

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

Β. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΘΚ3
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Α΄ έκδοση

Αθήνα, Ιούνιος 2011

Ομάδα εργασίας θεματικής ενότητας ΘΚ3:

Μαρία Κουή	Δρ. χημικός μηχανικός, καθηγήτρια, τομέας Επιστήμης & Τεχνικής των Υλικών, της σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
Νίκος Αβδελίδης	Δρ. μηχανικός υλικών, μηχανολόγος μηχανικός, επιστημονικός συνεργάτης, τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, της σχολής Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
Παναγιώτης Θεοδωρακέας	Χημικός μηχανικός, υπ. διδάκτορας, τομέας Επιστήμης & Τεχνικής των Υλικών, της σχολής Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
Πέτρος Σχοινάς	Δρ. μηχανικός, Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π., επιστημονικός συνεργάτης της σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
Ελένη Χειλάκου	Χημικός μηχανικός, υπ. διδάκτορας, τομέας Επιστήμης & Τεχνικής των Υλικών, της σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ	3
1.1.	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	4
1.2.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	6
1.2.1.	Θερμόμετρα, Θερμοκάμερες.....	6
1.2.2.	Παροχόμετρα νερού.....	10
1.2.3.	Θερμιδομετρητές.....	11
1.2.4.	Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας.....	13
1.2.5.	Μετρητές συνημίτονου	14
1.3.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	15
1.3.1.	Μέτρηση θερμοκρασιών- Θερμογραφήματα	16
1.3.2.	Μέτρηση της παροχής νερού. Μέτρηση της παρεχόμενης θερμότητας στα δίκτυα κεντρικών θερμάνσεων.....	23
1.3.3.	Μέτρηση του συντελεστή ισχύος (συνφ) ηλεκτρικής εγκατάστασης.....	24
1.4.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΟΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	25
2.	ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ - ΚΑΥΣΤΗΡΑ.....	30
2.1.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ - ΚΑΥΣΤΗΡΑ.....	30
2.2.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΛΕΒΗΤΑ.....	32
2.2.1.	Μετρήσεις ανάλυσης καυσαερίων λέβητα	33
2.3.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	37
2.3.1.	Υπολογισμός βαθμού απόδοσης λέβητα.....	38
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	40

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Μέτρηση είναι η διαδικασία σύγκρισης ενός μεγέθους με ένα άλλο ομοειδές, που θεωρείται ως πρότυπο (standard) και λαμβάνεται ως μονάδα. Αποτέλεσμα της μέτρησης, είναι ο λόγος (αριθμός) του μετρούμενου μεγέθους προς αυτό του προτύπου. Οι εφαρμογές ενός μετρητικού συστήματος αφορούν την παρακολούθηση - έλεγχο διεργασιών και λειτουργιών καθώς επίσης και την πειραματική ανάλυση τους.

Η έννοια μέτρηση έχει άμεση σύνδεση με την έννοια μέγεθος. Η σύγκριση, την οποία συνεπάγεται μια μέτρηση μπορεί να γίνει με δυο τρόπους, οι οποίοι καθορίζουν και το είδος της μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα, μια μέτρηση μπορεί να γίνει με άμεση σύγκριση του μετρούμενου μεγέθους με ένα πρωτεύον ή δευτερεύον πρότυπο όπως π.χ. η μέτρηση του μήκους με ένα μεταλλικό μέτρο για να μετρηθεί μια απόσταση. Κατά την έμμεση σύγκριση, η μέτρηση γίνεται με τη βοήθεια μιας κατάλληλα κατασκευασμένης μετρητικής συσκευής, η οποία πραγματοποιεί τη σύγκριση και δίνει απευθείας το αποτέλεσμα. Για να μπορεί η μετρητική συσκευή να δώσει ένα αποτέλεσμα πρέπει να είναι κατάλληλα βαθμονομημένη.

Τα όργανα μετρήσεων μπορεί να διακριθούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που παρέχουν το αποτέλεσμα της μέτρησης. Αναλογικά ονομάζονται τα όργανα εκείνα που φέρουν δείκτη πάνω σε μια βαθμονομημένη κλίμακα παρέχοντας έτσι συνεχείς τιμές του μετρούμενου μεγέθους. Η δεύτερη κατηγορία μετρητικών οργάνων είναι τα ψηφιακά που παρέχουν το αποτέλεσμα υπό ψηφιακή μορφή με βηματικές ή ασυνεχείς τιμές του μετρούμενου μεγέθους.

Τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά των οργάνων μέτρησης είναι:

- Η διακριτική ικανότητα (resolution) που ορίζεται ως το ελάχιστο ποσό μεταβολής του μετρούμενου μεγέθους, το οποίο μπορεί να ευαισθητοποιήσει το όργανο.
- Η ευαισθησία (sensitivity) ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της ένδειξης του οργάνου προς τη μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους.
- Η ακρίβεια του οργάνου (accuracy) δείχνει την απόκλιση της ένδειξης από την αληθινή τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Η ακρίβεια του οργάνου δίνεται συνήθως επί τις εκατό της μέγιστης ένδειξης του.
- Ο χρόνος απόκρισης (response time) είναι ο χρόνος που παρέρχεται από την στιγμή που το όργανο διεγερθεί από το μετρούμενο αποτέλεσμα έως ότου ηρεμήσει. Επιθυμητό είναι ο χρόνος απόκρισης του οργάνου μέτρησης να είναι όσο το δυνατό μικρότερος.

Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ένα όργανο μέτρησης πρέπει να είναι κατάλληλα βαθμονομημένο. Η εργασία της βαθμονόμησης (calibration) ουσιαστικά συνίσταται στον καθορισμό της κλίμακας του οργάνου, με βάση τις τιμές του μετρούμενου μεγέθους. Η βαθμονόμηση γίνεται χρησιμοποιώντας πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα πρότυπα ή χρησιμοποιώντας άλλα βαθμονομημένα όργανα. Συνήθως, η βαθμονόμηση ενός οργάνου γίνεται από τους κατασκευαστές. Παρόλα αυτά, ο χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να επαναλάβει τη διαδικασία της βαθμονόμησης έτσι ώστε να μπορεί να επαληθεύει το χορηγούμενο πιστοποιητικό βαθμονόμησης από τον κατασκευαστή και να ελέγχει περιοδικά το όργανο ώστε να προλαμβάνει τυχόν σφάλματα.

Κατά την πραγματοποίηση μιας μέτρησης στο αποτέλεσμα υπεισέρχεται ο όρος σφάλμα που είναι η διαφορά της μετρούμενης τιμής ενός μεγέθους από την πραγματική του τιμή. Σε μια μέτρηση τα σφάλματα μπορεί να είναι σταθερά (fixed errors) τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα, επαναλαμβανόμενες μετρήσεις του ίδιου μεγέθους κάτω από τις ίδιες συνθήκες να απέχουν όλες σταθερά από την αληθινή τιμή κατά το ίδιο ποσοστό. Ένα σύνηθες σταθερό σφάλμα είναι εκείνο που οφείλεται στην ακρίβεια του οργάνου. Τα τυχαία σφάλματα οφείλουν την ύπαρξή τους σε τυχαίους παράγοντες που εμφανίζονται σε μια μέτρηση και τα οποία ποικίλλουν από μέτρηση σε μέτρηση. Ένα τυχαίο σφάλμα που

υπεισέρχεται σε μια μέτρηση μπορεί να οφείλεται στην ανεπαρκή ανάγνωση της ένδειξης ενός αναλογικού οργάνου.

1.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Ένας από τους κεντρικούς στόχους της επιθεώρησης λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης είναι η διαμόρφωση ενεργειακών προτύπων. Τα ενεργειακά αυτά πρότυπα αφορούν την κατανάλωση αναφοράς ή την ειδική κατανάλωση αναφοράς ή τον βαθμό απόδοσης αναφοράς για τις επιμέρους εγκαταστάσεις και συσκευές. Με την χρήση των προτύπων αυτών υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας τόσο πριν όσο και μετά την λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Για την διαμόρφωση των προτύπων αυτών απαιτείται η σωστή μέτρηση και εκτίμηση ενός πλήθους παραμέτρων, οι οποίες δύνανται να κατηγοριοποιηθούν ως ακολούθως:

- Παρεχόμενη ενέργεια τελικής χρήσης στο συγκρότημα, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα καύσιμα.
- Ροή, μετατροπή και διαρροή ενέργειας στις επιμέρους κτιριακές εγκαταστάσεις όπως οι ροές και διαρροές του θερμού νερού, της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμικής ακτινοβολίας.
- Ενεργειακές συνθήκες λειτουργίας των κτιριακών χώρων, όπως οι μέσες τιμές και η διακύμανση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, των πιέσεων και της ταχύτητας των ρευστών. Εδώ επίσης περιλαμβάνεται και η μέτρηση των ωρών λειτουργίας και της συχνότητας διακοπής.

Καθήκον της επιθεώρησης είναι να ελαχιστοποιεί τόσο τα σφάλματα μέτρησης/ εκτίμησης των παραμέτρων αφού η κύρια πηγή σφαλμάτων προέρχεται συνήθως από κακή εκτίμηση-μέτρηση των ροών ενέργειας και μάζας, καθώς και από ελλείψεις μετρήσεων ή στοιχείων για την κατάσταση των καθοριστικών παραγόντων.

Η εκτίμηση των ενεργειακών παραμέτρων γίνεται με βάση κυρίως μετρητικές μεθόδους. Για κάθε υπό εκτίμηση παράμετρο επιλέγεται μία κατάλληλη μετρητική μέθοδος, η οποία δύνανται να περιλάβει μία ή περισσότερες μετρήσεις του ίδιου ή διαφορετικών φυσικών μεγεθών. Παραδείγματος χάριν, για την εκτίμηση της ροής ενέργειας των καυσαερίων ενός λέβητα απαιτείται κατ. ελάχιστο η μέτρηση της θερμοκρασίας, της σύστασης σε O_2 , ή CO_2 , της σύστασης σε CO και υδρατμούς καθώς και της παροχής τους.

Ο επιθεωρητής είναι δυνατόν να κάνει χρήση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας, προκειμένου να απλοποιεί κατά το δυνατό τις απαιτούμενες μετρήσεις, χωρίς να μειώνεται την ακρίβεια των μετρήσεων αυτών. Για παράδειγμα, κατά την εκτίμηση των θερμικών απωλειών των τοιχωμάτων, δεν είναι πάντα δυνατή η απευθείας μέτρηση. Στις περιπτώσεις αυτές συνήθως μετράται κάποιο άλλο μέγεθος (π.χ. η θερμοκρασία τοιχωμάτων), ενώ το ζητούμενο μέγεθος (απώλεια θερμότητας), προκύπτει εμμέσως βάσει προτύπου. Οι μετρήσεις αυτές θα πρέπει να επαναληφθούν για τουλάχιστον 3 φορές, προκειμένου να ληφθούν υπόψη τυχόν φαινόμενα έλλειψης θερμοδυναμικής ισορροπίας ή σφάλματος μέτρησης. Η μέτρηση μιας παραμέτρου θα πρέπει να επαναλαμβάνεται για όλες τις τυπικές συνθήκες υπό τις οποίες αναμένεται να λειτουργεί η εγκατάσταση. Γι' αυτό, παράλληλα με την μέτρηση, ο επιθεωρητής θα πρέπει να προσδιορίζει και τους καθοριστικούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον βαθμό απόδοσης και την ειδική κατανάλωση ενέργειας.

Για να είναι μια μέτρηση χρήσιμη θα πρέπει να είναι και αξιόπιστη. Το να διαθέτει ένας επιθεωρητής εσφαλμένες πληροφορίες είναι πολύ χειρότερο από το να μην τις διαθέτει καθόλου.

Επιπρόσθετα είναι πολύ σημαντικό να μπορεί να κριτικάρει τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ώστε να μπορεί σε γενικές γραμμές να αποφαίνεται για την αξιοπιστία τους.

Τόσο η διαδικασία μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων των προδιαγραφών των οργάνων και της βαθμονόμησής τους, όσο και η διαδικασία εκτίμησης θα πρέπει να γίνεται με βάση τα σχετικά εθνικά πρότυπα (ΕΛΟΤ), εφόσον υπάρχουν τέτοια, ή τα διεθνή πρότυπα (π.χ. CEN, ISO). Παράλληλα, για την εκτίμηση και την μέτρηση των ζητούμενων παραμέτρων, απαιτούνται ακριβή και πλήρη δεδομένα για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην πράξη, διαπιστώνεται ότι σπανίως είναι διαθέσιμα τέτοια στοιχεία. Επίσης, πολλές φορές τα διαθέσιμα μετρητικά όργανα δεν έχουν υποστεί τις προβλεπόμενες διαδικασίες συντήρησης και βαθμονόμησης, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν χαμηλό βαθμό αξιοπιστίας. Ο επιθεωρητής διερευνά το καθεστώς λειτουργίας και συντήρησης των εγκατεστημένων οργάνων και προβαίνει σε εκτιμήσεις για το πιθανόν μετρητικό τους σφάλμα.

Με βάση τις απαιτήσεις και τα κριτήρια της επιθεώρησης, ο επιθεωρητής καταστρώνει ένα πρόγραμμα μετρήσεων, αξιοποιώντας τόσο τα εγκατεστημένα μετρητικά όργανα όσο και τα φορητά. Το πρόγραμμα των μετρήσεων καταστρώνεται κατά την διάρκεια της επιθεώρησης και επομένως, είναι κατά κανόνα σύντομης διάρκειας. Για τον λόγο, αυτό οι μετρήσεις της επιθεώρησης γίνονται σε στιγμιαία και όχι σε εποχιακή ή ετήσια βάση. Στην πραγματικότητα οι μετρήσεις που γίνονται κατά την διάρκεια της επιθεώρησης αφορούν την ισχύ και όχι την ενέργεια αυτή καθαυτή. Η ισχύς ορίζεται ως η ενέργεια στην μονάδα του χρόνου και αποτελεί ένα στιγμιαίο μέγεθος, η μέτρηση του οποίου διαρκεί από μερικά δευτερόλεπτα έως λίγα λεπτά.

Κατά την μέτρηση της ισχύος ο επιθεωρητής θα πρέπει να βεβαιώνεται ότι το σύστημα βρίσκεται σε μία κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας, η οποία πιστοποιείται από την σταθερότητα των ενδείξεων των μετρητών. Συνεπώς, οι μετρήσεις με τα φορητά όργανα κατά την διάρκεια της αυτοψίας δεν δύναται ευθέως να δώσουν πλήρη εικόνα για την μηνιαία ή ετήσια κατανάλωση ενέργειας μιας και δεν μετράται ευθέως ο χρόνος. Αντίθετα, με τις μετρήσεις αυτές διαπιστώνεται ο βαθμός απόδοσης των ενεργειακών εγκαταστάσεων και παρέχονται στοιχεία για την ανάπτυξη του προτύπου της κατανάλωσης αναφοράς. Επιπρόσθετα κατά την επιθεώρηση είναι δυνατός και ο έλεγχος της ακρίβειας των εγκατεστημένων οργάνων μέτρησης. Οι πλέον συνήθεις μετρήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης σε λέβητες και συστήματα θέρμανσης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα μεγέθη:

- Παροχές υγρών ή αερίων καυσίμων.
- Ηλεκτρικές μετρήσεις (τάση, ένταση, ισχύς και συντελεστής ισχύος).
- Θερμοκρασίες ρευστών και στερεών επιφανειών.
- Πιέσεις ρευστών σε σωλήνες, κάμινους ή δοχεία (συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων κενού).
- Συστάσεις και εκπομπές καυσαερίων (CO₂, CO, O₂, καπνός).

1.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Στη συνέχεια ακολουθεί επισκόπηση των κυριότερων μετρητικών οργάνων τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο ως φορητοί όσο και ως σταθεροί μετρητές για την επιτήρηση των μετρήσεων και τη συλλογή δεδομένων κατά την επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης.

1.2.1. Θερμόμετρα, Θερμοκάμερες

Θερμόμετρα: Υπάρχουν δύο τεχνολογίες για μέτρηση θερμοκρασίας σε επιφάνειες τα Θερμόμετρα επαφής, γνωστά ως θερμοηλεκτρικά ζεύγη (thermocouples) και τα υπέρυθρα θερμόμετρα μη-επαφής. Τα μειονεκτήματα των θερμομέτρων επαφής είναι ότι προκαλούν ζημιές στις επιφάνειες, απαιτούν χρόνο προσαρμογής στις θερμοκρασίες για να παρέχουν ακριβή ανάγνωση και έχουν σύντομη διάρκεια ζωής στα σκληρά, οξειδωτικά και υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντα. Για την πλειοψηφία των εφαρμογών όσον αφορά στον έλεγχο εγκαταστάσεων θέρμανσης, η χωρίς επαφή υπέρυθρη (IR) θερμομέτρηση είναι η καλύτερη επιλογή, δεδομένου ότι εξασφαλίζει ασφάλεια και οι έλεγχοι γίνονται πιο γρήγορα και πιο αποδοτικά. Αυτή η λύση επιτρέπει την ασφαλή, μη καταστρεπτική μέτρηση της θερμοκρασίας σε σημεία που είναι ευαίσθητα, κινούμενα, πολύ θερμά ή απρόσιτα.

Κάθε υλικό με θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία, λόγω της θερμικής κίνησης των μορίων του. Η ένταση αυτής της κίνησης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του υλικού. Στοχεύοντας στο υλικό, το θερμόμετρο IR συλλέγει την εκπεμπόμενη υπέρυθρη ενέργεια που περνά στην ατμόσφαιρα, και μέσω του οπτικού του συστήματος τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα που απεικονίζεται ως θερμοκρασιακό μέγεθος, είτε στην οθόνη της συσκευής είτε με μορφή πίνακα ή γραφικής παράστασης σε PC με χρήση λογισμικού. Τα συνηθέστερα θερμόμετρα υπέρυθρου είναι τα σημειακά θερμόμετρα υπέρυθρου ή πυρόμετρα υπέρυθρου, τα οποία μετρούν τη θερμοκρασία σε συγκεκριμένα σημεία της επιφάνειας. Τα φορητά υπέρυθρα θερμόμετρα είναι πολύ εύκολα στη χρήση και λειτουργία - στοχεύοντας το υλικό ή αντικείμενο και διαβάζοντας τη θερμοκρασία στην οθόνη. Ο έλεγχος μιας επιφάνειας με ένα θερμόμετρο IR δείχνει εύκολα τα «θερμά» και «ψυχρά» σημεία. Η χρήση λείζερ βοηθά στον εντοπισμό μικρών στόχων από απόσταση, ακόμη και εκεί όπου ο φωτισμός είναι χαμηλός, και παρέχουν ρυθμιζόμενους φακούς για την απόσταση μέτρησης.



Εικόνα 1: Υπέρυθρα θερμόμετρα μη επαφής.

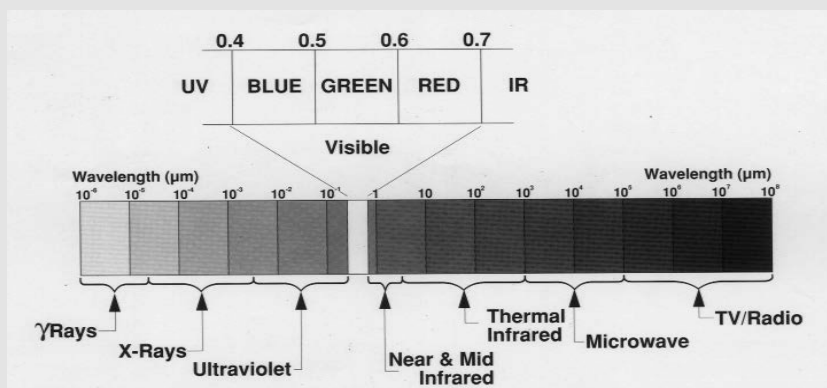
Τα φορητά θερμομέτρα χρησιμοποιούνται κυρίως για τακτικούς, γρήγορους προληπτικούς και περιοδικούς ελέγχους σε πιθανές εφαρμογές όπως:

- Έλεγχος μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού
- Ανίχνευση προβληματικών περιοχών και προσδιορισμός υπερθερμάνσεων
- Παρακολούθηση - καταγραφή θερμοκρασιακών δεδομένων σε δυσπρόσιτα σημεία και έλεγχος αγωγών θέρμανσης και ψύξης
- Πυρασφάλεια - εντοπισμός επικίνδυνων σημείων σε ελαττωματικές ηλεκτρικές συνδέσεις και προσδιορισμός αιτίας πυρκαγιών

Θερμοκάμερες: Η Υπέρυθη Θερμογραφία είναι μία Μη Καταστρεπτική Τεχνική κατά την οποία μετράται και καταγράφεται η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός υλικού ή ενός σώματος στην υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το αποτέλεσμα τέτοιων μετρήσεων είναι το θερμογράφημα, μία θερμική εικόνα της εξεταζόμενης επιφάνειας η οποία μπορεί να παρουσιαστεί είτε σε έγχρωμη είτε σε ασπρόμαυρη μορφή. Η τεχνική της υπέρυθρης θερμογραφίας χρησιμοποιείται για να ληφθούν πληροφορίες όπως συμβατότητα, υγρασία, φθορά, θερμικές απώλειες κ.λπ. στα υπό εξέταση υλικά.

Η θερμογραφία κάνει χρήση στην υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η περιοχή αυτή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιλαμβάνει τα μήκη κύματος από 0.75 έως 1000 μm και περιλαμβάνεται μεταξύ του ορατού φάσματος και αυτό των μικροκυμάτων. Το υπέρυθρο φάσμα διακρίνεται σε τρεις περιοχές: το κοντινό υπέρυθρο (0.75 μm – 1.5μm), το μέσο υπέρυθρο (1.5 μm – 7μm) και το μακρινό υπέρυθρο (7 μm – 1000μm).

Υπέρυθη ακτινοβολία εκπέμπουν όλα τα υλικά λόγω της θερμικής κίνησης των μορίων τους. Η κίνηση αυτή αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού και μειώνεται με τη μείωσή της. Αφού τα μόρια αποτελούνται από ηλεκτρικά φορτία, οι ταλαντώσεις των μορίων δημιουργούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ένταση, η συχνότητα και το μήκος κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας ελέγχεται βασικά από τη θερμοκρασία, και την ικανότητα εκπομπής του υλικού.



Εικόνα 2: Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Κατά την πρόσπτωση της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε ένα σώμα αυτή μπορεί να απορροφηθεί, να ανακλαστεί ή να διαπεράσει το σώμα. Το ποσό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που απορροφάται από το σώμα συνήθως προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του. Ένας ανιχνευτής υπέρυθρου μετατρέπει την υπέρυθη ακτινοβολία που απορροφά ένα υλικό συνήθως σε ηλεκτρικό σήμα. Σήμερα επικρατούν δύο τύποι ανιχνευτών οι θερμικοί (thermal directors) και οι ανιχνευτές φωτονίων.

Οι θερμικοί ανιχνευτές είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να είναι ευαίσθητοι στις θερμοκρασιακές μεταβολές, οι οποίες παρατηρούνται πάνω στο δέκτη απορρόφησης της ακτινοβολίας. Έτσι απορροφώντας ακτινοβολία αυξάνεται η θερμοκρασία του ανιχνευτή και παράγεται ένα ηλεκτρικό σήμα που είναι ανάλογο της απορροφούμενης ενέργειας. Τέτοιοι ανιχνευτές είναι τα θερμοστοιχεία, τα βολτόμετρα (μετρητές της ενέργειας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) και οι πυροηλεκτρικοί ανιχνευτές (πυκνωτές). Ο πιο σπουδαίος θερμικός ανιχνευτής είναι ο βολτομετρικός θερμίστορας (από την ελληνική λέξη βώλος) ο οποίος χρησιμοποιεί τη μεταβολή της αντίστασης ενός ημιαγωγίου φιλμ, όταν αυτό θερμαίνεται από μια θερμική ακτινοβολία.

Οι φωτονικοί ανιχνευτές είναι ημιαγωγοί που χρησιμοποιούν την ενέργεια που περιέχεται στα φωτόνια της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, έτσι ώστε να απελευθερώνονται ηλεκτρόνια και να αυξάνεται η αγωγιμότητα του αγωγού. Μετά τη δημιουργία του ηλεκτρικού σήματος, αυτό φιλτράρεται, ενισχύεται και φθάνει στο monitor όπου σχηματίζεται η υπέρυθη εικόνα (θερμογράφημα). Η εικόνα αυτή όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να είναι έγχρωμη ή ασπρόμαυρη. Στις ασπρόμαυρες οι διάφορες θερμοκρασίες παριστάνονται με διαφορετικές αποχρώσεις του γκριζου. Οι έγχρωμες εικόνες προκύπτουν με τη χρήση μιας αυθαίρετης ψευδοχρωματικής κλίμακας που αντιστοιχεί κάποιο χρώμα σε κάθε θερμοκρασιακό επίπεδο.

Η ανίχνευση και η καταγραφή της υπέρυθρης ακτινοβολίας, καθώς και η δυνατότητα οπτικοποίησής της από τα υπέρυθρα θερμογραφικά συστήματα, έτσι ώστε να είναι κατανοητή από τον άνθρωπο, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τον άμεσο, γρήγορο και αξιόπιστο έλεγχο υλικών, κατασκευών, μηχανολογικών και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων κ.ά. Η εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εξαρτάται βασικά από τη θερμοκρασία της επιφάνειας και το συντελεστή εκπομπής του υλικού. Υπάρχουν και άλλες παράμετροι που μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των μετρήσεων, όπως η απόσταση του αντικειμένου από τη συσκευή μέτρησης ή η γωνία με την οποία γίνεται η θερμογράφιση. Οι δύο βασικές προσεγγίσεις – μεθοδολογίες θερμογραφικού ελέγχου είναι οι εξής:

- Η παθητική προσέγγιση
- Η ενεργητική προσέγγιση

Η κλασική θερμογραφία υπέρυθρου βασίζεται στην πρώτη δυνατότητα καταγραφής και αποτελεί την παθητική μέθοδο θερμογραφικού ελέγχου. Κατά τη μέθοδο αυτή καταγράφεται η εκπεμπόμενη από το σώμα υπέρυθη ακτινοβολία χωρίς την εφαρμογή κάποιας εξωτερικής πηγής θερμότητας και το θερμογράφημα του υπό εξέταση σώματος δείχνει την ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια. Για να μετατραπεί το σήμα της ακτινοβολίας σε δεδομένα θερμοκρασίας, πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τον συντελεστή εκπομπής της επιφάνειας. Επίσης όταν εφαρμόζουμε αυτήν την μέθοδο πρέπει να έχουμε υπ' όψιν μας ότι πάντοτε μετράται η θερμότητα που ακτινοβολείται.

Ο παθητικός θερμογραφικός έλεγχος πραγματοποιείται κατά βάση σε υλικά, εγκαταστάσεις (μηχανολογικές, ηλεκτρολογικές κλπ.) ή κατασκευές που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασιακή κλίμακα από το περιβάλλον (συνήθως υψηλότερη). Οι φθορές, προβληματικές περιοχές, ατέλειες κ.ά εκδηλώνονται με επιφανειακές θερμοκρασιακές μεταβολές που ανιχνεύονται και καταγράφονται από τη θερμοκάμερα. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20°C) η διακριτική ικανότητα του ανιχνευτή υπέρυθρου είναι περίπου 0.2°C.

Οι δύο περιοχές μήκους κύματος, οι οποίες είναι διαπερατές από την ατμόσφαιρα και που χρησιμοποιούνται από τα θερμογραφικά συστήματα είναι αυτή του χαμηλού - μεσαίου μήκους κύματος (2-5.6 μm) και του υψηλού μήκους κύματος (8-14 μm). Η επιλογή του κατάλληλου μήκους κύματος εξαρτάται συνήθως από την εφαρμογή. Γενικότερα πάντως ισχύει ότι:

- Τα θερμογραφικά συστήματα χαμηλού – μεσαίου μήκους κύματος έχουν μεγάλη ευαισθησία σε υψηλές θερμοκρασίες (> της θερμοκρασίας περιβάλλοντος). Περιορίζονται όμως όσον αφορά στην απόσταση καταγραφής – ελέγχου, σε περίπτωση που θέλουμε όμως μόνο ακρίβεια στην μέτρηση της θερμοκρασίας και όχι για εντοπισμό, η οποία κυμαίνεται περίπου στα 200 μέτρα.
- Τα θερμογραφικά συστήματα υψηλού μήκους κύματος από την άλλη, έχουν μεγάλη ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες (< της θερμοκρασίας περιβάλλοντος). Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή μεγαλύτερων αποστάσεων, καθώς η ατμόσφαιρα εξασθενεί λιγότερο στα υψηλά μήκη κύματος.

Ο δεύτερος τρόπος καταγραφής της υπέρυθρης ακτινοβολίας αποτελεί την ενεργητική μέθοδο θερμογραφικού ελέγχου. Κατά την εφαρμογή του χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή θερμικής διέγερσης των υπό εξέταση υλικών και είναι ανεξάρτητος τόσο από την θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού και όσο και από τα θερμοκρασιακά διαφορικά που αναπτύσσονται σ' αυτήν. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται πομπός υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το σύστημα είναι έτσι σχεδιασμένο, ώστε το σώμα να ανακλά την προσπίπτουσα στην επιφάνειά του θερμική ακτινοβολία. Η θέση του ανιχνευτή πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να προσλαμβάνει την ανακλώμενη ακτινοβολία.



Εικόνα 3: Φορητή κάμερα θερμογραφίας υπέρυθρου

Τα κύρια στοιχεία των θερμογραφικών συστημάτων είναι ο imager (κάμερα) και ο επεξεργαστής. Η καρδιά του imager είναι ο ανιχνευτής υπέρυθρου που ψύχεται από ένα ειδικό σύστημα, το stirling cooler, το οποίο λειτουργεί με ήλιο (99,99%), ώστε να είναι πολύ ευαίσθητος στη υπέρυθρη ακτινοβολία. Ο imager μετατρέπει την υπέρυθρη ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα. Ο επεξεργαστής λαμβάνει αυτό το σήμα, το αποθηκεύει στη μνήμη, το επεξεργάζεται βάσει ενός ειδικού software και το εμφανίζει στην οθόνη υπό μορφή θερμογραφήματος. Στα ληφθέντα θερμογραφήματα μπορούν να γίνουν οι εξής επεξεργασίες:

- προσδιορισμός της μέσης θερμοκρασίας του εξεταζόμενου θερμογραφήματος

- αύξηση ή μείωση της ευαισθησίας του ανιχνευτή ανάλογα με τις ανάγκες μας
- σημείωση της ακριβούς θερμοκρασίας σε συγκεκριμένα σημεία του θερμογραφήματος
- βελτίωση της εικόνας του θερμογραφήματος
- απεικόνιση των περιοχών χαμηλών μέσων και υψηλών θερμοκρασιών στο θερμογράφημα
- μεγέθυνση ενός συγκεκριμένου σημείου της εικόνας που μας ενδιαφέρει
- λήψη πολλαπλής εικόνα και σύγκριση μεταξύ τους
- απεικόνιση των διαφόρων θερμοκρασιών ή των μεταβολών της θερμοκρασίας έναντι μιας θερμοκρασίας αναφοράς
- καταγραφή διαφόρων ενδεικτικών στοιχείων που μας ενδιαφέρουν πάνω στην εικόνα
- λήψη ιστογραμμάτων που παρέχουν την κατανομή θερμοκρασιών σε επιλεγμένες περιοχές εντός του ήδη αναπτυχθέντος θερμογραφήματος, κ.ά.

1.2.2. Παροχόμετρα νερού

Για την εκτίμηση της ροής θερμότητας μέσω κάποιου ρευστού, απαιτείται συνήθως η μέτρηση της παροχής (μάζας ή όγκου). Τυπικές μετρήσεις περιλαμβάνουν μετρήσεις παροχής υγρών και αερίων καυσίμων, ατμού και θερμού-ψυχρού νερού ή αέρα. Η εγκατάσταση μετρητών καυσίμου επιβάλλεται σε όλους τους μεγάλους λέβητες και κάμινους. Η εγκατάσταση μετρητών παροχής, επίσης, ενδείκνυται στα δίκτυα ατμού ή στις παροχές νερού διεργασιών και λεβητοστασιών. Σε συνδυασμό με τη μέτρηση της διαφοράς θερμοκρασίας, η μέτρηση της παροχής επιτρέπει τη θερμοδομέτρηση ροών ενέργειας.

Η επιλογή του μετρητή πρέπει να γίνεται προσεκτικά με βάση το είδος του ρευστού, τις προσμείξεις και τις διαβρωτικές ουσίες, το εύρος διακύμανσης των ταχυτήτων και τα διαθέσιμα κονδύλια. Οι συνήθεις αισθητήρες παροχής δύνανται να καταταχθούν ως ακολούθως:

- Μετρητές διαφορικής πίεσης που δείχνουν την πίεση μέσα στους σωλήνες θέρμανσης (τύπου διάτρητου διαφράγματος, σωλήνα Venturi ή σωλήνα Pilot)
- Παρεμβαλλόμενοι μετρητές (τύπου μεταβλητής διατομής, θετικής μετατόπισης, στροβίλου ή δινομετρητή)
- Μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές (τύπου υπερήχων, μαγνητικού μετρητή)
- Μετρητές μάζας (τύπου μετρητές μάζας Coriolis ή στροφορμής).

Ως φορητοί μετρητές συνήθως χρησιμοποιούνται οι σωλήνες Pilot και οι μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές. Οι σωλήνες Pilot συνοδεύονται και από ηλεκτρικό μανόμετρο για τη μέτρηση της ταχύτητας. Οι μετρητές υπερήχων έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό, επιτρέποντας ακρίβεια μέτρησης με σφάλμα της τάξης του 1 με 2%. Απαιτούν σχετικά καθαρά ρευστά και είναι εύκολα στη χρήση. Τοποθετούνται με δαγκάνες επί των σωληνώσεων της μετρούμενης ροής.

Οι πλέον συνήθεις μετρητές για τη μόνιμη μέτρηση της ροής θερμότητας είναι οι μετρητές τύπου στροβίλου και οι δινομετρητές (vortex meters). Επίσης ως μόνιμοι ή/ και φορητοί μετρητές ταχύτητας χρησιμοποιούνται οι μετρητές τύπου θερμού σύρματος (hot wire anemometers). Οι μετρήσεις παροχής θα πρέπει να ακολουθούν πιστά τις οδηγίες του κατασκευαστή των οργάνων. Είναι από τις πλέον δύσκολες και απαιτούν την τακτική βαθμονόμηση των μετρητών, στην οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή.

1.2.3. Θερμιδομετρητές

Οι θερμιδομετρητές είναι συσκευές μέτρησης της πραγματικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Τα όργανα αυτά, τα οποία προστίθενται στη σωλήνωση μετά την ηλεκτροβάννα, μετρούν την παροχή του νερού (ή άλλου μέσου θερμότητας), καθώς και τις θερμοκρασίες προσαγωγής και επιστροφής στο κύκλωμα θέρμανσης. Από τα στοιχεία αυτά υπολογίζεται την πραγματική ενέργεια που καταναλώθηκε.

Οι πλέον διαδεδομένοι και συνηθέστεροι θερμιδομετρητές που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι οι μηχανικοί, η λειτουργία των οποίων περιγράφεται ως εξής:

Το παροχόμετρο ή ογκόμετρο που διαθέτει η θερμιδομετρική διάταξη μετρά τον όγκο και την παροχή του μέσου θερμότητας (συνήθως νερό). Το παροχόμετρο είναι συνήθως ηλεκτρομηχανικό με προπέλα ή φτερωτή, η οποία περιστρέφεται από την ροή του νερού. Η περιστροφή της παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της ροής, δηλαδή της παροχής νερού. Τα αισθητήρια θερμοκρασίας ή θερμόμετρα αντίστασης της θερμιδομετρικής διάταξης μετρούν με υψηλή ακρίβεια τις θερμοκρασίες στους αγωγούς προσαγωγής και επιστροφής του νερού. Το υλικό κατασκευής τους είναι συνήθως πλατίνα για μακρόχρονη σταθερότητα. Το θερμοστοιχείο επιστροφής είναι συνήθως ενσωματωμένο στο κέλυφος του παροχόμετρου, ενώ το θερμοστοιχείο της προσαγωγής μπορεί να εγκατασταθεί μέσα σε κυάθιο ή κατευθείαν πάνω σε μια ειδική σφαιρική βάννα.

Τα δεδομένα μέτρησης του όγκου ροής που λαμβάνονται από το παροχόμετρο και της διαφορά θερμοκρασίας του νερού εισαγωγής με το νερό επιστροφής που λαμβάνονται από τα αισθητήρια, αποθηκεύονται στην υπολογιστική μονάδα, η οποία είναι ουσιαστικά η «καρδιά» του θερμιδομετρητή και ολοκληρώνονται στον χρόνο, υπολογίζοντας το ποσό της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας ($W = Q \times \Delta T$ kWh). Στην υπολογιστική μονάδα είναι ενσωματωμένη η πολυχρηστική οθόνη υγρών κρυστάλλων, συνήθως 6 – 8 ψηφίων, προσφέροντας μεγάλη ευκρίνεια για γρήγορη και εύκολη μέτρηση. Στην οθόνη εμφανίζονται τα δεδομένα της τρέχουσας κατανάλωσης καθώς και άλλες χρήσιμες για τον επιθεωρητή ενδείξεις όπως:

- Θερμική ενέργεια MWh, kWh ή GJ
- Θερμική ισχύς (MW, Kw)
- Θερμοκρασία προσαγωγής
- Θερμοκρασία επιστροφής
- Θερμοκρασιακή διαφορά
- Παροχή νερού (l /h)
- Μέγιστη καταναλωθείσα θερμική ενέργεια (και σε καθορισμένη περίοδο)
- Μέγιστη καταναλωθείσα παροχή (και σε καθορισμένη περίοδο)
- Κωδικό σφάλματος κ.α.

Με αυτό τον τρόπο οι θερμιδομετρητές εξασφαλίζουν μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις, ιδιαίτερα σε μικρές παροχές (έως και 2.5 m³/h) και θερμοκρασιακές διαφορές. Οι θερμιδομετρητές πρέπει να εγκαθίστανται σε προσιτά σημεία, με ξηρό κλίμα μέχρι 55 °C.

Επιπλέον εκτός από τους μηχανικούς θερμιδομετρητές, υπάρχουν και οι θερμιδομετρητές υπερήχων οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως σε πλήθος εγκαταστάσεων. Αυτοί αποτελούνται από το μετρητή ροής του νερού μέσω υπερήχων (ροόμετρο) με παλμική έξοδο, τους δύο λήπτες θερμοκρασίας (αισθητήρια) προσαγωγής και επιστροφής αντίστοιχα, τη μονάδα ολοκλήρωσης των παλμών και μέτρησης της καταναλισκόμενης ενέργειας και τέλος τις απαραίτητες καλωδιώσεις διασύνδεσης. Στην περίπτωση αυτή ο μετρητής ροής νερού, ο οποίος είναι τύπου υπερήχων τοποθετείται συνήθως στην επιστροφή του κυκλώματος. Ο τρόπος λειτουργίας του οργάνου βασίζεται στην τεχνική αμφίδρομης μετάδοσης υπερήχων με τη μέθοδο διαφοράς χρόνου. Τα πλεονεκτήματα

που παρουσιάζουν οι θερμοδομετρητές υπερήχων σε σχέση με τους μηχανικούς θερμοδομετρητές είναι σημαντικά, λόγω του ότι για μεγάλες παροχές εξασφαλίζουν μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις για πολλά χρόνια, χάρη στην απουσία περιστρεφόμενων τμημάτων. Η μικρή κατανάλωση ρεύματος παρατείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας σε 12 χρόνια, με ονομαστική παροχή έως 150 m³/h. Είναι ιδανικοί για μεγάλες, απαιτητικές εγκαταστάσεις, τηλεθέρμανση, βιομηχανικές εφαρμογές, δημοτικά συστήματα παροχής νερού καθώς και εγκαταστάσεις ηλιακών συλλεκτών.



Εικόνα 4: Συστήματα θερμοδομέτρησης

Τέλος ένα από τα πιο εξελιγμένα συστήματα θερμοδομέτρησης που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι οι θερμοδομετρητές ροϊκής ταλάντωσης. Η τεχνολογία αυτή στηρίζει τη λειτουργία της στη μηχανική κίνηση όχι ενός αντικειμένου π.χ. στροβίλου αλλά του ίδιου του ρευστού. Η πρωτοπορία έγκειται στο γεγονός ότι αν το μέσο και όχι ο μετρητής κινείται ή ταλαντώνεται αυτό είναι αδύνατο να φθαρεί και να χάσει με τον καιρό την αξιοπιστία του. Τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τους μηχανικούς μετρητές αλλά και με τους άλλους μετρητές δίχως κινητά μέρη (υπερήχων, μαγνητοεπαγωγικούς) είναι σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, δεν υποφέρουν από τις φθορές των μηχανικών τμημάτων αφού τέτοια δεν υπάρχουν. Εξαιτίας του ότι στην πορεία του υγρού δεν παρεμβάλλονται εμπόδια η πτώση πίεσης είναι πολύ μικρότερη από ότι συνήθως. Ταυτόχρονα επειδή μετρητής και μετρούμενο είναι ουσιαστικά το ίδιο, η δυναμική περιοχή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από ότι στους μηχανικούς μετρητές. Επίσης, οι μετρητές αυτοί δεν υποφέρουν από την ύπαρξη αέρα ή μικροσωματιδίων εντός του υγρού όπως οι τύπου υπερήχων. Η ύπαρξη βρωμιάς και επικαθήσεων αντισταθμίζεται από το φαινόμενο του αυτοκαθαρισμού που εμφανίζεται λόγω ταλάντωσης μόνο στους μετρητές του είδους αυτού. Ακόμα και τα ρινίσματα σιδήρου ή μαγνητίτη στο νερό από τα οποία υποφέρουν οι μαγνητοεπαγωγικοί δεν έχουν καμία επίδραση στη μέτρηση. Ούτε και η αγωγιμότητα του νερού ή οι πιθανές μεταβολές της μειώνουν την ακρίβεια.

Όσον αφορά στην τοποθέτησή τους, αυτή γίνεται όπως σε όλους τους μετρητές χωρίς κινητά μέρη σε οποιαδήποτε θέση οριζόντια ή κάθετη. Όμως σε περίπτωση βλάβης ή προγραμματισμένης συντήρησης υπερτερούν σημαντικά, λόγω του ότι δε χρειάζονται εκ νέου ρύθμιση της ακρίβειας του οργάνου και ευθυγράμμιση των πιεζοκρυστάλλων, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των υπερήχων. Το ίδιο συμβαίνει και σε περίπτωση βλάβης. Ένα και μόνο άτομο είναι δυνατό να επισκευάσει τη βλάβη ή να καθαρίσει το μετρητή ακόμα και αν αυτός είναι 1m³/h ή 400m³/h. Ταυτόχρονα οι μετρητικές κεφαλές είναι ίδιες για όλα τα μοντέλα. Η ακρίβεια των μετρητών αυτών παραμένει ουσιαστικά αναλλοίωτη κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους. Ωστόσο λόγω της υψηλής τους τεχνολογίας και της

μηχανουργικής τους ακρίβειας αποτελούν ακριβές κατασκευές. Για μικρές καταναλώσεις έως 2.5 m³/h θεωρούνται ακριβοί σε σχέση με τους μηχανικούς μετρητές. Παραμένουν ωστόσο και για τις καταναλώσεις αυτές πολύ καλές επιλογές με μεγάλη αξιοπιστία και ακρίβεια αν το κόστος δεν αποτελεί σημαντικό περιορισμό. Για καταναλώσεις μεγαλύτερες των 2.5 m³/h έως και 400m³/h θεωρούνται ιδανικοί. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, τηλεθέρμανση, βιομηχανικές εφαρμογές, κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, ηλιακές θερμάνσεις είναι τομείς στους οποίους η τεχνολογία της ροϊκής ταλάντωσης ξεδιπλώνει τα μοναδικά της χαρακτηριστικά.



Εικόνα 5: Σύστημα θερμοδομέτρησης ροϊκής ταλάντωσης

1.2.4. Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας

Στην πράξη για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο επαγωγικοί μετρητές. Οι επαγωγικοί μετρητές αποτελούνται από δυο σταθερούς ηλεκτρομαγνήτες, τον αμπερομετρικό και τον βολτομετρικό, που επενεργούν πάνω σε ένα δίσκο από αλουμίνιο. Ο αμπερομετρικός ηλεκτρομαγνήτης δημιουργεί μία ροή Φ_i ανάλογη προς την ένταση που απορροφά ο καταναλωτής, ενώ ο βολτομετρικός ηλεκτρομαγνήτης δημιουργεί μία ροή Φ_v ανάλογη προς την τάση που εφαρμόζουμε στον καταναλωτή. Λόγω κατασκευής οι δυο μαγνητικές ροές Φ_i και Φ_v βρίσκονται σε φασική απόκλιση μεταξύ τους και δημιουργούν συνιστάμενο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες αναπτύσσονται δινορεύματα στο δίσκο, πάνω στα οποία ασκούνται δυνάμεις Laplace με αποτέλεσμα να έχουμε περιστροφή. Στο δίσκο του οργάνου ασκείται μία μικρή ροπή και όταν δεν έχουμε συνδεδεμένη κατανάλωση στο όργανο. Για να αποφύγουμε τη μικρή ροπή στρέψης που αναπτύσσεται σ' αυτή την περίπτωση, τοποθετούμε στο όργανο ένα μικρό μόνιμο μαγνήτη και ένα μικρό σιδερένιο κομμάτι στον άξονα. Όταν στο μετρητή συνδέσουμε ένα άεργο καταναλωτή, ο δίσκος δεν θα περιστραφεί. Η κινούσα ροπή M_k που αναπτύσσεται στο όργανο είναι ανάλογη της τάσης U , του ρεύματος I , του συνημίτονου της γωνίας φ και μιας σταθεράς c , δηλαδή:

$$M_k = CU \text{I} \sin \varphi$$

όπου C = στροφές που παίρνει ο δίσκος, για να έχουμε μία kWh

Με βάση τα παραπάνω ο δίσκος μετράει την πραγματική ισχύ που απορροφά, ο καταναλωτής, επί το χρόνο που αυτός είναι συνδεδεμένος στο κύκλωμα. Επομένως ο μετρητής μετράει την ενέργεια που καταναλώνεται από ένα μονοφασικό καταναλωτή. Όταν ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τριφασικός, χρησιμοποιούνται τρεις αμπερομετρικοί και τρεις βολτομετρικοί ηλεκτρομαγνήτες κατάλληλα συνδεδεμένοι, για να μπορεί ο μετρητής να μετράει ενέργεια που καταναλώθηκε από τριφασικό ή μονοφασικό φορτίο.

Οι φορητοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας (εικόνα 6) που χρησιμοποιούνται για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας ουσιαστικά παρακολουθούν και ελέγχουν την ποσότητα της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, αναγνωρίζουν τις περιοχές όπου θα μπορούσε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας, απεικονίζουν τη στιγμιαία χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε Κιλοβάτ και υπολογίζουν το κόστος της κατανάλωσης.



Εικόνα 6: Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.2.5. Μετρητές συνημίτονου

Οι μετρητές συνημίτονου αποτελούν φορητά όργανα που μετρούν το συντελεστή ισχύος ή ελέγχουν τα συστήματα διόρθωσης. Για τη μέτρηση ωστόσο του συντελεστή ισχύος δικτύων και εγκαταστάσεων χρησιμοποιούνται οι φορητοί αναλυτές ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι παράλληλα μετρούν, καταγράφουν και αναλύουν τα δεδομένα και άλλων ηλεκτρικών μεγεθών του δικτύου. Τα όργανα αυτά ενσωματώνουν σε μία κατάλληλη φορητή μορφή όλες τις δυνατότητες μέτρησης, καταγραφής και ελέγχου της ποιότητας της ενέργειας και περιλαμβάνουν λογισμικά που παρέχουν τις δυνατότητες γραφικής απεικόνισης κι ανάλυσης όλων των δεδομένων. Οι μετρήσεις, οι οποίες διαβάζονται στην οθόνη του οργάνου, περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να γίνουν ανά φάση και στο σύνολο της τάσης, έντασης, φαινόμενης άεργου και ενεργού ισχύος. Επιπρόσθετα παρέχουν αποτελέσματα του συντελεστή ισχύος (συνφ) και της κατανάλωσης ενέργειας. Οι στιγμιαίες μετρήσεις ανανεώνονται ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα ενώ επίσης, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης τους στη μνήμη (memory pack) για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 7: Πολύμετρο μέτρησης του συντελεστή ισχύος

Οι αποθηκευμένες στη μνήμη (memory rack) μετρήσεις υφίστανται επεξεργασία με ένα λογισμικό πακέτο. Από τα αποτελέσματα αυτά δημιουργούνται γραφήματα που απεικονίζουν την απορρόφηση ισχύος κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων καθώς και τη διακύμανση του συνφ, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh) του μετρούμενου μηχανήματος, για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καθώς και την άεργο ισχύ, ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.

1.3. ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Πριν την πραγματοποίηση των μετρήσεων για την ενεργειακή επιθεώρηση των λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης είναι απαραίτητος ο κατάλληλος σχεδιασμός την ενεργειακής επιθεώρησης. Τα στάδια σχεδιασμού και μεθοδολογίας της μέτρησης είναι τα εξής:

- Σχεδιασμός μέτρησης: Περιλαμβάνει την συγκέντρωση όλων των σχετικών τεχνικών στοιχείων που απαιτούνται για την εκτέλεση της μέτρησης. Πριν την πραγματοποίηση μιας μέτρησης χρήσιμη είναι η συλλογή πληροφοριών όπως τύπος λέβητα (ατμολέβητας, ατμογεννήτρια, λέβητας ζεστού νερού), δυναμικότητα του λέβητα σε kW ή kcal, είδος καυσίμου (πετρέλαιο, μαζούτ, φυσικό αέριο) ώρες λειτουργίας, κατανάλωση καυσίμου ανά ώρα κ.λπ.
- Επίσκεψη στο λεβητοστάσιο: Κατά την επίσκεψη στο λεβητοστάσιο γίνεται η πιστοποίηση των τεχνικών στοιχείων των λεβήτων. Μετά τη διερεύνηση για τη δυνατότητα μέτρησης και εύκολη πρόσβαση, επιλέγονται τα μέρη στα οποία θα γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις για την λήψη δεδομένων.
- Προετοιμασία μέτρησης και λήψη δεδομένων: Πριν από την εκτέλεση μιας μέτρησης θα πρέπει ο λέβητας να βρίσκεται σε λειτουργία για το απαραίτητο χρονικό διάστημα έτσι ώστε να έχει φθάσει σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας. Παράλληλα ο επιθεωρητής πρέπει να διαθέτει όλα τα κατάλληλα μετρητικά όργανα τα οποία παρέχουν τα δεδομένα για την λήψη συμπερασμάτων όσον αφορά τον ενεργειακό έλεγχο.
- Επεξεργασία αποτελεσμάτων μέτρησης: Μετά τη λήψη δεδομένων και με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών είναι δυνατή η λήψη συμπερασμάτων και η κατασκευή εποπτικών διαγραμμάτων τα οποία βοηθούν τον επιθεωρητή στην έκβαση των αποτελεσμάτων όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση του λέβητα και των συστημάτων θέρμανσης.

Σε περίπτωση που κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις ή δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν οι απαιτήσεις ακριβείας λόγω χρονικών, μετρητικών, τεχνικών ή άλλων περιορισμών, οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί κατά τον σχεδιασμό της επιθεώρησης, τότε ο επιθεωρητής καταστρώνει ένα αναλυτικό πρόγραμμα Μετρήσεων και Διαπίστευσης (M&D). Ένα πρόγραμμα M&D περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των απαιτούμενων οργάνων, των απαιτούμενων μετρήσεων, των τυπικών συνθηκών λειτουργίας και των μεθόδων ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων. Σκοπός του προγράμματος M&D είναι να διαπιστευτεί και τεκμηριώσει τις μετρήσεις και τις εκτιμήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης, τόσο για την κατανάλωση αναφοράς όσο και για τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Επίσης, αποσκοπεί στη δημιουργία ενός αντικειμενικού συστήματος για τον έλεγχο της εξοικονόμησης ενέργειας που πραγματοποιείται μετά την λήψη των σχετικών μέτρων.

1.3.1. Μέτρηση θερμοκρασιών- Θερμογραφήματα

Η ασυνήθιστη άνοδος της θερμοκρασίας σε σημεία μιας επιφάνειας, εκτός των προβλεπόμενων ορίων, αποτελεί σαφή ένδειξη δυσλειτουργίας/προβλήματος που υφίσταται την παρούσα χρονική στιγμή ή πρόκειται να παρουσιαστεί στο εγγύς μέλλον. Τα «ψυχρά- θερμά σημεία» ή οι θερμοκρασίες επιφάνειας πέρα από τα αναμενόμενα επίπεδα θα μπορούσαν να είναι ενδείξεις προβλημάτων στη λειτουργία συστημάτων θέρμανσης. Η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει επομένως να είναι πρώτη στον κατάλογο των ελέγχων ενός επιθεωρητή. Οι προγραμματισμένοι έλεγχοι θερμοκρασίας δείχνουν ακριβώς τα πιθανά ή υπάρχοντα προβλήματα και επιτρέπουν τη γρήγορη διενέργεια με τις απαραίτητες προσαρμογές για την ενεργειακή αναβάθμιση σε λέβητες και συστήματα θέρμανσης.

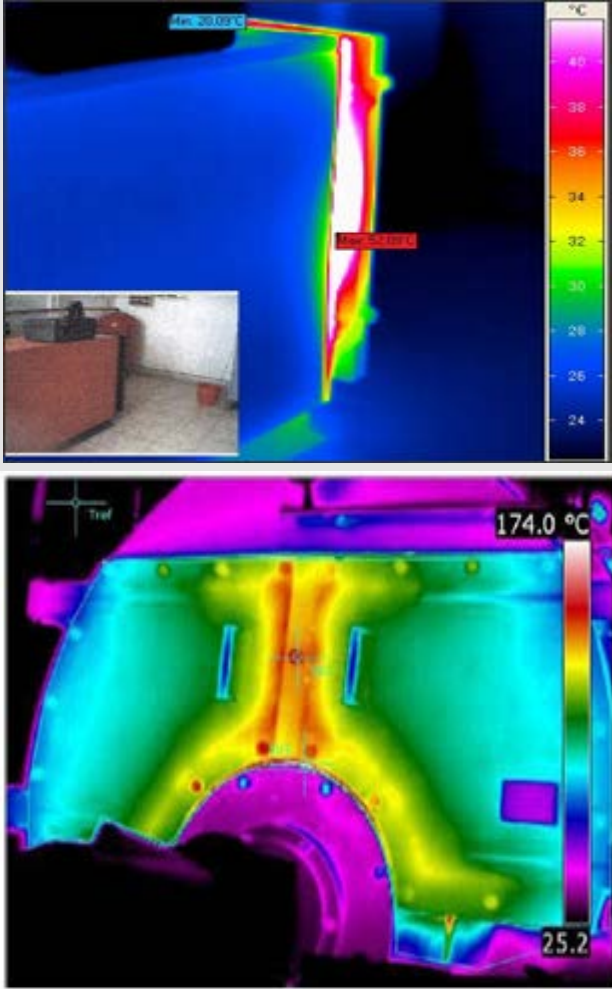
Τα φορητά υπέρυθρα θερμοόμετρα είναι πολύ εύκολα στη χρήση και λειτουργία. Στοχεύοντας το υλικό ή αντικείμενο, φωτογραφίζεται και διαβάζεται η θερμοκρασία στην οθόνη. Ο έλεγχος μιας επιφάνειας με ένα θερμοόμετρο IR μας δείχνει εύκολα τα «θερμά» και «ψυχρά» σημεία. Η χρήση λέιζερ βοηθά στον εντοπισμό μικρών στόχων από απόσταση, ακόμη και εκεί όπου ο φωτισμός είναι χαμηλός. Συχνά η ανάγνωση μόνο δεν είναι αρκετή. Στην προληπτική συντήρηση και στον έλεγχο θερμικών απωλειών απαιτείται η δυνατότητα σύγκρισης και ανάλυσης των δεδομένων, αλλά και η πιστοποίηση της διαδικασίας των μετρήσεων. Γι' αυτό, τα σύγχρονα IR θερμοόμετρα διαθέτουν δυνατότητες αποθήκευσης πολλών θερμοκρασιακών δεδομένων σε μια διαδρομή ελέγχου, επιλογές οθόνης για απεικόνιση μέγιστης, ελάχιστης και μέσης θερμοκρασίας όπως και διαφοράς θερμοκρασίας ή ενεργοποίησης συναγερμών κατά την καταγραφή μιας θερμοκρασίας πέρα από το επιθυμητό όριο.

Ο έλεγχος στα λεβητοστάσια και σε συστήματα θέρμανσης με τη χρήση της θερμογραφίας υπέρυθρου αποσκοπεί στον εντοπισμό περιοχών απώλειας θερμότητας, στον έλεγχο των σκληνώσεων του συστήματος θέρμανσης για τυχόν διαρροές, στον έλεγχο του μηχανολογικού εξοπλισμού για τυχόν υπερθερμάνσεις, εντοπισμό περιπτώσεων μη ικανοποιητικής λειτουργίας θερμαντικών σωμάτων και στον έλεγχο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για την ανίχνευση εσωτερικών προβλημάτων. Η εφαρμογή της θερμογραφίας υπέρυθρου και η χρήση της θερμοκάμερας έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή της αόρατης υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός σώματος σε ορατή. Κατά την επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης εφαρμόζεται ο παθητικός θερμογραφικός έλεγχος δηλαδή μετράται και καταγράφεται η ακτινοβολία που εκπέμπεται από καθαυτό το υπό εξέταση αντικείμενο. Για το λόγο αυτό, πριν την θερμογράφιση θα πρέπει οι λέβητες και τα συστήματα θέρμανσης να λειτουργούν στις συνήθεις θερμοκρασίες λειτουργίας τους έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικές.

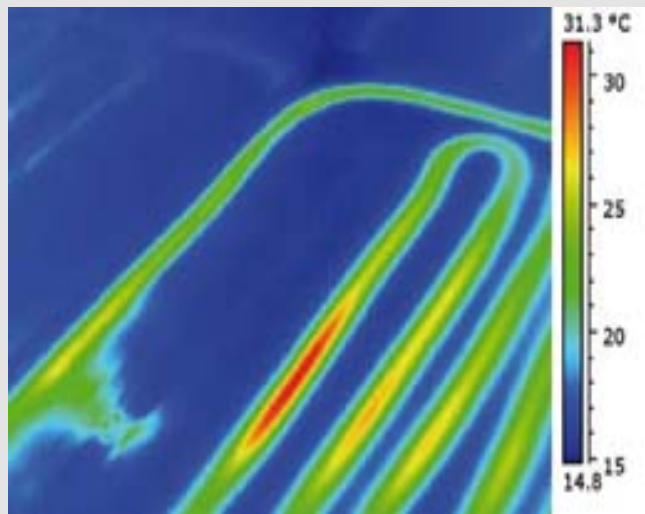
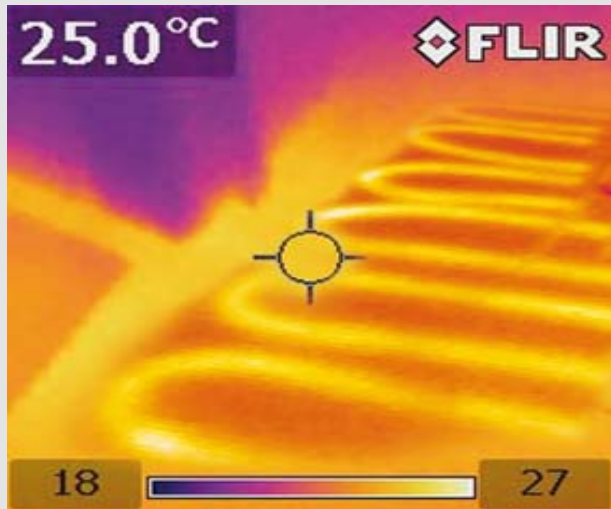
Πριν την εφαρμογή του θερμογραφικού ελέγχου πρέπει να γίνεται ο κατάλληλος σχεδιασμός της μέτρησης. Ο σχεδιασμός της μέτρησης αφορά την επαφή του επιθεωρητή με το υπό εξέταση σύστημα

και τον προσδιορισμό των σημείων μέτρησης. Ο κατάλληλος σχεδιασμός απαιτεί την συλλογή στοιχείων όπως υλικό και πάχος της μόνωσης του λέβητα, τη θερμοκρασία καύσης του καυστήρα, τη διάμετρος των σωληνώσεων, το συνολικό μήκος αγωγών κ.λπ.. Χαρακτηριστικά παραδείγματα θερμογραφικού ελέγχου σε περιπτώσεις εξέτασης λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

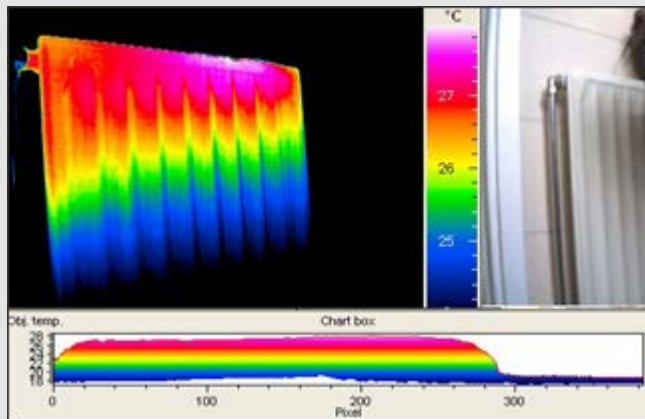
Πίνακας 1: Περιπτώσεις παθητικού θερμογραφικού ελέγχου σε λέβητες και συστήματα θέρμανσης.

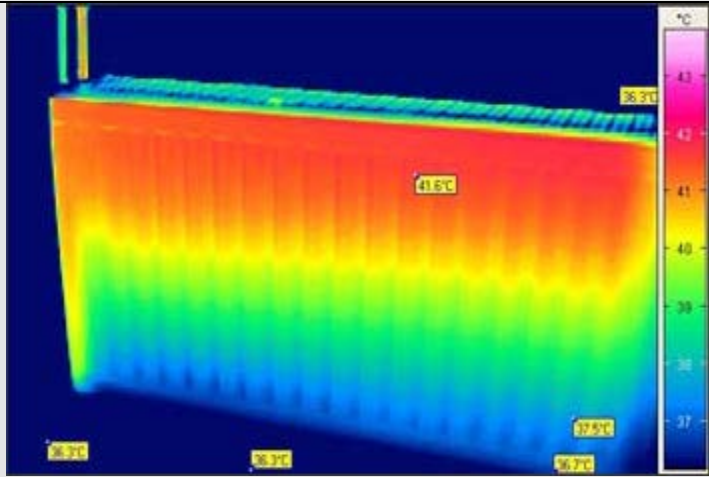
Θερμογραφικός έλεγχος σε λέβητες και συστήματα θέρμανσης	Θερμικές εικόνες
<p>Καταγραφή θερμικών απωλειών, από τα τοιχώματα λέβητα, λόγω ελλιπούς ή κατεστραμμένης θερμομόνωσης του. Κατά την θερμογράφιση του λέβητα παρουσιάζονται περιοχές με αυξημένη φαινόμενη θερμοκρασία βάση των οποίων μπορούν να ανιχνευθούν οι θερμικές απώλειες λόγω της κακής θερμομόνωσης του λέβητα.</p>	

Έλεγχος της επιδαπέδιας θέρμανσης και των σωληνώσεων του συστήματος θέρμανσης. Με την θερμογραφία υπερέυθρου είναι δυνατή η ανίχνευση τυχόν διαρροών από τις σωληνώσεις και ο προσδιορισμός των σημείων που χρειάζονται άμεσης επισκευής.

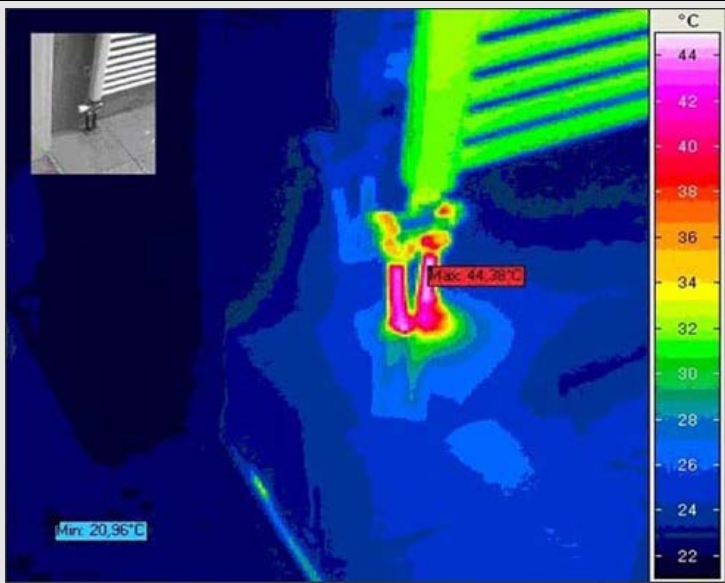


Αποτύπωση θερμοκρασιακής κατανομής στην επιφάνεια του σωμάτων καλοριφέρ. Με την μέθοδο της θερμογραφίας είναι δυνατή η καταγραφή της απόδοσης θερμικών σωμάτων.

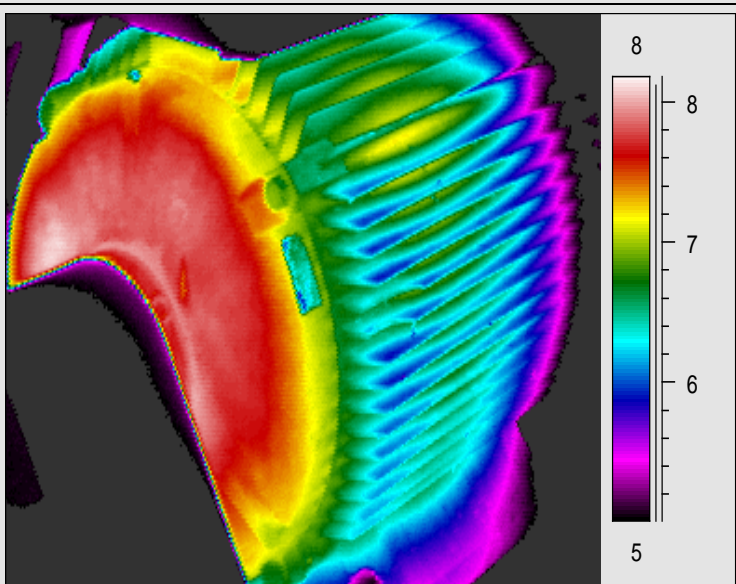


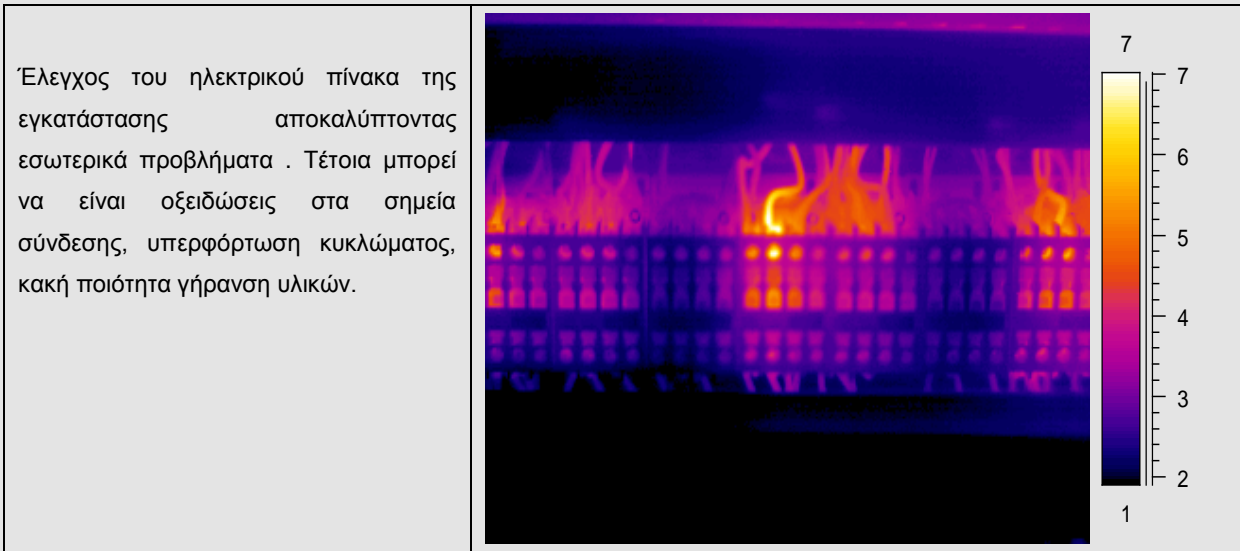


Ο έλεγχος για τυχόν προβληματικές λειτουργίες. Η εφαρμογή του θερμογραφικού ελέγχου στο σώμα καλοριφέρ ανέδειξε πρόβλημα λειτουργίας του διακόπτη του σώματος. Ο διακόπτης ενώ περιστρεφόταν από το min στο max, εσωτερικά είχε κολλήσει με αποτέλεσμα να μην επιτρέπει την ικανοποιητική παροχέτευση νερού.



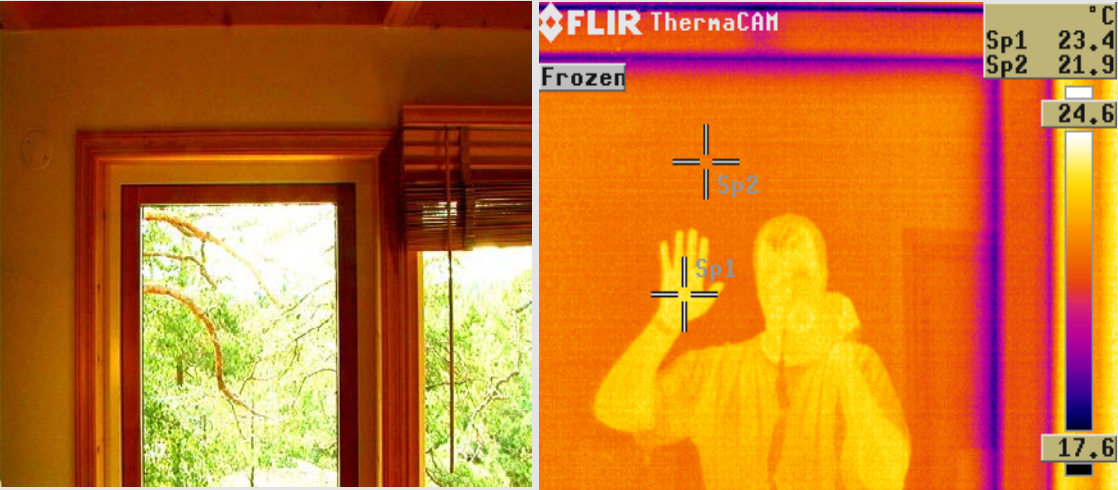
Ο θερμογραφικός έλεγχος στον μηχανολογικό εξοπλισμό του λεβητοστασίου μπορεί να καταγράψει τυχόν υπερθερμάνσεις οι οποίες οφείλονται σε δυσλειτουργία ή πιθανό μελλοντικό πρόβλημα.





Κατά την λήψη θερμικών εικόνων υπάρχουν συγκεκριμένοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη έτσι ώστε τα αποτελέσματα να παρουσιάζουν αξιοπιστία και ακρίβεια. Μια θερμική εικόνα απεικονίζει την ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός σώματος. Όπως έχει προαναφερθεί, η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας έχει άμεση σχέση με την θερμοκρασία του σώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι η εκπομπή ακτινοβολίας. Ένα σύνηθες λάθος που γίνεται κατά την ερμηνεία μιας θερμικής εικόνας είναι ότι αυτή απεικονίζει μια θερμοκρασιακή κατανομή ενώ ουσιαστικά παρουσιάζει την ένταση της ακτινοβολίας. Κατά τη λήψη ενός θερμογραφήματος και κατά την ερμηνεία μιας θερμικής εικόνας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες:

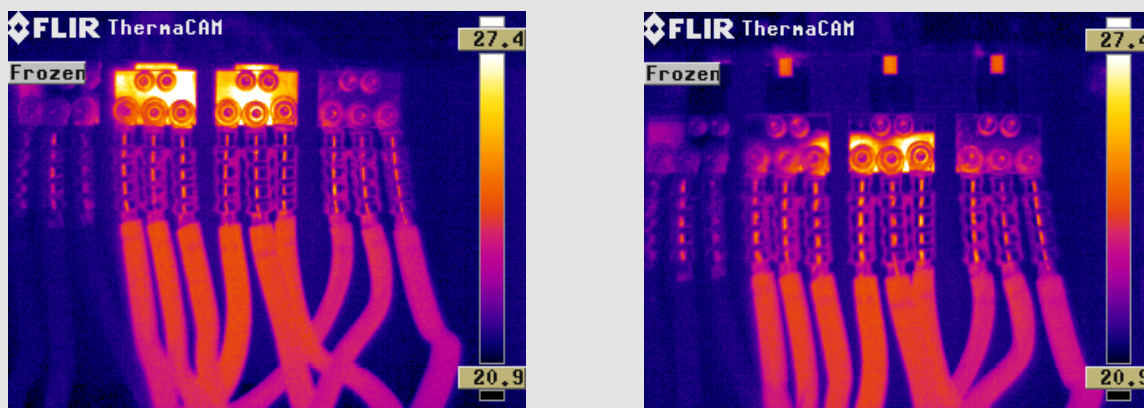
- τυχόν αντανάκλασεις από το περιβάλλον – γωνία λήψης θερμογραφήματος
- ο συντελεστής εκπομπής του υπό εξέταση αντικείμενου
- η ρύθμιση του θερμοκρασιακού εύρους της φαινόμενης θερμοκρασίας
- σωστή εστίαση και η απόσταση της κάμερας από το υπό εξέταση αντικείμενο



Εικόνα 8: Πραγματική (αριστερά) και θερμική (δεξιά) απεικόνιση ενός παραθύρου.

Κατά την λήψη ενός θερμογραφήματος είναι δυνατή η καταγραφή της φαινόμενης θερμοκρασίας. Στην εικόνα 8, παρουσιάζεται ένα παράθυρο στην πραγματική εικόνα και στην αντίστοιχη θερμική εικόνα. Όπως είναι εμφανές υπάρχει ένας άντρας που φαίνεται στην θερμική εικόνα σε αντίθεση με

την πραγματική εικόνα που μπορούμε να δούμε τι υπάρχει εξωτερικά του κτηρίου. Το παράθυρο εμφανίζεται θερμότερο στην περιοχή που ο άντρας αντανάκλαται (Sp 1 και 2) ενώ πραγματικά το παράθυρο έχει την ίδια θερμοκρασία σε όλη την επιφάνειά του εκτός από μία μικρή περιοχή γύρω από το κούφωμα. Από το παραπάνω παράδειγμα είναι εμφανές ότι η θερμική εικόνα παρουσιάζει ένταση της ακτινοβολίας και όχι κατανομή της θερμοκρασίας. Ένας εύκολος τρόπος για να κατανοηθεί αν η χρωματική διαφορά στο θερμογράφημα οφείλεται σε ανεπιθύμητες αντανάκλασεις ή όντως οφείλεται σε μια ανωμαλία είναι να ληφθούν διάφορα θερμογραφήματα της υπό εξέταση επιφάνειας από διαφορετικές γωνίες λήψης. Αν η ψευδοχρωματική διαφορά παρουσιάζεται σε όλες τις λήψεις τότε η ακτινοβολία που καταγράφει η κάμερα οφείλεται σε εκπομπή από την επιφάνεια του υπό εξέταση αντικείμενου. Αν κατά την αλλαγή γωνίας λήψης μετακινείται και η ψευδοχρωματική διαφορά στον στόχο τότε πρόκειται για ανακλάσεις. Σε γενικές γραμμές κατά την επιθεώρηση με τη χρήση της θερμογραφίας υπερύθρου, ο επιθεωρητής πρέπει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται αν η ανακλώμενη ακτινοβολία προέρχεται από την εκπομπή του πραγματικού στόχου ή ανακλάται από αντικείμενα του γειτονικού περιβάλλοντος.

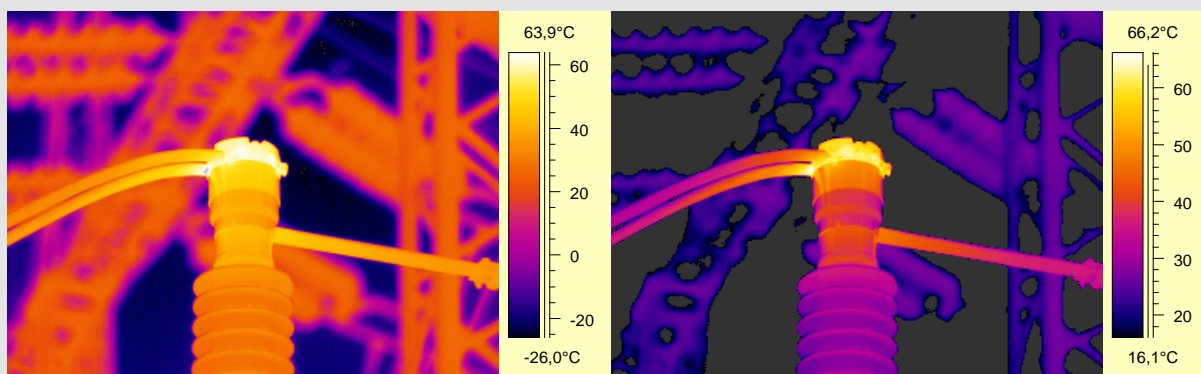


Εικόνα 9: Θερμικές εικόνες από τον έλεγχο ηλεκτρολογικής εγκατάστασης που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ανεπιθύμητων αντανάκλασεων, στην πρώτη περίπτωση (αριστερά) ανιχνεύονται 2 θερμότερες-προβληματικές περιοχές στην συνδεσμολογία ενώ από ελαφρώς διαφορετική λήψη (δεξιά) του ίδιου στόχου μία.

Πέρα από τις αντανάκλασεις από το περιβάλλον άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει τη λήψη ενός θερμογραφήματος είναι και αυτός του συντελεστή εκπομπής. Ως συντελεστής εκπομπής ορίζεται ο λόγος της ενέργειας που εκπέμπει ένα αντικείμενο προς την ενέργεια που εκπέμπει το μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία και μήκος κύματος. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής εκπομπής απαιτείται για να περιγράψει το μέρος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ενός μέλανος σώματος, που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Ο τρόπος με τον οποίο μια επιφάνεια θα αποτυπωθεί σε μία θερμική εικόνα εξαρτάται όχι μόνο από την θερμοκρασία της αλλά και από τον συντελεστή εκπομπής της. Γενικά για πραγματικούς στόχους με υψηλό συντελεστή εκπομπής η φαινόμενη θερμοκρασία που ανιχνεύεται με μια θερμική κάμερα είναι κοντά στην πραγματική θερμοκρασία της επιφάνειας. Σε περιπτώσεις χαμηλού συντελεστή εκπομπής η φαινόμενη θερμοκρασία του στόχου επηρεάζεται από τη φαινόμενη θερμοκρασία των αντικειμένων του περιβάλλοντος, με άλλα λόγια είναι πιθανό το θερμογράφημα να επηρεάζεται από ανεπιθύμητες αντανάκλασεις όπως και στην περίπτωση της παραπάνω εικόνας και τα αποτελέσματα να είναι μη αξιόπιστα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον συντελεστή εκπομπής ενός υλικού είναι οι εξής:

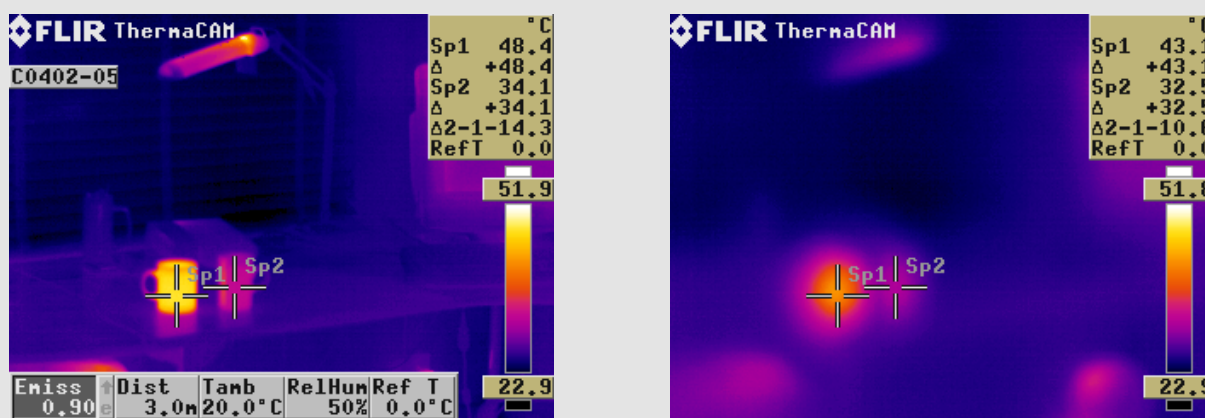
- Υλικό
- Επιφανειακή δομή
- Γεωμετρία επιφάνειας
- Γωνία λήψης

Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει τις μετρήσεις με την εφαρμογή της θερμογραφίας υπερέυθρου είναι η ρύθμιση του σωστού θερμοκρασιακού εύρους που έχει ως άμεσο στόχο την τοποθέτηση των χρωμάτων της εικόνας επί του αντικειμένου της ανάλυσης ώστε να αυξηθεί η αντίθεση (contrast). Κάθε θερμοκάμερα έχει την δυνατότητα ρύθμισης του θερμοκρασιακού εύρους που σχετίζεται με την χρωματική απεικόνιση των αντικειμένων στο θερμογράφημα. Η προσαρμογή του εύρους στην υπό εξέταση επιφάνεια και όχι ως προς το περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ανιχνευσιμότητας προβληματικών περιοχών αφού αυξάνεται η αντίθεση στην συγκεκριμένη επιφάνεια. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα λανθασμένης και σωστής ρύθμισης του θερμοκρασιακού εύρους παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Λανθασμένη ρύθμιση θερμοκρασιακού εύρους (αριστερά), σωστή ρύθμιση θερμοκρασιακού εύρους (δεξιά).

Τέλος τόσο η εστίαση όσο και η επιλογή της απόστασης της κάμερας από το υπό εξέταση αντικείμενο έχουν άμεση σχέση με τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων κατά την εφαρμογή του θερμογραφικού ελέγχου. Η εστίαση όπως και κατά τη λήψη μιας πραγματικής εικόνας πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα πριν τη λήψη θερμογραφημάτων. Η κακή εστίαση και η μεγάλη απόσταση μπορούν να δώσουν μη ικανοποιητικές μετρήσεις.



Εικόνα 11: Αποκλίσεις από τη μέτρηση της φαινόμενης θερμοκρασίας λόγω κακής εστίασης της κάμερας.

1.3.2. Μέτρηση της παροχής νερού. Μέτρηση της παρεχόμενης θερμότητας στα δίκτυα κεντρικών θερμάνσεων.

Κατά τη μέτρηση παροχής νερού, οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για να υπάρξει μέτρηση χαρακτηριστικών ροής είναι οι εξής:

- Μικρό μέγεθος μετρητικού οργάνου ώστε να ελαχιστοποιείται η επίδραση του στη ροή.
- Γρήγορη απόκριση του οργάνου
- Σωστή βαθμονόμηση του οργάνου
- Οι μετρήσεις να παρουσιάζουν ακρίβεια

Η μέτρηση της παροχής νερού μπορεί να μετρηθεί προσδιορίζοντας είτε την ταχύτητα της ροής, είτε την παροχή μάζας ή τέλος την παροχή όγκου του ρευστού. Μια μεγάλη κατηγορία τεχνικών μέτρησης παροχής νερού πραγματοποιείται μέσω μεθόδων μέτρησης διαφοράς πίεσης. Η διαφορά πίεσης προξενείτε συνήθως με μια απότομη μεταβολή της διατομής του σωλήνα (στένωση) με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της ροής και επομένως την πτώση της πίεσης, μέτρηση της οποίας μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση της παροχής νερού. Η χρήση παροχόμετρων νερού διαφορικής πίεσης είναι εύκολα στην εγκατάσταση, απλής γεωμετρίας και με μικρό κόστος αλλά παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες.

Με τη χρήση των παροχόμετρων με υπερήχους, ένας παλμός υπέρηχου εκπέμπεται ταυτόχρονα από δύο κρυστάλλους. Αν η διάρκεια του παλμού είναι σύντομη ως προς τον χρόνο διέλευσης του υπερήχου μέσω του σωλήνα τότε ο κάθε κρύσταλλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως δέκτης. Η μετρούμενη διαφορά του χρόνου t είναι ανάλογη της ταχύτητας της ροής του ρευστού.

Στις σύγχρονες κατασκευές αυτόνομης θέρμανσης με χρήση ωρομετρητών, η κατανάλωση εκτιμάται απλώς και δεν υπολογίζεται πραγματικά. Τα προβλήματα που απορρέουν από αυτόν τον τρόπο υπολογισμού είναι εις βάρος του καταναλωτή και ελαχιστοποιούνται με τη θερμοδομέτρηση, η οποία γίνεται με θερμοδόμετρα ή συσκευές κατανομής δαπανών θέρμανσης και θεωρείται ως ο μόνος τρόπος καταγραφής της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας.

Η κατανάλωση ενέργειας για κεντρική θέρμανση αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα. Επίσης, οι εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης εμφανίζουν τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια. Από τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης το πλέον διαδεδομένο είναι το σύστημα με κυκλοφορία θερμού νερού. Η θέρμανση των χώρων του κτηρίου επιτυγχάνεται με την κυκλική κυκλοφορία του ενδιάμεσου φορέα της θερμότητας. Στον λέβητα της εγκατάστασης θερμαίνεται το νερό μέχρι τους 90°C περίπου, οδηγείται στα θερμαντικά σώματα όπου αποδίδει θερμότητα και ψύχεται περίπου μέχρι τους 70°C. Στη συνέχεια επιστρέφει στο λέβητα όπου ξαναθερμαίνεται κ.ο.κ. Η ενέργεια που απαιτείται για την κυκλοφορία του νερού παρέχεται μηχανικά με αντλία (κυκλοφορητής). Η μέτρηση της απόδοσης της λειτουργίας του συστήματος επιτυγχάνεται με τη μέτρηση της παρεχόμενης θερμότητας στα δίκτυα.

Η τοποθέτηση του θερμοδομετρητή γίνεται μετά την βάνα αυτονομίας και αυτό γιατί οι θερμοδομετρητές διαθέτουν μετρητή παροχής νερού και δύο ανιχνευτές θερμοκρασίας, της προσαγωγής και επιστροφής του νερού. Η ενέργεια που καταναλώνεται δίνεται σε kWh ή σε kcal/h. Έτσι λοιπόν οι θερμοδομετρητές συγκρίνουν την θερμοκρασία προσαγωγής με την θερμοκρασία επιστροφής, μετρούν τον όγκο του νερού που περνά από αυτούς και μετατρέπουν τα διάφορα μεγέθη σε kcal/h(θερμίδες/ώρα). Με αυτό τον τρόπο οι θερμοδομετρητές παρέχουν ακριβή αποτελέσματα μέτρησης.

1.3.3. Μέτρηση του συντελεστή ισχύος (συνφ) ηλεκτρικής εγκατάστασης

Κατά το σχεδιασμός της μέτρησης πρέπει να γίνει ο προσδιορισμός των σημείων μέτρησης, δηλαδή σε ποια ηλεκτρικά μηχανήματα θα συνδεθεί ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης γίνεται συγκέντρωση όλων των σχετικών στοιχείων όπως τιμολόγια ηλεκτρικού ρεύματος όπου αναγράφονται ο τύπος του τιμολογίου (B1, B2, Γ22) η εγκατεστημένη ισχύς, το συνφ, η Καταγραφείσα Μέγιστη Ζήτηση και η κατανάλωση της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Κατά την επίσκεψη στους χώρους μέτρησης διερευνάται η δυνατότητα μέτρησης, δηλαδή αν είναι εφικτή η σύνδεση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας στον υποσταθμό Η/Ε ή στους ηλεκτρικούς πίνακες των προς μέτρηση μηχανημάτων. Κατά την σύνδεση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας (των καλωδίων τάσης και των αμπεροσιμπιδών) στον προς μέτρηση ηλεκτρικό πίνακα θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή. Αν είναι δυνατόν να γίνεται προσωρινή διακοπή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και η σύνδεση του οργάνου να γίνεται, αν είναι δυνατόν, από τον αρμόδιο ηλεκτρολόγο σε συνεργασία με τον εκτελούντα την μέτρηση. Σημαντικό είναι να γίνεται σωστή σύνδεση του οργάνου έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι αντιπροσωπευτικές. Ο έλεγχος της σωστής συνδεσμολογίας γίνεται αυτόματα από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Εφ' όσον επιτευχθεί η σωστή συνδεσμολογία στον ηλεκτρικό πίνακα οι μετρήσεις διαβάζονται στην οθόνη του οργάνου.

Για τις μετρήσεις των ηλεκτρικών παραμέτρων απαιτείται ένα αμπερόμετρο που μετρά το ρεύμα που τραβάνε οι συσκευές και ο καυστήρας, ένα βολτόμετρο που μετρά την τάση ή την πτώση τάσης στο δίκτυο και στα ηλεκτρικά κυκλώματα, ένα βατόμετρο που μετρά την στιγμιαία ζήτηση ισχύος σε κινητήρες- συσκευές και ένας μετρητής συνφ που μετρά το συντελεστή ισχύος και ελέγχει τα συστήματα διόρθωσης. Συνήθως κατά την μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας και του συντελεστή ισχύος χρησιμοποιείται ως μετρητικό όργανο ένα πολύμετρο το οποίο μπορεί να πραγματοποιήσει όλες τις παραπάνω μετρήσεις. Όλα τα ανωτέρω όργανα είναι συνήθως φορητά. Τοποθετούνται με δαγκάνες πάνω στα καλώδια και δύναται να διαθέτουν καταγραφικό. Μετρήσεις καταναλώσεων ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας θα πρέπει να γίνεται σε όλα τα ενεργοβόρα τμήματα και εγκαταστάσεις. Δεδομένου ότι οι μετρητές αυτοί είναι φθηνοί, θα πρέπει να εξετάζεται η εγκατάσταση μόνιμων μετρητών στις ανωτέρω περιπτώσεις. Κατά τη μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών θα πρέπει να γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ της συνολικής ισχύος (μετρούμενη σε kVA) και της ενεργούς ισχύος (συνήθως μετρούμενη σε kW) καθώς και του συντελεστή ισχύος (συνφ).

Οι μετρήσεις των ηλεκτρικών μεγεθών όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μπορούν να διεξαχθούν με τη χρήση ενός σύνθετου οργάνου, του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος. Αφού επιτευχθεί η σωστή συνδεσμολογία του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος στον ηλεκτρικό πίνακα, οι μετρήσεις διαβάζονται στην οθόνη του οργάνου. Αυτές περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο της τάσης, έντασης, φαινόμενης άεργου και ενεργού ισχύος, του συντελεστή ισχύος (συνφ) και της ενέργειας. Οι στιγμιαίες μετρήσεις ανανεώνονται κάθε 20 δευτερόλεπτα. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη (memory pack) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η συνδεσμολογία του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος σε έναν ηλεκτρικό πίνακα περιγράφεται συνήθως στο εγχειρίδιο του οργάνου. Οι αποθηκευμένες στη μνήμη (memory pack) μετρήσεις υφίστανται επεξεργασία με ένα λογισμικό πακέτο, η λειτουργία του οποίου περιγράφεται στο εγχειρίδιο λειτουργίας του. Από τα αποτελέσματα αυτά δημιουργούνται γραφήματα που απεικονίζουν την απορρόφηση ισχύος κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων, καθώς και τη διακύμανση του συνφ, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh) του μετρούμενου μηχανήματος, για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καθώς και την άεργο ισχύ, ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.



Εικόνα 12: Αναλυτής ηλεκτρικής ισχύος

1.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΟΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εξίσου σημαντική με την λήψη σωστών και με κατάλληλο τρόπο δεδομένων, είναι και η ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων αυτών για την διάγνωση και πρόταση επεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση. Κάθε μετρητικό όργανο παρέχει στον χρήστη τα κατάλληλα εργαλεία για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τα οποία διευκολύνουν στην ανάλυση των δεδομένων και την ανάπτυξη προτάσεων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά εργαλεία των μετρητικών οργάνων που χρησιμοποιούνται στην επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης.

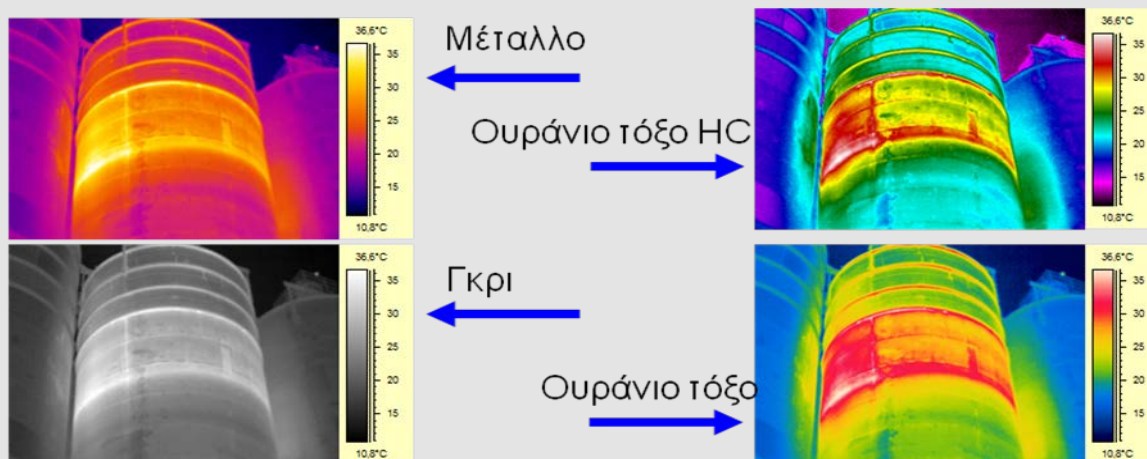
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την επιθεώρηση και μπορεί να οδηγήσει σε ανίχνευση προβληματικών περιοχών. Με τη χρήση υπέρυθρων θερμομέτρων μη επαφής είναι δυνατή η σύγκριση και ανάλυση των δεδομένων, αφού διαθέτουν δυνατότητες αποθήκευσης πολλών θερμοκρασιακών δεδομένων σε μια διαδρομή ελέγχου. Κατά τον έλεγχο με ένα IR θερμόμετρο μπορεί να απεικονιστεί η μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία όπως και διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο σημείων ή η ενεργοποίηση ηχητικών συναγερμών κατά την καταγραφή μιας θερμοκρασίας πέρα από το επιθυμητό όριο.

Κάθε θερμική κάμερα έχει κάποια εργαλεία τα οποία βοηθούν τον επιθεωρητή να ερμηνεύσει και να αξιολογήσει τα αποτελέσματα από τις θερμικές εικόνες που λαμβάνει. Πιο συγκεκριμένα τα βασικά εργαλεία μιας θερμικής κάμερας είναι:

- Χρωματικές παλέτες
- Ισόθερμες
- Σημείο (σταυρόνημα)
- Περιοχή
- Θερμικό προφίλ

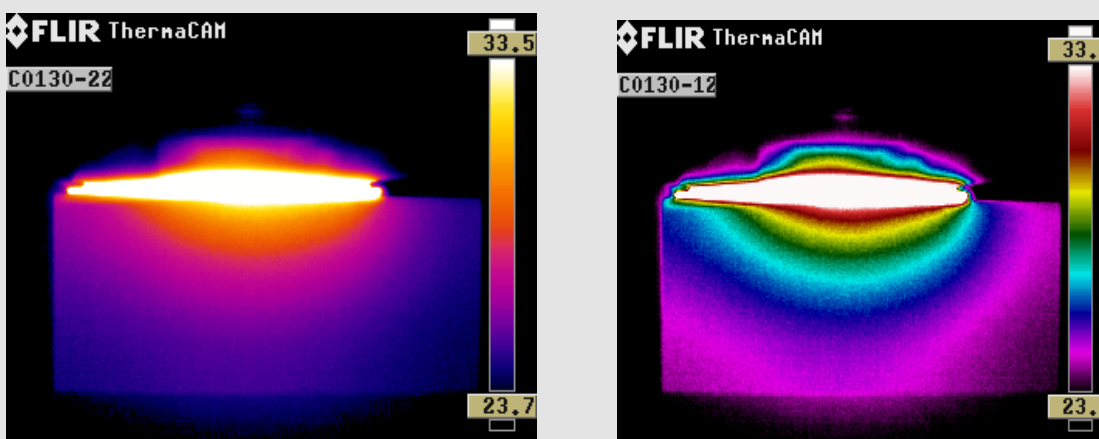
Κάθε θερμική κάμερα έχει κάποια συγκεκριμένα είδη χρωματικών παλετών οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν το χρήστη για την ανίχνευση προβληματικών περιοχών. Η χρωματικές παλέτες μιας

θερμικής εικόνας αναθέτουν διαφορετικά χρώματα για να επισημάνουν συγκεκριμένα επίπεδα φαινόμενης θερμοκρασίας. Οι παλέτες μπορούν να δώσουν μεγαλύτερη ή μικρότερη αντίθεση, αναλόγως των χρωμάτων που διαθέτουν. Κατά την επεξεργασία και ανάλυση των θερμικών εικόνων η χρήση διαφόρων παλετών μπορεί να αποκαλύψει θερμικές κλίσεις οι οποίες δεν είναι ορατές με τη χρήση μιας μόνο παλέτας. Οι συνηθέστερες παλέτες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Θερμική εικόνα μιας δεξαμενής με τη χρήση διαφορετικών χρωματικών παλετών.

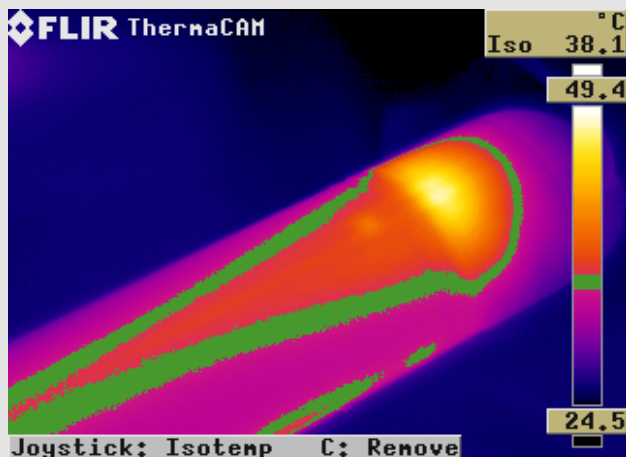
Γενικά ένας κανόνας που χρησιμοποιείται κατά την λήψη θερμογραφημάτων είναι η χρησιμοποίηση παλετών υψηλής αντίθεσης σε στόχους που το θερμοκρασιακό εύρος είναι μικρό και η χρησιμοποίηση παλετών χαμηλής αντίθεσης σε στόχους που το θερμοκρασιακό εύρος είναι μεγάλο.



Εικόνα 14: Η χρήση μιας διαφορετικής χρωματικής παλέτας υψηλής αντίθεσης (δεξιά) δείχνει την θερμική κλίση.

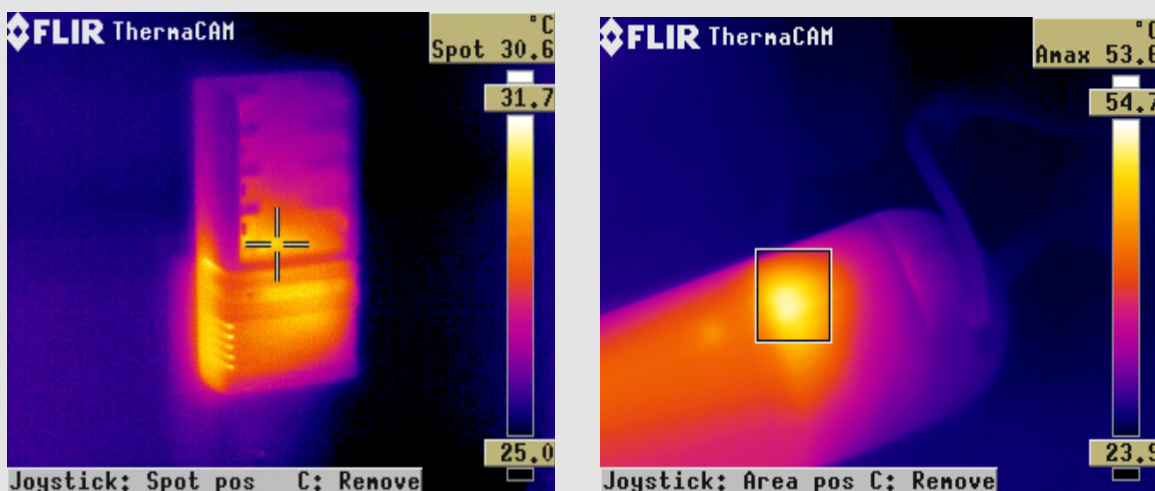
Η χρήση της ισόθερμης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση και ανάλυση των θερμικών εικόνων. Μια ισόθερμη αντικαθιστά χρώματα της θερμοκρασιακής κλίμακας με ένα χρώμα που δημιουργεί αντίθεση δείχνοντας έτσι ένα διάστημα ίσης έντασης ακτινοβολίας (φαινόμενης θερμοκρασίας). Η χρήση των ισόθερμων είναι κατάλληλη για την επί τόπου ανάλυση αφού μπορεί να δείξει ίδιας φαινόμενης θερμοκρασίας μοτίβα όπως και να συγκρίνει θερμοκρασίες σε διαφορετικά μέρη της εικόνας. Στην περίπτωση που μετράται η θερμοκρασία σε ένα σημείο μπορεί να δείξει όλα τα σημεία ή περιοχές που έχουν την ίδια φαινόμενη θερμοκρασία βοηθώντας το χρήστη να βγάλει

γρήγορα και άμεσα συμπεράσματα. Με τη χρήση της ισόθερμης είναι ευκολότερη η οπτικοποίηση προβληματικών περιοχών πάνω στο θερμογράφημα.



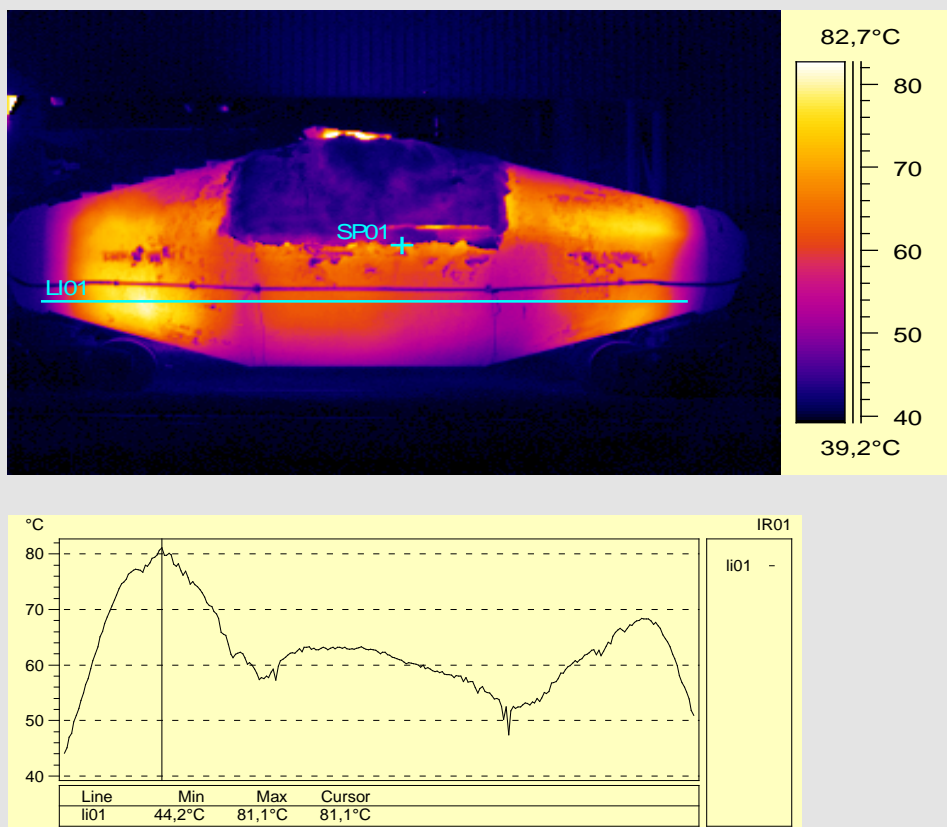
Εικόνα 15: Εφαρμογή της ισόθερμης σε θερμική εικόνα.

Πολλές θερμικές κάμερες έχουν την επιλογή της τοποθέτησης πάνω στο θερμογράφημα σημείων (σταυρονήματα), με το μέγεθός τους να αντιστοιχεί στο μέγεθος της περιοχής που μετρά. Η χρήση σημείων επιλέγεται για την μέτρηση της φαινόμενης θερμοκρασίας σε ακριβή σημεία πάνω στο θερμογράφημα. Επιπλέον βοηθά τον χρήστη για τον εντοπισμό του θερμότερου ή ψυχρότερου αντίστοιχα σημείου μιας περιοχής. Η εφαρμογή σημειακών μετρήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως σημείο αναφοράς ενώ παράλληλα δείχνει το σημείο στην εικόνα που έγινε η μέτρηση. Αντίστοιχα με την επιλογή σημείων, οι περισσότερες θερμοκάμερες παρέχουν την δυνατότητα επιλογής και οριοθέτησης περιοχών. Μια περιοχή μπορεί να δώσει τη μέγιστη ή ελάχιστη θερμοκρασία ή τη μέση μέσα σε ένα κουτί ή κύκλο που αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη περιοχή. Η χρήση της επιλογής των περιοχών δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να απομονώσει περιοχές πάνω στο θερμογράφημα και να τις εξετάσει ξεχωριστά. Βέβαια μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία μέσα στην περιοχή αλλά ο ακριβής εντοπισμό των σημείων αυτών απαιτεί τη χρήση της επιλογής του σημείου που περιγράφηκε παραπάνω.



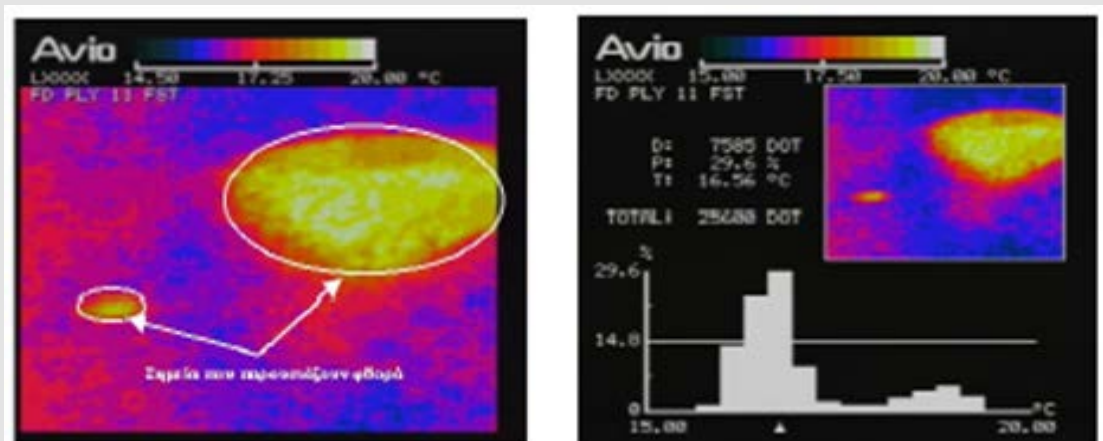
Εικόνα 16: Χρήση σημείων (αριστερά) ή περιοχών (δεξιά) για την ανάλυση και λήψη δεδομένων από τις θερμικές εικόνες.

Ένα επίσης χρήσιμο εργαλείο στην ανάλυση των ληφθέντων θερμογραφημάτων είναι αυτό της γραφικής αποτύπωσης του θερμικού προφίλ. Το προφίλ είναι η θερμοκρασιακή κατανομή με τη μορφή καμπύλης κατά μήκος μιας γραμμής της εικόνας. Η γραμμή στην εικόνα μπορεί να είναι κάθετης ή οριζόντιας διεύθυνσης ενώ με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μπορούμε να της δώσουμε οποιαδήποτε διεύθυνση. Με τη χρήση ενός κέρσορα είναι δυνατή η απεικόνιση της θερμοκρασίας σε οποιοδήποτε σημείο της γραμμής. Ο κέρσορας αυτός μπορεί να δουλέψει όπως ακριβώς και η επιλογή του σημείου που περιγράφηκε παραπάνω. Η χρήση του προφίλ αποτελεί μια καλή ανάλυση θερμικών μοτίβων π.χ. σε μεγάλες επιφάνειες όπως τα τοιχώματα του λέβητα ή σε αγωγούς και σωληνώσεις.



Εικόνα 17: Θερμικό προφίλ δεξαμενής χυτοσιδήρου

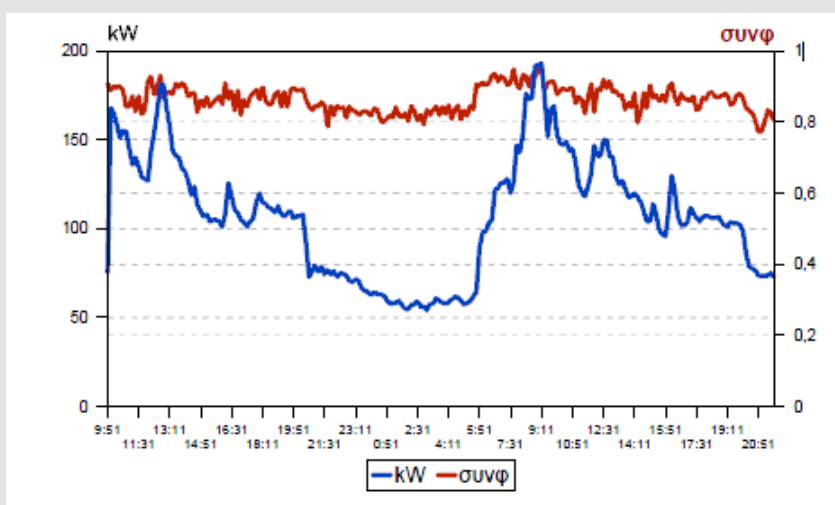
Τέλος πέρα από το προφίλ υπάρχει η δυνατότητα κατανομής της θερμοκρασίας σε όλη τη εικόνα με τη μορφή ιστογράμματος. Στην περίπτωση αυτή, είναι δυνατή η ανίχνευση της κατανομής της φαινόμενης θερμοκρασίας σε όλη την επιφάνεια της θερμικής εικόνας. Η κατασκευή ιστογραμμάτων παρέχει τη δυνατότητα για ταυτόχρονη κατανομή και του ποσοστού προβληματικών περιοχών της υπό εξέταση επιφάνειας. Ο συνδυασμός της λειτουργίας της επιλογής μιας περιοχής και της κατασκευής ιστογράμματος παρέχει τη δυνατότητα κατανομής της θερμοκρασίας σε συγκεκριμένες περιοχές του θερμογραφήματος.



Εικόνα 18: Θερμική εικόνα (αριστερά) και ιστόγραμμα κατανομής φαινόμενης θερμοκρασίας της εξεταζόμενης επιφάνειας (δεξιά)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι μετρήσεις της ηλεκτρικής ισχύος μπορούν να διεξαχθούν με τη χρήση ενός αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος. Ο αναλυτής ηλεκτρικής ισχύος συνδέεται στον ηλεκτρικό πίνακα του λεβητοστασίου για τον υπολογισμό της συνολικής κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και του συνημίτονου φ. Από την αποθήκευση των δεδομένων που καταγράφει ο αναλυτής είναι δυνατή η κατασκευή διαγράμματος που παρουσιάζει την ισχύ που απορροφάται κατά τη λειτουργία του λέβητα και του συστήματος θέρμανσης καθώς και τις διακυμάνσεις του συνφ. Ο χρόνος των μετρήσεων καθορίζεται βάση της λειτουργίας της εγκατάστασης. Συνήθως σε περιπτώσεις εξέτασης λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης η καταγραφή δεδομένων για κάποιες ώρες λειτουργίας του καυστήρα σε θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας παρέχει ικανοποιητική συλλογή δεδομένων για την αξιολόγηση της μέτρησης της ηλεκτρικής ισχύος.

Κατά την ανάλυση των δεδομένων που αποθηκεύονται στον αναλυτή και τη κατασκευή διαγράμματος της απορροφημένης ισχύος και της διακύμανσης του συνφ είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για την αποδοτική λειτουργία του καυστήρα και της κατανάλωσης ενέργειας. Το διάγραμμα μπορεί να παρέχει συμπεράσματα για το πόσο της ισχύος που απορροφάται κατά τη λειτουργία του λέβητα και για το αν είναι απαραίτητη η διόρθωση του συντελεστή ισχύος (συνφ) με την παράλληλη ζεύξη πυκνωτών.



Εικόνα 19: Διάγραμμα απορρόφησης ισχύος και διακύμανσης συνφ

2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ - ΚΑΥΣΤΗΡΑ

Η συντήρηση, ο έλεγχος της λειτουργίας και της απόδοσης των μονάδων λεβήτων – καυστήρων, επιβάλλεται από το 1993 μέσω της Κ.Υ.Α. 10315/93. Η Κ.Υ.Α. αυτή αφορά στην ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτηρίων και ζεστών νερών. Επίσης το Π.Δ. 362/01 (ΦΕΚ 245/22.10.01), αναφέρεται στην εκτέλεση, συντήρηση και επισκευή εγκαταστάσεων καύσης αερίων καυσίμων (καυστήρων και συσκευών).

Κάθε μονάδα λέβητα, θα πρέπει να είναι πιστοποιημένη σύμφωνα με τα οριζόμενα στο Π.Δ. 335 (ΦΕΚ 143 Α/2.9.93). Το Π.Δ. αναφέρεται στις απαιτήσεις απόδοσης για τους νέους λέβητες ζεστού νερού που τροφοδοτούνται με υγρά και αέρια καύσιμα σε συμμόρφωση προς την οδηγία 92/42/ΕΟΚ/21.5.92. Η πιστοποίηση γινόταν βάσει ενεργειακών κατηγοριών με αστέρα (*, **, ***, ****), οι οποίες κατηγορίες καταργήθηκαν με το Π.Δ. 32/2010.

2.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ - ΚΑΥΣΤΗΡΑ

Η συντήρηση των μονάδων λεβήτων-καυστήρων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Ενδείκνυται η συντήρηση να γίνεται κάθε 6 μήνες για εποχική λειτουργία της εγκατάστασης και κάθε 12 μήνες για ετήσια λειτουργία της εγκατάστασης. Η συντήρηση περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

Καθαρισμός λέβητα. Οι εργασίες συντήρησης των λεβήτων πρέπει να είναι σύμφωνες με τις οδηγίες του κατασκευαστή και να εκτελούνται, για λόγους ασφαλείας, με τον ηλεκτρικό διακόπτη σε θέση διακοπής. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες.

- Η συντήρηση του λέβητα αναφέρεται κυρίως στον επί τόπου καθαρισμό της διαδρομής των καυσαερίων. Μετά το άνοιγμα των θυρίδων επίσκεψης και καθαρισμού, γίνεται μηχανικός καθαρισμός της διαδρομής των καυσαερίων.
- Αντικατάσταση των στεγανωτικών παρεμβασμάτων εάν κατά το κλείσιμο των θυρίδων διαπιστωθεί πρόβλημα στεγανότητας
- Καθαρισμός μεταξύ των πτερυγίων στους λέβητες αερίου με πτερυγιοφόρους αυλούς, , για την διευκόλυνση της διέλευσης των καυσαερίων.
- Έλεγχος της θερμοκρασίας των καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του λέβητα, κάθε 15 μέρες, για λέβητες υγρών καυσίμων, ή κάθε 6 μήνες για λέβητες αερίων καυσίμων. Εάν διαπιστωθεί αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα σε σχέση με αυτή που προδιαγράφει ο κατασκευαστής ή αυτή που καταγράφεται σε καινούργιο ή καθαρό λέβητα, πρέπει να γίνονται οι απαιτούμενες ρυθμιστικές εργασίες.
- Επανέλεγχος περίπου 10 μέρες μετά την έναρξη της λειτουργίας πρέπει για να διαπιστωθεί η συχνότητα καθαρισμού του πυθμένα.

Πίνακας 2.1. *Αύξηση θερμοκρασίας των καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα που υποδηλώνουν ανάγκη έναρξης εργασιών.*

40°C για ισχύ έως 100 kW
35°C για ισχύ 100 kW - 250 kW
30°C για ισχύ μεγαλύτερη των 250 kW

Έλεγχος της καύσης. Κατά την έναρξη και τουλάχιστον μία φορά κατά την διάρκεια της εποχιακής λειτουργίας, πρέπει να γίνει έλεγχος της καύσης, για να διαπιστωθεί ότι η απόδοση του λέβητα δεν είναι κατώτερη από αυτή που ορίζουν οι κανονισμοί. Για τον έλεγχο της καύσης γίνεται:

- Μέτρηση του δείκτη αιθάλης (ή δείκτη Bacharach),
- Μέτρηση των απωλειών θερμότητας για τα καυσαέρια
- Μέτρηση της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε CO₂.

Καθαρισμός καυστήρα. Οι εργασίες συντήρησης των καυστήρων πρέπει να είναι σύμφωνες με τις οδηγίες του κατασκευαστή, και να εκτελούνται, για λόγους ασφαλείας, με τον ηλεκτρικό διακόπτη σε θέση διακοπής. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες.

- Αντικατάσταση των ακροφυσίων (μπεκ) μετά από ορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Ενδείκνυται να γίνεται στην αρχή της εποχιακής λειτουργίας.
- Καθαρισμός των ακροφυσίων, Αυτός πρέπει να γίνεται με διαλύτη χωρίς τη χρήση μεταλλικών εργαλείων.
- Καθαρισμός της κεφαλή καύσης χωρίς να προκληθούν φθορές.
- Καθαρισμός των ηλεκτροδίων σπινθηρισμού και στο μονωμένο τους τμήμα. Αυτά πρέπει να λύνονται από τις επαφές τους.
- Έλεγχος κεντραρίσματος του ακροφύσιου του διαφράγματος και του φλογοσωλήνα κατά τη συναρμολόγηση καθώς και τήρηση των αποστάσεων που προβλέπει ο κατασκευαστής.
- Τήρηση του φίλτρου της τροφοδοτικής γραμμής σε καθαρή κατάσταση.
- Καθαρισμός του φωτοκυττάρου ή φωτοαντίστασης. Απαλλαγή από παρουσία καπνού ή άλλων επικαθίσεων στην επιφάνειά του.
- Προστασία του καυστήρα από σκόνη κατά την περίοδο που δεν χρησιμοποιείται.

Έλεγχοι επιμέρους εξαρτημάτων καυστήρα. Τουλάχιστον μία φορά το χρόνο πρέπει να ελέγχεται:

- η ηλεκτρική βαλβίδα ώστε κατά τη φάση πριν την αναρρόφηση να μην παρατηρείται διαρροή καυσίμου από το ακροφύσιο του καυστήρα.
- η αντλία του καυστήρα με τον καυστήρα σε λειτουργία. Ο έλεγχος αυτός διεκπεραιώνεται με την τοποθέτηση στην αντλία δύο μανομέτρων, για την μέτρηση της πίεσης τροφοδότησης και της αναρρόφησης του καυσίμου.

Γενική Επισκευή. Συνιστάται η γενική επισκευή των καυστήρων ιδιαίτερα όταν έχουν κινητά μέρη κάθε 10.000 ώρες πραγματικής λειτουργίας,

- Έλεγχος καλής λειτουργίας της αντλίας τροφοδοσίας σε καυστήρες υγρού καυσίμου.
- Καθαρισμός και η λίπανση των εδράνων σε καυστήρες με περιστρεφόμενα μέρη.
- Έλεγχος κατάστασης και η λειτουργικής ετοιμότητας των εξαρτημάτων ασφαλείας σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς.

Επαναλειτουργία. Οι εργασίες της συντήρησης των καυστήρων για αέρια ή για υγρά καύσιμα πρέπει να επιβεβαιώνονται με σχετική βεβαίωση από το συνεργείο ή τον συντηρητή. Στους καυστήρες με υγρό καύσιμο ή καυστήρες αερίων εξαναγκασμένης ροής αέρα, πρέπει να διεξάγεται:

- Έλεγχος για κανονική ανάπτυξη της φλόγας χωρίς να κτυπά στις εσωτερικές επιφάνειες του λέβητα.

- Έλεγχος χρώματος και ανάπτυξης της φλόγας (λευκή φλόγα) σε καυστήρες αερίου χωρίς υπερπίεση.
- Για να θεωρηθεί η διαδικασία συντήρησης ολοκληρωμένη θα πρέπει να περιλαμβάνει εκτός των ανωτέρω και τη συντήρηση λοιπού εξοπλισμού του λεβητοστασίου όπως: αντλιών, κυκλοφορητών, δοχείων διαστολής (ανοιχτά, κλειστά), σωληνώσεων δικτύου διανομής, δεξαμενών καυσίμου, συστήματος απαγωγής καυσαερίων, ηλεκτρικών κινητήρων, ηλεκτρικών συσκευών, ηλεκτρικών πινάκων, εδράνων, γείωσης, μονώσεων λέβητα και σωληνώσεων, καθαρισμό ανοιγμάτων αερισμού του λεβητοστασίου, αλλαγή μπεκ και εύκαμπτων σωλήνων καυσίμου.
- Ειδικές πρόσθετες εργασίες μπορεί να απαιτούνται από τον συγκεκριμένο εξοπλισμό του λεβητοστασίου.

2.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΛΕΒΗΤΑ

Οι ρυπογόνες ουσίες μπορούν να μειωθούν μόνο εάν και οι εγκαταστάσεις λεβήτων - καυστήρων λειτουργούν αποδοτικά και αποτελεσματικά, ενώ οι προβληματικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να διακόπτουν την λειτουργία τους.

Η ανάλυση καυσαερίων είναι υποχρεωτική σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 10315/93. Δίνει πληροφορίες για την ποιότητα της καύσης, για την παραγωγή ρύπων και έμμεσα για το βαθμό απόδοσης. Και οδηγεί στην αξιολόγηση της ποιότητας της λειτουργίας του συστήματος καυστήρα – λέβητα - καπνοδόχου.

Αυτές είναι:

- Ο λόγος αέρα λ ή αντίστοιχα η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ ή O₂.
- Η θερμοκρασία των καυσαερίων.
- Ο αριθμός αιθάλης κατά Bacharach.
- Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα CO.
- Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξειδία του αζώτου NO_x.
- Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε διοξείδιο του θείου SO₂.
- Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστους υδρογονάνθρακες HC (HnC_m)
- Η υπερπίεση ή υποπίεση μέσα στο θάλαμο καύσης.
- Η υποπίεση στο τέλος του λέβητα.

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 10315/93, στις **υφιστάμενες** εγκαταστάσεις θέρμανσης κτηρίων για κατοικίες, γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, ή άλλους παρεμφερείς σκοπούς που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ντήζελ, οι απώλειες θερμότητας με τα καυσαέρια, η κατ' όγκο περιεκτικότητα των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης και η θερμοκρασία των καυσαερίων ορίζονται ως εξής:

α) Για τα κτήρια που έχουν σταθερές εστίες καύσης με συνολική θερμική ισχύ μεγαλύτερη ή ίση με 400.000 Kcal/h:

- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας με τα καυσαέρια: 20%.
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): 10%.
- Ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης: 1 της κλίμακας Bacharach.
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων : 180°C.

β) Για τα κτήρια που έχουν σταθερές εστίες καύσης με συνολική θερμική ισχύ μικρότερη από 400.000 Kcal/h:

- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας με τα καυσαέρια: 20%.
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή της περιεκτικότητας (%) των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): 9%.
- Ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης: 2 της κλίμακας Bacharach.
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων: 180°C.

Στις νέες εγκαταστάσεις θέρμανσης που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ντήζελ και θα τοποθετηθούν σε νέα ή παλαιά κτήρια:

- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας με τα καυσαέρια 15%.
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή δείκτη αιθάλης από 0-1 της κλίμακας Bacharach.

2.2.1. Μετρήσεις ανάλυσης καυσαερίων λέβητα

Για να διεξαχθούν οι απαραίτητες μετρήσεις ανάλυσης καυσαερίων που θα οδηγήσουν και στην ορθή ρύθμιση του καυστήρα πρέπει να ανοιχθεί οπή στο καπναγωγό σε απόσταση από την έξοδο του λέβητα διπλάσια της διαμέτρου του καπναγωγού. Η οπή αυτή πρέπει να είναι διαμέτρου περίπου 8 mm για τις λήψεις των οργάνων. Το τμήμα αυτό του καπναγωγού πρέπει να είναι μονωμένο και αν είναι δυνατό ευθύ. Οι μετρήσεις των περιεκτικότητων των συστατικών των καυσαερίων γίνονται:

α) με χημικές μεθόδους. Οι χημικές μέθοδοι είναι μέθοδοι απορρόφησης, όπου το θεωρούμενο συστατικό αφαιρείται από το μίγμα με κατάλληλο αντιδραστήριο και απορροφάται. Η έκταση της αντίδρασης άρα και η περιεκτικότητα του συστατικού αναγνωρίζεται από μεταβολές όγκου, μάζας ή χρώματος.

β) με φυσικές μεθόδους. Οι φυσικές μέθοδοι προσδιορίζουν την περιεκτικότητα του συστατικού με βάση τις φυσικές ιδιότητες των συστατικών. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να είναι η φασματική ανάλυση υπέρυθρου, η ανάλυση θερμικής αγωγιμότητας, ανάλυση ιονισμού κτλ. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται σε συνεχώς αυξανόμενο βαθμό σε ηλεκτρονικές συσκευές με ενδείξεις ή και καταγραφές.

Μετρήσεις περιεκτικότητας του CO₂. Οι μετρήσεις περιεκτικότητας του CO₂ ουσιαστικά γίνονται για να προσδιοριστεί έμμεσα ο βαθμός απόδοσης της εστίας καύσης. Για διευκόλυνση των τεχνικών έχουν δημιουργηθεί διαγράμματα από τα οποία προσδιορίζεται ο βαθμός απόδοσης της εστίας από την τιμή της περιεκτικότητας του CO₂ στα ξηρά καυσαέρια για δεδομένη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ καυσαερίων και αέρα του χώρου εγκατάστασης.

Η μέτρηση της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε CO₂ πραγματοποιείται πιέζοντας το πουάρ της ειδικής συσκευής 18 φορές αναρροφώντας καυσαέριο και διοχετεύοντας το στο χώρο που βρίσκεται το ειδικό υγρό (καυστικό κάλιο –KOH). Κατόπιν αντιστρέφεται η συσκευή για να απορροφηθεί το CO₂ που βρίσκεται στα καυσαέρια. Επαναφέρεται ο αναλυτής CO₂ σε όρθια θέση και παρατηρείται η ανύψωση του υγρού στο σωλήνα της συσκευής. Που μεταφράζεται σε περιεκτικότητα του CO₂. Μειωμένη περιεκτικότητα CO₂ στα καυσαέρια σημαίνει μεγάλη περίσσια αέρα καύσης. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να μειωθεί η παροχή του αέρα του ανεμιστήρα ώστε να επιτευχθεί επί της % αύξηση CO₂ και ο καυστήρας να λειτουργεί οικονομικά. Μετά από κάθε μείωση του αέρα πρέπει να μετρηθεί ο δείκτης αιθάλης για να εξασφαλισθεί η 'καθαρότητα' της καύσης.

Ιδανική (στοιχειομετρική) καύση δίνει CO₂, 15,3 %. Στη πράξη όμως οι συνθήκες λειτουργίας του καυστήρα – όπως θερμοκρασία αέρα και πετρελαίου, ελκυσμός καμινάδας – δεν είναι σταθερές και έτσι οδηγούμαστε τελικά ατελής καύση. Για το λόγο αυτό η ρύθμιση της καύσης γίνεται με περίσσεια αέρα. Ικανοποιητικά όρια CO₂ θεωρούνται από 10 – 13 %. Καλά ποσοστά CO₂ επιτυγχάνονται με ορθή ρύθμιση της θέσης του στροβιλιστή.

Οι τεχνικοί έχουν συνηθίσει να προσδιορίζουν το βαθμό απόδοσης με τη βοήθεια ειδικού κανόνα μέσω της τιμής της περιεκτικότητας του CO₂. Οι σύγχρονες ηλεκτρονικές συσκευές, δίνουν και ένδειξη της περιεκτικότητας του CO₂. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι:

- **Συσκευή Orsat.** Η συσκευή Orsat χρησιμοποιείται σε εργαστηριακές μετρήσεις. Με τη συσκευή Orsat το καυσαέριο μιας εστίας καύσης συμπιέζεται σε διάφορα υγρά απορρόφησης και διαλύονται το CO₂, το O₂ και το CO.
- **Συσκευή Bacharach.** Η συσκευή Bacharach αναπτύχθηκε επειδή η συσκευή Orsat δεν είναι βολική για μεταφορά και μετρήσεις στα λεβητοστάσια. Οι συσκευές Bacharach έχουν συνήθως ακρίβεια ±0,5% κατ' όγκο. Η μέτρηση της περιεκτικότητας του CO₂ στα καυσαέρια γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλης ειδικής βαθμονομημένης ογκομετρικής φιάλης, η οποία περιέχει υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου. Η αναρρόφηση των καυσαερίων γίνεται με τη βοήθεια ελαστικής αντλίας χειρός (περίπου 20 πιέσεις). Με περιστροφή ή ανάδευση της φιάλης το καυσαέριο αντιδρά με το διάλυμα και απορροφάται το CO₂. Δημιουργείται υποπίεση, η στάθμη του υδατικού διαλύματος ανέρχεται, ισορροπεί και δείχνει την κατ' όγκο περιεκτικότητα του CO₂ στα καυσαέρια. Το υγρό της μέτρησης με τον καιρό καταναλίσκεται, οπότε πρέπει να αντικατασταθεί.
- **Αναλυτής υπέρυθρης ακτινοβολίας.** Η συσκευή χρησιμοποιείται σε εργαστηριακές μετρήσεις. Έχει πεδίο μέτρησης οποιουδήποτε εύρους και ακρίβεια ±2% της μετρούμενης τιμής. Ο αναλυτής αυτός βασίζεται στην ικανότητα του CO₂ να απορροφά ακτινοβολία στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος (θερμική ακτινοβολία) σε ορισμένα μήκη κύματος. Οι διαφορές θερμοκρασίας οι προκαλούμενες λόγω της απορρόφησης μετρώνται σε σύγκριση με κάποιο αέριο αναφοράς, ενισχύονται και δείχνονται ή και καταγράφονται.
- **Αναλυτής θερμικής αγωγιμότητας.** Η συσκευή χρησιμοποιείται σε εργαστηριακές μετρήσεις. Έχει περιοχή μετρήσεων 0-20% κατ' όγκο με ακρίβεια < ±0,1% κατ' όγκο. Ο αναλυτής θερμικής αγωγιμότητας βασίζεται στο φαινόμενο ότι η ηλεκτρική αντίσταση ενός θερμαινόμενου σύρματος μεταβάλλεται, αν αυτό ψύχεται από καυσαέρια ή ένα αέριο σύγκρισης, το οποίο συνήθως είναι αέρας. Η διαφορά στην ικανότητα ψύξης οφείλεται στο χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του CO₂ (0,016 W/mK στους 25°C) σε σύγκριση με εκείνον του αέρα (0,026 W/mK στους 25°C). Οι διαφορές θερμοκρασίας (μέχρι 0,05 K) και κατ' αναλογία οι διαφορές στην ηλεκτρική αντίσταση των συρμάτων στο καυσαέριο και το αέριο σύγκρισης είναι ανάλογες προς την περιεκτικότητα του CO₂ στο καυσαέριο.

Μετρήσεις περιεκτικότητας του O₂. Η μέτρηση της περιεκτικότητας του O₂ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του λόγου αέρα (λ) και του βαθμού απόδοσης και έμμεσα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του CO₂. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι:

- **Κυψέλες διάχυσης.** Η μέθοδος μέτρησης με τις κυψέλες διάχυσης βασίζεται στο φαινόμενο της διάχυσης των αερίων, τα οποία δεν αντιδρούν μεταξύ τους και διαχέονται το ένα στο άλλο μέσω μοριακών κινήσεων. Μια ηλεκτροχημική κυψέλη έχει δύο ηλεκτρόδια και είναι γεμάτη με μια χημική ουσία η οποία όταν αντιδρά με το O₂ δίνει μια ηλεκτρική τάση της τάξης των mV. Η ηλεκτρική τάση είναι ανάλογη προς την περιεκτικότητα του O₂. Η κυψέλη καλύπτεται από μια διαπερατή μεμβράνη, μέσα από την οποία λαμβάνει χώρα η διάχυση του O₂ από το καυσαέριο.

- **Παραμαγνητικοί αναλυτές.** Οι παραμαγνητικές μέθοδοι μέτρησης βασίζονται στο γεγονός ότι τα μόρια του O₂ έχουν μαγνητικές ιδιότητες. Αν τα μόρια του O₂ βρεθούν μέσα σε μαγνητικό πεδίο, τότε προσανατολίζονται κατά τη διεύθυνση των γραμμών του πεδίου και κινούνται (μαγνητικός άνεμος). Από τις παραμαγνητικές μεθόδους χρησιμοποιείται κυρίως η θερμομαγνητική. Στη θερμομαγνητική μέθοδο σε δύο παράλληλους θαλάμους θερμαίνονται μόνιμα (ανά μία) δύο αντιστάσεις, ψυχόμενες κατ' αρχήν εξίσου από το διαρρέον καυσαέριο. Αν στον ένα θάλαμο δημιουργηθεί ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο, τότε μόρια του O₂ σ' αυτόν αποκτούν υψηλότερη ταχύτητα. Η εντατικοποιημένη ροή συντελεί σε αυξημένη ψύξη της αντίστοιχης αντίστασης. Η θερμοκρασιακή διαφορά, η οποία είναι ανάλογη προς την περιεκτικότητα του O₂, μπορεί να προσδιοριστεί με συγκριτική μέτρηση των αντιστάσεων σε μια γέφυρα Wheatstone. Η περιοχή μετρήσεων είναι 0-100% κατ' όγκο με ακρίβεια $\pm 2\%$ της τιμής μέτρησης.

Μετρήσεις περιεκτικότητας του CO. Ως βασικές μέθοδοι για τη μέτρηση περιεκτικότητας του CO μπορούν να εφαρμοστούν χημικές μέθοδοι όπως η συσκευή Orsat ή καταλυτική οξειδωση του CO προς CO₂ και μέτρηση στη συνέχεια της μεταβολής του όγκου του CO₂. Χρησιμοποιούνται επίσης αναλυτές υπέρυθρης ακτινοβολίας με περιοχή μετρήσεων από 100 ppm (0,01% κατ' όγκο) έως 100% CO₂. Ακόμη χρησιμοποιούνται κυψέλες διάχυσης.

Μετρήσεις περιεκτικότητας των SOx. Χρησιμοποιούνται αναλυτές υπέρυθρης ακτινοβολίας ή συχνότερα αναλυτές θερμικής αγωγιμότητας, όπως για τη μέτρηση του CO₂.

Μετρήσεις περιεκτικότητας των NOx. Οι μετρήσεις περιεκτικότητας των NOx γίνονται κυρίως με αναλυτές υπέρυθρης (IR) ή υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας. Είναι δυνατές περιοχές μετρήσεων 0*1000 ppm.

Μετρήσεις περιεκτικότητας των υδρογονανθράκων HC. Η περιεκτικότητα των υδρογονανθράκων στα καυσαέρια μπορεί να μετρηθεί με αναλυτές υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ακριβέστερα αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν και με τη χρήση ενός ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID = Flame Ionisation Detector). Ανάλογα με τις απαιτήσεις ευαισθησίας είναι δυνατές περιοχές μετρήσεων 0-10 ppm και 0-10.000 ppm. Σε απλούς ελέγχους εστιών καύσης επαρκεί ανίχνευση άκαυστων HC στα καυσαέρια. Κατά τη μέτρηση της αιθάλης μπορεί στο χάρτινο φίλτρο εκτός από τον γκριζό χρωματισμό να εμφανιστεί και ένας κίτρινος. Με στάξιμο σταγόνων ακετόνης στο φίλτρο προκύπτει μετά την εξάτμιση ένας ενισχυμένος κίτρινος χρωματισμός.

Μετρήσεις αιθάλης. Ο δείκτης αιθάλης είναι μέτρο της ποιότητας της καύσης και για την εκπομπή στερεών σωματιδίων και έχουν νόημα μόνο για λέβητες πετρελαίου. Με τη βοήθεια ειδικής αντλίας αναρροφάται ορισμένη ποσότητα καυσαερίων, τα οποία διέρχονται από ειδικό χάρτινο φίλτρο και αφήνουν μια αμαύρωση. Η σύγκριση του βαθμού αμαύρωσης με μια σειρά τυποποιημένων δειγμάτων δίνει το δείκτη αιθάλης σε μια κλίμακα αμαύρωσης (π.χ. κλίμακα Bacharach) με τιμές από 0 (λευκό) έως 10 (μαύρο) με ενδιάμεσους διαβαθμισμένους τόνους του γκριζου. Έτσι καθορίζεται ο δείκτης αιθάλης της κλίμακας Bacharach. Για να είναι αποδεκτή η δειγματοληψία, οι αναρροφήσεις που πρέπει να γίνονται με τη τρόμπα είναι 10. Η απόχρωση της κηλίδας δε πρέπει να είναι πιο σκούρα από το δείγμα 2 του κανόνα. Μεγάλη περιεκτικότητα αιθάλης στα καυσαέρια σημαίνει λίγος αέρας.

Αν ο δείκτης αιθάλης δε μπορεί να περιοριστεί στα προβλεπόμενα όρια, σημαίνει ότι ο καυστήρας δεν μπορεί να κάψει την παρεχόμενη ποσότητα του καυσίμου λόγω μικρής κατάθλιψης.

Μετρήσεις πίεσης. Εκτός από την ανάλυση των καυσαερίων ο έλεγχος περιλαμβάνει και μέτρηση της υποπίεσης στην έξοδο του λέβητα, η οποία γίνεται με κατάλληλο μανόμετρο. Η τιμή της υποπίεσης πρέπει να είναι συμβατή με τις απαιτήσεις των προτύπων.

Μέτρηση και ρύθμιση θερμοκρασίας καυσαερίων. Η μέτρηση αυτή γίνεται με το θερμόμετρο καυσαερίων ή πυρόμετρο. Πρέπει να διενεργείται όταν η θερμοκρασία του νερού του λέβητα είναι στους 80°C. Αποδεκτά όρια θερμοκρασίας καυσαερίων είναι από 180°C έως 250°C. Αν η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι μεγαλύτερη των 250°C, σημαίνει ότι ο λέβητας δεν μπορεί να δώσει την αναμενόμενη από τη παροχή καυσίμου ισχύ. Στη περίπτωση αυτή αντικαθίστανται τα μπεκ τοποθετώντας ένα μικρότερης παροχής μειώνοντας με αυτό τον τρόπο και την ισχύ του λέβητα. Αν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 180°C, προκειμένου να αποφευχθούν υγροποιήσεις στη καμινάδα, τοποθετούνται μπεκ μεγαλύτερης παροχής. Για να κριθούν αξιόπιστα τα αποτελέσματα πρέπει η θερμαινόμενη επιφάνεια του λέβητα είναι καθαρή.

Πίνακας 2.2. Ενδεικτικές τιμές αύξησης κατανάλωσης και θερμοκρασίας σε σχέση με το πάχος των επικαθήσεων αιθάλης.

Πάχος αιθάλης σε mm	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Αύξηση κατανάλωσης %	2	4	6	8,5	10,5	13,5
Αύξηση της θερμοκρασίας καυσαερίων σε °C	20	50	80	110	140	170

Υπολογισμός απωλειών θερμότητας. Με γνωστή τη θερμοκρασία καυσαερίων και την περιεκτικότητα σε CO₂ και με την βοήθεια κλίμακας υπολογίζεται η απώλεια θερμότητας στα καυσαέρια.

Συνοψίζοντας, μετά τον γενικό καθαρισμό, συντήρηση και αρχική ρύθμιση της κεντρικής θέρμανσης επιβάλλεται με νόμο η τελική ρύθμιση και μέτρηση της απόδοσης του λέβητα.

Γενικότερα, το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που περιέχεται στα καυσαέρια είναι ένδειξη της περίσσειας αέρα. Η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι ενδεικτική του θερμικού περιεχομένου και του βαθμού αξιοποίησής τους. Μεγάλη θερμοκρασία καυσαερίων σημαίνει μεγάλες απώλειες από το λέβητα.

Ο δείκτης αιθάλης της κλίμακας Bacharach προσδιορίζει την αιθάλη που εμπεριέχεται στα καυσαέρια. Χαμηλά ποσοστά αιθάλης υποδηλώνουν καλή καύση και συνεπώς χαμηλούς ρύπους

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΛΕΒΗΤΕΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. Διεύθυνση: _____	6. Τύπος Καυστήρα: _____
2. Χρήση ακινήτου: _____	7. Είδος Καυσίμου: _____
3. Χρήστης ακινήτου: _____	8. Παροχή: _____
4. Ονομαστική Ισχύς Λέβητα: _____ kW	9. Ετήσια κατανάλωση Καυσίμου: _____ kg ^{kg} έτος
5. Τύπος Λέβητα: _____	

ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	
	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ	
	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ	
	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ Ή ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΕΚ	
	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΙΟΝΙΣΜΟΥ ΣΠΙΝΘΡΑ	
	ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	
	ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	
	ΆΛΛΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ °C	6. ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΙΘΑΛΗΣ
2. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟΥ °C	7. ΕΛΚΥΣΜΟΣ mmbar ^{mmbar}
3. ΜΟΝΟΞΕΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ppm ^{ppm}	8. ΠΙΕΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΕΡΙΟΥ mmbar ^{mmbar}
4. ΟΞΕΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ppm ^{ppm}	9. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΒΗΤΑ °C
5. ΔΙΟΞΕΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ %	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

1. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ %
2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ %
3. ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ m ³ /h
4. ΘΕΡΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΕΒΗΤΑ %

Οι μετρήσεις δείχνουν ότι είναι:
 ΕΝΤΟΣ _____ ΕΚΤΟΣ _____
 Των προβλεπόμενων ορίων

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

*ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΔΥΝΑΜΙΑΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΟΡΙΑ ΝΑ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΩΣ ΟΙ ΑΙΤΙΕΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΤΗ: _____

2.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Βάσει της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ με την οποία καθορίζονται ακριβώς οι απαιτήσεις απόδοσης των λεβήτων ζεστού νερού ισχύος από 4 ως 400 KW με την οποία προσαρμόστηκε η ελληνική νομοθεσία με το Π.Δ. 335, όπως αυτό τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 32/2010, κάθε λέβητας θα φέρει ειδική σήμανση ανάλογα με την απόδοσή του. Ισχύει φυσικά το σήμα πιστότητας CE.

Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα είναι διαφορετικός από το βαθμό απόδοσης καύσης.

Ο βαθμός απόδοσης της καύσης (ή εσωτερικός βαθμός απόδοσης) καθορίζει την ποιότητα της καύσης ανάλογα με τα προϊόντα της καύσης, όπως μετρώνται κατά την έξοδο από λέβητα. Υπολογίζεται από τη διαφορά της θερμοκρασίας των καυσαερίων και της θερμοκρασίας του χώρου, την περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του άνθρακα ή την περιεκτικότητα σε οξυγόνο και συντελεστές που διαμορφώνονται ανάλογα με το είδος του καυσίμου. Η μέτρηση του βαθμού απόδοσης της καύσης των λεβήτων είναι υποχρεωτική στη Ελλάδα κατά την ετήσια συντήρηση, ενώ η σχετική νομοθεσία καθορίζει και τα επιτρεπτά όρια για τα παράγωγα της καύσης.

Ο βαθμός απόδοσης ενός λέβητα υπολογίζεται κατά προσέγγιση από την σχέση:

$$BA=100*QA/B*HK$$

όπου:

- B.A. ο βαθμός απόδοσης,
- Q.A. η ονομαστική ισχύς του λέβητα σε Kcal/h,
- B η ωριαία κατανάλωση καυσίμου σε Kg/h και
- H.K. η κατώτερη θερμογόνος δύναμη καυσίμου σε Kcal/Kg (για πετρέλαιο 10.200).

Ο βαθμός απόδοσης της καύσης ή ο βαθμός απόδοσης του λέβητα, δεν δίνουν μια πλήρη εικόνα για το μέγεθος κατανάλωσης καυσίμων. Θα πρέπει να υπολογισθεί ο ετήσιος βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης που είναι ίσως και το σημαντικότερο στοιχείο σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης.

Ο ετήσιος βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης σε συνδυασμό με την σωστή επιλογή της θερμικής ισχύος του λέβητα, αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εξοικονόμηση καυσίμων και ενέργειας κατ' επέκταση.

Υπολογίζεται βάσει της τελικής ωφέλιμης θερμικής ενέργειας, η οποία είναι θερμότητα που παράγει ο λέβητας, μειωμένη κατά τις απώλειες των καυσαερίων, τις θερμικές απώλειες του λέβητα και τις απώλειες διακοπής λειτουργίας της εγκατάστασης.

- Οι απώλειες καυσαερίων είναι περίπου το 10% των θερμικών απωλειών και οφείλονται στην υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων (180°C), που απορρίπτονται στο εξωτερικό περιβάλλον από την καπνοδόχο.
- Οι απώλειες λέβητα είναι η θερμότητα που εκλύεται από τον λέβητα στο περιβάλλον κατά την διάρκεια λειτουργίας του.
- Οι απώλειες διακοπής είναι η θερμότητα που εκλύεται από τον λέβητα προς το περιβάλλον και την καπνοδόχο όσο ο καυστήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας και σε κατάσταση αναμονής.

Για υψηλό βαθμό απόδοσης απαιτείται:

- Λέβητας και σωληνώσεις με πολύ καλή μόνωση.
- Ο λέβητας δεν πρέπει να βρίσκεται σε αναμονή, για να περιορίζονται οι απώλειες λόγω διακοπής της λειτουργίας του.
- Υψηλός βαθμός απόδοσης καύσης (πάνω από 90%)
- Μικρός σε διαστάσεις λέβητας, με μικρή περιεκτικότητα νερού και σύμφωνα με τις απαιτήσεις (να μην υπερδιαστασιολογείται).

2.3.1. Υπολογισμός βαθμού απόδοσης λέβητα.

Για το υπολογισμό του θερμικού βαθμού απόδοσης του λέβητα χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις από την ανάλυση καυσαερίων, αρχικά είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών των

καυσαερίων. Οι απώλειες από τα καυσαέρια εξαρτώνται από την θερμοκρασία των καυσαερίων και από τη περιεκτικότητά τους σε CO₂. Τις απώλειες καυσαερίων μπορούμε να τις υπολογίσουμε με σχετικά διαγράμματα, με ειδικούς κανόνες υπολογισμού που περιέχονται στις συσκευές μέτρησης καυσαερίων ή από την σχέση:

$$n_k = (T_k - T_a) \cdot \left(\frac{a}{CO_2} + b \right) \quad (\%)$$

όπου:

n_k: οι απώλειες των καυσαερίων (%)

T_k: η θερμοκρασία των καυσαερίων σε °C

T_a: η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα

a: συντελεστής (για πετρέλαιο 0,5, φυσικό αέριο 0,37, υγραέριο 0,35)

b: συντελεστής (για πετρέλαιο 0,007, φυσικό αέριο 0,009, υγραέριο 0,011)

Με ελάχιστη απόκλιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η σχέση:

$$n_k = a \cdot \left(\frac{T_k - T_a}{CO_2} \right) \quad (\%)$$

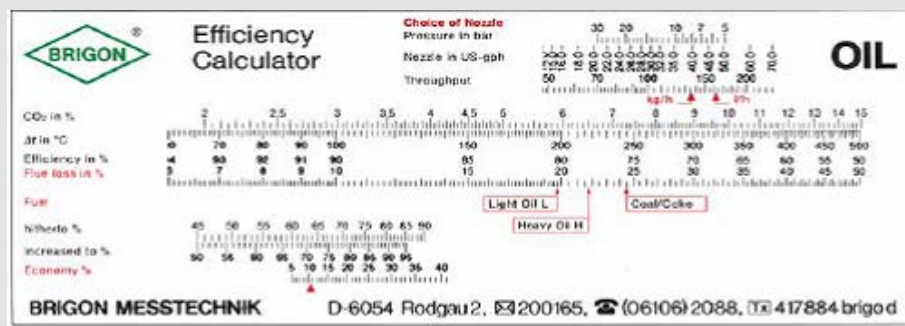
όπου:

a: συντελεστής (για πετρέλαιο 0,6, για αέριο 0,5.)

Ο βαθμός απόδοσης λέβητα n_λ (%) υπολογίζεται ως εξής:

$$n_{\lambda} = (100 - n_k) \quad (\%)$$

Αντίστοιχα ο βαθμός απόδοσης καύσης ισούται με την θερμότητα καύσης μείον τις απώλειες καυσαερίων όπως υπολογίστηκαν πιο πάνω. Ο βαθμός απόδοσης της καύσης υπολογίζεται και με κανόνες που συνοδεύουν τα όργανα μετρήσεων.



Εικόνα 20: Απεικόνιση κανόνα υπολογισμού του βαθμού απόδοσης μέσω της τιμής της περιεκτικότητας του CO₂ με καύσιμο ντίζελ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ & ΕΞΟΙΚΟΝΗΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ) «Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης-Μέρος Α: Μεθοδολογία και Τεχνικές».
2. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ) «Οδηγός Τεχνικών και Οργάνων Ενεργειακών Μετρήσεων», Αθήνα 1999.
3. Σ. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ «Μετρήσεις τεχνικών μεγεθών». Β' Έκδοση, Αθήνα 1989.
4. ΜΑΡΙΑ ΚΟΥΗ «Θερμογραφία με μέτρηση της ανακλώμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας» Σημειώσεις Εργαστηριακών Ασκήσεων "Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών" 7^{ου} εξαμήνου της Σχολής Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, 2007.
5. ΜΑΡΙΑ ΚΟΥΗ «Εξέταση Επιφανειών με τη Μέθοδο της Θερμογραφίας Υπερύθρου» Εργαστηριακές Σημειώσεις για το προπτυχιακό μάθημα "Δομικά Υλικά" του 9ου εξαμήνου της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, 2010.
6. ΝΙΚΟΛΑΟΣ Π. ΑΒΔΕΛΙΔΗΣ «Εφαρμογές της Υπέρυθρης Θερμογραφίας για τον Έλεγχο Δομικών Υλικών σε Κατασκευές», ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΕΜΠ, 2002.
7. ΦΩΤΗΣ ΤΣΟΥΚΑΛΗΣ «Η Θερμογραφία Υπερύθρου ως Διαγνωστικό μέσο στην Προβλεπτική Συντήρηση Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού». Τεχνικά Χρονικά, Αθήνα 2005.
8. Γ. ΜΠΕΡΓΕΛΕΣ, Δ. ΠΑΠΑΝΤΩΝΗΣ, Σ. ΤΣΑΓΓΑΡΗΣ «Τεχνικές Μέτρησης Ρευστομηχανικών Μεγεθών». ΕΜΠ, Αθήνα 1990.
9. ΣΤΑΜΑΤΗΣ ΠΕΡΔΙΟΣ « Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτηρίων και Βιομηχανιών». Αθήνα 2006.
10. ΣΧΟΙΝΑΣ Θ, ΠΕΤΡΟΣ «Η σημασία της διασφάλισης ποιότητας στην χρήση υγρών καυσίμων. Διερεύνηση της χρήσης νέων και εναλλακτικών υγρών καυσίμων και οι επιδράσεις τους στο περιβάλλον», ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΕΜΠ, 2008.
11. Σ. ΣΤΟΥΡΝΑΣ, Ε. ΛΟΗΣ, Φ. ΖΑΝΝΙΚΟΣ, Δ. ΚΑΡΩΝΗΣ «Τεχνολογία Καυσίμων και Λιπαντικών για τις Σχολές Μηχανολόγων και Ναυπηγών Μηχανικών ΕΜΠ», ΕΜΠ, Αθήνα 2002
12. Ε. ΚΑΚΑΡΑΣ, Π. ΒΟΥΡΛΙΩΤΗΣ «Απαιτήσεις ποιότητας – Δοκιμές λεβήτων ζεστού νερού», Δελτίο, Π.Σ.Δ.Μ.-Η., Νο 277, Σεπτέμβριος 1995
13. Ε. ΚΑΚΑΡΑΣ, Π. ΒΟΥΡΛΙΩΤΗΣ, ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΦΡΥΔΑ Λ., ΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΖΥΓΑΣ Ε., «Προδιαγραφές και αρχή λειτουργίας πιεστικού λέβητα πετρελαίου υψηλής απόδοσης και χαμηλών εκπομπών», Μηνιαίο Περιοδικό Θερμοϋδραυλικός, 2002
14. Β.Α.ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ «Ατμοπαραγωγικές εγκαταστάσεις (Λέβητες)», Τεχνική φυσικών διεργασιών ΙΙ, τόμος δεύτερος, Σύγχρονη Παιδεία, 1997.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας- ΤΕΕ: www.tee.gr

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: www.cres.gr

Βιοτεχνικό Επιμελητήριο Πειραιά – ΒΕΠ: www.bep.gr

www.thermograph.gr

www.flirthermography.com

www.examk.gr

http://www.hsb.gr/eksoikonomisi_energeias.php

www.monachos.gr

http://kitsisk.blogspot.com/2009/10/blog-post_07.html

<http://www.promitheas.org.gr/default.asp?pid=397&langid=18>

http://www.μηχανολογοσμηχανικοσ.gr/View/Item/50_dikaiologhtika-gia-pistopoihtiko-energeiakhs-apodoshs-energeiakos-epitheorhts-dikaiologhtika

<http://www.e-inspector.gr/forum/topic/311-CE>

http://www.ydravlikos.gr/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=651:--&catid=7:--&Itemid=65 του Αθανάσιου Μπούσκου, Πολιτικού Μηχανικού, Αντιπρόσωπου της

GOODWAY U.S.A. Δημοσιεύθηκε: 29/03/2007

<http://burnerservice.eu/faqs/levitostasia/semasia-ton-basikon-parametron-pou-elegkhoume-sten-kause.html>

http://www.ti-soft.com/commonhtml_boithitikes_vivliothikes_vathmos_apodosis-sintirisi_levitwn.htm

www.kargas-dimitris.gr Απλές Οδηγίες για εξοικονόμηση καυσίμων στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης

http://thermonet.gr/view_article.php?article_id=10

<http://www.sigmahellas.gr/index.php?lang=1&thecatid=8&thesubcatid=358>

http://www.bep.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=835&Itemid=192 (άρθρο του: Κων/νου Πασπαλά, Ηλ. Μηχανολόγου Μηχ., Επιστημονικού Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχ. ΑΠΘ)

http://thermonet.gr/view_article.php?article_id=7

http://www.ti-soft.com/4_1_2_1_bathmos_apodoshs_lebhta.htm

<http://www.kozas4urplace.gr/forum/showthread.php?tid=117>

<http://levitostasia.net>

http://www.bep.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=835&Itemid=192

<http://www.erga.biz/modules.php?name=News&file=article&sid=146>