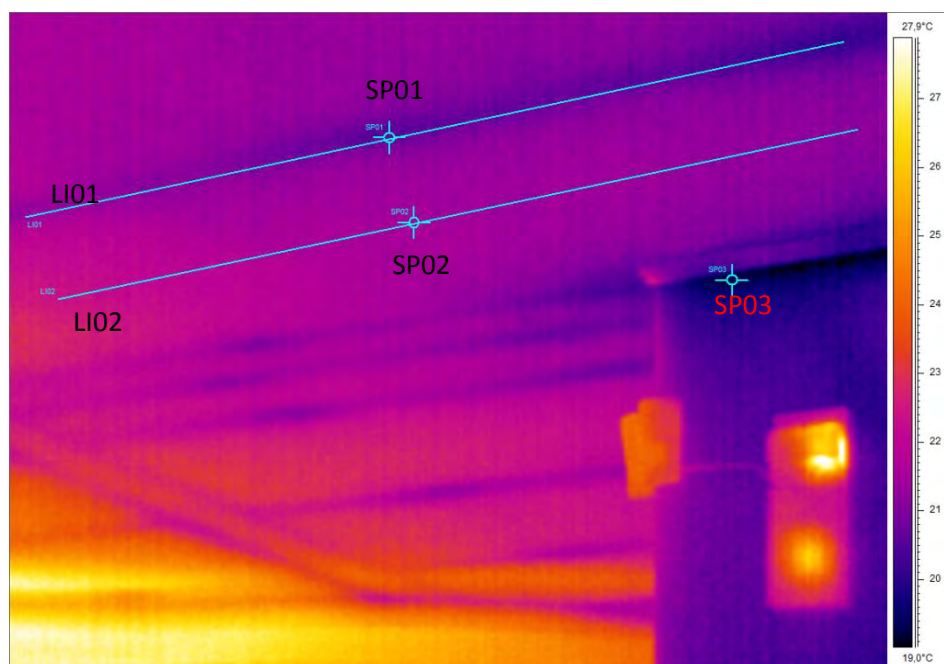
Πίνακας 25: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.



Διάγραμμα 12: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 103 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI02-LI01.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις LI01-LI02 είναι κατά μέσο όρο 7,1°C.

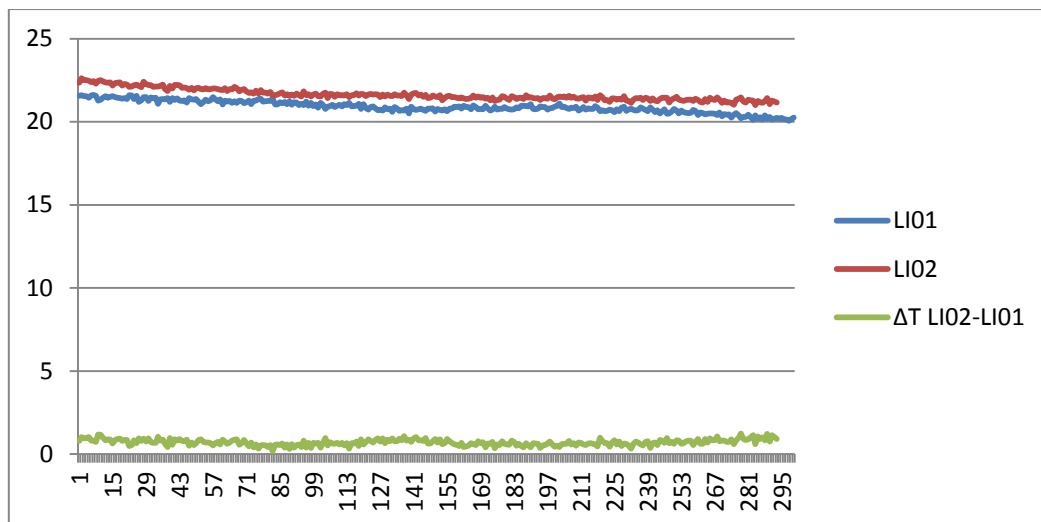
- Οροφή κουζίνας



Εικόνα 104: Υπέρυθρη φωτογραφία της οροφής της κουζίνας. Είναι εμφανείς οι μεταλλικές δοκοί του σκελετού της οροφής.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	20,8
SP02	21,6
SP03	19,3

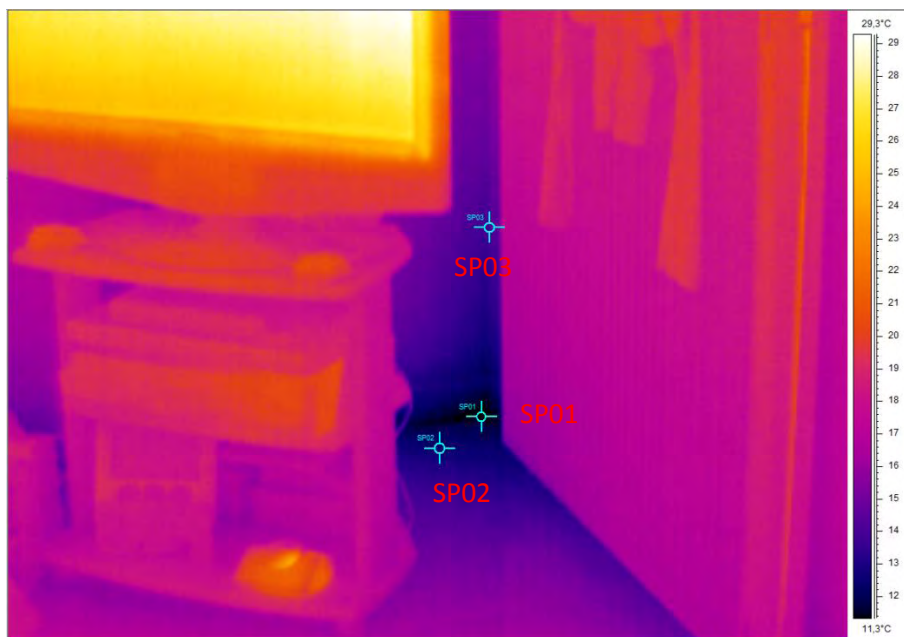
Πίνακας 26: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.



Διάγραμμα 13: Τα θερμοκρασιακά προφίλ κατά μήκος των γραμμών που έχουν επισημανθεί στην εικόνα 104 και η μεταβολή της θερμοκρασιακής διαφοράς των LI02-LI01.

Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις LI01-LI02 είναι κατά μέσο όρο 0,7°C.

Στο καθιστικό της οικίας εντοπίστηκε στην νοτιοανατολική πλευρά ένα ιδιαίτερα ψυχρό σημείο το οποίο μπορεί να οφείλεται σε προβληματική μόνωση της περιοχής.

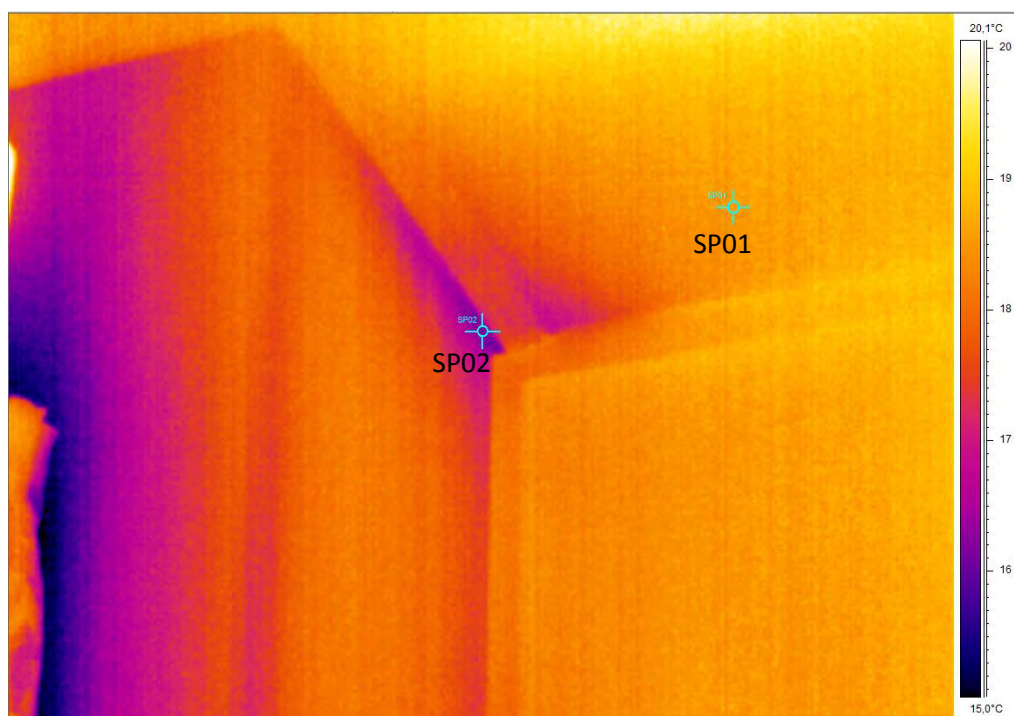


Εικόνα 105: Υπέρυθρη φωτογραφία της νοτιοανατολικής γωνίας στο καθιστικό της οικίας όπου είναι εμφανής μια έντονη θερμοκρασιακή διαφορά στην περιοχή πιθανώς λόγω ελλιπής μόνωσης.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	11,3
SP02	12,6
SP03	14,1

Πίνακας 27: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

Ο τελευταίος χώρος που εξετάστηκε ήταν το δωμάτιο του Η/Υ όπου εντοπίστηκε ένα προβληματικό σημείο το οποίο μπορεί να οφείλεται σε ελλιπή μόνωση της περιοχής.



Εικόνα 106: Υπέρυθρη φωτογραφία του νότιου τοίχου στο δωμάτιο του Η/Υ όπου φαίνεται ένα πιθανό σημείο ελλιπούς μόνωσης.

Επιλεγμένα σημεία	Τιμές Θερμοκρασίας (°C)
SP01	18,5
SP02	16,1

Πίνακας 28: Πίνακας των τιμών θερμοκρασίας των σημείων που έχουν επισημανθεί στην παραπάνω φωτογραφία.

5.3) ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων υγρασίας τα οποία έγιναν στα σημεία τα οποία παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως πως στο σύνολο των μετρήσεων ποτέ δεν εντοπίστηκαν τιμές οι οποίες ξεπερνούσαν τα όρια του αισθητήρα ώστε να υπάρξει ένδειξη ύπαρξης περιοχής με αυξημένη υγρασία.

Περιοχή μέτρησης	Τιμές υγρασίας (%)
Καθιστικό (βόρεια πλευρά)	9,5
Καθιστικό (ανατολική πλευρά)	6,2
Καθιστικό (νότια πλευρά)	9,1
Κλιμακοστάσιο (δυτική πλευρά)	9
WC (δυτική πλευρά)	8,8

Πίνακας 29: Πίνακας τιμών υγρασίας σε διάφορα σημεία της τοιχοποιίας της οικίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σαν επόμενο βήμα κρίθηκε σκόπιμο να εκδοθεί το ενεργειακό πιστοποιητικό της οικίας με τη χρήση του εγκεκριμένου λογισμικού του Τ.Ε.Ε. ώστε να καθοριστεί η ενεργειακή κλάση του κτιρίου και με βάση αυτό να προταθούν συγκεκριμένες δράσεις βελτίωσης της κατάστασης. Για την έκδοση του ενεργειακού πιστοποιητικού ακολουθήθηκαν οι οδηγίες του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ) όπως αυτές αποτυπώνονται στις τεχνικές οδηγίες (ΤΟ.ΤΕΕ).

Ο Κ.Εν.Α.Κ εκδόθηκε για πρώτη φορά το 2010 (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010) και αποτελεί την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας απέναντι στην κοινοτική οδηγία 2002/91/ΕΚ περί ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Οι παράμετροι που ορίζονται μέσα στον κανονισμό χρησιμοποιούνται τόσο στην μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, όσο και στην ενεργειακή επιθεώρησή του. Στο πλαίσιο της ενεργειακής μελέτης αξιολογείται η εφαρμογή εναλλακτικών τεχνολογιών υψηλής απόδοσης στο υπό μελέτη κτήριο, προκειμένου να καθοριστεί κατά περίπτωση η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και να μπορέσει να βελτιωθεί. Οι προδιαγραφές για τις παραμέτρους της μεθοδολογίας ορίζονται σε εθνικό επίπεδο και διαμορφώνονται ανάλογα με τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην κατασκευή κτηρίων (δομικά υλικά και ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα), το προφίλ λειτουργίας των κτηρίων, τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας και τις ειδικές κλιματικές συνθήκες για κάθε περιοχή. Οι παράμετροι υποστηρίζουν την μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνουν αλλά και καθορίζουν το πλαίσιο της διαδικασίας επιθεώρησης κτηρίων και συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού. Οι κατηγορίες προδιαγραφών είναι οι εξής[30]:

- Προδιαγραφές για τις συνθήκες λειτουργίας ανά τελική χρήση κτηρίου ή τμήματος κτηρίου όπως ωράριο λειτουργίας, επιθυμητές θερμοκρασίες χώρων, επιθυμητή σχετική υγρασία, απαιτήσεις νωπού αέρα ανά χρήση κτηρίου, κατανάλωση νερού χρήσης, θερμοκρασία νερού δικτύου, εσωτερικά κέρδη από χρήστες και συσκευές.
- Προδιαγραφές παραμέτρων για τα στοιχεία κτηριακού κελύφους όπως τεχνικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών, τυπολογίες τοιχοποιίας, τυπολογίες ανοιγμάτων, θερμογέφυρες, σκίαση, παθητικά συστήματα κ.ά.
- Προδιαγραφές παραμέτρων για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού (Θ.Ψ.Κ.) και ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) όπως τυπικές αποδόσεις συστημάτων παραγωγής θέρμανσης, ψύξης και Ζ.Ν.Χ., απώλειες δικτύων διανομής και εκπομπής, απόδοση βοηθητικών συστημάτων Θ.Ψ.Κ. (κυκλοφορητές, αντλίες, θερμοστάτες χώρων, αντιστάθμισης κ.ά.), αποδόσεις συστημάτων ανάκτησης θερμότητας, αποδόσεις τερματικών μονάδων Θ.Ψ.Κ. κ.ά.

- Προδιαγραφές παραμέτρων για ηλεκτρολογικά & ηλεκτρονικά συστήματα και εγκαταστάσεις όπως φωτιστικές αποδόσεις συστημάτων φωτισμού, επιθυμητά επίπεδα φωτισμού ανά χρήση χώρων, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, απόδοση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού & θερμότητας (Σ.Η.Θ.), αποδόσεις συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) για κτήρια (ηλιακών συλλεκτών, γεωθερμίας, ηλιακού κλιματισμού, φωτοβολταϊκών Φ/Β, κ.ά.), κατανάλωση ενέργειας από κινητήρες, αντλίες, κυκλοφορητές κ.ά., αποδόσεις κεντρικών και τοπικών διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας στα κτήρια – BEMS (θερμοστάτες, ρυθμιστές στροφών (inverter), μετρητές κ.ά.).

Η εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, βασίζεται σε θεωρητικές σχέσεις κάτω από συγκεκριμένες παραδοχές και εκτιμήσεις, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο ανθρώπινος παράγοντας στην πραγματική του διάσταση, ο οποίος στην πράξη διαφοροποιεί την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου ανάλογα με τις δραστηριότητές του. Για κάθε κτήριο ανάλογα με την τελική του χρήση, λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένες παράμετροι που έχουν να κάνουν με τον ανθρώπινο παράγοντα και κυρίως με τα εσωτερικά κέρδη στα οποία συμμετέχει, καθώς επίσης και με τη σωστή χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτηρίου, όταν η λειτουργία τους δεν είναι αυτοματοποιημένη.

Τέλος, όσον αφορά τη συγκεκριμένη κατοικία θεωρήθηκε σκόπιμο να δημιουργηθούν δυο βασικά σενάρια όπου στο πρώτο οι υπολογιζόμενες μεταβλητές ανταποκρίνονται σε μια πιο ιδανική κατάσταση ενώ στο δεύτερο προσεγγίζει πιο πολύ την πραγματικότητα, προκειμένου να γίνει και μια σύγκριση των ενεργειακών πιστοποιητικών που παράγει το πρόγραμμα. Με βάση αυτά τα σενάρια προτείνονται στο τέλος του κεφαλαίου και συγκεκριμένες δράσεις βελτίωσης σε διάφορες παραλλαγές.

6.1) ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Προκειμένου το πρόγραμμα του T.E.E.[31] να παρουσιάσει το ενεργειακό πιστοποιητικό της οικίας απαιτεί την εισαγωγή ορισμένων βασικών παραμέτρων. Σε αυτές εντάσσονται πέρα από τις διαστάσεις των διάφορων δομικών στοιχείων:

- ο αριθμός των ζωνών στις οποίες χωρίζεται η οικία
- η επιφάνεια της κάθε ζώνης
- ο συντελεστής θερμοπερατότητας U των διάφορων δομικών στοιχείων της κατασκευής
- η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα της κάθε ζώνης C_m
- η ετήσια μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ZNX) ανά ζώνη
- η διείσδυση του αέρα ανά ζώνη

Από αυτές ο αριθμός των ζωνών ορίζεται από τον μελετητή με βάση τις οδηγίες του Κ.Εν.Α.Κ ενώ η επιφάνεια της κάθε ζώνης φαίνεται στο αρχιτεκτονικό σχέδιο της οικίας. Στη

συγκεκριμένη περίπτωση η οικία έχει χωριστεί σε 2 ζώνες μία για τον κάθε όροφο. Όσον αφορά τις υπόλοιπες τέσσερις παραμέτρους αυτές υπολογίζονται βάσει κάποιων μαθηματικών σχέσεων οι οποίες ορίζονται ρητά στον Κ.Εν.Α.Κ. Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών παρουσιάζονται λεπτομερώς παρακάτω.

1. Συντελεστής θερμοπερατότητας U

Ορίζεται σαν η ποσότητα της θερμότητας που περνά μέσα από 1m^2 στοιχείου κατασκευής με πάχος $d(\text{m})$ στη μονάδα του χρόνου όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις όψεις του δομικού στοιχείου διατηρείται σταθερή στον 1°C . Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{k_j} + R_a} \quad (1), \text{ όπου } \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{k_j} = \frac{d_1}{k_1} + \dots + \frac{d_n}{k_n}$$

ενώ R_i και R_a είναι οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης των επιφανειακών στρωμάτων του αέρα στο εσωτερικό και εξωτερικό του δομικού στοιχείου αντίστοιχα. Οι τιμές των R_i και R_a προκύπτουν από έτοιμους πίνακες που υπάρχουν στις τεχνικές οδηγίες και καλύπτουν συγκεκριμένες περιπτώσεις[18].

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/Ri	1/Ra	Ri	Ra
		W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	(m ² ·K)/W	(m ² ·K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	-	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	-	0,17	0,00

Πίνακας 30: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο.

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της ενεργειακής επιθεώρησης καθώς η τιμή του καθορίζει την θερμομονωτική επάρκεια του δομικού στοιχείου. Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ για κάθε μία από τις

τέσσερις κλιματικές ζώνες στις οποίες είναι χωρισμένη η Ελλάδα. Ο Βόλος και η ευρύτερη περιοχή όπου βρίσκεται χτισμένη η συγκεκριμένη οικία ανήκουν στη Β' κλιματική ζώνη[32]. Τα όρια που έχουν οριστεί για αυτή φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ($W/m^2 \cdot K$) στη ζώνη Β
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_R	0,45
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_T	0,50
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλόνες)	U_{FA}	0,45
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U_{TU}	1,00
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U_{TB}	1,00
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_{FU}	0,90
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U_{FB}	0,90
Κουφώματα ανοιγμάτων	U_W	3,00
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,00

Πίνακας 31: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

Λόγω της σημασίας της συγκεκριμένης παραμέτρου επιλέχθηκαν δυο εκδοχές:

- Στην πρώτη έχει γίνει η παραδοχή ότι όλα τα στοιχεία της τοιχοποιίας του ισογείου και του πρώτου ορόφου αποτελούνται από διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 10cm στο μέσο τους και από τις δυο στρώσεις επιχρισμάτων εκατέρωθεν χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο μεταλλικός σκελετός της κατασκευής. Η εκδοχή αυτή είναι ιδανική και υπολογίζεται μέσω της σχέσης (1) και τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

A/A	Στρώσεις δομικού υλικού (κάθετη τοιχοποιία- ομοιογενής σύνθετη αντίσταση)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,1	0,035
4	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87
5	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4
	Συνολικό πάχος	0,16	
Συντελεστής θερμοχωρητικότητας (κάθετη τοιχοποιία)		0,32 W/(m2·K)	

Πίνακας 32: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας της κάθετης τοιχοποιίας για την πρώτη εκδοχή.

- Στη δεύτερη εκδοχή λαμβάνεται υπόψη ο μεταλλικός σκελετός της κατασκευής, όσον αφορά την κάθετη τοιχοποιία του ισογείου και του πρώτου ορόφου, ενώ τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία (οροφές) θεωρείται ότι αποτελούνται εξ ολοκλήρου από διογκωμένη πολυστερίνη. Η εκδοχή αυτή προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την πραγματική κατάσταση καθώς η θερμική αντίσταση της τοιχοποιίας είναι μη ομοιογενής και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση[33]:

$$U_{AB} = \left(\frac{A_A}{R_A} + \frac{A_B}{R_B} \right) \times \frac{1}{A_{AB}} \quad (2) \text{ όπου } A_A, A_B \text{ τα εμβαδά των περιοχών A και B} \\ \text{ενώ } R_A \text{ και } R_B \text{ οι θερμικές αντιστάσεις των ίδιων περιοχών αντίστοιχα.}$$

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.1 οι μεταλλικές δοκοί τοποθετούνται ανά 5,35m. Ενδιάμεσα προστίθενται επιπλέον δοκοί διαιρώντας έτσι την αρχική περιοχή σε 5 επιμέρους τμήματα μήκους 1,07m το καθένα. Η περιοχή A αντιπροσωπεύει την περιοχή με το θερμομονωτικό υλικό ενώ η περιοχή B τον μεταλλικό σκελετό σε καθεμία από αυτές τις επιμέρους περιοχές. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Εικόνα 107: Φωτογραφία της τοιχοποιίας της οικίας όπου διακρίνεται ο διαχωρισμός των τμημάτων με μήκος 5,35m σε μικρότερα επιμέρους τμήματα ενώ έχουν επισημανθεί και οι περιοχές Α και Β για τον υπολογισμό του σύνθετου συντελεστή θερμοπερατότητας.

A/A	Στρώσεις δομικού υλικού (κάθετη τοιχοποιία-μη ομοιογενής σύνθετη αντίσταση)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)	Επιφάνεια Α (m ²)	Επιφάνεια Β (m ²)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4	2,97	0,24
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87		
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,1	0,035		
4	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87		
5	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4		
Θερμική αντίσταση R _A		3,08			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U _A		0,32			
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4		
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87		
3	Σίδηρος	0,003	50		
4	Διάκενο	0,094	0,16		
5	Σίδηρος	0,003	50		
6	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87		
7	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4		
Θερμική αντίσταση R _B		0,39			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U _B		2,6			
Συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης αντίστασης U _{AB}		0,49			
			W/(m ² ·K)		

Πίνακας 33: : Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας της κάθετης τοιχοποιίας για τη δεύτερη εκδοχή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στον παραπάνω υπολογισμό δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι σιδηροδοκοί που τοποθετούνται χιαστί και το μεταλλικό δομικό πλέγμα, όπως φαίνονται στην εικόνα 107 για διευκόλυνση του υπολογισμού.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας για τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία της οικίας τα οποία είναι κοινά και για τις δυο εκδοχές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

A/A	Οροφή ισογείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k W/K*m
1	Πλακάκι	0,005	1,84
2	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87
4	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,03	0,035
5	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87
6	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4
Σύνολο		0,075	
Συντελεστής θερμοχωρητικότητας		0,96 W/(m²·K)	

Πίνακας 34: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας των οριζόντιων δομικών στοιχείων του ισογείου.

A/A	Οροφή 1ου ορόφου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,03	0,035
4	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87
5	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4
6	Πετροβάμβακας	0,04	
Σύνολο		0,11	
Συντελεστής θερμοχωρητικότητας		0,46 W/(m²·K)	

Πίνακας 35: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας των οριζόντιων δομικών στοιχείων του 1^{ου} ορόφου.

A/A	Οροφή υπογείου	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)
1	Πλακάκι	0,005	1,84
2	Τσιμέντο	0,2	1,35
Σύνολο		0,205	
Συντελεστής θερμοχωρητικότητας		3,44 W/(m²·K)	

Πίνακας 36: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας των οριζόντιων δομικών στοιχείων του υπογείου.

A/A	Είδος κουφωμάτων	Μήκος πλασιού (m)	U _f	U _g	Ψ _g	A _f (m ²)	A _g (m ²)	I _g (m)	A _w (m ²)	U _w (W/m ² *K)
1	Μπαλκονόπορτα (3x2,2)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,69	2,61	6,8	3,3	3,51
2	Μπαλκονόπορτα (1,5x2,2)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,58	1,06	5,3	1,65	3,63
3	Παράθυρο (1,6x1,4)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,67	1,57	5,4	2,24	3,55
4	Παράθυρο (1,4x1)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,34	1,06	4,2	1,4	3,59
5	Παράθυρο (1x1,2)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,46	0,74	3,8	1,2	3,63
6	Παράθυρο (1,2x0,9)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,29	0,79	3,6	1,08	3,62
7	Παράθυρο (1x1)	0,075	3,5	3,3	0,08	0,43	0,57	3,4	1	3,66
8	Πόρτα (1x2,2)									6
9	Πόρτα (0,9x2,2)									6

Πίνακας 37: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων της οικίας.

2. Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα C_m

Ως θερμοχωρητικότητα ενός σώματος ή ενός δομικού στοιχείου χαρακτηρίζεται η ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά την θέρμανση του. Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης C_m (kJ/K) υπολογίζεται με βάση τη θερμοχωρητικότητα και την επιφάνεια των δομικών στοιχείων που περικλείουν τη θερμική ζώνη και βρίσκονται σε άμεση επαφή με τον εσωτερικό αέρα της ζώνης. Συγκεκριμένα, η εσωτερική θερμοχωρητικότητα θερμικής ζώνης προκύπτει από την εφαρμογή της σχέσης[34]:

$$C_m = \sum_{j=1}^n (k_j * A_j) \quad (3)$$

όπου: C_m (kJ/K) η εσωτερική θερμοχωρητικότητα της θερμικής ζώνης,

A_j (m²) η εσωτερική επιφάνεια του δομικού στοιχείου,

k_j (kJ/(m²*K)) η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας του δομικού στοιχείου j.

Η ποσότητα k_j υπολογίζεται μέσω του τύπου:

$$k_j = \rho_j \times C p_j \times d_j \quad (4)$$

όπου: ρ_j (kg/m³) η πυκνότητα του υλικού j

d_j (m) το πάχος του υλικού j

C_p (kJ/kg*K) η ειδική θερμότητα του υλικού

Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m²*K) θερμικής ζώνης ισούται με το λόγο της εσωτερικής θερμοχωρητικότητας της ζώνης προς τη μεικτή επιφάνεια της ζώνης A σε m², σύμφωνα με τη σχέση[30]:

$$C_m = \frac{C_p}{A} \quad (5)$$

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα προσδιορίζεται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών του δομικού στοιχείου που βρίσκονται μέχρι το «μέγιστο» ενεργό βάθος του δομικού στοιχείου. Το ενεργό βάθος ορίζεται ως η μικρότερη τιμή που αντιστοιχεί στην απόσταση από την επιφάνεια του δομικού στοιχείου προς τον εσωτερικό χώρο μέχρι τη θέση της θερμομονωτικής στρώσης, το ήμισυ του πάχους του δομικού στοιχείου ή τα 10 cm.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την ανηγμένη θερμοχωρητικότητα της κάθε ζώνης φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος d(m)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμοχωρητικότητα C _p (kJ/kg*K)	Εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφανείας kJ (kJ/(m ² *K))
Τσιμεντοκονίαμα	0,01	2000	1	20
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	1800	1,1	19,8
Διογκωμένη πολυστερίνη	0,1	17,5	1,45	1,5225
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	1800	1,1	
Τσιμεντοκονίαμα	0,02	2000	1	
Σύνολο	0,16			41,3225
d/2	0,08			
Πλακάκι	0,005	2000	0,84	1,84
Τσιμέντο	0,2	2000	1	1,35
Σύνολο	0,205			50,46
d/2	0,1025			
Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα ζώνης (kJ/m²*K)	110,3			

Πίνακας 38: Αποτελέσματα υπολογισμού ανηγμένης θερμοχωρητικότητας για την πρώτη ζώνη του κτιρίου (ισόγειο).

Στρώσεις δομικού υλικού	Πάχος d(m)	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμοχωρητικότητα Cp (kJ/kg*K)	Εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφανείας kj (kJ/(m ² *K))
Τσιμεντοκονίαμα	0,01	2000	1	20
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	1800	1,1	19,8
Διογκωμένη πολυστερίνη	0,1	17,5	1,45	1,5225
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	1800	1,1	
Τσιμεντοκονίαμα	0,02	2000	1	
Σύνολο	0,16			41,3225
d/2	0,08			
Τσιμεντοκονίαμα	0,01	2000	1	20
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	1800	1,1	19,8
Διογκωμένη πολυστερίνη	0,03	17,5	1,45	0,76125
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	1800	1,1	9,9
Τσιμεντοκονίαμα	0,01	2000	1	
Πετροβάμβακας	0,04	70	0,84	
Σύνολο	0,11			50,46
d/2	0,055			
Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα ζώνης (kJ/m²*K)	44,55			

Πίνακας 39: Αποτελέσματα υπολογισμού ανηγμένης θερμοχωρητικότητας για τη δεύτερη ζώνη του κτιρίου (1^{ος} όροφος).

3. Ετήσια μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ZNΧ) ανά ζώνη

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) σε ένα κτήριο ή σε ένα ανεξάρτητο (λειτουργικά) τμήμα του εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου (ή του τμήματος) αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι, κάθε κτήριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνήθειες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το κτίριο ανήκει στην κατηγορία των μονοκατοικιών, κατοικείται από τριμελή οικογένεια και με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ η ημερήσια κατανάλωση Ζ.Ν.Χ. ανά άτομο καθορίζεται στα 50l/άτομο/ημέρα[30]. Οπότε προκύπτει ότι η ετήσια κατανάλωση ανά ζώνη είναι:

$$\text{Μέση ετήσια κατανάλωση Ζ.Ν.Χ.} = 50 \times 3 \times 365 = 54,75\text{m}^3/\text{έτος}$$

4. Διείσδυση του αέρα ανά ζώνη

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου ή θερμικής ζώνης (διείσδυσης του αέρα), πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων του κελύφους (συναρμογές κουφωμάτων με περιμετρικά δομικά στοιχεία, συναρμογή κινητών φύλλων κουφωμάτων) ή των θυρίδων αερισμού (για συσκευές φυσικού αερίου) ή των

καμινάδων εστιών καύσης (τζάκι, θερμάστρα πετρελαίου ή ξύλων κ.ά.), καθώς επίσης και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών του κτηρίου. Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν. Ο Κ.Εν.Α.Κ παρέχει πίνακες με τυπικές τιμές ανά τύπο κουφώματος και αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς[30].

Είδος θυρίδας	Είδος θυρίδας (m ³ /h)
Καμινάδα τζακιού, καπνοδόχος θερμάστρας ξύλου ή πετρελαίου ή άλλης εστίας καύσης	20
Θυρίδες αερισμού, π.χ. για χρήση συσκευών φυσικού αερίου	10

Πίνακας 40: Τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα από θυρίδα αερισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα (m ³ /h/m ²)	Παράθυρο (m ³ /h/m ²)
Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο.	11,8	15,1
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.		
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση.	9,8	12,5
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.		
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	7,9	10
Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση		
Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο.	7,4	8,7
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.		
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση.	5,3	6,8
Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.		
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	4,8	6,2
Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση		

Πίνακας 41: Τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμίδων ανά μονάδα επιφανείας κουφώματος.

Τα κουφώματα της οικίας όπως έχει αναφερθεί και στο τρίτο κεφάλαιο είναι ενεργειακά με θερμοδιακοπή και με μεταλλικό (αλουμίνιο) πλαίσιο. Επίσης στην πρώτη ζώνη υπάρχει τζάκι του οποίου η καμινάδα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν

από τους πίνακες έχουν επισημανθεί και τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Είδος κουφωμάτων	Διείσδυση αέρα ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$)	A_w (m^2)	Σύνολο (m^3/h)
Μπαλκονόπορτα (3x2,2)	5,3	3,3	17,49
Μπαλκονόπορτα (1,5x2,2)	5,3	1,65	8,745
Παράθυρο (1,6x1,4)	6,2	2,24	13,888
Παράθυρο (1,4x1)	6,2	1,4	8,68
Παράθυρο (1x1,2)	6,2	1,2	7,44
Παράθυρο (1,2x0,9)	6,2	1,08	6,696
Παράθυρο (1x1)	6,2	1	6,2
Πόρτα (1x2,2)	4,8	2,2	10,56
Πόρτα (0,9x2,2)	4,8	1,98	9,504
Πόρτα (0,9x2,2)	7,4	1,98	14,652
Σύνολο διείσδυσης αέρα ανά ζώνη (m^3/h)			
Ισόγειο	98,47		
1ος όροφος	63,68		

Πίνακας 42: Αποτελέσματα υπολογισμού διείσδυσης αέρα σε κάθε ζώνη της οικίας.

6.2) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ

Λόγω του τρόπου κατασκευής της οικίας (προκατασκευασμένη με μεταλλικό σκελετό) αλλά και της ανομοιογένειας που παρουσιάζουν τα δομικά υλικά κρίθηκε απαραίτητο να γίνει ο υπολογισμός των θερμογεφυρών που εμφανίζονται στην κατασκευή, κάτι που το απαιτεί εξάλλου και το πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ. ,προκειμένου να εμφανίσει το ενεργειακό πιστοποιητικό. Με τον όρο θερμογέφυρες ορίζονται τα σημεία ή οι επιφάνειες του κελύφους με σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων σε σχέση με τις λοιπές επιφάνειες, που αποτελούν σημαντική πηγή θερμικών απωλειών[35]. Οι θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται από την πολυδιάστατη μεταφορά θερμότητας και για το λόγο αυτό δεν μπορούν να προσδιοριστούν από μονοδιάστατα μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή προσομοίωση κτιρίων (συντελεστής θερμοπερατότητας U). Εμφανίζονται δε κατεχοχήν στην διεπιφάνεια δύο διαφορετικών δομικών στοιχείων ή δύο ίδιων δομικών στοιχείων διαφορετικού πάχους, σε συνδέσεις εξωτερικών δομικών στοιχείων και πλευρικά γύρω από ανοίγματα, δηλαδή σε σημεία ένωσης παραθύρων, σε σημεία συμβολής δοκών και υποστυλωμάτων χωρίς ή με ανεπαρκή θερμομόνωση, με θερμομονωμένα τοιχία του κτιρίου. Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους του κτηρίου συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, θεωρούμενης της θερμικής ροής στον υπολογισμό κατά παραδοχή ως μονοδιάστατο μέγεθος και κάθετο στην επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου, σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30%. Αυτό το ποσοστιαίο εύρος έχει να κάνει με το μέγεθος του

κτηρίου, τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, τα αρχιτεκτονικά του στοιχεία και κατ' επέκταση με το πλήθος των εμφανιζόμενων θερμογεφυρών[30].

Οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

- **Σημειακές θερμογέφυρες**

Οι σημειακές θερμογέφυρες δεν έχουν καμία διάσταση, ενώ η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές θεωρείται πρακτικά αμελητέα, γι' αυτό και δε λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς.

- **Γραμμικές θερμογέφυρες**

Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση και οφείλονται στη δημιουργία θέσεων στις οποίες η ροή θερμότητας παρουσιάζει έντονα δισδιάστατη φύση και η παραδοχή της μονοδιάστατης ροής θερμότητας παύει να ισχύει. Ως προς τις αιτίες δημιουργίας τους οι γραμμικές θερμογέφυρες διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- Γεωμετρικές
- Κατασκευαστικές
- Συνδυασμός των παραπάνω

Οι γεωμετρικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις, στις οποίες η βασική γεωμετρία του δομικού στοιχείου παύει να είναι γραμμική, π.χ. στη θέση κάθετης τομής δύο εξωτερικών δομικών στοιχείων με τη συνέχεια της θερμομόνωσης να μην διακόπτεται (γωνία). Σ' αυτήν την περίπτωση επειδή η συνολική εξωτερική επιφάνεια των δομικών στοιχείων διαφέρει από την εσωτερική, αναπτύσσονται έντονα φαινόμενα δισδιάστατης ροής θερμότητας. Ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται εσωτερικές ή εξωτερικές διαστάσεις για τους υπολογισμούς των θερμικών ροών, η τιμή του γραμμικού συντελεστή της συγκεκριμένης θερμογέφυρας διαφοροποιείται. Στην περίπτωση χρήσης εσωτερικών διαστάσεων παίρνει θετικές τιμές, ενώ στην περίπτωση χρήσης εξωτερικών διαστάσεων παίρνει αρνητικές, λειτουργώντας στην ουσία ως διόρθωση στους υπολογισμούς των ροών θερμότητας με παραδοχή μονοδιάστατης ροής. Για τις ανάγκες των υπολογισμών με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. γίνεται παντού χρήση εξωτερικών διαστάσεων.

Οι κατασκευαστικές θερμογέφυρες δημιουργούνται σε θέσεις στις οποίες υπάρχει ασυνέχεια του θερμομονωτικού υλικού, π.χ. στις θέσεις ένωσης δοκού με εξωτερική θερμομόνωση και τοιχοποιίας με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σε αυτήν την περίπτωση αναπτύσσεται έντονη δισδιάστατη ροή θερμότητας στην περιοχή της ασυνέχειας η οποία οδηγεί σε αυξημένες θερμικές απώλειες και μείωση της εσωτερικής

επιφανειακής θερμοκρασίας. Σε αυτές τις θερμογέφυρες η τιμή του γραμμικού συντελεστή θερμοπερατότητας είναι πάντα θετική.

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει συνδυασμός γεωμετρικής και κατασκευαστικής θερμογέφυρας, π.χ. σε ένα γωνιακό υποστύλωμα θερμομονωμένο εξωτερικά, στο οποίο εφάπτονται δύο κάθετες μεταξύ τους τοιχοποιίες με θερμομόνωση στον πυρήνα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις εμφανίζονται αυξημένες ροές θερμότητας και μειωμένη εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, ενώ ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας μπορεί να λάβει, ακόμη και με χρήση εξωτερικών διαστάσεων για τους υπολογισμούς των ροών θερμότητας, τιμή αρνητική, θετική ή μηδενική ανάλογα με την περίπτωση.

Στόχος είναι να υπολογισθούν οι θερμικές απώλειες κατά μήκος της κάθε θερμογέφυρας. Για τον υπολογισμό τους απαιτούνται:

- ο κάθε τύπος θερμογέφυρας, που εκφράζεται με ένα συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας Ψ , μετρούμενο σε $W/(m \cdot K)$.
- το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας l , που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, μετρούμενο σε m .

Οι θερμικές απώλειες κατά μήκος μιας θερμογέφυρας ορίζονται από το γινόμενο:

$\Psi \times l$ (6) με μονάδα μέτρησης το (W/K)

Ανάλογα με τη θέση εμφάνισής τους στο κτήριο, οι θερμογέφυρες απαντώνται:

- στη συναρμογή των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (κατακόρυφες θερμογέφυρες)
- στη συναρμογή των οριζόντιων δομικών στοιχείων με τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (οριζόντιες θερμογέφυρες)
- στη συναρμογή των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία (θερμογέφυρες κουφωμάτων)

Οι κατακόρυφες θερμογέφυρες εντοπίζονται στις κατόψεις του κτηρίου. Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται καθ' ύψος, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των τομών. Διακρίνονται τρεις υποκατηγορίες:

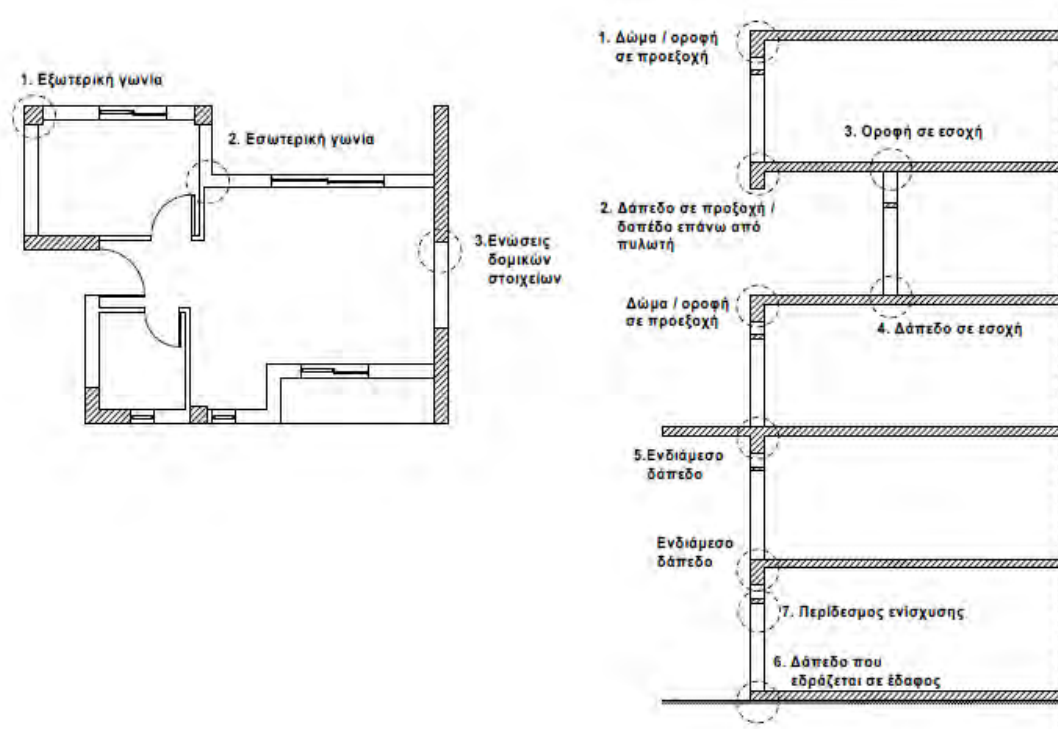
- θερμογέφυρες εξωτερικών γωνιών (ΕΞΓ)
- θερμογέφυρες εσωτερικών γωνιών (ΕΣΓ)
- θερμογέφυρες ένωσης δομικών στοιχείων (ΕΔΣ)

Οι οριζόντιες θερμογέφυρες εντοπίζονται στις τομές του κτηρίου. Δεδομένου ότι η κύρια διάστασή τους αναπτύσσεται κατά μήκος των δομικών στοιχείων, το μήκος τους μετράται με βάση τα σχέδια των κατόψεων. Διακρίνονται επτά υποκατηγορίες:

- θερμογέφυρες δώματος ή οροφής σε προεξοχή (Δ)
- θερμογέφυρες δαπέδου σε προεξοχή ή δαπέδου επάνω από πυλωτή (ΔΠ)
- θερμογέφυρες οροφής σε εσοχή (ΟΕ)
- θερμογέφυρες δαπέδου σε εσοχή (ΔΕ)
- θερμογέφυρες ενδιάμεσου δαπέδου (ΕΔΠ)
- θερμογέφυρες περίδεσμου ενίσχυσης (ΠΡ)
- θερμογέφυρες δαπέδου που εδράζεται σε έδαφος (ΕΔ)

Οι θερμογέφυρες κουφωμάτων εντοπίζονται στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τα συμπαγή δομικά στοιχεία. Το μήκος τους μετράται με βάση τις διαστάσεις των ανοιγμάτων. Διακρίνονται δύο υποκατηγορίες:

- θερμογέφυρες στο λαμπά του κουφώματος (Λ)
- θερμογέφυρες στο ανωκάσι / κατωκάσι του κουφώματος (ΑΚ)



Εικόνα 108: Ενδεικτικά σημεία εμφάνισης θερμογεφυρών.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα υπολογισμού των θερμογεφυρών για καθεμιά από τις δυο ζώνες της οικίας. Πρέπει να σημειωθεί πως οι θερμογέφυρες που υπολογίζονται αποτελούν ένα μέρος των θερμογεφυρών που παρατηρήθηκαν κατά την επιθεώρηση καθώς αυτές που παρουσιάζονται στον μεταλλικό σκελετό της οικίας είναι δύσκολο να υπολογιστούν γιατί δεν υπάρχουν υπολογισμένες τυπικές τιμές. Επίσης οι τυπικές τιμές Ψ των θερμογεφυρών λήφθηκαν από το βρετανικό πρότυπο BS EN ISO 14683-2007[36] καθώς οι τεχνικές οδηγίες του

Κ.Εν.Α.Κ δεν περιλαμβάνουν υπολογισμένες τιμές για προκατασκευασμένες κατασκευές. Βέβαια και οι τιμές του βρετανικού προτύπου αναφέρονται σε προκατασκευασμένη κατασκευή η οποία έχει ορισμένες διαφορές με την εξεταζόμενη οικία. Αυτές είναι:

- οριζόντια τοιχοποιία πάχους 20cm αντί 8cm με συντελεστή θερμοπερατότητας $U=0,4W/m^2 \cdot K$ αντί $U=0,96W/m^2 \cdot K$
- κάθετη τοιχοποιία πάχους 30cm αντί 16cm με συντελεστή θερμοπερατότητας $U=0,375W/m^2 \cdot K$ αντί $U=0,32W/m^2 \cdot K$ και $U=0,49 W/m^2 \cdot K$

Αποτέλεσμα αυτών όπως γίνεται κατανοητό είναι ότι οι υπολογιζόμενες τιμές προσεγγίζουν ως ένα βαθμό τις πραγματικές.

Ισόγειο					
A/A	Δομικά στοιχεία	Μήκος (m)		Τυπική τιμή Ψ(W/K*m)	
1	Γωνίες (x6)	6	12	0,1	-0,15
2	Εσωτερικοί τοίχοι (x4)	12	—	0,103	—
3	Περίμετρος πατώματος	36,47	—	0,5	—
4	Περίμετρος οροφής	17,7	—	0,4	—
5	Κουφώματα (x6)	35,2	—	0,15	—
Τιμές Ψ (W/K)		30,631			
1ος όροφος					
A/A	Δομικά στοιχεία	Μήκος (m)		Τυπική τιμή Ψ(W/K*m)	
1	Γωνίες (x6)	9	9	0,1	-0,15
2	Εσωτερικοί τοίχοι (x5)	15	—	0,103	—
3	Περίμετρος πατώματος	26,59	—	0,7	—
4	Περίμετρος οροφής	26,59	—	0,4	—
5	Κουφώματα (x7)	41,8	—	0,15	—
Τιμές Ψ (W/K)		36,614			

Πίνακας 43: Αποτελέσματα υπολογισμού θερμογεφυρών στις δυο ζώνες της οικίας.

6.3) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΟΙΚΙΑΣ

Για την έκδοση του ενεργειακού πιστοποιητικού της οικίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα του Τ.Ε.Ε. για την ενεργειακή μελέτη των κτιρίων (έκδοση 1.29.1.19)[31]. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα βασίζεται στον Κ.Εν.Α.Κ. προκειμένου να κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς ενώ απαιτεί από τον χρήστη την συμπλήρωση δεδομένων σχετικά με τη χρήση του κτιρίου υπό εξέταση, τη γεωμετρία του, τον αριθμό των θερμικών ζωνών στο οποίο χωρίζεται, στοιχεία για το κέλυφος του (προσανατολισμός, συντελεστής θερμοπερατότητας, σκιάσεις, θερμογέφυρες κ.α.) όπως επίσης και στοιχεία για τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και των βοηθητικών συστημάτων τους (είδος, πηγή ενέργειας, συντελεστής απόδοσης, μήνες λειτουργίας κ.α.)[37].

Η ενεργειακή βαθμίδα στην οποία κατατάσσεται τελικά το κτίριο βασίζεται στη σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης του με την αντίστοιχη κατανάλωση ενός κτιρίου αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς διαθέτει την ίδια γεωμετρία και αριθμό ζωνών με το εξεταζόμενο ενώ τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και Ζ.Ν.Χ. είναι τα ίδια και στα δυο. Το κτίριο αναφοράς τοποθετείται πάντα στην ενεργειακή βαθμίδα Γ. Η κατάταξη είναι η εξής:

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	
A+	E.A. < 0,33 K.A.
A	0,33 K.A. < E.A. < 0,50 K.A.
B+	0,50 K.A. < E.A. < 0,75 K.A.
B	0,75 K.A. < E.A. < 1,00 K.A.
Γ	1,00 K.A. < E.A. < 1,41 K.A.
Δ	1,41 K.A. < E.A. < 1,82 K.A.
Ε	1,82 K.A. < E.A. < 2,27 K.A.
Ζ	2,27 K.A. < E.A. < 2,73 K.A.
Η	2,73 K.A. < E.A.

Πίνακας 44: Ενεργειακές βαθμίδες κατάταξης κτιρίων.

Οι βαθμίδες από το A+ έως και το B χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά αποδοτικές ενώ οι υπόλοιπες ως ενεργειακά μη αποδοτικές.

Για το υπό εξέταση κτίριο εκδόθηκαν δυο ενεργειακά πιστοποιητικά στη βάση των εκδοχών που παρουσιάστηκαν στο υποκεφάλαιο 6.1. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

• 1^η εκδοχή ($U=0,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ Έκδοση 1.29.1.19 - Engine 1.7.6.19

22/9/2015

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	E.A. < 0.33 K.A.
A	0.33 K.A. < E.A. < 0.50 K.A.
B+	0.50 K.A. < E.A. < 0.75 K.A.
B	0.75 K.A. < E.A. < 1.00 K.A.
Γ	1.00 K.A. < E.A. < 1.41 K.A.
Δ	1.41 K.A. < E.A. < 1.82 K.A.
Ε	1.82 K.A. < E.A. < 2.27 K.A.
Ζ	2.27 K.A. < E.A. < 2.73 K.A.
Η	2.73 K.A. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Δ
ΑΠΟΔΟΣΗ 1,45

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	20.4	0.0	6.1	0.0	12.3	0.0	3.1	0.0
ΦΕΒ	16.6	0.0	5.5	0.0	10.1	0.0	2.8	0.0
ΜΑΡ	12.3	0.0	5.8	0.0	7.5	0.0	3.0	0.0
ΑΠΡ	2.0	0.0	5.1	0.0	1.2	0.0	2.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.2	4.6	0.0	0.0	4.0	2.3	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	12.6	3.7	0.0	0.0	15.8	1.9	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	17.4	3.4	0.0	0.0	21.8	1.7	0.0
ΑΥΓ	0.0	16.2	3.4	0.0	0.0	20.3	1.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	3.8	3.6	0.0	0.0	4.8	1.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
ΝΟΕ	8.7	0.0	5.0	0.0	5.3	0.0	2.6	0.0
ΔΕΚ	17.6	0.0	5.7	0.0	10.7	0.0	3.0	0.0
ΣΥΝ	77.6	53.2	56.3	0.0	47.0	66.7	28.9	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	18.5	0.0	5.5	0.0
ΦΕΒ	15.1	0.0	5.0	0.0
ΜΑΡ	11.2	0.0	5.3	0.0
ΑΠΡ	1.8	0.0	4.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.1	4.2	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	4.3	3.4	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	6.0	3.1	0.0
ΑΥΓ	0.0	5.6	3.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.3	3.3	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	4.0	0.0
ΝΟΕ	7.9	0.0	4.5	0.0
ΔΕΚ	16.0	0.0	5.2	0.0
ΣΥΝ	70.5	18.3	51.2	0.0

Εικόνα 109: Ενεργειακό πιστοποιητικό 1^{ης} εκδοχής.

• 2^η εκδοχή ($U=0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$)

ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ Έκδοση 1.29.1.19 - Engine 1.7.6.19

22/9/2015

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	E.A. < 0.33 K.A.
A	0.33 K.A. < E.A. < 0.50 K.A.
B+	0.50 K.A. < E.A. < 0.75 K.A.
B	0.75 K.A. < E.A. < 1.00 K.A.
Γ	1.00 K.A. < E.A. < 1.41 K.A.
Δ	1.41 K.A. < E.A. < 1.82 K.A.
Ε	1.82 K.A. < E.A. < 2.27 K.A.
Ζ	2.27 K.A. < E.A. < 2.73 K.A.
Η	2.73 K.A. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Δ
ΑΠΟΔΟΣΗ 1.51

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	22.1	0.0	6.1	0.0	13.4	0.0	3.1	0.0
ΦΕΒ	18.0	0.0	5.5	0.0	10.9	0.0	2.8	0.0
ΜΑΡ	13.5	0.0	5.8	0.0	8.2	0.0	3.0	0.0
ΑΠΡ	2.2	0.0	5.1	0.0	1.3	0.0	2.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.2	4.6	0.0	0.0	4.0	2.3	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	12.8	3.7	0.0	0.0	16.0	1.9	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	17.8	3.4	0.0	0.0	22.4	1.7	0.0
ΑΥΓ	0.0	16.6	3.4	0.0	0.0	20.8	1.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	3.8	3.6	0.0	0.0	4.8	1.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
ΝΟΕ	9.6	0.0	5.0	0.0	5.8	0.0	2.6	0.0
ΔΕΚ	19.1	0.0	5.7	0.0	11.6	0.0	3.0	0.0
ΣΥΝ	84.5	54.3	56.3	0.0	51.2	68.1	28.9	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	20.1	0.0	5.5	0.0
ΦΕΒ	16.4	0.0	5.0	0.0
ΜΑΡ	12.3	0.0	5.3	0.0
ΑΠΡ	2.0	0.0	4.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.1	4.2	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	4.4	3.4	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	6.2	3.1	0.0
ΑΥΓ	0.0	5.7	3.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.3	3.3	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	4.0	0.0
ΝΟΕ	8.7	0.0	4.5	0.0
ΔΕΚ	17.4	0.0	5.2	0.0
ΣΥΝ	76.8	18.7	51.2	0.0

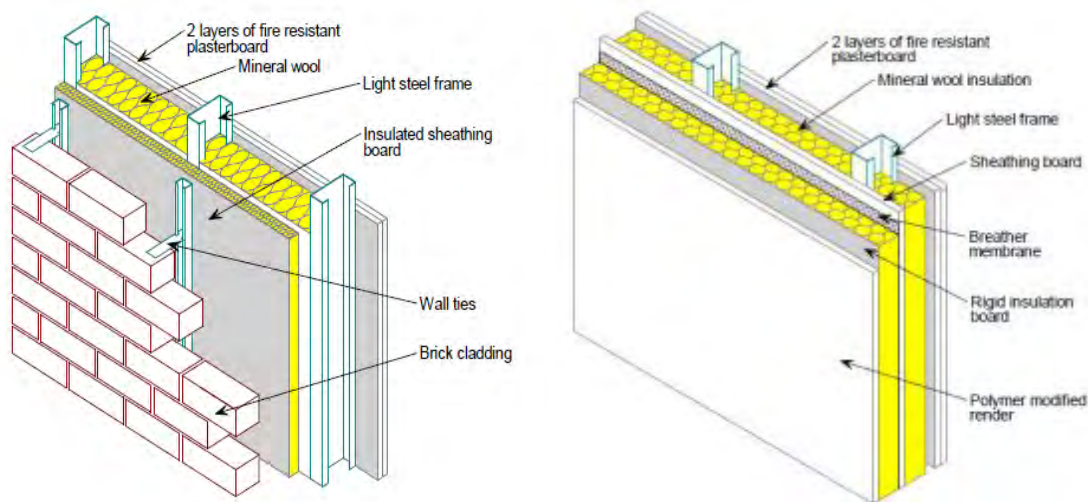
Εικόνα 110: Ενεργειακό πιστοποιητικό 2^{ης} εκδοχής.

Όπως φαίνεται και στις δυο περιπτώσεις η οικία κατατάσσεται στη Δ κατηγορία οπότε είναι μη ενεργειακά αποδοτική. Βέβαια ,στη δεύτερη περίπτωση, η οποία προσεγγίζει την πραγματική κατάσταση, η κατανάλωση του κτιρίου είναι αυξημένη κατά 4% σε σχέση με την πρώτη. Θα πρέπει να σημειωθεί ,όμως, ότι η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι σε οριακό σημείο καθώς πλησιάζει το ανώτερο όριο του $U=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ που είναι επιτρεπτό για την κλιματική ζώνη Β όπου ανήκει το κτίριο ,οπότε σε περίπτωση που στην πραγματικότητα αυτός είναι μεγαλύτερος του ορίου, τότε το πρόγραμμα κατατάσσει την οικία στη τελευταία κατηγορία Η.

6.4) ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΑΙΤΙΩΝ ΡΩΓΜΑΤΩΣΕΩΝ

Όσον αφορά τις ρωγμές που υπάρχουν στην τοιχοποιία της οικίας παρατηρήθηκε .κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης των προβληματικών σημείων με την υπέρυθρη κάμερα ,ότι η πλειονότητα αυτών είναι επιφανειακές και εμφανίζονται σε περιοχές πίσω από τις οποίες εντοπίζεται ο μεταλλικός σκελετός. Η πρώτη παρατήρηση βασίζεται καταρχάς στις μετρήσεις υγρασίας που πραγματοποιήθηκαν και οι οποίες ήταν φυσιολογικές καθώς καμία δεν υπερέβαινε τα όρια ,πράγμα που σημαίνει ότι δεν έχει επηρεαστεί η ακεραιότητα των θερμομονωτικών πλακών πολυστερίνης που αποτελούν στην ουσία την τοιχοποιία της οικίας, καθώς διαφορετικά θα παρατηρούνταν σημαντική τοπική μεταβολή της θερμοκρασίας λόγω διαρροής αέρα ενώ παράλληλα θα υπήρχε και σημαντική αύξηση του υγρασιακού περιεχομένου της περιοχής. Η δεύτερη προέκυψε από τις υπέρυθρες φωτογραφίες που λήφθηκαν και από τη σύγκριση τους με τις αντίστοιχες κανονικές λήψεις των ίδιων περιοχών και οι οποίες παρουσιάστηκαν στο πέμπτο κεφάλαιο.

Για τους λόγους αυτούς η πιο πιθανή αιτία για την εμφάνιση των ρωγμών είναι η θερμική καταπόνηση των επιφανειών της τοιχοποιίας λόγω των διαφορετικών ρυθμών συστολής-διαστολής των δομικών στοιχείων. Αυτή η εξήγηση βασίζεται σε δυο παρατηρήσεις. Πρώτον με βάση τη βιβλιογραφία[38] για τις μεθόδους κατασκευής προκατασκευασμένων κτιρίων με μεταλλικό σκελετό, κατηγορία στην οποία ανήκει και η συγκεκριμένη οικία,προκύπτει ότι κατά τη φάση της κατασκευής τοποθετούνται δυο στρώματα θερμομόνωσης με διάφορα πάχη, ανάλογα με τα όρια της κάθε χώρας, όπου το ένα τοποθετείται εσωτερικά, με σκοπό να γεμίσει τα κενά μεταξύ των μεταλλικών δοκών, ενώ το δεύτερο τοποθετείται εξωτερικά για επιπλέον θερμοπροστασία του εκτεθειμένου μεταλλικού σκελετού. Επιπλέον κατασκευάζεται και ένα εξωτερικό περίβλημα από τούβλο ή άλλο υλικό στο οποίο μπορεί να προστεθεί και θερμοπρόσοψη αν αυτό κριθεί αναγκαίο.



Εικόνα 111: Χαρακτηριστικές αναπαραστάσεις των μεθόδων κατασκευής προκατασκευασμένων κτιρίων με μεταλλικό σκελετό. Διακρίνονται τα δυο στρώματα θερμομόνωσης.

Στην εξεταζόμενη περίπτωση, όπως έχει αναφερθεί και στο τρίτο κεφάλαιο σε σχέση με τους παραπάνω μεθόδους κατασκευής, υπάρχει μόνο το στρώμα θερμομόνωσης που τοποθετείται ενδιάμεσα του μεταλλικού σκελετού. Όπως γίνεται κατανοητό ο μεταλλικός σκελετός σε αυτή την περίπτωση είναι εκτεθειμένος και χωρίς καμία προστασία.

Η δεύτερη παρατήρηση αφορά τις θερμοφυσικές ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών και πιο συγκεκριμένα τον συντελεστή θερμικής διάχυσης (α). Ως θερμική διάχυση ορίζεται η σχέση ανάμεσα στη θερμική αγωγιμότητα και στη θερμοχωρητικότητα ενός σώματος και εκφράζει την ταχύτητα με την οποία το σώμα αντιδρά σε μια μεταβολή της θερμοκρασίας[39]. Υπολογίζεται από την σχέση:

$$\alpha = \sqrt{\frac{k}{\rho \times C_p}} \quad (7) \text{ με μονάδα μέτρησης } m^2/s$$

όπου: k ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

ρ η πυκνότητα του σώματος

C_p η ειδική θερμοχωρητικότητα του σώματος

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών που έγιναν για τον μεταλλικό σκελετό και τη διογκωμένη πολυστερίνη που χρησιμοποιείται σαν θερμομονωτικό υλικό.

Δομικό υλικό	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Ειδική θερμοχωρητικότητα C_p (kJ/kg*K)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)	Συντελεστής θερμικής διάχυσης α (m ² /s)
Χάλυβας	7800	450	50	$1,42 \cdot 10^{-5}$
Διογκωμένη πολυστερίνη	17,5	1450	0,035	$1,38 \cdot 10^{-6}$

Πίνακας 45: Αποτελέσματα υπολογισμών συντελεστή θερμικής διάχυσης.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα ο συντελεστής θερμικής διάχυσης για τον μεταλλικό σκελετό είναι κατά μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο συντελεστή της πολυστερίνης, κάτι το οποίο σημαίνει ότι το μέταλλο μεταβάλλει τη θερμοκρασία του δέκα φορές πιο γρήγορα από ότι η πολυστερίνη. Αυτό το φαινόμενο παρατηρήθηκε και κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης, όπως φάνηκε και στην εικόνα 100 η οποία είναι από τον νότιο τοίχο της παιδικής κρεβατοκάμαρας και τραβήχτηκε στις 12:29μ.μ. δηλαδή μισή ώρα περίπου αφότου η επιφάνεια σταμάτησε να δέχεται ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμοκρασιακή μεταβολή στον μεταλλικό σκελετό και στην πολυστερίνη φαίνεται στο διάγραμμα 10.

Επομένως μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι οι διαφορετικοί ρυθμοί συστολής-διαστολής του μεταλλικού σκελετού και της πολυστερίνης προκαλούν την εμφάνιση ρωγμών στο στρώμα του σοβά, που αποτελεί το τελικό στάδιο κατασκευής της τοιχοποιίας, λόγω παραμόρφωσής του που υπερβαίνει τα όρια αντοχής του.

6.5) ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΙΚΙΑΣ

Το επόμενο και τελικό βήμα για την ολοκλήρωση της μελέτης για το συγκεκριμένο κτίριο είναι η βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων. Από όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια γίνεται φανερό ότι το σημαντικό μειονέκτημα της οικίας είναι ο αυξημένος συντελεστής θερμοπερατότητας, ο οποίος κινείται στα ανώτερα επιτρεπτά όρια. Βελτίωση του συγκεκριμένου συντελεστή θα οδηγήσει και σε βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς της οικίας. Ο συνηθέστερος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού είναι μέσω της προσθήκης θερμοπρόσοψης στο κτίριο. Με τον όρο θερμοπρόσοψη χαρακτηρίζεται η προσθήκη μιας επιπλέον στρώσης μονωτικού υλικού στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής. Η θερμοπρόσοψη κρίνεται αναγκαία καθώς συγκρίνοντας τον τρόπο κατασκευής του συγκεκριμένου κτιρίου με τις αντίστοιχες πρακτικές που παρουσιάστηκαν παραπάνω παρατηρείται ότι απουσιάζει η δεύτερη στρώση μόνωσης αφήνοντας έτσι τον μεταλλικό σκελετό της κατασκευής εκτεθειμένο. Στην Ελλάδα δυο είναι οι πιο συνηθισμένοι τρόποι κατασκευής θερμοπρόσοψης. Ο πρώτος αφορά την προσθήκη μιας στρώσης διογκωμένης πολυστερίνης πάχους από 5cm έως 7cm (συνηθέστερα 5cm), ενώ ο δεύτερος γίνεται με την προσθήκη μιας στρώσης γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης η οποία έχει καλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ($k=0,03\text{W/m}^*\text{K}$ έναντι $k=0,035\text{W/m}^*\text{K}$) και πάχους

6cm. Επίσης μια ακόμη πιθανή προσθήκη η οποία θα βελτιώσει την ενεργειακή κατανάλωση της οικίας είναι η εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα ο οποίος θα καλύπτει τις ανάγκες για Ζ.Ν.Χ.

Επομένως ,τα σενάρια βελτίωσης που θα εκτελεστούν στο πρόγραμμα του Τ.Ε.Ε. είναι δυο. Το πρώτο περιλαμβάνει την προσθήκη θερμοπρόσοψης από διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 5cm ενώ το δεύτερο προσθήκη θερμοπρόσοψης από γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 6cm. Κοινή παρέμβαση και στα δυο σενάρια είναι η προσθήκη ηλιακού θερμοσίφωνα κατηγορίας κενού. Οι απαραίτητοι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται παρακάτω. Πρέπει να σημειωθεί πως για τον υπολογισμό των νέων τιμών θερμογεφυρών χρησιμοποιήθηκαν τυπικές τιμές για προκατασκευασμένες κατοικίες με μεταλλικό σκελετό υπολογισμένες για τον κανονισμό κατασκευής κτιρίων της Ιρλανδίας[40].

- 1^ο σενάριο (θερμοπρόσοψη πάχους 5cm από διογκωμένη πολυστερίνη-ηλιακός θερμοσίφωνας κενού)

A/A	Στρώσεις δομικού υλικού (κάθετη τοιχοποιία-μη ομοιογενής σύνθετη αντίσταση)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)	Επιφάνεια A (m ²)	Επιφάνεια B (m ²)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4	2,97	0,24
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87		
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,1	0,035		
4	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87		
5	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4		
6	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,05	0,035		
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,04	0,87		
Θερμική αντίσταση R_A		4,56			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_A		0,22			
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4		
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87		
3	Σίδηρος	0,01	50		
4	Διάκενο	0,08	0,16		
5	Σίδηρος	0,01	50		
6	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87		
7	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4		
8	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,05	0,035		
9	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,04	0,87		
Θερμική αντίσταση R_B		1,86			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_B		0,54			
Συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης αντίστασης U_{AB}		0,24			
		W/(m²·K)			

Πίνακας 46: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας 1^{ου} σεναρίου.

Ισόγειο					
A/A	Δομικά στοιχεία	Μήκος (m)		Τυπική τιμή Ψ(W/K*m)	
1	Γωνίες (x6)	6	12	-0,045	0,075
2	Εσωτερικοί τοίχοι (x4)	12	—	0,103	—
3	Περίμετρος πατώματος	36,47	—	0,033	—
4	Περίμετρος οροφής	17,7	—	0,021	—
5	Κουφώματα (x6)	18,3	27,6	0,023	0,012
Τιμές Ψ (W/K)		4,19			
1ος όροφος					
A/A	Δομικά στοιχεία	Μήκος (m)		Τυπική τιμή Ψ(W/K*m)	
1	Γωνίες (x6)	9	9	-0,045	0,075
2	Εσωτερικοί τοίχοι (x5)	15	—	0,103	—
3	Περίμετρος πατώματος	26,59	—	0,033	—
4	Περίμετρος οροφής	26,59	—	0,021	—
5	Κουφώματα (x7)	18,6	23,2	0,023	0,012
Τιμές Ψ (W/K)		4,51			

Πίνακας 47: Αποτελέσματα υπολογισμού θερμογεφυρών κτιρίου για το 1^ο σενάριο.

Το ενεργειακό πιστοποιητικό που προέκυψε παρουσιάζεται παρακάτω.

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	E.A. < 0.33 K.A.
A	0.33 K.A. < E.A. < 0.50 K.A.
B+	0.50 K.A. < E.A. < 0.75 K.A.
B	0.75 K.A. < E.A. < 1.00 K.A.
Γ	1.00 K.A. < E.A. < 1.41 K.A.
Δ	1.41 K.A. < E.A. < 1.82 K.A.
Ε	1.82 K.A. < E.A. < 2.27 K.A.
Ζ	2.27 K.A. < E.A. < 2.73 K.A.
Η	2.73 K.A. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Γ
ΑΠΟΔΟΣΗ 1.22

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ					ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ	
ΙΑΝ	8.8	0.0	4.3	0.0	9.9	0.0	3.1	0.0	
ΦΕΒ	7.1	0.0	3.5	0.0	8.0	0.0	2.8	0.0	
ΜΑΡ	5.2	0.0	3.2	0.0	5.8	0.0	3.0	0.0	
ΑΠΡ	0.8	0.0	2.6	0.0	0.9	0.0	2.6	0.0	
ΜΑΙ	0.0	3.3	2.3	0.0	0.0	4.2	2.3	0.0	
ΙΟΥΝ	0.0	12.5	1.9	0.0	0.0	15.7	1.9	0.0	
ΙΟΥΛ	0.0	16.6	1.7	0.0	0.0	20.9	1.7	0.0	
ΑΥΓ	0.0	15.6	1.7	0.0	0.0	19.6	1.7	0.0	
ΣΕΠ	0.0	3.9	1.8	0.0	0.0	4.9	1.9	0.0	
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	
ΝΟΕ	3.7	0.0	3.1	0.0	4.1	0.0	2.6	0.0	
ΔΕΚ	7.7	0.0	4.2	0.0	8.6	0.0	3.0	0.0	
ΣΥΝ	33.3	52.0	32.6	0.0	37.2	65.2	28.9	0.0	

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	8.0	0.0	3.9	0.0
ΦΕΒ	6.5	0.0	3.2	0.0
ΜΑΡ	4.7	0.0	2.9	0.0
ΑΠΡ	0.7	0.0	2.3	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.2	2.1	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	4.3	1.7	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	5.7	1.5	0.0
ΑΥΓ	0.0	5.4	1.5	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.4	1.7	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.0	0.0
ΝΟΕ	3.4	0.0	2.9	0.0
ΔΕΚ	7.0	0.0	3.9	0.0
ΣΥΝ	30.3	17.9	29.6	0.0

Εικόνα 112: Ενεργειακό πιστοποιητικό 1^{ου} σεναρίου.

- 2^ο σενάριο (θερμοπρόσοψη πάχους 6cm από γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη-ηλιακός θερμοσίφωνας κενού)

A/A	Στρώσεις δομικού υλικού (κάθετη τοιχοποιία-μη ομοιογενής σύνθετη αντίσταση)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k (W/K*m)	Επιφάνεια A (m ²)	Επιφάνεια B (m ²)
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4	2,97	0,24
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87		
3	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,1	0,035		
4	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87		
5	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4		
6	Γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη	0,06	0,03		
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,04	0,87		
Θερμική αντίσταση R_A		5,13			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_A		0,19			
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,01	1,4		
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,01	0,87		
3	Σίδηρος	0,01	50		
4	Διάκενο	0,08	0,16		
5	Σίδηρος	0,01	50		
6	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87		
7	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4		
8	Γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη	0,06	0,03		
9	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,04	0,87		
Θερμική αντίσταση R_B		2,43			
Συντελεστής θερμοπερατότητας U_B		0,41			
Συντελεστής θερμοπερατότητας σύνθετης αντίστασης U_{AB}		0,21			
		W/(m²·K)			

Πίνακας 48: Αποτελέσματα υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας 2^{ου} σεναρίου.

Ισόγειο					
A/A	Δομικά στοιχεία	Μήκος (m)		Τυπική τιμή Ψ(W/K*m)	
1	Γωνίες (x6)	6	12	-0,045	0,075
2	Εσωτερικοί τοίχοι (x4)	12	—	0,103	—
3	Περίμετρος πατώματος	36,47	—	0,033	—
4	Περίμετρος οροφής	17,7	—	0,021	—
5	Κουφώματα (x6)	18,3	27,6	0,023	0,012
Τιμές Ψ (W/K)		4,19			
1ος όροφος					
A/A	Δομικά στοιχεία	Μήκος (m)		Τυπική τιμή Ψ(W/K*m)	
1	Γωνίες (x6)	9	9	-0,045	0,075
2	Εσωτερικοί τοίχοι (x5)	15	—	0,103	—
3	Περίμετρος πατώματος	26,59	—	0,033	—
4	Περίμετρος οροφής	26,59	—	0,021	—
5	Κουφώματα (x7)	18,6	23,2	0,023	0,012
Τιμές Ψ (W/K)		4,51			

Πίνακας 49: Αποτελέσματα υπολογισμού θερμογεφυρών κτιρίου για το 2^ο σενάριο.

Το ενεργειακό πιστοποιητικό που προέκυψε παρουσιάζεται παρακάτω.

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	E.A. < 0.33 K.A.
A	0.33 K.A. < E.A. < 0.50 K.A.
B+	0.50 K.A. < E.A. < 0.75 K.A.
B	0.75 K.A. < E.A. < 1.00 K.A.
Γ	1.00 K.A. < E.A. < 1.41 K.A.
Δ	1.41 K.A. < E.A. < 1.82 K.A.
Ε	1.82 K.A. < E.A. < 2.27 K.A.
Ζ	2.27 K.A. < E.A. < 2.73 K.A.
Η	2.73 K.A. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Γ
ΑΠΟΔΟΣΗ 1.21

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	8.7	0.0	4.3	0.0	9.8	0.0	3.1	0.0
ΦΕΒ	7.0	0.0	3.5	0.0	7.9	0.0	2.8	0.0
ΜΑΡ	5.1	0.0	3.2	0.0	5.7	0.0	3.0	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	2.6	0.0	0.8	0.0	2.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.3	2.3	0.0	0.0	4.2	2.3	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	12.5	1.9	0.0	0.0	15.6	1.9	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	16.6	1.7	0.0	0.0	20.8	1.7	0.0
ΑΥΓ	0.0	15.5	1.7	0.0	0.0	19.5	1.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	3.9	1.8	0.0	0.0	4.9	1.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
ΝΟΕ	3.6	0.0	3.1	0.0	4.0	0.0	2.6	0.0
ΔΕΚ	7.5	0.0	4.2	0.0	8.4	0.0	3.0	0.0
ΣΥΝ	32.6	51.8	32.6	0.0	36.5	65.0	28.9	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	7.9	0.0	3.9	0.0
ΦΕΒ	6.4	0.0	3.2	0.0
ΜΑΡ	4.6	0.0	2.9	0.0
ΑΠΡ	0.7	0.0	2.3	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.2	2.1	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	4.3	1.7	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	5.7	1.5	0.0
ΑΥΓ	0.0	5.4	1.5	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.4	1.7	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.0	0.0
ΝΟΕ	3.3	0.0	2.9	0.0
ΔΕΚ	6.8	0.0	3.9	0.0
ΣΥΝ	29.7	17.9	29.6	0.0

Εικόνα 113: Ενεργειακό πιστοποιητικό 2^{ου} σεναρίου.

Όπως φαίνεται και τα δυο σενάρια βελτίωσης κατατάσσουν την οικία στην κατηγορία Γ η οποία το χαρακτηρίζει να μην είναι ενεργειακά μη αποδοτικό αλλά η βελτίωση σε σχέση με την αρχική κατάσταση δίχως παρεμβάσεις είναι της τάξης του 19% στη πρώτη περίπτωση και 20% στη δεύτερη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πραγματοποιήθηκε επιθεώρηση με υπέρυθρη κάμερα στις 8/12/2013 σε κτίριο (κατοικία) στην περιοχή των Αλυκών Βόλου, με βάση το πρότυπο ASTM C 1090-11a, προκειμένου να διευκρινιστούν τα αίτια εμφάνισης ρωγμών στην τοιχοποιία της οικίας. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψαν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία παρουσιάζονται εν συντομία παρακάτω.

- Το κτίριο είναι προκατασκευασμένο και ο σκελετός του είναι μεταλλικός. Είναι διώροφη μονοκατοικία πάνω σε υπόγειο, το οποίο είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η τοιχοποιία αποτελείται από διογκωμένη πολυστερίνη η οποία ενισχύεται με δομικό πλέγμα εκατέρωθεν για καλύτερη στατικότητα.
- Από την επεξεργασία των υπέρυθρων φωτογραφιών προέκυψαν εκτεταμένες θερμογέφυρες σε όλα τα δομικά στοιχεία της οικίας. Αυτές, αν και αναμενόμενες λόγω του είδους της κατασκευής, στη συγκεκριμένη περίπτωση εμφανίζονται σε έντονο βαθμό. Επίσης σε ορισμένα σημεία τα οποία δεν μπορούν να υπαχθούν στην κατηγορία των θερμογεφυρών, εκτιμάται ότι η μόνωση είναι ατελής.
- Παράλληλα με την υπέρυθρη επιθεώρηση έγιναν και μετρήσεις υγρασίας της τοιχοποιίας του κτιρίου στα σημεία εμφάνισης των ρωγμών προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσον οι ρωγμές αυτές είναι επιφανειακές ή όχι. Από την επεξεργασία των μετρήσεων δεν προέκυψε κάποιο αξιόλογο εύρημα καθώς ήταν στο σύνολο τους σε φυσιολογικά επίπεδα οπότε μπορεί να ειπωθεί ότι οι ρηγματώσεις περιορίζονται στην επιφάνεια.
- Πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί των κυριότερων παραμέτρων προκειμένου να εκδοθεί το ενεργειακό πιστοποιητικό του κτιρίου και να διαπιστωθεί η ενεργειακή του κατάσταση. Από τους υπολογισμούς αυτούς προέκυψαν δυο εκδοχές οι οποίες αφορούν τον τρόπο υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας. Στην πρώτη θεωρείται ότι η τοιχοποιία αποτελείται εξολοκλήρου από διογκωμένη πολυστερίνη με αποτέλεσμα ο συντελεστής να υπολογίζεται $U=0,32\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ενώ στη δεύτερη λαμβάνεται υπόψη το σύνολο σχεδόν του μεταλλικού σκελετού με αποτέλεσμα ο συντελεστής να γίνεται $U=0,49\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Οι υπόλοιπες παράμετροι λογίζονται ίδιες και για τις δυο περιπτώσεις.
- Οι απώλειες κατά μήκος των θερμογεφυρών υπολογίστηκαν με βάση το αγγλικό πρότυπο BS EN ISO 14683-2007 καθώς οι τυπικές τιμές που έχουν υπολογιστεί και περιέχονται στον ελληνικό Κ.Εν.Α.Κ. δεν περιλαμβάνουν προκατασκευασμένα κτίρια. Το αποτέλεσμα του υπολογισμού δίνει για το ισόγειο απώλειες ύψους 30,6 W/K ενώ για τον πρώτο όροφο 36,6 W/K.
- Για τον υπολογισμό του ενεργειακού πιστοποιητικού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα του Τ.Ε.Ε. το οποίο και για τις δυο διαφορετικές εκδοχές κατέταξε την οικία στην κατηγορία Δ η οποία το χαρακτηρίζει σαν μη ενεργειακά αποδοτικό.

Βέβαια, να σημειωθεί πως στη δεύτερη εκδοχή ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι οριακός.

- Με βάση τις διεθνείς πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προκατασκευασμένων κτιρίων με μεταλλικό σκελετό, παρατηρήθηκε ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν έχει τοποθετηθεί το δεύτερο στρώμα θερμομόνωσης το οποίο μειώνει περαιτέρω τις απώλειες θερμότητας του μεταλλικού σκελετού και της τοιχοποιίας συνολικότερα. Υπολογίστηκε για το λόγο αυτό ο συντελεστής θερμικής διάχυσης για τον μεταλλικό σκελετό και τη μόνωση και προέκυψε ότι ο σκελετός χάνει δέκα φορές πιο γρήγορα θερμότητα από την υπόλοιπη τοιχοποιία, κάτι που οδηγεί σε διαφορετικούς ρυθμούς συστολής-διαστολής, με αποτέλεσμα την καταπόνηση των εξωτερικών στρωμάτων της τοιχοποιίας. Πιστεύεται ότι αυτή είναι και η αιτία εμφάνισης ρωγμών στις εξωτερικές επιφάνειες της τοιχοποιίας.
- Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων και τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου επελέγη σαν λύση η προσθήκη θερμοπρόσοψης. Εξετάστηκαν δυο εκδοχές όπου στην πρώτη χρησιμοποιείται διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 5cm, που αποτελεί και την πιο συνηθισμένη επιλογή θερμοπρόσοψης στην Ελλάδα ,ενώ στη δεύτερη επιλέχθηκε σαν μέσο μόνωσης γραφιτούχα διογκωμένη πολυστερίνη η οποία διαθέτει βελτιωμένες θερμοφυσικές ιδιοτητες σε σχέση με την πρώτη πάχους 6cm. Επίσης κοινή παρέμβαση και στις δυο εκδοχές είναι η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα για τις ανάγκες Ζ.Ν.Χ. που θα αντικαταστήσει τη χρήση του λέβητα πετρελαίου για αυτόν τον σκοπό και θα μειώσει έτσι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.
- Τα ενεργειακά πιστοποιητικά που υπολογίστηκαν για τα σενάρια παρεμβάσεων τοποθετούν και τα δυο το κτίριο στην κατηγορία Γ ενώ η βελτίωση σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση είναι 19% για την πρώτη εκδοχή και 20% για τη δεύτερη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κούρτης, Κ.Ε. *Περιγραφή Εταιρείας*. [cited 2015; Available from: <http://www.spitia-prokat.com>.
2. Stuart, J.S.a.M., *Introduction to Thermography Principles*, 2009, American Technical Publishers, INC.
3. Systems, F., *ThermaCam Researcher User's Manual*, 2006.
4. Rogalski, A., *History of infrared detectors*. Opto-Electronics Review, 2012.
5. Systems, F., *Uncooled detectors for thermal imaging cameras*, F. Systems, Editor.
6. InfraTec, *Introduction to Infrared-Thermography*, 2003.
7. Avio, *Basics of infrared*, N.A. Co, Editor.
8. Cengel, Y.A., *Heat Transfer, A Practical Approach* 2005: McGraw-Hill Companies Inc.
9. Carlomagno, G.M. and L.d. Luca, *Infrared Thermography for Flow Visualization and Heat Transfer Measurements*.
10. Optris, *Basics Principles of Non-Contact Temperature Measurement*.
11. Α.Σταματέλλος, *Βασικές Αρχές Μετάδοσης Θερμότητας με Ακτινοβολία*, 2011: Βόλος.
12. F.P. Incropera, D.P.D., T.L.Bergman, A.S.Lavine, *Introduction to Heat Transfer* 2005: Wiley.
13. Wikipedia. *Thermographic camera*. 2015 [cited 2015; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera#Applications.
14. AB, F.S., *Thermal Imaging Guidebook for Industrial Applications*, F.S. AB, Editor 2011, Flir Systems AB.
15. Wikipedia. *Non-contact thermography*. 2015 [cited 2015; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Non-contact_thermography.
16. Κούρτης, Κ.Ε., *Αναλυτική Περιγραφή & Κατασκευαστικές Προδιαγραφές*, Κ.Ε. Κούρτης, Editor, Delta Adv.
17. Α.Β.Ε.Ε., Π.Μ. *Τεχνικές Πληροφορίες*. Available from: <http://www.panmonotiki.gr/el/node/index/29>.
18. Τ.Ε.Ε., Ε.Γ.Ε.Π.Κ.Ε.Ε.Υ.Ε.Ε.-. *ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ*, Υ.Π.Ε.Κ.Κ.Α. Υ.Π.Ε.Κ.Α., Editor 2010: Ελλάδα.
19. Wilo, *Wilo Star-RS 30/6 Technical Data*, 2014.
20. Grundfos, *Grundfos UPS 25-40 Technical Data*.
21. Grundfos, *Grundfos UPS 25-60 Technical Data*.
22. Joannes. *AZ 4 Bruciatore di gasolio di piccola potenzialita monostadio Technical Data*. [cited 2015; Available from: http://www.joannes.it/riscaldamento/bruciatori_gasolio/az4.asp.
23. Smith, I.C., *Using Infrared Thermal Imaging to Audit Retrofitted Wall Insulation in Houses*, 2010, Building Research Levy: New Zealand.
24. International, A., *Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings* 1, 1997, ASTM International.
25. Wunderground. *Weather History for Volos*. 2013 [cited 2015; Available from: http://www.wunderground.com/history/airport/LGBL/2013/12/8/DailyHistory.html?req_city=%CE%92%CF%8C%CE%BB%CE%BF%CF%82&req_state=&req_statename=

<CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1&reqdb.zip=00000&reqdb.magic=30&reqdb.wmo=16665>.

26. AB, F.S., *ThermaCam Researcher Pro 2.8 SR-3*, 2007, Flir Systems AB.
27. Systems, F., *ThermaCam S45 Technical Specifications*, F. Systems, Editor.
28. Wöhler, *HBF 410 Technical Data*.
29. Wöhler, *DT 310 Technical Data*.
30. Τ.Ε.Ε., Ε.Γ.Ε.Π.Κ.Ε.Ε.Υ.Ε.Ε.-. ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, Υ.Π.Ε.Κ.Κ.Α. Υ.Π.Ε.Κ.Α., Editor 2012: Ελλάδα.
31. Τ.Ε.Ε., *ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ*, 2010, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ.
32. Τ.Ε.Ε., Ε.Γ.Ε.Π.Κ.Ε.Ε.Υ.Ε.Ε.-. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ, Υ.Π.Ε.Κ.Κ.Α. Υ.Π.Ε.Κ.Α., Editor 2012: Ελλάδα.
33. Lübbe, E., *Klausurtraining Bauphysik* 2007, Wiesbaden: Teubner.
34. Ζώγου, Ο., *Θερμομονωτική επάρκεια κτιριακού κελύφους*, 2010.
35. Βικιπαιδεία. *Θερμογέφυρα*. [cited 2015; Available from: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%86%CF%85%CF%81%CE%B1>].
36. Standards, B., *Thermal bridges in building construction — Linear thermal transmittance — Simplified methods and default values (ISO14683:2007)*, 2008, Standards Policy and Strategy Committee.
37. Τ.Ε.Ε., Ε.Γ.Ε.Π.Κ.Ε.Ε.Υ.Ε.Ε.-. ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΤΥΠΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ, ΛΕΒΗΤΩΝ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ, Υ.Π.Ε.Κ.Κ.Α. Υ.Π.Ε.Κ.Α., Editor 2012: Ελλάδα.
38. Feldmann, M., et al., *Energy and thermal improvements for construction in steel (Ethics)*, 2013, European Commission: Luxembourg.
39. Wikipedia. *Thermal Diffusivity*. 2015; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_diffusivity.
40. Department of the Environment, C.a.L.G., *Limiting Thermal Bridging and Air Infiltration - Acceptable Construction Details*, S.e.A.o. Ireland, Editor 2011: Ireland.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΓΙΑ ΕΛΑΦΡΙΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΟ BS EN ISO 14683:2007

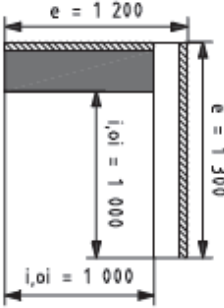
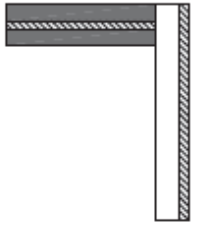
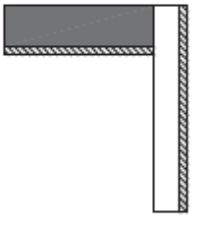
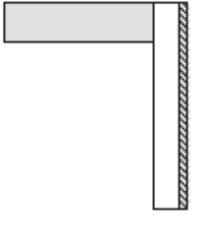
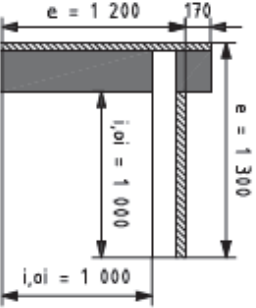
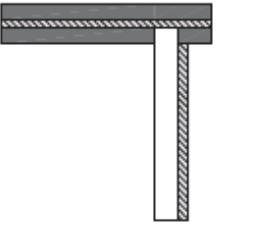
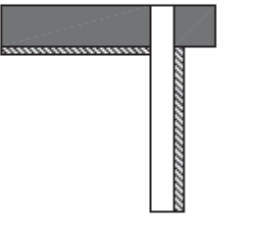
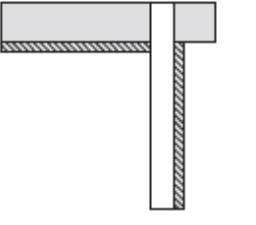
Table A.2 — Default values of linear thermal transmittance				
Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m·K)				
Wall	Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	Insulating layer	Slab/pillar	Window frame
Roofs				
R1	 $e = 1\,200$ $i_{oi} = 1\,000$ $i_{oi} = 1\,000$			
	$\psi_e = 0.55$ $\psi_{oi} = 0.75$ $\psi_i = 0.75$			
R2				
	$\psi_e = 0.50$ $\psi_{oi} = 0.75$ $\psi_i = 0.75$			
R3				
	$\psi_e = 0.40$ $\psi_{oi} = 0.75$ $\psi_i = 0.75$			
R4				
	$\psi_e = 0.40$ $\psi_{oi} = 0.65$ $\psi_i = 0.65$			
R5	 $e = 1\,200$ $i_{oi} = 1\,000$ $i_{oi} = 1\,000$			
	$\psi_e = 0.60$ $\psi_{oi} = 0.80$ $\psi_i = 0.80$			
R6				
	$\psi_e = 0.50$ $\psi_{oi} = 0.70$ $\psi_i = 0.70$			
R7				
	$\psi_e = 0.65$ $\psi_{oi} = 0.85$ $\psi_i = 0.85$			
R8				
	$\psi_e = 0.45$ $\psi_{oi} = 0.70$ $\psi_i = 0.70$			

Table A.2 (continued)

Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m K)






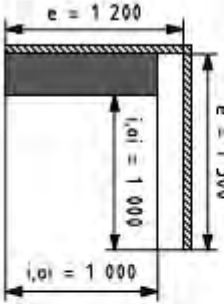
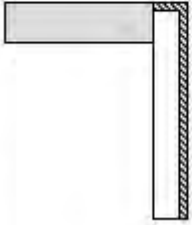
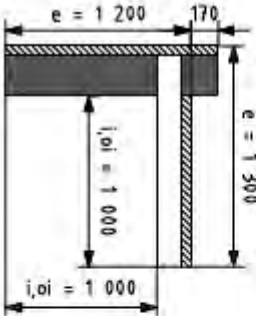
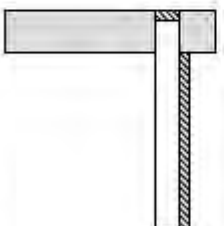
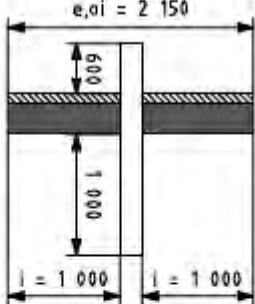
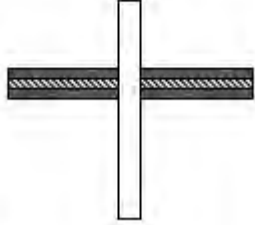
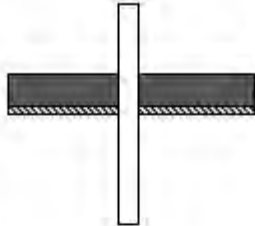
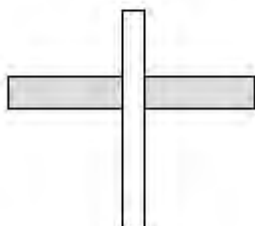
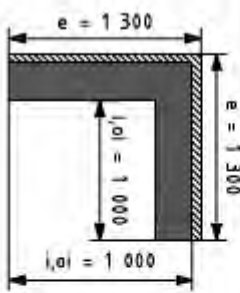
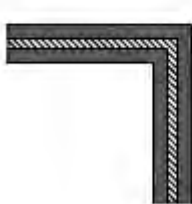

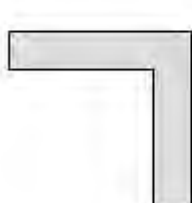
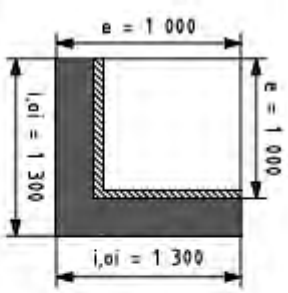
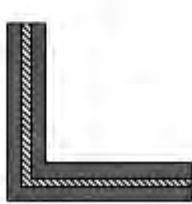

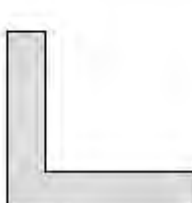
 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and ferrocement walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
Roofs (continued)				
 $e = 1\,200$ $i, oi = 1\,000$ $i, oi = 1\,000$		 $e = 1\,200$ $i, oi = 1\,000$ $i, oi = 1\,000$ 170 $e = 1\,300$		
R9 $\psi_s = -0,05$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_i = 0,15$	R10 $\psi_s = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,20$ $\psi_i = 0,20$	R11 $\psi_s = 0,05$ $\psi_{oi} = 0,25$ $\psi_i = 0,25$	R12 $\psi_s = 0,15$ $\psi_{oi} = 0,40$ $\psi_i = 0,40$	
Balconies				
 $e, oi = 2\,150$ 600 $1\,000$ $1\,000$ $1\,000$				
B1 $\psi_s = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$	B2 $\psi_s = 0,95$ $\psi_{oi} = 0,95$ $\psi_i = 1,05$	B3 $\psi_s = 0,90$ $\psi_{oi} = 0,90$ $\psi_i = 1,00$	B4 $\psi_s = 0,70$ $\psi_{oi} = 0,70$ $\psi_i = 0,80$	

Table A.2 (continued)






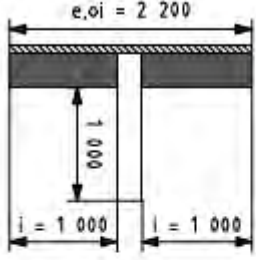
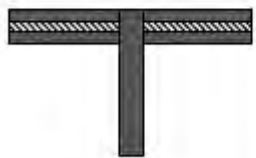

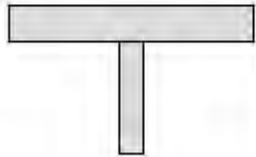
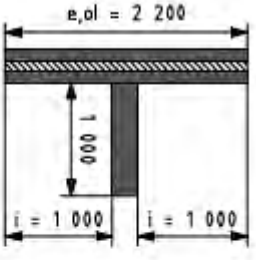
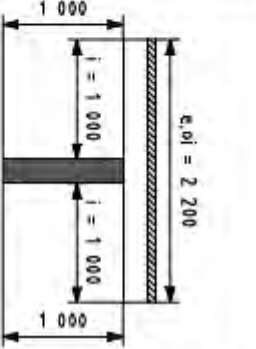
Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m·K)

Wall	Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	Insulating layer	Slab/pillar	Window frame
Corners				
 C1 $\psi_a = -0,05$ $\psi_{a,i} = 0,15$ $\psi_l = 0,15$	 C2 $\psi_a = -0,10$ $\psi_{a,i} = 0,10$ $\psi_l = 0,10$	 C3 $\psi_a = -0,20$ $\psi_{a,i} = 0,05$ $\psi_l = 0,05$	 C4 $\psi_a = -0,15$ $\psi_{a,i} = 0,10$ $\psi_l = 0,10$	
 C5 $\psi_a = 0,05$ $\psi_{a,i} = -0,15$ $\psi_l = -0,15$	 C6 $\psi_a = 0,15$ $\psi_{a,i} = -0,10$ $\psi_l = -0,10$	 C7 $\psi_a = 0,15$ $\psi_{a,i} = -0,05$ $\psi_l = -0,05$	 C8 $\psi_a = 0,10$ $\psi_{a,i} = -0,10$ $\psi_l = -0,10$	

<div> <div> <div></div> <div>Wall</div> </div> <div> <div></div> <div>Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)</div> </div> <div> <div></div> <div>Insulating layer</div> </div> <div> <div></div> <div>Slab/pillar</div> </div> <div> <div></div> <div>Window frame</div> </div> </div> <div> <div>Dimensions in mm, linear thermal transmittance in W/(m·K)</div> </div>				
Intermediate floors				
<div>IF1</div> <div> $y_g = 0.00$ $y_o = 0.00$ $y_f = 0.10$ </div>	<div>IF2</div> <div> $y_g = 0.95$ $y_o = 0.95$ $y_f = 1.05$ </div>	<div>IF3</div> <div> $y_g = 0.90$ $y_o = 0.90$ $y_f = 1.00$ </div>	<div>IF4</div> <div> $y_g = 0.70$ $y_o = 0.70$ $y_f = 0.80$ </div>	
<div>IF5</div> <div> $y_g = 0.60$ $y_o = 0.60$ $y_f = 0.65$ </div>	<div>IF6</div> <div> $y_g = 0.90$ $y_o = 0.90$ $y_f = 1.00$ </div>	<div>IF7</div> <div> $y_g = 0.70$ $y_o = 0.70$ $y_f = 0.80$ </div>	<div>IF8</div> <div> $y_g = 0.45$ $y_o = 0.45$ $y_f = 0.60$ </div>	

Table A.2 (continued)

Dimensions in mm; linear thermal transmittance in $W/(m \cdot K)$

 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame
Internal walls				
 $e, oi = 2\ 200$ $\psi_a = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$	 $\psi_a = 0,95$ $\psi_o = 0,95$ $\psi_i = 1,05$	 $\psi_a = 0,90$ $\psi_o = 0,90$ $\psi_i = 1,00$	 $\psi_a = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,20$	
 $e, oi = 2\ 200$ $\psi_a = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,10$	 $e, oi = 2\ 200$ $\psi_a = 0,00$ $\psi_o = 0,00$ $\psi_i = 0,10$			

<div> <div> <div></div> <div>Wall</div> </div> <div> <div></div> <div>Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)</div> </div> <div> <div></div> <div>Insulating layer</div> </div> <div> <div></div> <div>Slab/pillar</div> </div> <div> <div></div> <div>Window frame</div> </div> </div>					Table A.2 (continued)		Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m·K)	
Slab-on-ground floors								
GF1					$\psi_a = 0,65$ $\psi_{a,i} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$	$\psi_a = 0,60$ $\psi_{a,i} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	$\psi_a = 0,55$ $\psi_{a,i} = 0,70$ $\psi_i = 0,70$	$\psi_a = 0,50$ $\psi_{a,i} = 0,65$ $\psi_i = 0,65$
GF5		GF6	GF7	GF8	$\psi_a = 0,60$ $\psi_{a,i} = 0,75$ $\psi_i = 0,75$	$\psi_a = 0,45$ $\psi_{a,i} = 0,60$ $\psi_i = 0,60$	$\psi_a = -0,05$ $\psi_{a,i} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$	$\psi_a = 0,05$ $\psi_{a,i} = 0,20$ $\psi_i = 0,20$





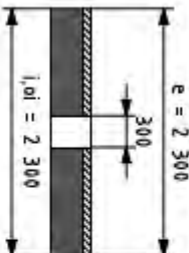


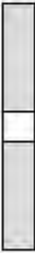
Dimensions in mm, linear thermal transmittance in W/(m·K)					
 Wall	 Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	 Insulating layer	 Slab/pillar	 Window frame	
Pillars					
 <p>$e = 2\ 300$ $j, ol = 2\ 300$ 300</p>					<p>P1</p> <p>$\psi_e = 1,30$ $\psi_{ol} = 1,30$ $\psi_f = 1,30$</p>
					<p>P2</p> <p>$\psi_e = 1,20$ $\psi_{ol} = 1,20$ $\psi_f = 1,20$</p>
					<p>P3</p> <p>$\psi_e = 1,15$ $\psi_{ol} = 1,15$ $\psi_f = 1,15$</p>
					<p>P4</p> <p>$\psi_e = 0,90$ $\psi_{ol} = 0,90$ $\psi_f = 0,90$</p>

Table A.2 (continued)

Dimensions in mm, linear thermal transmittance in W/(m·K)






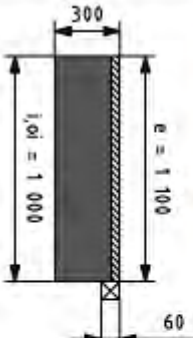





Window and door openings	Legend			
	Wall	Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	Insulating layer	Slab/pillar
				
				Window frame 
Window and door openings				
<p>W1</p>  <p>$\psi_a = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_i = 0,00$</p>	<p>W2</p>  <p>$\psi_a = 1,00$ $\psi_{oi} = 1,00$ $\psi_i = 1,00$</p>	<p>W3</p>  <p>$\psi_a = 0,80$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_i = 0,80$</p>	<p>W4</p>  <p>$\psi_a = 0,15$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_i = 0,15$</p>	
<p>W5</p>  <p>$\psi_a = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,40$ $\psi_i = 0,40$</p>	<p>W6</p>  <p>$\psi_a = 0,10$ $\psi_{oi} = 0,10$ $\psi_i = 0,10$</p>			

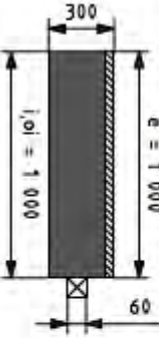
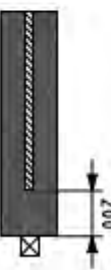




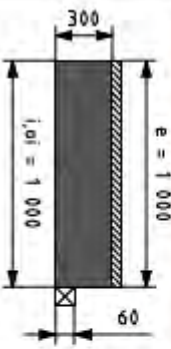
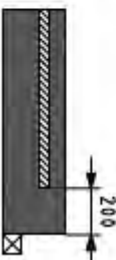




Table A.2 (continued)				
Dimensions in mm; linear thermal transmittance in W/(m·K)				
Wall	Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	Insulating layer	Slab/pillar	Window frame
Window and door openings (continued)				
 W7 $\psi_{a,0} = 0,45$ $\psi_{a,i} = 0,45$ $\psi_{f,i} = 0,45$	 WB $\psi_{a,0} = 1,00$ $\psi_{a,i} = 1,00$ $\psi_{f,i} = 1,00$	 W9 $\psi_{a,0} = 0,60$ $\psi_{a,i} = 0,60$ $\psi_{f,i} = 0,60$	 W10 $\psi_{a,0} = 0,10$ $\psi_{a,i} = 0,10$ $\psi_{f,i} = 0,10$	
 W11 $\psi_{a,0} = 0,00$ $\psi_{a,i} = 0,00$ $\psi_{f,i} = 0,00$	 W12 $\psi_{a,0} = 0,10$ $\psi_{a,i} = 0,10$ $\psi_{f,i} = 0,10$			

Table A.2 (continued)					Dimensions in mm, linear thermal transmittance in W/(m·K)	
Wall	Lightweight wall (including lightweight masonry and timber frame walls)	Insulating layer	Slab/pillar	Window frame		
Window and door openings (continued)						
						
W13	$\psi_a = 0,80$ $\psi_{oi} = 0,80$ $\psi_f = 0,80$	W14	$\psi_a = 1,00$ $\psi_{oi} = 1,00$ $\psi_f = 1,00$	W15	$\psi_a = 0,00$ $\psi_{oi} = 0,00$ $\psi_f = 0,00$	
						
W17	$\psi_a = 0,40$ $\psi_{oi} = 0,40$ $\psi_f = 0,40$	W18	$\psi_a = 0,20$ $\psi_{oi} = 0,20$ $\psi_f = 0,20$	W16	$\psi_a = 0,15$ $\psi_{oi} = 0,15$ $\psi_f = 0,15$	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΕΛΑΦΡΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΚΕΛΕΤΟ ΤΟΥ ΙΡΛΑΝΔΙΚΟΥ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ

Table D5	Section 5 - Steel Frame Construction	Target U-Values	
Junction detail Identifier 2011 Edition	Junction detail	Hybrid steel frame U-value = 0.21 W/m ² K ^{1,3} (roof U = 0.16) (floor U = 0.21)	Hybrid steel frame with internal insulation U-value = 0.15 W/m ² K ^{1,3} (roof U = 0.14) (floor U = 0.15)
		ψ-value (W/mK)	ψ-value (W/mK)
Section 5	Details		
5.01	Ground Floor - Insulation above slab	0.033	0.038
5.02	Ground Floor - Insulation below slab	0.141	0.106
5.03	Lightweight Intermediate Floor	0.021	0.055
5.04	Separating Wall (plan) ⁶	0.103	0.114
5.05	Separating Wall (section) ⁶	0.520	0.189
5.06	Stud Partition Wall	0.000	0.000
5.07/5.08	Eaves - Unventilated/Ventilated attic	0.030	0.026
5.09.1/5.10.1	Eaves - Unventilated/Ventilated - Insulation between and under rafters - Dormer	0.032	0.026
5.09.2/5.10.2	Eaves - Insulation between and under rafters - Unventilated/Ventilated void - Pitched Ceiling Dormer	0.014	0.013
5.11.1	Eaves - Ventilated - Insulation between and under rafters - Pitched Ceiling	0.011	0.012
5.11.2	Eaves - Ventilated - Insulation between and under rafters - Pitched with flat Ceiling	0.020	0.017
5.12	Eaves - Insulation between and over rafters - Unventilated rafter void	0.007	0.009
5.13	Ventilated and Unventilated Attic	0.111	0.049
5.14/5.15	Gable - Insulation between and under rafters - Unventilated/Ventilated rafter void	0.049	0.034
5.16	Gable - Insulation between and over rafters - Unventilated rafter void	0.055	0.037
5.17	Flat Roof - Eaves	0.054	0.043
5.18	Flat Roof - Parapet	0.093	0.054
5.19	Ope - Lintel	0.006	0.016
5.20	Ope - Jamb	0.023	0.019
5.21	Ope - Sill	0.012	0.021
5.22.1	Steel Separating Wall through ground floor	0.213	0.263
5.22.2	Steel Partition Wall through ground floor	0.125	0.148
5.23.1	Corner	0.075	0.029
5.23.2	Inverted Corner	-0.045	-0.043
Section G	General Details		
G.01.1	Masonry Separating Wall Head - Section ⁶	0.511	0.484
G.01.2	Masonry Separating Wall Head - Section ⁶	0.488	0.458
G.05.1	Solid Masonry Separating Wall through ground floor	0.201	0.240
Other Details			
5.B.1	Balcony within dwelling ⁴	0.000	0.000
5.B.2	Balcony between dwelling ^{4, 5}	0.020	0.020

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ ASTM C1090-11a

X2. PREFERRED CONDITIONS FOR PERFORMING INFRARED INSPECTIONS OF FRAME CONSTRUCTION

X2.1 Infrared inspection requires a sufficient difference in temperature from inside to outside (DT) for a sufficiently long period of time, as described in this section, to produce discernible differences between areas with studs and areas that may contain insulation. The preferred measurement of DT is surface to surface, because this minimizes problems with accounting for solar and wind effects. Air-to-air measurements are also permitted under this practice. The following environmental conditions are suggested for thermographic inspections:

X2.2 Minimum DT

—Minimum temperature difference (DT) of 10°C (18°F) between interior and exterior surface or ambient air temperatures for a period of 4 h prior to test.

X2.3 Using Ambient Air Temperature Measurements

— Ambient air temperature measurements cannot account for the strong radiative effects of the sun or for convective effects from wind, so the following precautions should be taken when using air temperature measurements for DT:

X2.3.1 Avoid Solar Radiation

—No direct solar radiation on the inspected surfaces for approximately 3 h previous to the inspection for light frame construction and approximately 8 h for masonry veneer construction. DTs greater than 10°C reduce these times. Direct sunlight and other strong sources of thermal radiation make discrimination of uninsulated areas unreliable. Exterior surveys should be performed after sunset and before sunrise for best results.

X2.3.2 Avoid Wind

—For exterior surveys, the wind speed should be less than 6.7 m/s (15 mph) and the building surface should be dry.

X2.4 Other Conditions

—Although it is recommended that the conditions in X2.3-X2.3.2 prevail at the time of inspection, it is recognized that the thermographic inspections can be performed under other conditions if sufficient knowledge is used in taking and interpreting the thermograms. For example, a wall exposed to direct solar radiation will experience a temperature reversal; the studs and voids will appear warm and the insulated section cold on interior inspections. Interior surveys may be possible on veneer surfaces or ceilings under attics an hour or two after sunrise.