

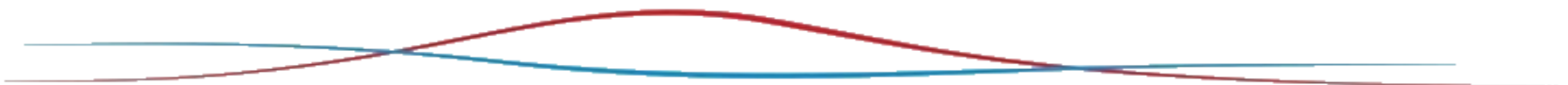


Στοιχεία λεβήτων

Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός Ι
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΛΜΕΠΑ

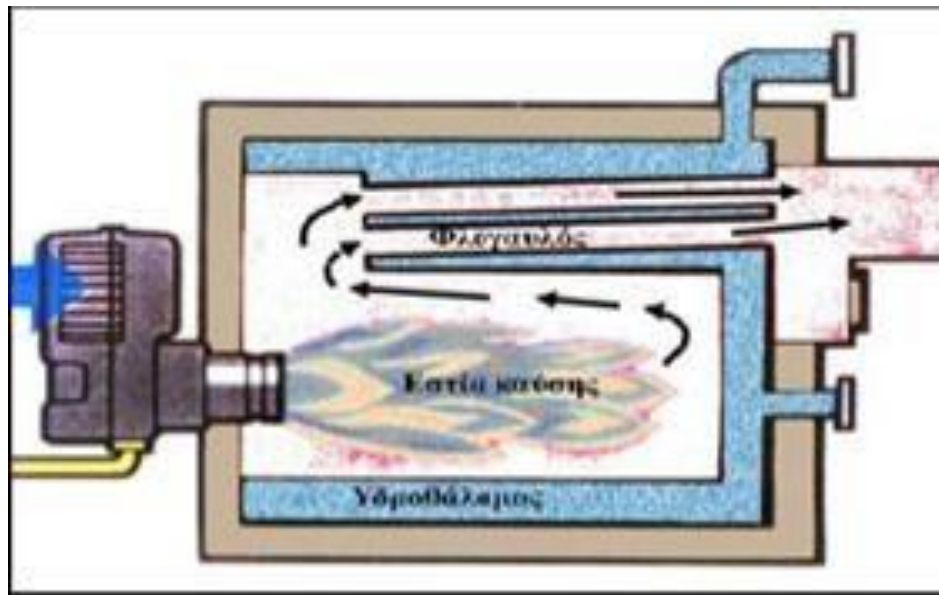
Δρ. Γεώργιος Μιχ. Σταυρακάκης
Χημ. Μηχανικός PhD, MSc ΕΜΠ

Εαρινό εξάμηνο 2020-21



Βασικά μέρη του λέβητα

- Η εστία καύσης είναι ο χώρος στον οποίο πραγματοποιείται η καύση του καυσίμου.
- Ο υδροθάλαμος είναι ο χώρος που βρίσκεται το νερό, που πρόκειται να θερμανθεί.
- Οι αεριαυλοί και ο καπνοθάλαμος είναι οι χώροι από τους οποίους περνούν τα καυσαέρια πριν εξέλθουν από το λέβητα.

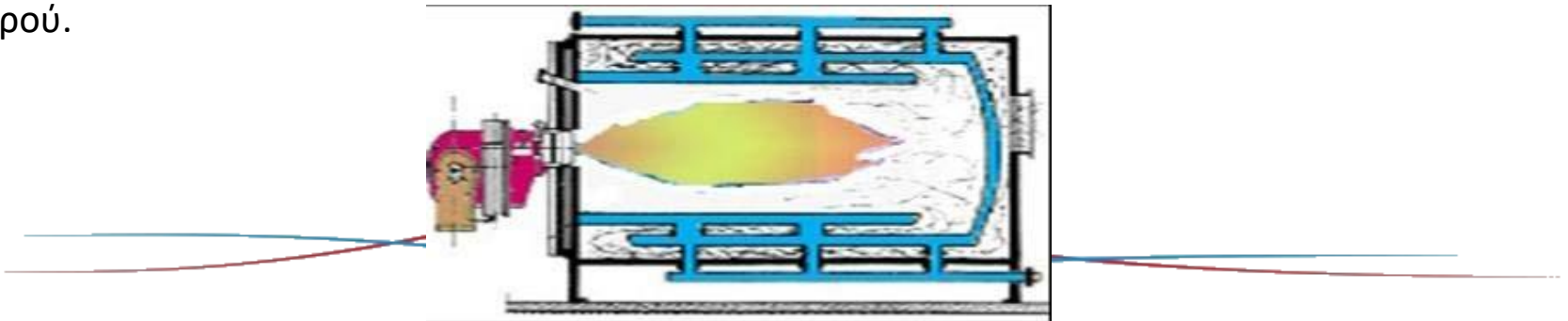


Κυκλώματα του λέβητα

Ο λέβητας χωρίζεται σε δύο βασικά κυκλώματα:

A. Κύκλωμα του καυσαερίου (μαύρες γραμμές στο Σχήμα): Η καύση του καυσίμου γίνεται στην εστία του λέβητα. Το παραγόμενο καυσαέριο εξέρχόμενο από το λέβητα οδηγείται στην καπνοδόχο (μέσω του καπναγωγού) και στη συνέχεια εξέρχεται στο περιβάλλον. Στην εστία καύσης η συναλλαγή θερμότητας μεταξύ φλόγας-τοιχωμάτων-εργαζόμενο μέσο (νερό) γίνεται με ακτινοβολία, ενώ μεταξύ θερμών καυσαερίων και τοιχωμάτων με ακτινοβολία και συναγωγή. Το παραγόμενο καυσαέριο πριν φτάσει στον καπναγωγό διέρχεται από τους αεριαυλούς, δίνοντας ένα σημαντικό μέρος από τη θερμότητά του, το οποίο μεταφέρεται με αγωγή και συναγωγή στα τοιχώματα και μέσω αυτών στο εργαζόμενο μέσο (νερό).

B. Κύκλωμα του νερού (μπλε γραμμές στο Σχήμα): Το θερμαινόμενο νερό μεταφέρει τη θερμότητα και με τη βοήθεια του κυκλοφορητή, μέσω των δικτύων διανομής προσάγεται στους εναλλάκτες θερμότητας (θερμαντικά σώματα). Το νερό με μειωμένη θερμοκρασία επιστρέφει στο λέβητα, επαναθερμαίνεται και επαναλαμβάνει την ίδια κυκλοφορία στο κλειστό κύκλωμα νερού.





Κατηγορίες λεβήτων

Κατηγοριοποίηση με βάση:

A. Το υλικό κατασκευής τους:	Λέβητες Χυτοσίδηροι. Λέβητες Χαλύβδινοι. Λέβητες από ανοξείδωτο χάλυβα.
B. Την πίεση λειτουργίας τους:	Λέβητες χαμηλής πίεσης. Λέβητες μέσης πίεσης. Λέβητες υψηλής πίεσης.
Γ. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν:	Λέβητες στερεών καυσίμων. Λέβητες υγρών καυσίμων. Λέβητες αερίων καυσίμων. Ηλεκτρικοί λέβητες.
Δ. Την πίεση λειτουργίας του καυστήρα:	Ατμοσφαιρικός: Λέβητας με ατμοσφαιρικό καυστήρα. Πιεστικός: Λέβητες με πιεστικό καυστήρα
Ε. Το μέσο μεταφοράς θερμότητας:	Το μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι κατά κύριο λόγο νερό. Η θερμοκρασία σε λέβητες θερμού νερού είναι μικρότερη από 110°C.
Ζ. Την ισχύ των λεβήτων:	Ανάλογα με το μέγεθος γίνεται διαχωρισμός σε: Μικρούς λέβητες μέχρι 50kW. Μεσαίου μεγέθους λέβητες από 50 μέχρι 400kW. Μεγάλου μεγέθους λέβητες μεγαλύτερους από 400kW.
Η. Το βαθμό απόδοσής τους:	Οι λέβητες ζεστού νερού πρέπει να είναι σύμφωνοι με τις βασικές απαιτήσεις απόδοσης που προδιαγράφονται στο Π.Δ. 335/93 σε εναρμόνιση με την οδηγία 92/42/EOK της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και με τα αντίστοιχα εναρμονισμένα πρότυπα. Μετά την αξιολόγηση - πιστοποίησή τους πρέπει να φέρουν τη σήμανση "CE" και να συνοδεύονται από τη δήλωση πιστότητ ΕΚ.



Κατηγορίες βάσει του υλικού κατασκευής

Χυτοσίδηροι λέβητες

Κατασκευάζονται από ανεξάρτητα ομοιόμορφα χυτοσιδηρά στοιχεία, ενωμένα μεταξύ τους ανθεκτικά και στεγανά, ώστε να αποτελούν ενιαίο σύνολο.

Τα στοιχεία του λέβητα:

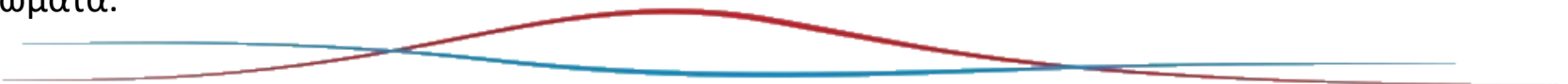
Πρώτο (εμπρόσθιο) στοιχείο: Έχει ειδική διαμόρφωση για την τοποθέτηση της πόρτας του λέβητα. Στο μπροστινό μέρος του λέβητα τοποθετείται χυτοσιδηρά πόρτα, για να ελέγχεται και να καθαρίζεται ευκολότερα ο λέβητας. Η πόρτα είναι εσωτερικά μονωμένη με κεραμοβάμβακα.

Μεσαία (ενδιάμεσα) στοιχεία: Είναι όμοια και έχουν την ίδια θερμική απόδοση. Το μέγεθος και ο αριθμός των στοιχείων καθορίζεται από το μέγεθος και τη θερμαντική ικανότητα του λέβητα.

Τελευταίο (οπίσθιο) στοιχείο: Είναι η «πλάτη» του λέβητα. Έχει στόμιο για την εξαγωγή των καυσαερίων και στόμιο προσαγωγής – επιστροφής νερού.

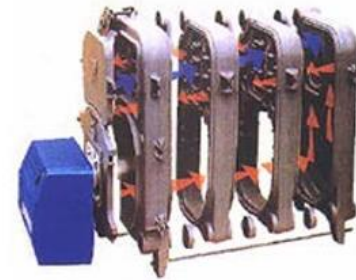
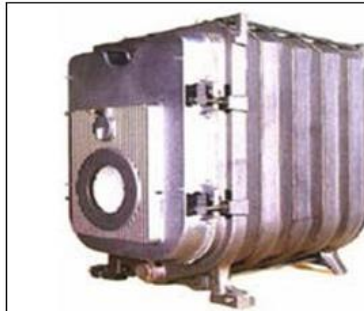
Θερμομόνωση του λέβητα: Το χυτοσίδηρο μέρος του λέβητα επικαλύπτεται με θερμομόνωση από υαλοβάμβακα κατάλληλου πάχους με αντανakλαστικό φύλλο αλουμινίου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Κάλυμμα: Εξωτερικά όλος ο λέβητας καλύπτεται με χαλυβο-ελάσματα, βαμμένα με πυρίμαχα χρώματα.

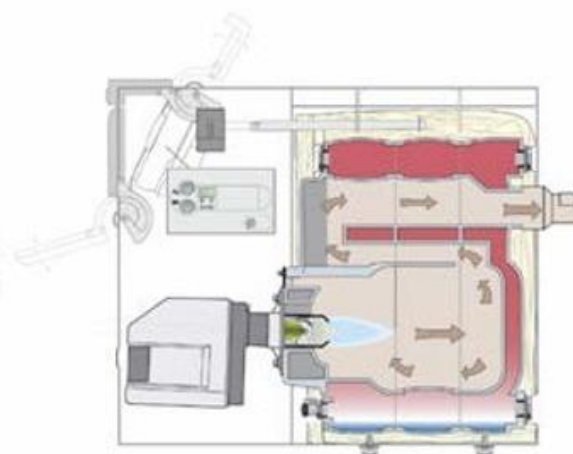
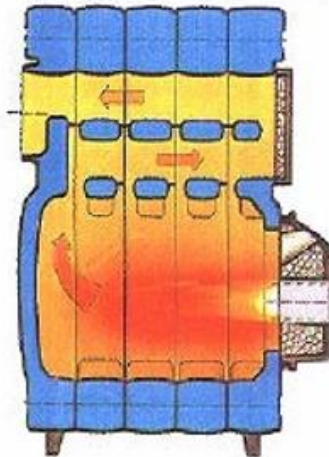


Κατηγορίες βάσει του υλικού κατασκευής

Χυτοσίδηροι λέβητες



Σχηματική απεικόνιση χυτοσιδηρών στοιχείων του λέβητα.



Σχηματική απεικόνιση εσωτερικού χυτοσιδηρού λέβητα.



Κατηγορίες βάσει του υλικού κατασκευής

Χαλύβδινοι λέβητες

Κατασκευάζονται από χαλύβδινα ελάσματα και αυλούς κατάλληλα διαμορφωμένα και ενωμένα μεταξύ τους στεγανά και στερεά με ηλεκτροσυγκόλληση. **Βασικά στοιχεία:**

Υδροθάλαμος: Είναι ο χώρος που υπάρχει το νερό. Περιβρέχει τους αεριοαυλούς και το φλογοθάλαμο εξωτερικά.

Περίβλημα του υδροθαλάμου: Έχει μορφή κυλίνδρου και κατασκευάζεται από χαλύβδινο έλασμα.

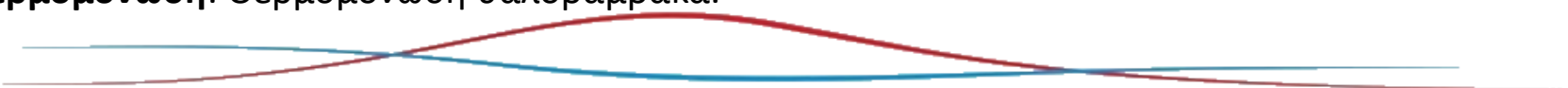
Αεριοαυλοί: Είναι χαλύβδινοι σωλήνες με ή χωρίς ραφή “τούμπο” μέσα από τους οποίους διέρχεται το καυσαέριο.

Στροβιλιστές: Είναι σπειροειδείς ελικοειδείς ή πλακοειδείς. Τοποθετούνται μέσα στους αεριοαυλούς με σκοπό τη δημιουργία στροβιλώδους ροής, με αποτέλεσμα την αύξηση κατά διαστήματα της ταχύτητας του καυσαερίου και κατ’ επέκταση την αύξηση του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας στο νερό.

Περίβλημα του φλογοθαλάμου: Έχει τη μορφή κυλίνδρου και κατασκευάζεται από χαλύβδινο έλασμα. Μέσα σε αυτό βρίσκεται η εστία του λέβητα, και έξω οι αεριοαυλοί.

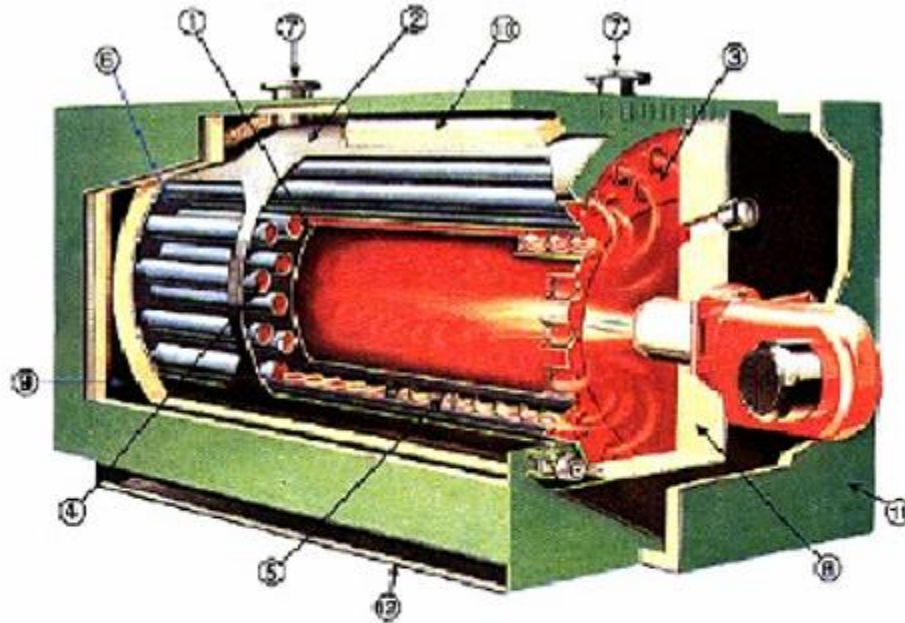
Πόρτα: Κατασκευασμένη από χαλύβδινο έλασμα. Στηρίζεται σε μεντεσέδες και όταν κλείνει ασφαλίζεται με δύο κοχλίες στεγανά. Στην πόρτα στηρίζεται ο καυστήρας.

Θερμομόνωση: Θερμομόνωση υαλοβάμβακα.



Κατηγορίες βάσει του υλικού κατασκευής

Χαλύβδινοι λέβητες



Όπου:

1. Περίβλημα φλογοθαλάμου,
2. Περίβλημα υδροθαλάμου,
3. Μπροστινή μεριά,
4. Φλογαυλοί,
5. Στροβιλιστήρες,
6. Υδροθάλαμος,

7. Έξοδος θερμού νερού,
8. Πόρτα λέβητα,
9. Καπνοθάλαμος,
10. Θερμομόνωση,
11. Εξωτερική επένδυση,
12. Βάση στήριξης.

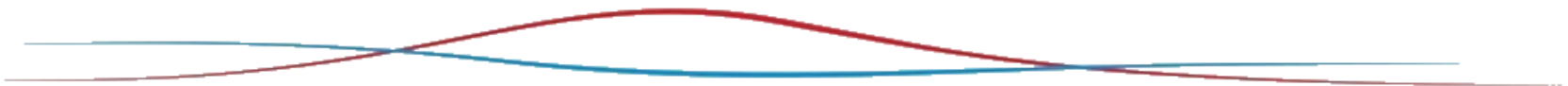
Σχηματική απεικόνιση μερών χαλύβδινου λέβητα.



Κατηγορίες βάσει του υλικού κατασκευής

Πλεονεκτήματα χυτοσιδηρών λεβήτων

- Οι χυτοσιδηροί λέβητες έχουν μικρό όγκο λόγω μικρότερων συνολικά διαστάσεων για την ίδια ισχύ, με συνέπεια να μεταφέρονται και να συναρμολογούνται-τοποθετούνται μέσα στο λεβητοστάσιο ευκολότερα, ιδίως σε περιπτώσεις αντικατάστασης του λέβητα.
- Οι χυτοσιδηροί λέβητες επειδή αποτελούνται από τυποποιημένα συναρμολογούμενα στοιχεία, μπορούν εύκολα προσθέτοντας στοιχεία να γίνει αύξηση της θερμικής ισχύος του λέβητα ή να αντικατασταθούν φθαρμένα τεμάχια.
- Οι χυτοσιδηροί λέβητες έχουν τη δυνατότητα αύξησης της επιφάνειας συναλλαγής με τη χρήση πτερυγίων με συνέπεια να αποσπούν μεγαλύτερα ποσά θερμικής ενέργειας από τον αντίστοιχο χαλύβδινο φλογοθάλαμο.
- Με ορθή εγκατάσταση και συντήρηση του λέβητα, η χημική διάβρωση (εσωτερική λόγω του διαλυμένου οξυγόνου O_2 του αέρα που εμφανίζεται κυρίως κατά την ανανέωση του νερού ή εξωτερικά λόγω του θείου του καυσίμου) μπορεί να είναι αμελητέα, δίνοντας ζωή στο λέβητα πάνω από τα 10έτη, όπου η αλλαγή του θα προκύψει από την τεχνολογική εξέλιξη και όχι λόγω της διάβρωσης.

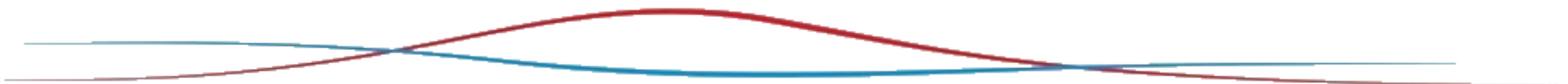




Κατηγορίες βάσει του υλικού κατασκευής

Μειονεκτήματα χυτοσιδηρών λεβήτων

- Μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με χαλύβδινο λέβητα.
- Αυξημένο βάρος.
- Δεν επισκευάζονται τα στοιχεία τους σε αντίθεση με τους χαλύβδινους που υπάρχει δυνατότητα επισκευής τους με συγκόλληση σε περίπτωση ρωγμών.
- Εκτός από τη μικρή αντοχή σε εφελκυσμό του χυτοσίδηρου έχουμε στα μειονεκτήματά του και τη μικρή αντοχή σε απότομη θερμοκρασιακή διαστολή το λεγόμενο θερμικό σοκ, δηλαδή είναι εύθραυστοι στις απότομες θερμικές καταπονήσεις με αποτέλεσμα ο χυτοσίδηρος να ραγίζει, αντίθετα από τον χάλυβα που με την ελαστικότητά του απορροφά εύκολα τέτοια καταπόνηση.
- Έχουν περιορισμένη δυνατότητα θερμικής ισχύος σε σχέση με τους χαλύβδινους.





Κατηγορίες βάσει του καυσίμου

Υγρών καυσίμων

Είναι οι λέβητες που χρησιμοποιούν υγρό καύσιμο για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Συνδέονται κατάλληλα με καυστήρα καύσης του υγρού καυσίμου, συνήθως πετρελαίου. Οι καυστήρες πετρελαίου είναι πλέον εξελιγμένα βιομηχανικά προϊόντα, υποκείμενα σε διεθνή τυποποίηση. Η τυποποίηση αυτή αφορά πλην των άλλων και τη συνεργασία τους με τους αντίστοιχους λέβητες.

Το πετρέλαιο για να καεί απαιτεί μετατροπή σε αέρια μορφή ή σε σταγονίδια. Μόνον τότε μπορεί να αναμιχθεί καλά με τον αέρα και να επιτευχθεί κατά το δυνατόν τέλεια καύση. Έτσι διακρίνουμε δύο είδη καυστήρων:

1. τις κοινές θερμάστρες με εξάτμιση του καυσίμου: χρησιμοποιούνται στις θερμάστρες πετρελαίου, σε μικρές εγκαταστάσεις κεντρικών θερμάνσεων και σε μικρά αερόθερμα.
2. τους καυστήρες σταγονιδιοποίησης ή διασκορπισμού: Το καύσιμο σταγονιδιοποιείται μηχανικά σε λεπτότατα σταγονίδια. Το μέγεθος των σταγονιδίων είναι περίπου 40-200 μm . Όσο μικρότερα είναι τα σταγονίδια, τόσο μεγαλύτερη είναι η συνολική επιφάνεια εξάτμισης των υδρογονανθράκων υπό την επίδραση της θερμοκρασίας της φλόγας και των τοιχωμάτων του λέβητα. Έτσι, μπορεί να πραγματοποιηθεί καλή ανάμιξη των ατμών του καυσίμου με τον αέρα καύσης, ο οποίος προσάγεται με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Όσο μικρότερο το μέγεθος των σταγονιδίων, τόσο καλύτερη η καύση και μικρότερη η παραγωγή αιθάλης.



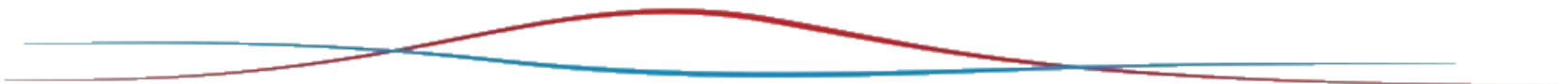
Κατηγορίες βάσει του καυσίμου

Αερίων καυσίμων

Οι λέβητες αυτοί, δεν παρουσιάζουν συνήθως σημαντικές σχεδιαστικές διαφορές από τους λέβητες υγρών καυσίμων (εκτός από τους επίτοιχους, που έχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις). Οι λέβητες καυσίμων αερίων, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

- Καθαρά καυσαέρια.
- Καύση χωρίς στερεά κατάλοιπα στο φλογοθάλαμο και στους καπναυλούς.
- Δεν υπάρχει ανάγκη για χώρο αποθήκευσης καυσίμου όταν υπάρχει κεντρικό δίκτυο αερίου.
- Δεν προπληρώνουμε το καύσιμο που θα χρειαστούμε.

Στην αγορά συναντούμε τεχνολογίες λεβήτων φυσικού αερίου και υγραερίου.



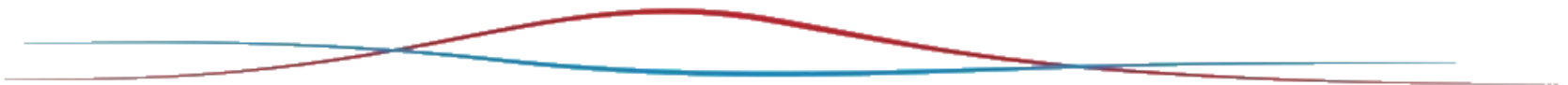


Κατηγορίες βάσει του καυσίμου

Αερίων καυσίμων – Επίτοιχοι λέβητες αερίου

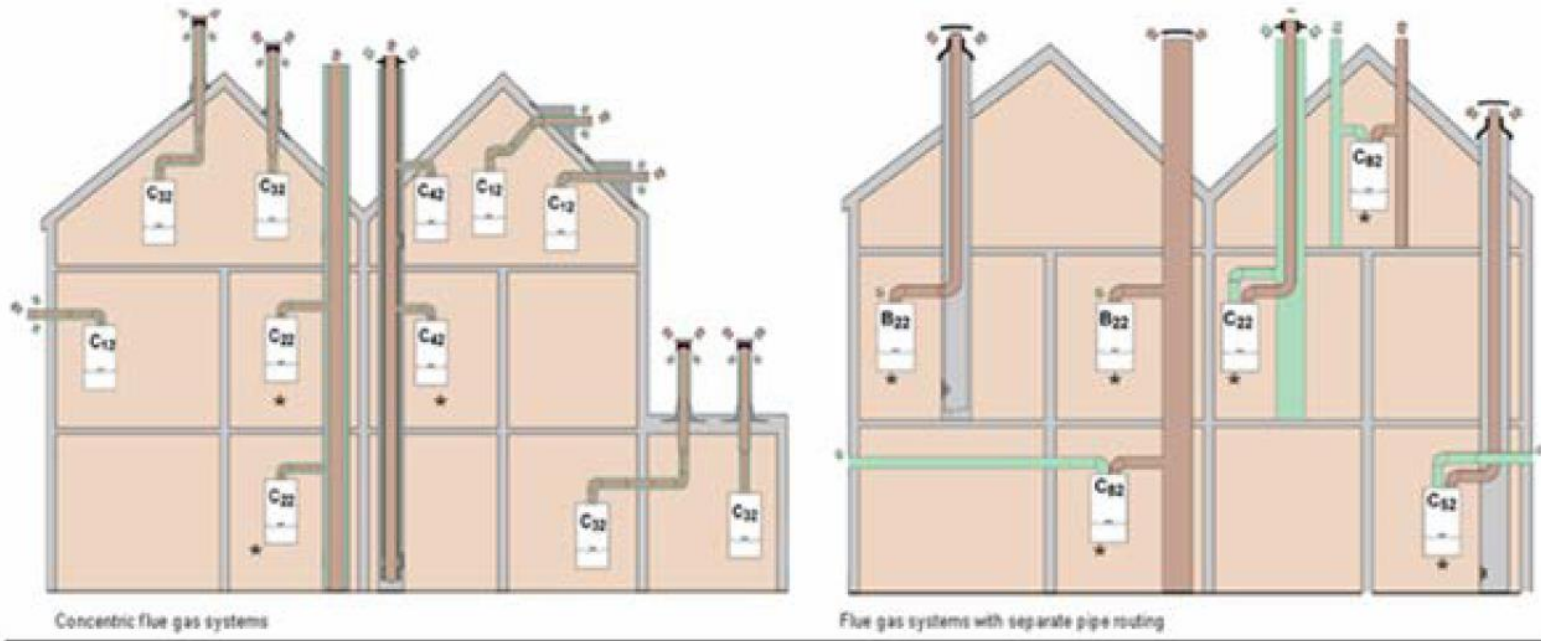
Οι συμβατικές μονάδες αερίου ανάλογα με τον τρόπο λήψης του αέρα καύσης και αποβολή του καυσαερίου χωρίζονται σε:

- **Ανοικτού θαλάμου καύσης:** Είναι συσκευές οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από το χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένες και αποβάλλουν τα καυσαέρια σε καμινάδα. Οι συσκευές αυτού του τύπου δεν έχουν ανεμιστήρα και εξαρτώνται για την απομάκρυνση του καυσαερίου από την καμινάδα, η οποία πρέπει να είναι κατάλληλης διατομής, μόνωσης και ύψους. Επίσης εξαρτώνται από τον περιβάλλοντα χώρο και τη δυνατότητα λήψης νωπού αέρα.
- **Κλειστού θαλάμου καύσης:** Είναι συσκευές οι οποίες λαμβάνουν τον αέρα καύσης από εξωτερικό χώρο μέσω αεραγωγού και απάγουν το καυσαέριο με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Λόγω του ανεμιστήρα οι εν λόγω συσκευές δύνανται να αποβάλουν τα καυσαέρια και οριζόντια.

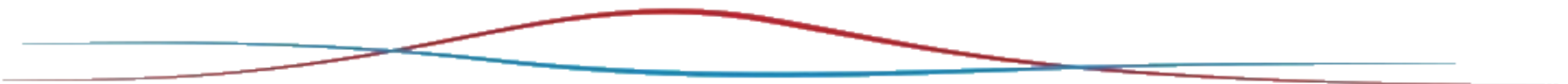


Κατηγορίες βάσει του καυσίμου

Αερίων καυσίμων – Επίτοιχοι λέβητες αερίου



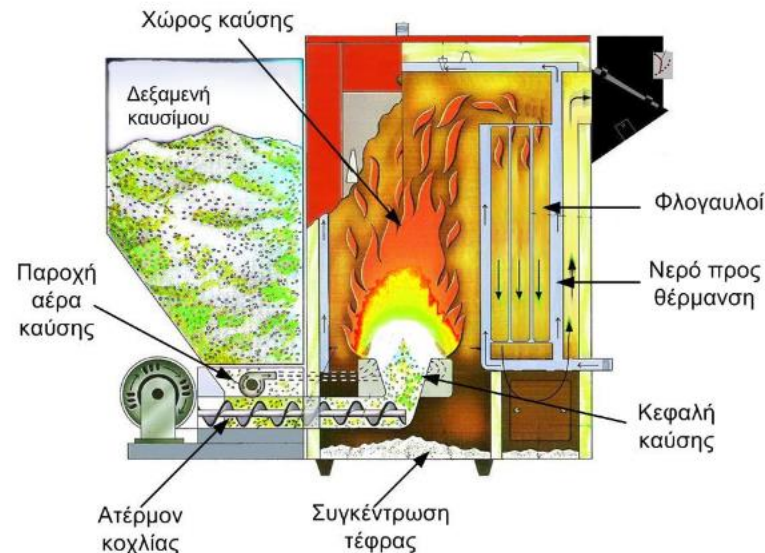
Τρόποι εγκατάστασης λεβήτων αερίου ανάλογα με την προσαγωγή αέρα και την απαγωγή του καυσαερίου.



Κατηγορίες βάσει του καυσίμου

Στερεών καυσίμων

Οι λέβητες αυτοί είναι κατασκευασμένοι για καύση ξύλων ή βιομάζας όπως: pellets, πυρήνα, κοκ, φλοιούς ή κουκούτσια καρπών. Συνήθως έχουν μεγαλύτερο θάλαμο καύσης από τους άλλους λέβητες και χώρο συγκέντρωσης της τέφρας (στάχτης) που παράγεται. Ανάλογα με το καύσιμο που καίνε η απομάκρυνση της τέφρας μπορεί να γίνεται σε καθημερινή βάση ή αραιότερα. Τα υλικά κατασκευής τους είναι από χάλυβα ή χυτοσίδηρο. Η απαγωγή των καυσαερίων μπορεί να είναι με φυσικό ή τεχνητό ελκυσμό. Η τροφοδότηση του καυσίμου ανάλογα με το καύσιμο γίνεται χειροκίνητα ή αυτόματα μέσω ατέρμονα κοχλίας.

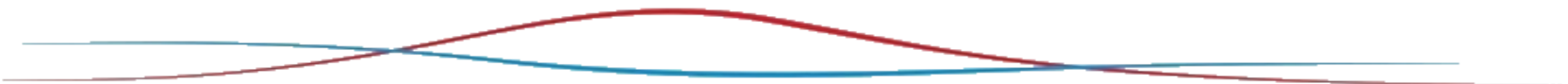


Κατηγορίες βάσει του καυσίμου

Στερεών καυσίμων

Πίνακας 1.4: Δείγματα των στερεών βιοκαυσίμων.

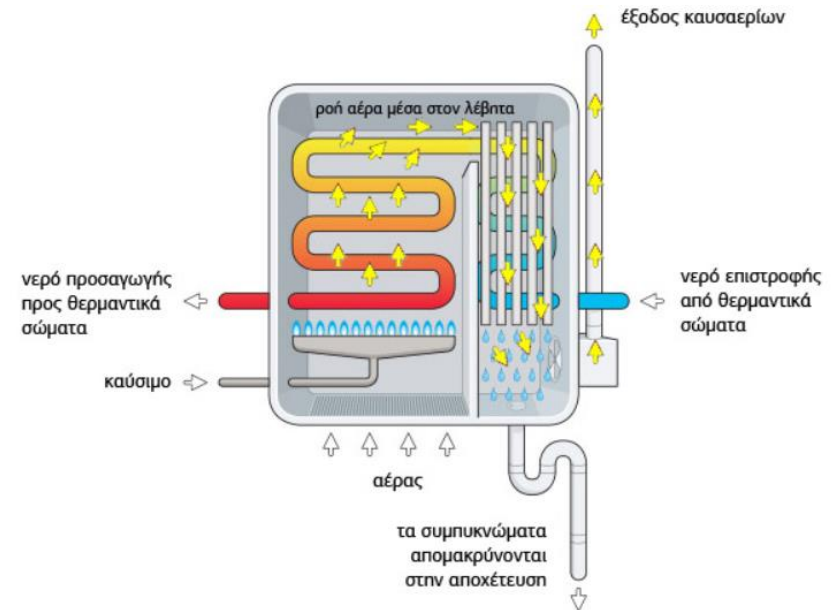
Πελλέτες Ξύλου	Πελλέτες Αγριαγκινάρας	Ελαιοπυρηνόξυλο Βοιωτίας
		
Ελαιοπυρηνόξυλο Ισπανίας	Τσόφλια Αμυγδάλων	Κουκούτσια Ροδάκινων
		



Λέβητες συμπύκνωσης

Οι λέβητες αυτοί μπορούν και εκμεταλλεύονται την ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα ζεστά καυσαέρια πριν τα αποβάλλουν στο περιβάλλον σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς να κινδυνεύουν από καταστροφή. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην τοποθέτηση εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίων-νερού στην έξοδο του λέβητα. Τα θερμά καυσαέρια ανταλλάσσουν θερμότητα με το νερό επιστροφής και το προθερμαίνουν πριν την είσοδό του στην περιοχή του φλογοθαλάμου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ταχύτερη θέρμανση του νερού προσαγωγής με μικρότερη καύση του καυσίμου, άρα εξοικονόμηση ενέργειας (και, προφανώς, χρημάτων).

Από την άλλη μεριά, τα καυσαέρια λόγω της εναλλαγής θερμότητας με το νερό επιστροφής υπόκεινται σε μείωση θερμοκρασίας και συμπύκνωση των περιεχόμενων υδρατμών. Τα συμπυκνώματα συλλέγονται σε ανοξείδωτη λεκάνη συλλογής και οδηγούνται στην αποχέτευση χωρίς να προκαλούν διάβρωση στο λέβητα.



Λέβητες συμπύκνωσης

Στους συμβατικούς, παλαιούς λέβητες, τα συμπυκνώματα είναι ανεπιθύμητα! Διότι «κουβαλούν» μαζί τους θειούχες ενώσεις ως παραπροϊόντα της ατελούς καύσης, οι οποίες προκαλούν σημαντική διάβρωση του λέβητα. Στους λέβητες συμπύκνωσης, η ανοξείδωτη λεκάνη συλλογής των συμπυκνωμάτων σε συνδυασμό με αποδοτικούς καυστήρες και συστήματα ελέγχου παροχής αέρα για την τέλεια καύση, ελαχιστοποιείται η διάβρωση από τυχόν διαβρωτικά συμπυκνώματα.

Βάσει της αρχής λειτουργίας τους, στους λέβητες συμπύκνωσης είναι δυνατή η απομάστευση της ενέργειας των καυσαερίων σε τέτοιο βαθμό που το καυσαέριο να βγαίνει από τον λέβητα σε θερμοκρασίες μόλις 10oC μεγαλύτερες από την θερμοκρασία του νερού στον λέβητα. Έτσι, όταν ο λέβητας λειτουργεί σε θερμοκρασία νερού π.χ. 50oC, τα καυσαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία 60oC (αντί για 100-120oC !) πετυχαίνοντας με τον τρόπο αυτόν εξαιρετική οικονομία.

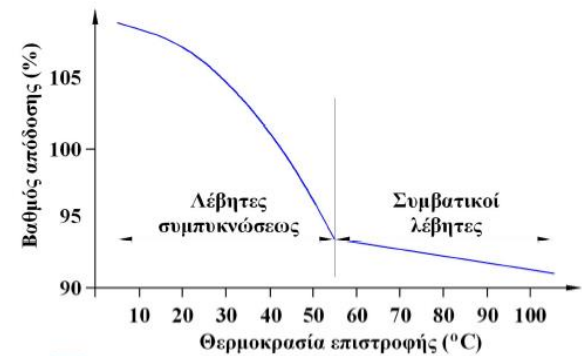




Λέβητες συμπύκνωσης

Υπάρχουν λέβητες συμπύκνωσης υγρού καυσίμου (π.χ. πετρελαίου) και αέριου καυσίμου (π.χ. φυσικού αερίου). Οι λέβητες αέριου καυσίμου προτιμώνται διότι τα αέρια καύσιμα έχουν αυξημένη περιεκτικότητα υδρογόνου, ενώ παράλληλα δεν περιέχουν θείο (οπότε ελαχιστοποιείται η διαβρωτική ικανότητα των συμπυκνωμάτων). Σε ένα λέβητα συμπύκνωσης με αέριο καύσιμο μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το 50 έως 80% της λανθάνουσας θερμότητας των υδρατμών των καυσαερίων, επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης, μέχρι και 108%. Βαθμός απόδοσης $>100\%$ δεν ξενίζει, καθώς ο υπολογισμός του β.απ. γίνεται σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα για κάθε τύπο λέβητα και βάσει των οποίων λαμβάνεται υπόψη μόνο η Κατώτερη Θερμογόνο Δύναμη του καυσίμου αγνοώντας την θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών.

Εν γένει, όσο μικρότερη η θερμοκρασία επιστροφής τόσο μεγαλύτερος ο β.απ. Διότι, πρακτικά, συντελεί στην μεγαλύτερη απομάστευση ενέργειας των καυσαερίων μειώνοντας την απόρριψη σημαντικών ποσών θερμότητας μαζί με τα καυσαέρια στην έξοδο της καπνοδόχου. Από αυτό συμπεραίνεται ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται σε εγκαταστάσεις με χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας του εργαζόμενου μέσου και μάλιστα περίπου στους 50/30°C έτσι, ώστε να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τα αποτελέσματα της συμπύκνωσης για όλη την περίοδο λειτουργίας της εγκατάστασης





Βασικοί υπολογισμοί λέβητα

Απαιτούμενη θερμική ισχύς

Για να υπολογίσουμε την απαιτούμενη θερμική ισχύ του λέβητα Q_L (kW), αρχικά υπολογίζουμε την ολική θερμική απαίτηση του κτιρίου **$Q_{ολ}$ η οποία προκύπτει ως το άθροισμα των θερμικών απωλειών των διαφόρων χώρων**, συμπεριλαμβανομένων αυτών που οφείλονται σε αγωγιμότητα και αυτών που οφείλονται σε αερισμό, αθέλητο (π.χ. από χαραμάδες) και ελεγχόμενο (π.χ. μηχανικός αερισμός- εξαερισμός).

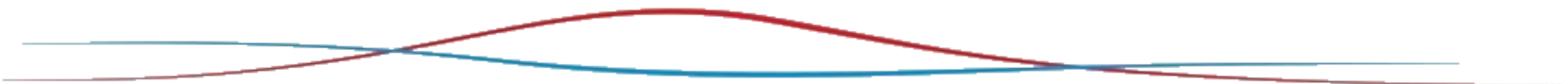
Τη θερμότητα αυτή προσαυξάνουμε κατά ένα ποσοστό, για τους εξής λόγους :

- κάλυψη των θερμικών απωλειών των σωληνώσεων μεταφοράς
- κάλυψη τυχόν αστοχιών της κατασκευής,
- επιτάχυνση της απόκρισης του συστήματος λόγω διακοπτόμενης θέρμανσης στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων.

Η προσαύξηση αυτή συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 25-30%.

Οπότε, η θερμική ισχύς λέβητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_L = (1 + q) Q_{ολ} \text{ όπου } q = 0,25 - 0,30$$





Βασικοί υπολογισμοί λέβητα

Βαθμός απόδοσης

Οι διάφοροι τύποι λεβήτων πρέπει να έχουν ωφέλιμες αποδόσεις:

- ονομαστικής ισχύος, δηλαδή σε λειτουργία με ονομαστική ισχύ P_n εκφραζόμενη σε kW και για μέση θερμοκρασία νερού στο λέβητα 70 °C και με
- Σε μερικό φορτίο, δηλαδή σε λειτουργία με μερικό φορτίο 30% για μέση θερμοκρασία νερού στο λέβητα, που ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του λέβητα.

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται οι ωφέλιμες αποδόσεις που πρέπει να έχουν οι διάφοροι τύποι λεβήτων.

Οι ωφέλιμες αποδόσεις νέων λεβήτων ζεστού νερού σύμφωνα με το Π.Δ.335 σε συμμόρφωση με την Οδηγία 92/42/ΕΟΚ.

Τύπος λέβητα	Φάσμα ισχύος	Απόδοση στο πλήρες φορτίο (ονομαστική ισχύ)		Απόδοση σε μερικό φορτίο	
	kW	Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα (σε °C)	Απαιτήση απόδοσης εκφρασμένη (σε %)	Μέση θερμοκρασία του νερού στο λέβητα (σε °C)	Απαιτήση απόδοσης εκφρασμένη (σε %)
Συνήθεις λέβητες	4 ÷ 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	≥ 50	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Λέβητες χαμηλής θερμοκρασίας (*)	4 ÷ 400	70	$\geq 87.5 + 1.5 \log P_n$	40	$\geq 87.5 + 1.5 \log P_n$
Λέβητες αερίου με συμπύκνωση	4 ÷ 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30 (**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

(*) Συμπεριλαμβανομένων των λεβήτων συμπύκνωσης που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα.

(**) Θερμοκρασία του νερού τροφοδότησης του λέβητα.



Βασικοί υπολογισμοί λέβητα

Βαθμός απόδοσης

Ο Βαθμός απόδοσης του λέβητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta_{\Lambda} = \frac{Q_{\omega\phi}}{Q_{\pi\rho\sigma\delta}}$$

Όπου:

$Q_{\omega\phi}$ (kW) είναι η ωφέλιμη θερμική ισχύς του λέβητα (δηλ. αυτή που καλύπτει τις ανάγκες/θερμικές απώλειες).

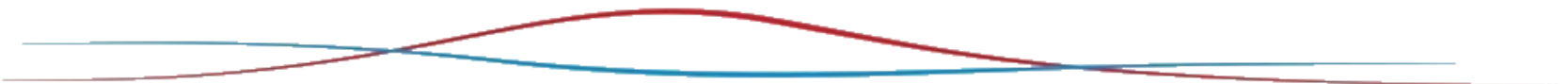
$Q_{\pi\rho\sigma\delta}$ (kW) είναι η προσδιδόμενη θερμική ισχύς, δηλ. η ισχύς που καταναλώνει η μηχανή για να θερμάνει το εργαζόμενο μέσο (ζεστό νερό). Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{\pi\rho\sigma\delta} = \dot{m}_k * H_k$$

Όπου:

$\dot{m}_k$ (μονάδα μάζας ή όγκου που καταναλώνεται / μονάδα χρόνου, π.χ. kg/h) η κατανάλωση του καυσίμου.

H_k (συχνά σε kWh/kg) είναι η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου.





Άσκηση 1

Λέβητας πετρελαίου με β.απ. 80% λειτουργεί ετησίως 600 h, και καλύπτει ακριβώς τις ανάγκες θέρμανσης ενός χώρου με συνολικές θερμικές απώλειες 25 kW. Να υπολογιστεί η κατανάλωση ενέργειας του λέβητα ετησίως, σε kWh, lt και kg. Δίδονται: θερμογόνο δύναμη πετρελαίου 11,92 kWh/kg, Πυκνότητα πετρελαίου 0,86 kg/lt.

Λύση

Καταρχήν, ο λέβητας καλύπτει ακριβώς τις θερμικές απώλειες, οπότε μπορεί να υποτεθεί ότι η ωφέλιμη θερμική ισχύς του λέβητα είναι: $Q_{\omega\phi} = 25 \text{ kW}$

Υπολογίζεται η προσδιδόμενη ισχύς:

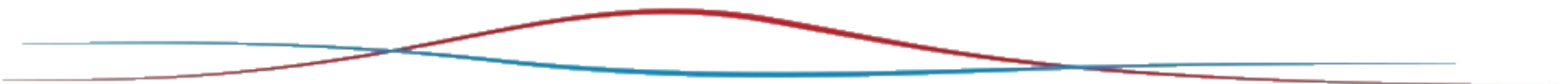
$$\eta_{\Lambda} = \frac{Q_{\omega\phi}}{Q_{\pi\rho\sigma\delta}} \Leftrightarrow Q_{\pi\rho\sigma\delta} = \frac{25}{0,8} = 31,25 \text{ kW}$$

Συνεπώς, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του λέβητα θα είναι:

$$E_{\kappa\alpha\tau} = Q_{\pi\rho\sigma\delta} * (\text{ώρες λειτουργίας}) = 31,25 * 600 = 18750 \text{ kWh}$$

Κατανάλωση καυσίμου:

$$\dot{m}_{\kappa} = \frac{E_{\kappa\alpha\tau}}{H_{\kappa}} = \frac{18750}{11,92} = 1572,98 \text{ kg}, \dot{V}_{\kappa} = \frac{\dot{m}_{\kappa}}{\rho_{\kappa}} = \frac{1572,98}{0,86} = 1829 \text{ lt}$$





Άσκηση 2

Συνήθης λέβητας πετρελαίου με β.απ. 80% και κατανάλωση 2000 lt ετησίως, αντικαθίσταται από λέβητα πετρελαίου συμπύκνωσης με β.απ. 102%. Να υπολογιστεί η εξοικονόμηση πετρελαίου από την αντικατάσταση ετησίως σε kg. Να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh. Δίδονται: θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 11,92 kWh/kg, Πυκνότητα πετρελαίου 0,86 kg/lt.

Λύση

Καταρχήν, σε κάθε περίπτωση ο λέβητας θα πρέπει να καλύψει το ίδιο θερμικό φορτίο, συνεπώς η ωφέλιμη θερμική ισχύς πριν και μετά την αντικατάσταση παραμένει ίδια. Οπότε:

$$\text{Αρχικός λέβητας: } n_{\Lambda 1} = \frac{Q_{\omega\phi}}{Q_{\pi\rho\sigma\delta 1}} \quad / \quad \text{Νέος Λέβητας: } n_{\Lambda 2} = \frac{Q_{\omega\phi}}{Q_{\pi\rho\sigma\delta 2}}$$

$$\text{Δηλ.: } n_{\Lambda 1} * Q_{\pi\rho\sigma\delta 1} = n_{\Lambda 2} * Q_{\pi\rho\sigma\delta 2} \Leftrightarrow$$

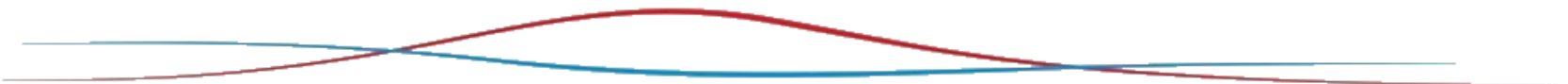
$$n_{\Lambda 1} * \dot{m}_{\kappa 1} * H_{\kappa} = n_{\Lambda 2} * \dot{m}_{\kappa 2} * H_{\kappa} \text{ (Ιδιο καύσιμο} \Rightarrow \text{ίδια θερμογόνος δύναμη)} \Leftrightarrow$$

$$\dot{m}_{\kappa 2} = \frac{0,8}{1,02} * 2000 \frac{\text{lt}}{\text{y}} * 0,86 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} = 1349 \text{ kg/y}$$

$$\text{Ο αρχικός λέβητας καταναλώνει ετησίως: } \dot{m}_{\kappa 1} = 2000 \frac{\text{lt}}{\text{y}} * 0,86 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} = 1720 \text{ kg/y}$$

$$\text{Μείωση κατανάλωσης καυσίμου: } \Delta \dot{m}_{\kappa} = \dot{m}_{\kappa 1} - \dot{m}_{\kappa 2} = 371 \text{ kg/y}$$

$$\text{Εξοικονόμηση ενέργειας: } \Delta E = \Delta \dot{m}_{\kappa} * H_{\kappa} = 371 * 11,92 = 4422,32 \text{ kWh}$$





Στοιχεία λεβήτων

Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός Ι

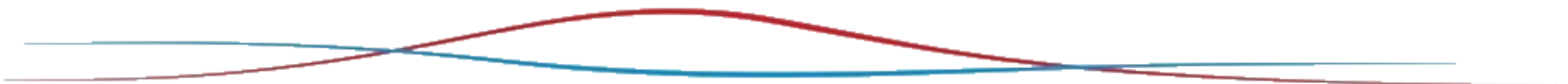
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Καπνοδόχος

Για την προσαγωγή του αέρα της καύσης του λέβητα και για την απαγωγή των καυσαερίων από τον λέβητα τοποθετείται **καπνοδόχος που αποτελείται από δύο μέρη :**

α) Τον καπναγωγό που είναι το οριζόντιο στοιχείο (ελαφρά κλίση 150) και συνδέει τον λέβητα με το κατακόρυφο τμήμα της κυρίως καπνοδόχου.

β) Την κυρίως καπνοδόχο που αρχίζει από το δάπεδο του λεβητοστασίου και καταλήγει σε ανάλογο ύψος από τη στάθμη του δαπέδου του δώματος.





Καπνοδόχος

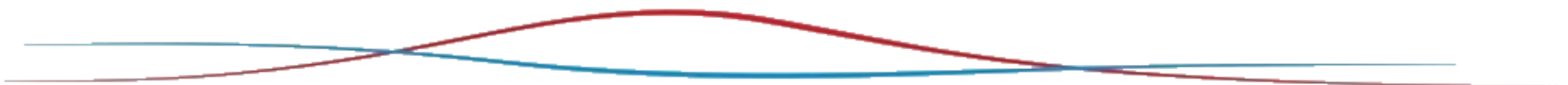
Καπναγωγός

Ο καπναγωγός που συνδέει τον λέβητα με την καπνοδόχο **πρέπει να είναι θερμικά μονωμένος**, με πάχος ελασμάτων $>3 \text{ mm}$ για καπναγωγό διατομής $>500 \text{ cm}^2$.

Τα υλικά κατασκευής του καπναγωγού πρέπει να είναι ανθεκτικά σε θερμοκρασίες $>3000^\circ\text{C}$.

Σε περίπτωση χρήσης στοιχείων από αμιαντο-τσιμέντο η ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση πρέπει να είναι 2m και να μην εισέρχονται στα στοιχεία αυτά καυσαέρια με θερμοκρασία $>2500^\circ\text{C}$.

Για την προσαρμογή της κυκλικής διατομής εξόδου των καυσαερίων από τον λέβητα προς τον ορθογωνικής διατομής καπναγωγό, προσαρμόζεται συχνά ειδικό τεμάχιο μετάπτωσης με το οποίο εξασφαλίζεται η ομαλή πορεία των καυσαερίων.





Καπνοδόχος

Κυρίως καπνοδόχος - Καμινάδα

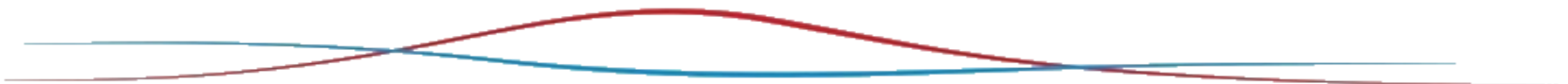
Η ορθή λειτουργία της καμινάδας είναι πολύ σημαντική για τη λειτουργία του λέβητα. Η καμινάδα **πρέπει να εξασφαλίζει επαρκή ελκυσμό για την έξοδο των καυσαερίων**, προστασία έναντι δημιουργίας συμπυκνωμάτων και προστασία από καιρικά φαινόμενα.

Συστήνεται η **εγκατάσταση λείας καπνοδόχου διπλού τοιχώματος με μόνωση**. Η απόριψη των καυσαερίων στην ατμόσφαιρα και η μείωση της θερμοκρασίας τους κατά τη διαδρομή, θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να αποφεύγεται η συμπύκνωση και τα αποτελέσματα που προκαλεί.

Σημειώνεται ότι μικρή διάμετρος καμινάδας σημαίνει ταχεία φθορά και φραγή, ενώ μεγάλη διάμετρος καμινάδας σημαίνει ενδεχόμενη δημιουργία συμπυκνωμάτων.

Η σύνδεση της καμινάδας με το λέβητα πρέπει να είναι στεγανή για την αποφυγή προβλημάτων όπως φραγή, μεγάλη ποσότητα αιθάλης, θόρυβος κ.

Η καμινάδα πρέπει να είναι επιθεωρήσιμη και να δύναται να καθαρίζεται ειδικά στην έξοδο του λέβητα και σε αλλαγές κατεύθυνσης. Στην έξοδο του λέβητα συστήνεται η εγκατάσταση θυρίδας επιθεώρησης και καθαρισμού.





Καπνοδόχος

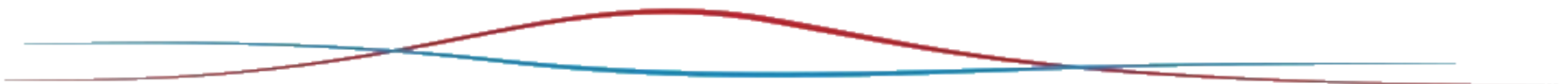
Σχεδιασμός καμινάδας

Ο σχεδιασμός της καμινάδας είναι στοιχείο που επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την απόδοση του συστήματος παραγωγής θερμότητας γιατί είναι αυτός που ρυθμίζει την ποσότητα φρέσκου αέρα στην καύση. Ο φρέσκος αέρας για την καύση είναι εξίσου σημαντικός όσο και το καύσιμο.

Σχεδιαστικές προδιαγραφές

Αρχίζει από το δάπεδο του λεβητοστασίου και καταλήγει σε ανάλογο ύψος από τη στάθμη του δαπέδου του δώματος. Πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 m πάνω από το σημείο εξόδου της καπνοδόχου από τη στέγη. Επίσης η καπνοδόχος πρέπει να προεξέχει από οποιαδήποτε ακμή κάθε κτιρίου που βρίσκεται σε ακτίνα 3 m από την καπνοδόχο κατά 0.7 m. Η οριζόντια απόσταση της εξόδου των καυσαερίων από παράθυρα ή πόρτες άλλων γειτονικών κτιρίων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 m.

Στο κατώτερο σημείο της καπνοδόχου και προς την πλευρά του λέβητα κατασκευάζεται θυρίδα καθαρισμού αεροστεγής με ελεύθερο χώρο έμπροσθεν αυτής τουλάχιστον 1m².





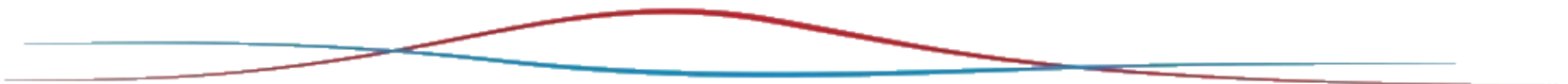
Καπνοδόχος

Σχεδιασμός καμινάδας

Κατασκευαστικές προδιαγραφές

Η καπνοδόχος πρέπει να κατασκευάζεται από ανθεκτικό και άκαυστο υλικό, να στηρίζεται με ασφάλεια κατά την όλη διαδρομή της στο κτίριο, να έχει λεία εσωτερικά τοιχώματα και να διαθέτει επαρκή θερμομονωτική ικανότητα ώστε να διατηρεί τα διερχόμενα από αυτή καυσαέρια σε υψηλή θερμοκρασία.

Καπνοδόχοι που βρίσκονται ή διέρχονται στο εσωτερικό κτιρίων, σε περιοχές που συχνάζουν άτομα, πρέπει να βρίσκονται εσωτερικά σε υποπίεση, ώστε σε περίπτωση μειωμένης στεγανότητας να αποκλείεται η διαφυγή καυσαερίων σε παρακείμενους χώρους.





Καπνοδόχος

Σχεδιασμός καμινάδας - Διατομή

Ο υπολογισμός της διατομής (F) καπνοδόχου μπορεί να γίνει σύμφωνα με το DIN 4705 ή το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 447. Ο υπολογισμός βασίζεται στην αναλυτική σχέση (Redtenbacher):

$$F = 2,75 * \frac{Q}{\eta * \sqrt{H}}$$

Όπου:

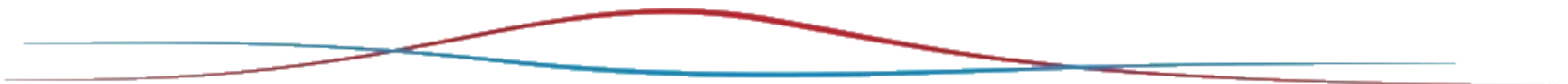
F είναι η ζητούμενη διατομή της καμινάδας (σε m²)

Q είναι η θερμική ισχύς του συστήματος παραγωγής θερμότητας (Λέβητας), σε kW

H είναι το ύψος της καμινάδας (σε m)

η είναι ο συντελεστής συσχέτισης ύψους της καμινάδας και της θερμικής ισχύος του Λέβητα.

Βρίσκεται από Πίνακα (βλ. επόμενη διαφάνεια).



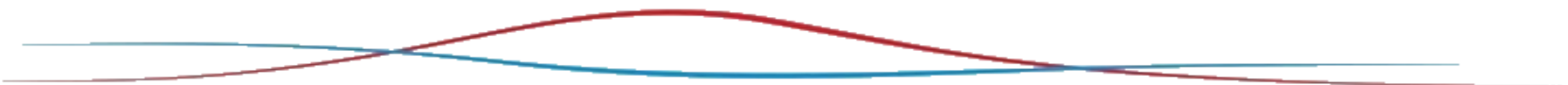


Καπνοδόχος

Σχεδιασμός καμινάδας - Διατομή

Τιμές συντελεστή η της εξίσωσης Redtenbacher για διάφορους συνδυασμούς ύψους καμινάδας και θερμικής ισχύος Λέβητα.

ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ η ΤΥΠΟΥ REDTENBACHER ΓΙΑ ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥΣ						
ΥΨΟΣ ΚΑΠΝΟ- ΔΟΧΟΥ (m)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ (kcal/h)					
	50.000	80.000	100.000	250.000	500.000	1.000.000
10	1.300	1.400	1.500	1.600	X	X
12	1.200	1.300	1.450	1.600	X	X
15	1.100	1.200	1.400	1.500	1.600	X
20	X	1.200	1.300	1.400	1.550	100
26	X	1.100	1.200	1.400	1.550	1.750
30	X	X	1.200	1.350	1.500	1.700



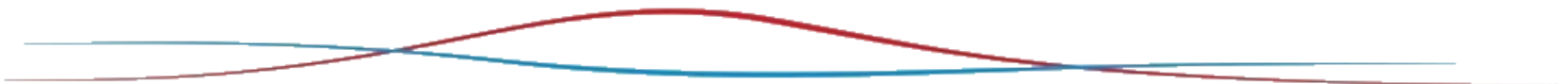


Καπνοδόχος

Σχεδιασμός καμινάδας - Διατομή

Τηρούνται οι προδιαγραφές:

- Ελάχιστος επιτρεπόμενος ελκυσμός λέβητα 4mm ΣΝ
- Το οριζόντιο τμήμα της καπνοδόχου πρέπει να είναι μικρότερο από το $\frac{1}{4}$ του κατακόρυφου τμήματος
- Η καπνοδόχος πρέπει να μονωθεί θερμικά γιατί διαφορετικά ο ελκυσμός μειώνεται υπερβολικά έως και πρακτικά μηδενίζεται.
- η καπνοδόχος δεν πρέπει να έχει ύψος μικρότερο από 8 μέτρα
- Σε καπνοδόχους ορθογωνικής διατομής πρέπει να αποφεύγονται σχέσεις πλευρών μικρότερες του 1:1,5





Καπνοδόχος

Παράδειγμα εκτίμησης διατομής καμινάδας

Κτίριο ύψους 25m εξυπηρετείται για σκοπούς θέρμανσης από λέβητα κεντρικής θέρμανσης ονομαστικής θερμικής ισχύος 197,2 kW. Να υπολογιστούν:

- A) Η απαιτούμενη επιφάνεια διατομής της καμινάδας.
- B) Η διάμετρος διατομής της καμινάδας αν είναι κυλινδρικού σχήματος.
- Γ) Οι διαστάσεις της διατομής καμινάδας αν είναι ορθογωνικού σχήματος.

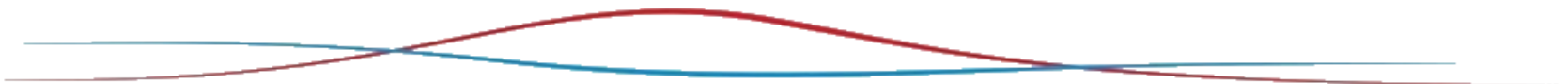
Λύση

$$A) \text{ Ισχύς λέβητα: } Q = 197,2 \text{ kW} = \frac{197,2}{0,00116} = 170.000 \text{ kcal/h}$$

Το ύψος καμινάδας λαμβάνεται $H=25\text{m}$.

Στον Πίνακα του συντελεστή «η» γίνεται γραμμική παρεμβολή ανάμεσα στις ισχύς 100.000 kcal/h και 250.000 kcal/h (για το πλησιέστερο ύψος, $H=26\text{m}$):

$$\frac{250000-100000}{250000-170000} = \frac{1400-1200}{1400-\eta_{170.000}} \Leftrightarrow \eta_{170.000} = 1293$$





Καπνοδόχος

Παράδειγμα εκτίμησης διατομής καμινάδας

A) Οπότε από εξίσωση Redtenbacher προκύπτει η επιφάνεια διατομής της καμινάδας:

$$F = 2,75 * \frac{Q}{\eta * \sqrt{H}} = 2,75 * \frac{197,2}{1293 * \sqrt{25}} = 0,084 m^2$$

B) Στην περίπτωση καμινάδας κυκλικής διατομής:

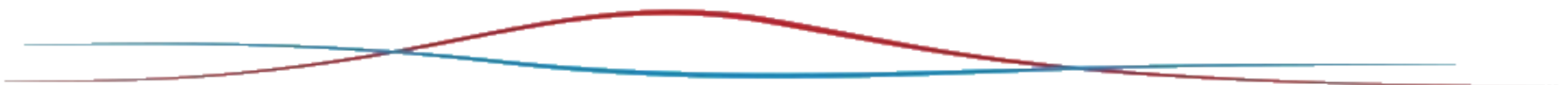
$$\pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 0,084 \Leftrightarrow d = 0,256 m \text{ ή } 25,6 cm.$$

Γ) Στην περίπτωση ορθογωνικού σχήματος ο λόγος των διαστάσεων θα πρέπει να είναι:

$$\frac{\alpha}{\beta} \geq \frac{1}{1,5}$$

Με την παραδοχή της ισότητας παραπάνω:

$$\alpha * \beta = 0,084 \Leftrightarrow \alpha = 0,236 m \Rightarrow \beta = 0,354 m$$



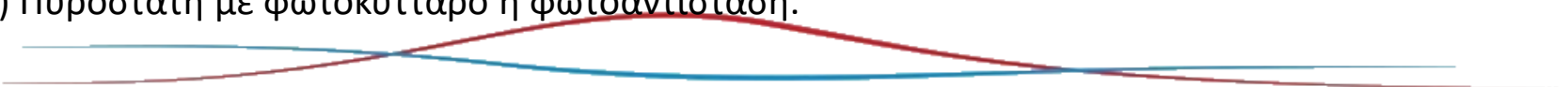


Καυστήρας

Οι συνηθέστεροι καυστήρες πετρελαίου για τους λέβητες θερμού νερού, είναι οι «καυστήρες διασκορπισμού». Στους καυστήρες διασκορπισμού έχουμε συμπίεση του πετρελαίου από μία ηλεκτροκίνητη αντλία σε υψηλή πίεση (7 - 20 at). Στη συνέχεια το πετρέλαιο οδηγείται σε ακροφύσιο διασκορπισμού (μπεκ), όπου διασκορπίζεται σε λεπτότατα σταγονίδια και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας εξατμίζεται. Ταυτόχρονα προσάγεται ο αέρας καύσης μέσω ανεμιστήρα χαμηλής πίεσης στο ακροφύσιο διασκορπισμού, όπου γίνεται η ανάμειξη με το νέφος του πετρελαίου. Η ανάφλεξη του μείγματος επιτυγχάνεται με σπινθήρα υψηλής τάσης και η καύση διατηρείται για όσο χρόνο υπάρχει τροφοδοσία πετρελαίου και αέρα.

Στους καυστήρες διασκορπισμού υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της ποσότητας του πετρελαίου και του αέρα καύσης, προκειμένου να επιτύχουμε βέλτιστο διασκορπισμό και ανάμειξη. Για να εξασφαλιστεί αυτόματη και ασφαλής λειτουργία, οι καυστήρες διασκορπισμού πρέπει να έχουν τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- α) Αντλία πετρελαίου (ηλεκτρική) για την αναρρόφηση από την δεξαμενή καυσίμου,
- β) Φίλτρο πετρελαίου με δυνατότητα εύκολου καθαρισμού,
- γ) Ανεμιστήρα (ηλεκτρικό) προσαγωγής αέρα καύσης,
- δ) Εκκινητές - αυτομάτους διακόπτες προστασίας των ηλεκτροκινητήρων,
- ε) Σύστημα αυτόματης ανάφλεξης με σπινθηριστή, και
- στ) Πυροστάτη με φωτοκύτταρο ή φωτοαντίσταση.





Στοιχεία λεβήτων

Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός Ι

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Καυστήρας

Υπολογισμός ικανότητας του καυστήρα:

Η ικανότητα του καυστήρα πετρελαίου σε kg/h δίνεται από τον τύπο:

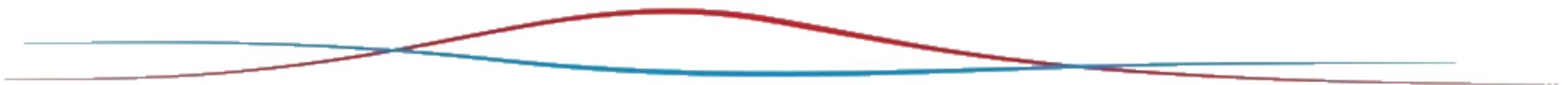
$$G = \frac{Q_{\Delta}}{H_u * \eta}$$

Όπου:

Q_{Δ} είναι η θερμική ισχύς του λέβητα σε kW

η είναι ο βαθμός απόδοσης του λέβητα.

H_u είναι η κατώτερη θερμογόνοος δύναμη του καυσίμου (kWh/kg). Π.χ. για πετρέλαιο είναι περίπου 11,5 kWh/kg.





Συστήματα ελέγχου και ρυθμίσεων

Κάθε εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης πρέπει να διαθέτει τον εξοπλισμό που είναι απαραίτητος ώστε να εξασφαλίζονται ο έλεγχος της λειτουργίας της και οι επιθυμητές ρυθμίσεις.

Τα συστήματα ελέγχου και ρυθμίσεων μίας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης πρέπει με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων και αυτοματισμών, να εξασφαλίζουν ασφαλή και οικονομική λειτουργία παράλληλα με προκαθορισμένες εντολές των χρηστών που αναφέρονται κυρίως σε χρονικά και θερμοκρασιακά όρια.

- Αυτοματισμοί λειτουργίας που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία (θερμοστάτης λειτουργίας - ασφάλειας καυστήρα, θερμοστάτης λειτουργίας κυκλοφορητή, θερμοστάτης χώρου, εξωτερική αντιστάθμιση θερμοκρασίας).
- Αυτοματισμοί χρονικού προγραμματισμού (ημερήσιος προγραμματισμός – καυστήρα, χρονικός προγραμματισμός κατά ζώνες, εβδομαδιαίος προγραμματισμός, χρονοθερμοστάτης χώρου).
- Αυτοματισμοί βελτιστοποίησης.
- Λοιποί αυτοματισμοί λεβητοστασίου (έλεγχος ροής πετρελαίου, έλεγχος ροής καυσαερίων, διακόπτες άνω και κάτω στάθμης δεξαμενής ημερήσιας κατανάλωσης πετρελαίου).

