

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ 12 t/h, 16 bar, ΣΕ
ΧΑΡΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΟ PELLEΤ Ή
ΜΑΖΟΥΤ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΙΡΙΓΚΟΥΛΗΣ ΣΕΡΑΦΕΙΜ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και πραγματεύεται τη συγκριτική μελέτη εγκατάστασης ατμολέβητα παραγωγής κορεσμένου ατμού με ρυθμό 12 t/h, σε πίεση 16 bar. Ο ατμολέβητας θα λειτουργεί σε χαρτοβιομηχανία και το καύσιμό του θα είναι pellet ή μαζούτ.

Αρχικά, περιγράφονται γενικά οι ατμολέβητες και ο τρόπος λειτουργίας τους. Στη συνέχεια, αναλύονται τόσο οι ατμολέβητες με μαζούτ όσο και οι ατμολέβητες με βιομάζα, όπως και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση. Ακολουθεί η τεχνική περιγραφή του συστήματος παραγωγής κορεσμένου ατμού με τους δυο ατμολέβητες για τους οποίους γίνεται η συγκριτική μελέτη. Τέλος, αφού βρεθεί ο καταλληλότερος ατμολέβητας, υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου, η ποσότητα του προσαγόμενου αέρα καύσης, η ποσότητα των παραγόμενων καπναερίων και λοιπών στοιχείων της εγκατάστασης, όπως είναι οι αντλίες, οι σωληνώσεις, οι αεραγωγοί και η καπνοδόχος. Επίσης, υπολογίζεται η ισχύς των αντλιών.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ανδρέα Γιαννόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., χωρίς του οποίου την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση δε θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη Εργασία.

Τσιριγκούλης Σεραφείμ
Πάτρα 2016

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
Τσιριγκούλης Σεραφείμ

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία πραγματοποιείται μια συγκριτική μελέτη εγκατάστασης ατμολέβητα παραγωγής κορεσμένου ατμού με ρυθμό 12 t/h, σε πίεση 16 bar. Ο συγκεκριμένος ατμολέβητας που μελετάται θα λειτουργεί σε χαρτοβιομηχανία και το καύσιμό του θα είναι είτε pellet είτε πετρέλαιο μαζούτ. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια περιορισμού της χρήσης συμβατικών καυσίμων, η οποία έχει βλαβερές συνέπειες για το περιβάλλον και το ενδιαφέρον στρέφεται προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έτσι, πολλές βιομηχανίες αντικαθιστούν τους λέβητες πετρελαίου με λέβητες καύσης βιομάζας.

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια. Εισαγωγικά, παρουσιάζονται τα βασικά μέρη και ο τρόπος λειτουργίας ενός ατμολέβητα. Δίνονται επίσης τα γενικά χαρακτηριστικά των λεβήτων και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα προτερήματα ενός καλού λέβητα. Επίσης περιγράφονται τα τυπικά χαρακτηριστικά μεγέθη των λεβήτων και ο επιπλέον εξοπλισμός που είναι απαραίτητος για τη λειτουργία τους.

Στο Πρώτο Κεφάλαιο δίνεται μια αναλυτική περιγραφή του ατμολέβητα ο οποίος λειτουργεί με καύσιμη ύλη το πετρέλαιο μαζούτ. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται οι ατμολέβητες που διαθέτουν φλογοσωλήνα και αεριαυλούς. Στη συνέχεια, γίνεται μια ανάλυση της εγκατάστασης στην οποία γίνεται η καύση του πετρελαίου μαζούτ και τονίζονται τα πλεονεκτήματα όπως και τα μειονεκτήματα ενός τέτοιου λέβητα. Ασφαλώς, δίνονται και περισσότερες πληροφορίες που αφορούν το πετρέλαιο μαζούτ.

Στο Δεύτερο Κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας ενός ατμολέβητα με καύσιμο pellet και η εγκατάσταση στην οποία γίνεται η καύση της βιομάζας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των λεβήτων που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα. Σημαντικό μέρος της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η βιομάζα οπότε γίνεται μια εκτενής μελέτη στα βασικά χαρακτηριστικά της, όπως είναι η περιεκτικότητά της σε υγρασία/τέφρα και η θερμογόνο δύναμή της, και δίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της. Στη συνέχεια αναφέρονται οι διάφορες κατηγορίες της βιομάζας, οι ιδιότητες των καυσίμων βιομάζας και ειδικότερα του pellet.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο ακολουθεί μια τεχνική περιγραφή του συστήματος παραγωγής κορεσμένου ατμού με χρήση πετρελαίου μαζούτ. Στο Τέταρτο Κεφάλαιο γίνεται αντίστοιχη τεχνική περιγραφή για λέβητες βιομάζας. Περιγράφονται και στις δύο περιπτώσεις τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται ο εκάστοτε λέβητας.

Στο Πέμπτο Κεφάλαιο πραγματοποιούνται οι απαραίτητοι υπολογισμοί που αφορούν τον λέβητα βιομάζας ο οποίος κρίθηκε καταλληλότερος για χρήση σε χαρτοβιομηχανία. Τέλος, στο Έκτο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η τεχνικοοικονομική μελέτη που αφορά την αντικατάσταση ενός ατμολέβητα μαζούτ από έναν ατμολέβητα βιομάζας.

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι ο λέβητας βιομάζας υπερτερεί του λέβητα μαζούτ καθώς η βιομάζα με την καύση της ανακυκλώνει το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που

υπάρχει ήδη στην ατμόσφαιρα και δεν εκπέμπει επιπλέον CO₂, όπως συμβαίνει κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένας ρυπαντής που ευθύνεται πρωτίστως για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Άλλα πλεονεκτήματα της βιομάζας αποτελούν το γεγονός πως είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και το μειωμένο της κόστος συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ..... | 3 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 5 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 1 |
| 1. ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ | 1 |
| 2. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ | 8 |
| 3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ..... | 11 |
| 4. ΠΡΟΤΕΡΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΚΑΛΟΥ ΛΕΒΗΤΑ..... | 12 |
| 5. ΤΥΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ | 13 |
| 6. ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ | 13 |
| 1 ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΜΑΖΟΥΤ | 19 |
| 1.1 ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ ΜΕ ΦΛΟΓΟΣΩΛΗΝΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑΥΛΟΥΣ..... | 19 |
| 1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΜΑΖΟΥΤ | 22 |
| 1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΑ ΜΑΖΟΥΤ | 23 |
| 1.4 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΜΑΖΟΥΤ | 23 |
| 2 ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΟ PELLEΤ..... | 27 |
| 2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑ PELLEΤ | 27 |
| 2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | 29 |
| 2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ | 30 |
| 2.4 Η ΒΙΟΜΑΖΑ | 31 |
| 2.4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ | 32 |
| 2.4.1.1 Περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία | 32 |
| 2.4.1.2 Περιεκτικότητα της βιομάζας σε τέφρα..... | 32 |
| 2.4.1.3 Θερμογόνος δύναμη βιομάζας..... | 33 |
| 2.4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | 33 |
| 2.4.2.1 Πλεονεκτήματα της βιομάζας | 33 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.4.2.2 | Μειονεκτήματα της βιομάζας..... | 34 |
| 2.4.1. | ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | 34 |
| 2.5 | ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | 35 |
| 2.6 | ΚΑΥΣΙΜΟ PELLEΤ | 37 |
| 2.6.1 | ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ..... | 37 |
| 3 | ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΑΖΟΥΤ | 41 |
| 3.1 | ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ..... | 41 |
| 3.2 | ΤΜΗΜΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ | 41 |
| 3.2.1 | ΤΜΗΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ | 44 |
| 4 | ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ | 45 |
| 4.1 | ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ..... | 46 |
| 4.2 | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ | 46 |
| 4.2.1 | ΤΜΗΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | 47 |
| 4.2.1.1 | Αποθήκευση καυσίμου – Χοάνη παραλαβής | 47 |
| 4.2.1.2 | Σύστημα μεταφοράς υλικού | 48 |
| 4.2.2 | ΤΜΗΜΑ ΚΑΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... | 49 |
| 4.2.2.1 | Σύστημα μεταφοράς υλικού | 49 |
| 4.2.2.2 | Καυστήρας βιομάζας | 49 |
| 4.2.2.3 | Εστία καύσης..... | 49 |
| 4.2.2.4 | Ανεμιστήρες καύσης | 50 |
| 4.2.2.5 | Οροφή εστίας καύσης | 51 |
| 4.2.2.6 | Υδραυλική μονάδα..... | 51 |
| 4.2.3 | ΤΜΗΜΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ..... | 51 |
| 4.2.4 | ΤΜΗΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ | 54 |
| 4.2.5 | ΤΜΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΑΧΤΗΣ | 54 |
| 4.3 | ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ | 56 |
| 4.3.1 | ΠΟΛΥΚΥΚΛΩΝΑΣ MC-7000 | 56 |
| 4.3.1.1 | Εισαγωγή..... | 56 |
| 4.3.1.2 | Γενικά χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας | 56 |

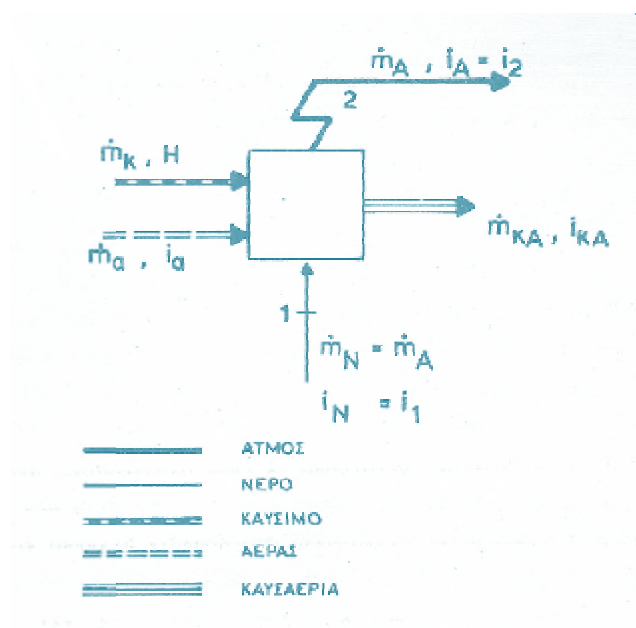
| | | |
|---------|---|----|
| 4.3.1.3 | Κατασκευή πολυκυκλώνων | 57 |
| 4.3.1.4 | Εγκατάσταση πολυκυκλώνων | 58 |
| 4.3.1.5 | Τρόπος και χαρακτηριστικά λειτουργίας | 58 |
| 4.4 | ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ | 60 |
| 4.5 | ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ – ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ | 61 |
| 4.6 | ΛΟΙΠΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ | 63 |
| 4.6.1 | ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ | 63 |
| 4.6.2 | ΔΙΚΤΥΑ ΡΕΥΣΤΩΝ | 63 |
| 4.6.3 | ΜΟΝΩΣΕΙΣ | 64 |
| 4.6.4 | ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ | 65 |
| 4.6.5 | ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ | 65 |
| 5 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | 69 |
| 5.1 | ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ | 69 |
| 5.2 | ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ | 70 |
| 5.3 | ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ | 70 |
| 5.4 | ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ RANKINE | 71 |
| 5.5 | ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ | 73 |
| 5.6 | ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΤΜΟΥ | 76 |
| 5.7 | ΙΣΧΥΣ ΑΝΤΛΙΑΣ | 76 |
| 5.8 | ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ | 77 |
| 5.9 | ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΗΣ | 78 |
| 5.10 | ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΞΗΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ | 78 |
| 5.11 | ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΓΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ | 78 |
| 5.12 | ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΕ CO ₂ | 79 |
| 5.13 | ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΗΣ | 79 |
| 5.14 | ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΞΗΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ (ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ) 79 | |
| 5.15 | ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ (ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ) 79 | |
| 5.16 | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ XA | 80 |
| 5.17 | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΑΤΕΛΗ ΚΑΥΣΗ XB | 80 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.18 | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ <i>χc</i> | 80 |
| 5.19 | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΣΤΡΑΤΣΩΝΑ..... | 81 |
| 5.20 | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΑΙΘΑΛΗΣ | 81 |
| 5.21 | ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ | 81 |
| 5.22 | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ..... | 81 |
| 6 | ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ | 83 |
| 7 | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 87 |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 89 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ

Ατμολέβητας ονομάζεται ο λέβητας, δηλαδή ένα κλειστό μεταλλικό δοχείο, μέσα στον οποίο υπάρχει νερό ή κάποιο άλλο υγρό που θερμαίνεται και μετατρέπεται σε ατμό. Το υλικό που παράγεται από την καύση του καυσίμου τροφοδοσίας του λέβητα ανακυκλοφορεί μέσα σε σωληνώσεις και μεταφέρει τη θερμότητα, η οποία παράγεται από την καύση του καυσίμου, στο σημείο που θα καταναλωθεί, είτε για θέρμανση είτε για παραγωγή έργου. Είναι επομένως ένα σύστημα στο οποίο παράγεται ατμός και έχει καθορισμένα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά. Το λειτουργικό περίγραμμα ενός ατμολέβητα παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.



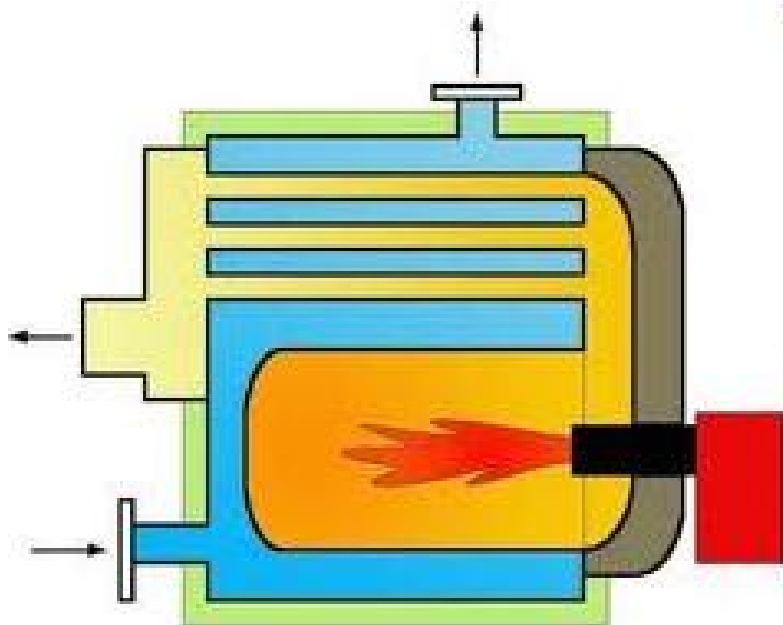
Εικόνα 1: Λειτουργικό περίγραμμα ενός ατμολέβητα

Οι ατμολέβητες (Εικόνα 2) είναι κυρίως μεταλλικοί και διακρίνονται σε διάφορους τύπους, ανάλογα με τη θερμοκρασία που απαιτείται και την πίεση του ατμού που παράγεται. Το ύψος του μπορεί να φτάσει ακόμα και τα εκατό (100) μέτρα στις σύγχρονες μονάδες παραγωγής ατμού. Η διάταξη του είναι η εξής: στο κατώτερο τμήμα του υπάρχει η τεφροδόχος, και ακολουθούν με τη σειρά το σύστημα καύσης, οι απαραίτητες σωληνώσεις που είναι υπεύθυνες για τη μεταφορά θερμότητας και τέλος ο σωλήνας από τον οποίο εξέρχονται τα καυσαέρια.



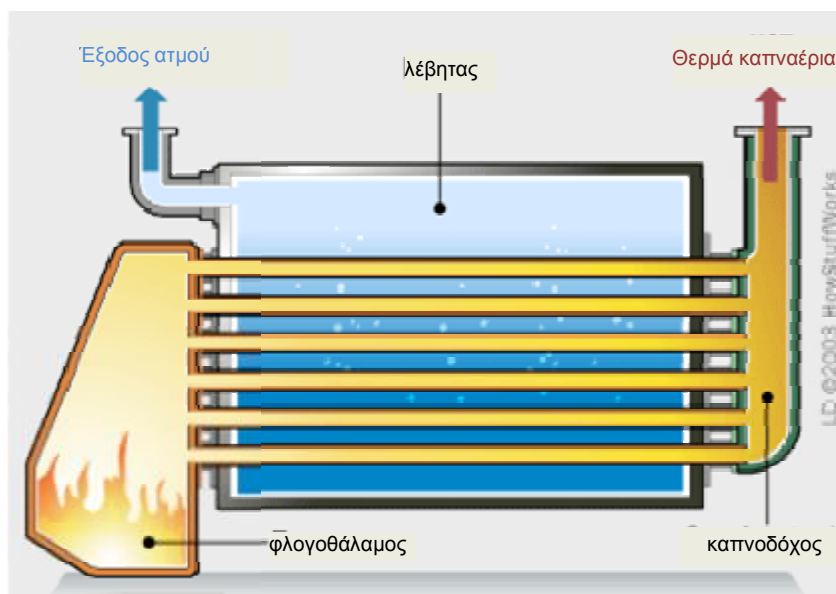
Εικόνα 2: Ατμολέβητας

Οι χαλύβδινοι ατμολέβητες έχουν μεγαλύτερη αντοχή στις απότομες αλλαγές θερμοκρασίας και πίεσης από τους υπόλοιπους, το βάρος τους είναι μικρότερο και οι διαστάσεις τους μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στις διάφορες απαιτήσεις, ενώ το κόστος τους είναι χαμηλό. Ανάλογα με το μέσο της καύσης, μπορούν να διακριθούν σε γαιανθρακολέβητες, λέβητες κονιοποιημένου γαιάνθρακα και πετρελαιολέβητες.

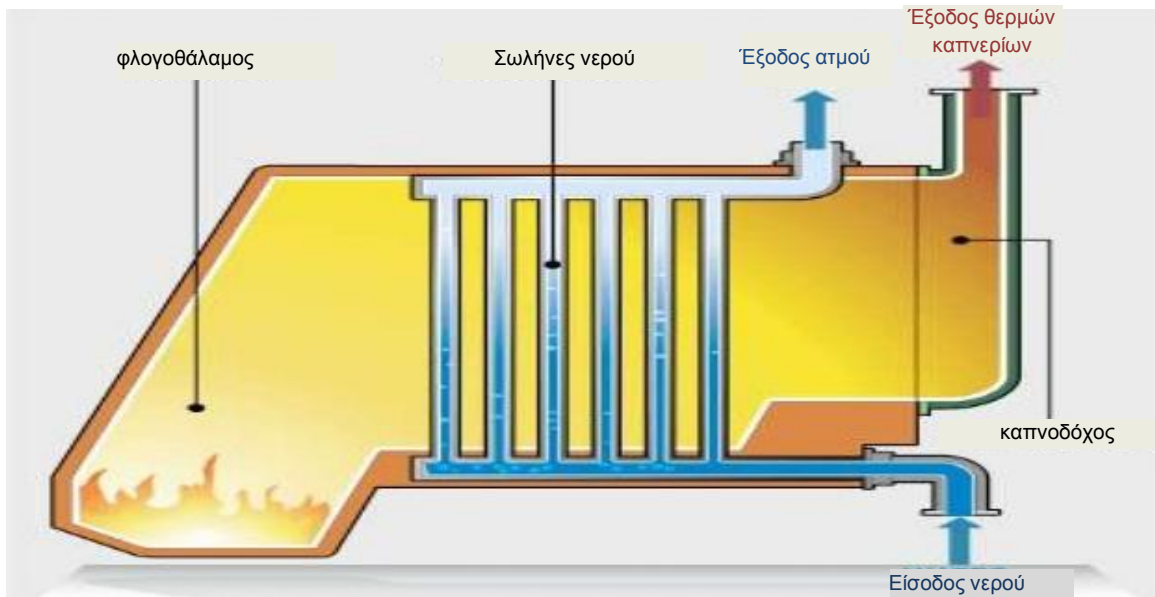


Εικόνα 3: Δομή χαλύβδινου λέβητα

Υπάρχουν δύο είδη ατμολέβητα, οι αεριαυλωτοί (Εικόνα 4) και οι υδραυλωτοί (Εικόνα 5). Στους αεριαυλωτούς ατμολέβητες το εργαζόμενο μέσο περνά εξωτερικά και τα καυσαέρια κινούνται μέσα στους αυλούς, ενώ στους υδραυλωτούς ατμολέβητες εξωτερικά βρίσκονται τα καυσαέρια και μέσα στους αυλούς κυκλοφορεί το νερό.



Εικόνα 4: Αεριαυλωτός ατμολέβητας

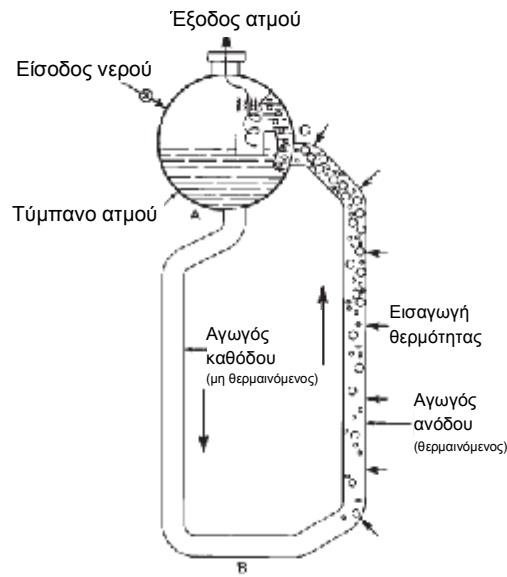


Εικόνα 5: Υδραυλτός ατμολέβητας

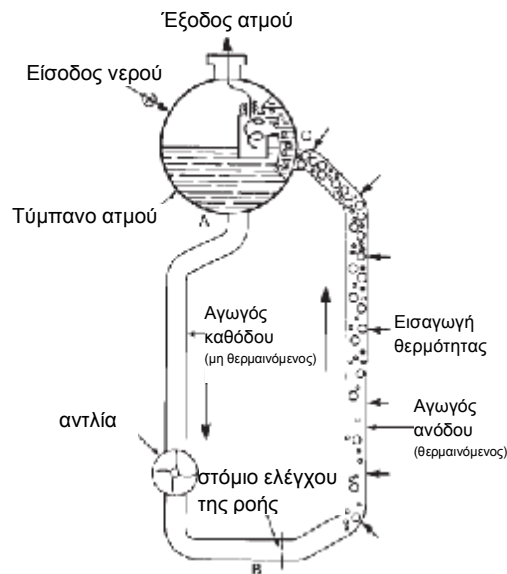
Στις μεγάλες ατμοηλεκτρικές μονάδες χρησιμοποιούνται κυρίως ατμολέβητες για την παραγωγή ατμού, μιας και έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων συστημάτων. Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτά είναι ότι μπορούν να λειτουργούν με οποιοδήποτε καύσιμο και η διάρκεια ζωής τους είναι μεγάλη. Από την άλλη, βέβαια, έχουν μεγάλο κόστος και χρόνο κατασκευής, οι απώλειές τους είναι σχετικά μεγάλες, το κόστος συντήρησής τους είναι υψηλό και δεν είναι οποιαδήποτε περιοχή κατάλληλη για αυτούς.

Με βάση την κυκλοφορία του νερού στους ατμολέβητες, αυτοί μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: τους ατμοπαραγωγούς με φυσική κυκλοφορία, τους ατμοπαραγωγούς με τεχνητή κυκλοφορία και τους ατμοπαραγωγούς εξαναγκασμένης ροής.

Στους ατμολέβητες φυσικής κυκλοφορίας, το νερό κυκλοφορεί μέσα στις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, χωρίς να είναι απαραίτητα τεχνητά μέσα ή αντλίες. Γενικά όσο πιο ζεστό είναι το νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητά του, και αυτή η διαφορά πυκνοτήτων δημιουργεί τη διαφορά πίεσης που ευθύνεται για την κυκλοφορία του νερού στις σωληνώσεις. Στην Εικόνα 6 φαίνεται ένα τέτοιο σύστημα. Στην περίπτωση που σε έναν ατμολέβητα με υδροθάλαμο δεν είναι αρκετή η διαφορά πίεσης στο σύστημα ατμοποίησης ώστε να γίνεται η φυσική κυκλοφορία του νερού, τοποθετούνται μία ή περισσότερες αντλίες ανακυκλοφορίας στους σωλήνες καθόδου. Αυτοί είναι οι ατμολέβητες με τεχνητή κυκλοφορία (Εικόνα 7). Στους ατμολέβητες εξαναγκασμένης ροής, το νερό κινείται από την είσοδο του ατμολέβητα μέχρι την έξοδο μόνο από τις τροφοδοτικές αντλίες.

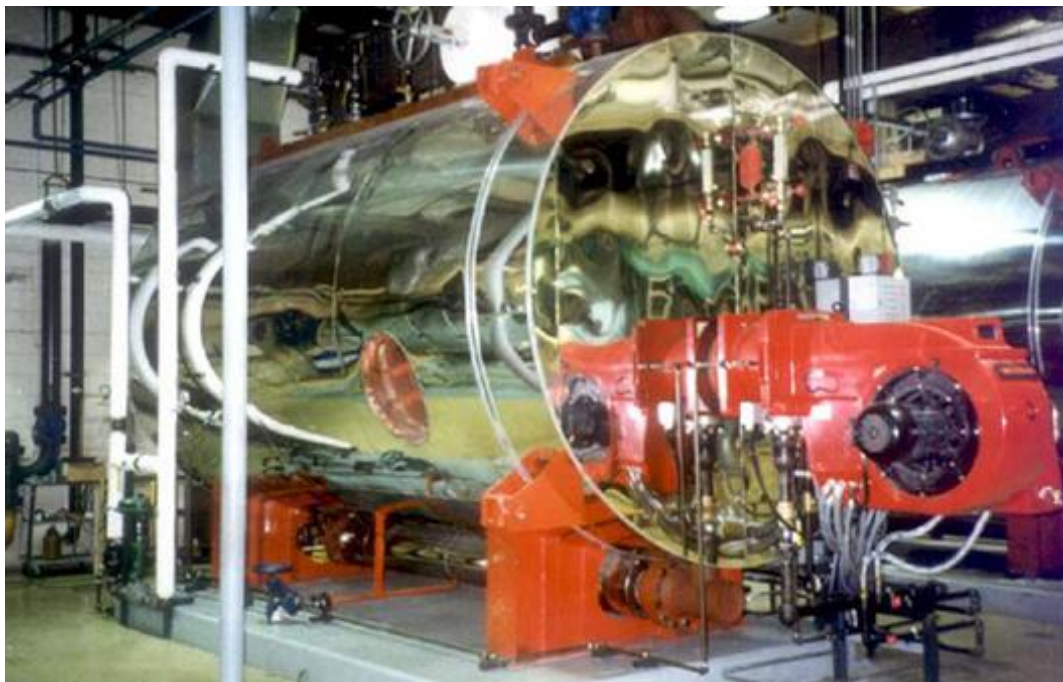


Εικόνα 6: Ατμολέβητας φυσικής κυκλοφορίας



Εικόνα 7: Ατμολέβητας με τεχνητή κυκλοφορία

Στη βιομηχανία, οι λέβητες χρησιμοποιούνται στις διάφορες διεργασίες που απαιτούν θερμότητα, όπως είναι για παράδειγμα οι βραστήρες, τα πλυντήρια και τα βαφεία. Από τη στιγμή που κατά τη λειτουργία τους καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες καυσίμων, είναι αναγκαίο για την εξοικονόμηση ενέργειας να έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται ένας σύγχρονος λέβητας ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε βιομηχανία.



Εικόνα 8: Σύγχρονος λέβητας εγκατεστημένος σε βιομηχανία

Για να γίνεται ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας στους λέβητες πρέπει να λαμβάνονται κάποια μέτρα. Αρχικά, τα στερεά που είναι διαλυμένα στο νερό πρέπει να διατηρούνται στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Δεύτερον, ανάλογα με τις ανάγκες, το σύστημα θα πρέπει να διατηρεί τη χαμηλότερη αποδεκτή πίεση λειτουργίας. Επίσης, θα πρέπει να διασφαλίζεται πως δεν θα υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις του φορτίου.

Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα θα πρέπει να μετράται συχνά και να γίνονται κάθε φορά οι απαιτούμενες ρυθμίσεις για τη μεγιστοποίησή του. Τα σημαντικότερα μεγέθη λειτουργίας θα πρέπει να ελέγχονται και αυτά συστηματικά και να συγκρίνονται οι μετρούμενες τιμές με τις ονομαστικές. Ακόμα, θα πρέπει να ελέγχεται η περίσσεια αέρα του καυστήρα και να ρυθμίζεται σωστά, καθώς επίσης να βελτιώνεται και να επεκτείνεται ο εξοπλισμός ελέγχου. Θα πρέπει επίσης να γίνεται εγκατάσταση θερμικής μόνωσης όταν δεν υπάρχει ή βελτίωση της ήδη υπάρχουσας. Υπάρχει ακόμα και η περίπτωση να είναι αναγκαία η εγκατάσταση νέου λέβητα ή/και καυστήρα ο οποίος θα είναι αποδοτικότερος.

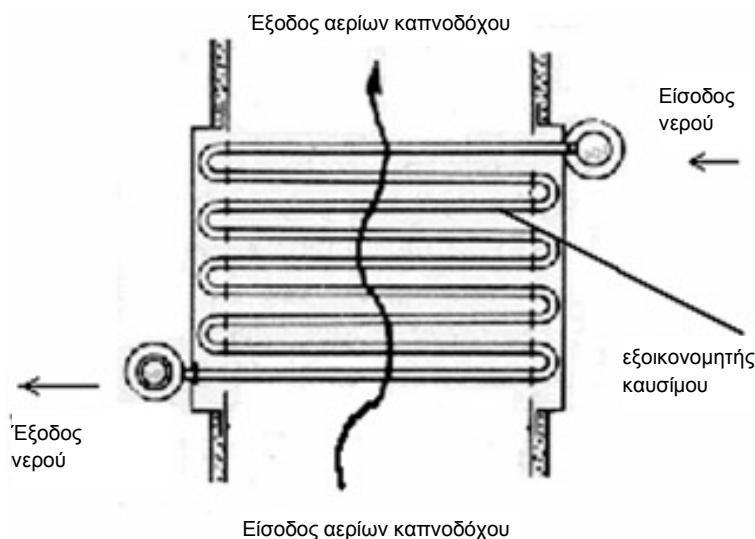
Επειδή οι λέβητες είναι ένα από τα βασικά τμήματα μιας βιομηχανίας πρέπει να συντηρούνται συστηματικά για να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους. Κατά τη συντήρηση γίνεται καθαρισμός του φλογοθαλάμου, των αυλών των καυσαερίων και της καπνοδόχου. Επίσης γίνεται έλεγχος των αντλιών καυσίμου, του κυκλώματος τροφοδοσίας νερού και του συστήματος αποσκλήρυνσης. Τα μπεκ του καυστήρα καθαρίζονται και αυτά και ρυθμίζονται κατάλληλα κάθε φορά.

Στους λέβητες είναι δυνατή η εξοικονόμηση ενέργειας με την ορθολογική διαχείρισή της, με επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μικρού κόστους ή μεγάλης έκτασης.

Όσον αφορά την ορθολογική διαχείριση ενέργειας ενός λέβητα, αυτή αφορά διαδικασίες για την προετοιμασία του νερού και ενέργειες οι οποίες θα εξασφαλίζουν πως τα διαλυμένα στερεά στο νερό θα διατηρούνται στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο και πως οι μεγάλες διακυμάνσεις του φορτίου θα είναι περιορισμένες. Ακόμα, η πίεση λειτουργίας του συστήματος θα πρέπει ανάλογα με τις ανάγκες να διατηρείται στη χαμηλότερη αποδεκτή. Επιπλέον, τα καύσιμα θα πρέπει να προετοιμάζονται κατάλληλα ώστε να διασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή απόδοσή του. Επίσης, θα πρέπει να γίνονται συχνοί έλεγχοι τόσο της αποδοτικότητας του λέβητα όσο και των πραγματικών μεγεθών λειτουργίας συγκριτικά με τα ιδανικά. Εκτός από τους παραπάνω ελέγχους, θα πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος που θα αφορά την περίσσεια αέρα του καυστήρα.

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μικρού κόστους στους λέβητες έχουν ως σκοπό τη βελτίωση και επέκταση του εξοπλισμού ελέγχου, την εγκατάσταση θερμικής μόνωσης όταν δεν υπάρχει ή βελτίωση της ήδη υπάρχουσας, την ανάκτηση θερμότητας από την στρατσώνα, την επανατοποθέτηση της εισόδου του αέρα καύσης και τον περιορισμό της άσκοπης περίσσειας αέρα.

Τέλος, οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μεγάλης έκτασης περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την εγκατάσταση εξοικονομητή καυσίμου (Economizer), δηλαδή μιας συσκευής (δευτερογενής εναλλάκτης) η οποία αυξάνει την συνολική επιφάνεια απορρόφησης θερμότητας και βελτιώνει με αυτόν τον τρόπο τον συνολικό βαθμό απόδοσης του λέβητα, εξοικονομώντας καύσιμο (Εικόνα 9). Η βελτίωση του βαθμού απόδοσης με την προσθήκη του εξοικονομητή καυσίμου μπορεί να φτάσει ακόμα και το 25 %, με άμεση συνέπεια και τη βελτίωση της κατανάλωσης. Άλλες επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν είναι η εγκατάσταση νέου λέβητα ή η αναβάθμιση του καυστήρα. Μια ακόμη επέμβαση είναι η εγκατάσταση δινογεννήτριας (turbulator) (Εικόνα 10), η οποία είναι μια απλή περιστρεφόμενη σπирάλ διάταξη που ενισχύει την τύρβη. Αυτή η διάταξη προσθέτει μια επιπλέον περιστροφή στο καύσιμο μείγμα και με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται καλύτερη μίξη, αυξάνοντας τελικά την απόδοση κατά 3 έως 4 %.



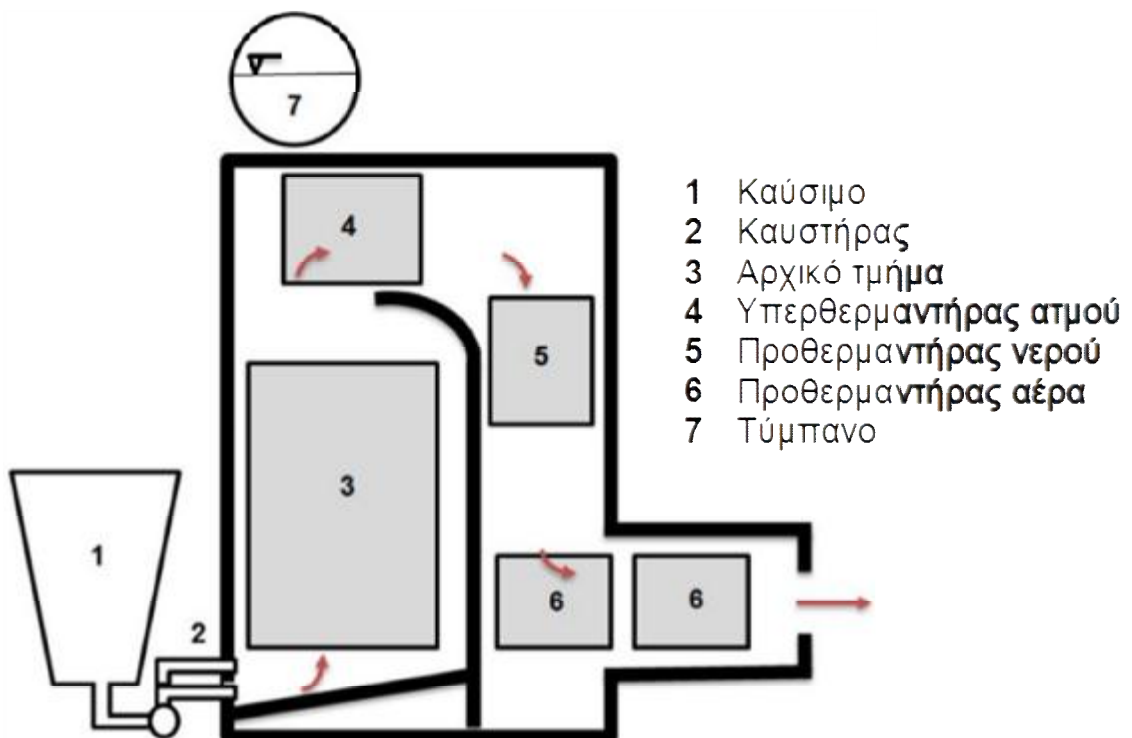
Εικόνα 9: Εξοικονομητής καυσίμου (Economizer)



Εικόνα 10: Δινογεννήτρια (turbulator)

2. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ

Οι ατμολέβητες αποτελούνται από πολλά επιμέρους τμήματα, τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους για τη σωστή λειτουργία τους. Αυτά τα τμήματα παρουσιάζονται αναλυτικά στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11: Σχέδιο ατμολέβητα

Τα βασικά τμήματά τους είναι τρία, τα οποία είναι ο θερμαντήρας (Εικόνα 12), ο υδροθάλαμος και ο ατμοθάλαμος. Ο θερμαντήρας είναι εκείνο το μέρος ή εκείνα τα μέρη του λέβητα όπου γίνεται η καύση και από όπου διέρχονται οι φλόγες και τα καυσαέρια ώστε να καταλήξουν στην καπνοδόχο. Ο υδροθάλαμος είναι το τμήμα του λέβητα όπου βρίσκεται το νερό που πρόκειται να ατμοποιηθεί. Τρίτο και τελευταίο βασικό τμήμα του λέβητα είναι ο ατμοθάλαμος, δηλαδή το μέρος εκείνο του λέβητα όπου συγκεντρώνεται ο παραγόμενος ατμός. Ο ατμοθάλαμος βρίσκεται ακριβώς επάνω από τον υδροθάλαμο. Ο διαχωρισμός των δύο αυτών τμημάτων γίνεται με τη στάθμη του νερού. Πολύ συχνά τα δύο αυτά τμήματα αναφέρονται ως ένα τμήμα με την ονομασία ατμοϋδροθάλαμος.

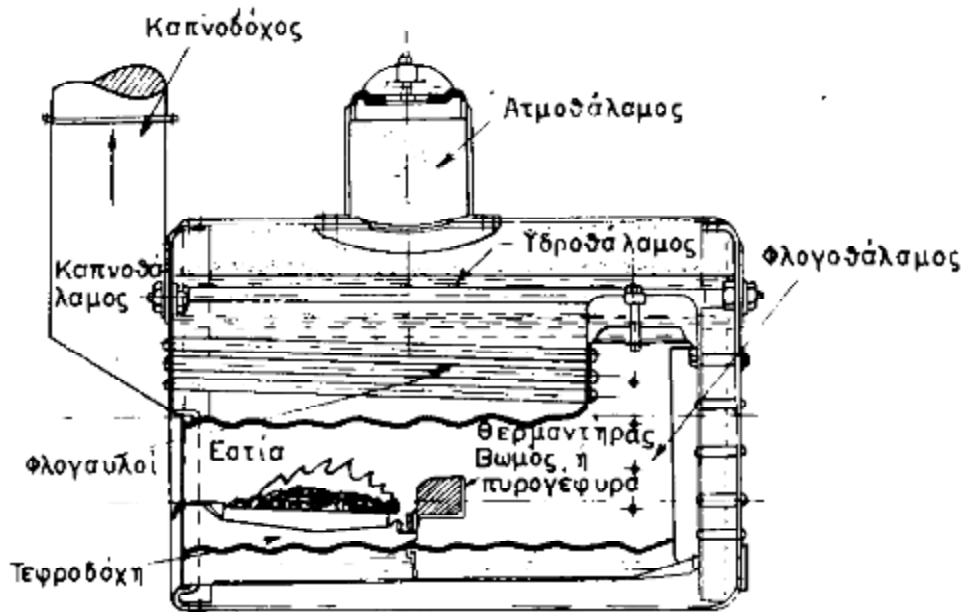


Εικόνα 12: Θερμαντήρας

Ο θερμαντήρας του λέβητα (Εικόνα 13) με τη σειρά του αποτελείται από κάποια επιμέρους μέρη. Αρχικά υπάρχει ο κλίβανος ή φλογοσωλήνας, μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η καύση του καυσίμου. Μετά από τον φλογοσωλήνα υπάρχει ο φλογοθάλαμος ή θάλαμος καύσης, όπου καίγονται εκείνα τα αέρια που δεν έχουν καεί εντελώς στο φλογοθάλαμο. Η βέλτιστη δυνατή καύση επιτυγχάνεται με τις κατάλληλες διαστάσεις του φλογοθαλάμου και την απαραίτητη αντίθλιψη που μπορεί να προσφερθεί από τον καυστήρα. Η αντίθλιψη πρέπει να υπερνικά τις τριβές που δημιουργούνται από τα τοιχώματα του λέβητα στη ροή των καυσαερίων, οπότε πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από αυτές. Στην περίπτωση που ο θάλαμος καύσης έχει μικρότερες διαστάσεις από αυτές που θα έπρεπε να έχει, παράγονται μεγάλες ποσότητες άκαυστα, μαύρα καυσαέρια, που υποδηλώνουν υπερκατανάλωση.

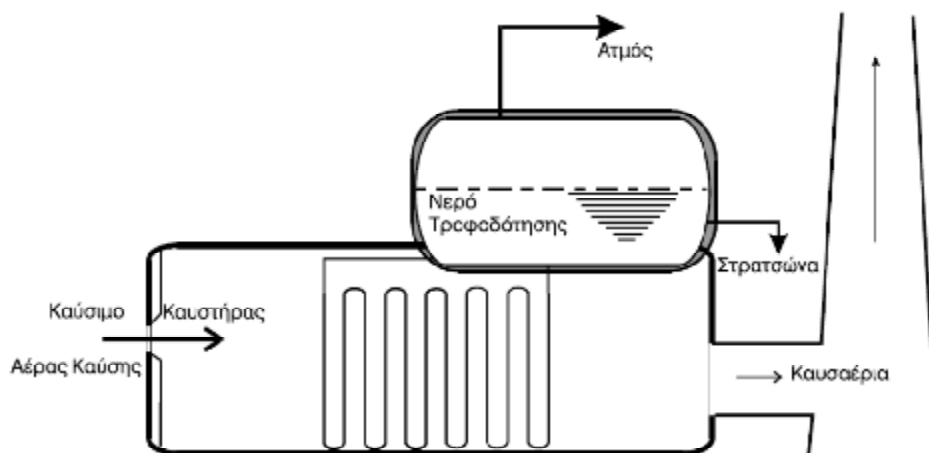
Μετά τον φλογοθάλαμο υπάρχουν οι φλογοαυλοί, μέσα από τους οποίους διέρχονται οι φλόγες και τα αέρια της καύσεως, πριν εισέλθουν στον καπνοθάλαμο. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το μεγάλο μήκος τους και η μικρή διάμετρος τους, γεγονός που τους κάνει ικανούς στο να έχουν μεγάλη θερμαινόμενη επιφάνεια.

Συγκεκριμένα οι φλογοαυλοί αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα. Μετά τους φλογοαυλούς ακολουθεί ο καπνοθάλαμος, ο οποίος συνδέει το λέβητα με την καπνοδόχο. Τελευταίο τμήμα του θερμαντήρα είναι η καπνοδόχος, η οποία οδηγεί τα αέρια της καύσεως στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 13: Βασικά τμήματα του θερμαντήρα του λέβητα

Το καύσιμο μαζί με τον απαιτούμενο αέρα για την καύση εισέρχονται στον καυστήρα όπου γίνεται η καύση και αποδίδεται θερμότητα. Τα θερμά αέρια που παράγονται από την καύση θερμαίνουν το νερό τροφοδοσίας. Αυτό μετατρέπεται στη συνέχεια σε ατμό ή θερμό νερό. Για να έχει ο λέβητας ικανοποιητική απόδοση για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι αναγκαία η ύπαρξη απωλειών στην στρατσώνα. Η Εικόνα 14 δείχνει τα βασικά στοιχεία ενός λέβητα.



Εικόνα 14: Βασικά στοιχεία ενός λέβητα

3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

Τα στοιχεία τα οποία μπορούν να χαρακτηρίσουν επιπλέον έναν λέβητα είναι τα εξής:

- **Ο τύπος του λέβητα**, ο οποίος δείχνει σε ποια κατηγορία ανήκει. Συνήθως ο τύπος του λέβητα περιλαμβάνει το όνομα του κατασκευαστή, το οποίο συνοδεύεται από κάποια συμβολικά ψηφία ώστε να αναγνωρίζεται ευκολότερα η ταυτότητά του.
- **Η θερμαινόμενη επιφάνεια**, η οποία είναι η συνολική επιφάνεια των μεταλλικών τμημάτων του λέβητα. Μέσω αυτής της επιφάνειας γίνεται η μεταφορά θερμότητας προς το νερό που πρόκειται να ατμοποιηθεί και αποτελεί ένα μέτρο της ικανότητας παραγωγής ατμού του λέβητα.
- **Η επιφάνεια της εσχάρας**, όταν πρόκειται για λέβητα που χρησιμοποιεί στερεό καύσιμο. Αποτελείται από τα εσχάρια, πάνω στα οποία γίνεται εναπόθεση του στερεού καυσίμου. Το σύνολο της επιφάνειας που καταλαμβάνεται από τα εσχάρια είναι η ολική επιφάνεια της εσχάρας και το σύνολο της επιφάνειας των διακένων ανάμεσα στα εσχάρια είναι η ελεύθερη επιφάνεια της εσχάρας. Σημαντική για την απόδοση και την καλή λειτουργία του λέβητα είναι η ελεύθερη επιφάνεια της εσχάρας, επειδή από αυτή εξαρτάται η ποσότητα του αέρα που θα είναι διαθέσιμη για την καύση και τελικά η ποσότητα του καυσίμου που θα καεί στον λέβητα.
- **Ο όγκος του θαλάμου καύσης**, εκείνου του τμήματος δηλαδή του λέβητα όπου γίνεται η καύση του καυσίμου. Είναι σημαντικό χαρακτηριστικό των λεβήτων υγρού καυσίμου (όπως είναι το μαζούτ) ή κονιοποιημένου καυσίμου (όπως είναι ο κονιοποιημένος γαιάνθρακας ή το πέλετ)
- **Ο όγκος του υδροθαλάμου**, δηλαδή ο όγκος του νερού μέσα στον λέβητα.
- **Ο όγκος του ατμοθαλάμου**, δηλαδή ο όγκος του ατμού μέσα στον λέβητα.
- **Η ειδική φόρτιση της εσχάρας**, η οποία είναι χαρακτηριστικό των λεβήτων στερεού καυσίμου. Αποτελεί ένα μέτρο του βάρους του γαιάνθρακα που μπορεί να καεί σε μοναδιαία επιφάνεια της εσχάρας σε διάστημα μιας ώρας και μετριέται σε $\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$.
- **Η ειδική φόρτιση του θαλάμου καύσεως**, η οποία είναι ο λόγος των παραγόμενων θερμίδων από την καύση προς τον όγκο του θαλάμου καύσης και μετριέται σε $\text{kcal}/\text{m}^3/\text{h}$.

Η ειδική φόρτιση της εσχάρας χρησιμοποιείται στους λέβητες στερεού καυσίμου, ενώ η ειδική φόρτιση του θαλάμου καύσεως στους λέβητες υγρού καυσίμου. Ορίζονται ως βαθμός καύσεως του λέβητα και μπορούν να μετρηθούν με το βάρος του καυσίμου που μπορεί να καεί σε μοναδιαία θερμαινόμενη επιφάνεια του λέβητα σε διάστημα μιας ώρας, δηλαδή σε $\text{kg}/\text{m}^2 \Theta.\text{E.}/\text{h}$.

- **Η ειδική ατμοποίηση**, η οποία είναι ο λόγος του βάρους του ατμού που παράγεται από το λέβητα σε μοναδιαία θερμαινόμενη επιφάνεια σε διάστημα μιας ώρας και μετριέται σε $\text{kg}/\text{m}^2 \Theta.\text{E.}/\text{h}$. Η ατμοπαραγωγική ικανότητα είναι αντίστοιχη της ειδικής ατμοποίησης και είναι το συνολικό βάρος του ατμού που παράγεται από το λέβητα σε διάστημα μιας ώρας. Προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της ειδικής ατμοποίησης επί το εμβαδόν της θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα.

- **Η ποιότητα του ατμού**, η οποία καθορίζει αν ο ατμός που παράγεται είναι κορεσμένος ή υπέρθερμος.
- **Η πίεση του ατμού και του λέβητα.**
- **Η θερμοκρασία του ατμού**, στην περίπτωση που ο λέβητας παράγει υπέρθερμο ατμό.

4. ΠΡΟΤΕΡΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΚΑΛΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Ένας λέβητας για να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτικός θα πρέπει να πληροί κάποια κριτήρια. Αυτά είναι τα παρακάτω:

- **Η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη θερμαινόμενη επιφάνεια**, η οποία θα πρέπει να αντιστοιχεί σε μικρές διαστάσεις και βάρος του λέβητα. Επιτυγχάνεται με τη χρήση αυλών, που είναι σωλήνες μεγάλου μήκους και μικρής διαμέτρου, και μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλη επιφάνεια μετάδοσης θερμότητας σε οσοδήποτε χώρο.
- **Η μεγάλη μετάδοση της θερμότητας**, η οποία είναι δυνατή είτε με χρήση ευθερμαγωγών υλικών στην κατασκευή της θερμαινόμενης επιφάνειας (χαλκού ή ορείχαλκου στις παλαιότερες κατασκευές ή μαλακού χάλυβα και ειδικών κραμάτων του στις μεταγενέστερες), είτε με τη διατήρηση όσο το δυνατόν πιο καθαρών των δύο πλευρών της θερμαινόμενης επιφάνειας (από επικαθήσεις όπως είναι η αιθάλη, ο λεβητόλιθος, λάδια και άλλα).
- **Η σωστή τοποθέτηση της θερμαινόμενης επιφάνειας σχετικά με την πορεία των καυσαερίων.** Ο λέβητας θα πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας των καυσαερίων να μεταδίδεται στο νερό. Η θερμαινόμενη επιφάνεια τοποθετείται κυρίως έτσι ώστε να προσβάλλεται σχεδόν κάθετα από τα αέρια που κατευθύνονται προς την καπνοδόχο. Για την κατάλληλη κατεύθυνση της πορείας των καυσαερίων υπάρχουν τα οδηγητικά διαφράγματα, τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα μέσα στον θερμαντήρα.
- **Η έντονη κυκλοφορία του νερού**, με την οποία γίνεται πιο γρήγορα τόσο η μετάδοση της θερμότητας όσο και η ατμοποίηση. Για να επιτευχθεί η έντονη κυκλοφορία του νερού, οι υδραυλοί τοποθετούνται σχεδόν κατακόρυφα ώστε να αυξάνεται η φυσική κυκλοφορία του νερού. Για να μην είναι αναγκαστική η κατακόρυφη τοποθέτηση των υδραυλών, μπορεί να τοποθετηθεί ειδική αντλία, η οποία αναγκάζει το νερό να κινηθεί με μεγάλη ταχύτητα, ανεξαρτήτως της κλίσης των υδραυλών.
- **Οι μικρές απώλειες λόγω ακτινοβολίας.** Για να μειωθούν οι απώλειες λόγω ακτινοβολίας, ο λέβητας μονώνεται με ειδικές ουσίες όπως είναι το μίγμα γύψου – αμιάντου. Επίσης, τα τοιχώματα της εστίας κατασκευάζονται από πυρότουβλα ή αυλούς με μικρή διάμετρο, οι οποίοι έχουν εξωτερικά ειδικό πυρίμαχο υλικό και ονομάζονται υδροτοιχώματα ή υδρότοιχοι. Το νερό που κυκλοφορεί μέσα στα υδροτοιχώματα απορροφά την θερμότητα λόγω ακτινοβολίας και έτσι αυτή δεν φτάνει στο περιβάλλον. Επιπλέον, αφού η θερμότητα παραμένει στα υδροτοιχώματα και δεν απορρίπτεται στο περιβάλλον, χρησιμοποιείται στην παραγωγή ατμού και ουσιαστικά συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.

- **Η ασφάλεια του λέβητα.** Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται ένας λέβητας πρέπει να είναι άριστης ποιότητας. Πρέπει να έχει μεγάλη αντοχή και να τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας, για να μην κινδυνεύει το προσωπικό που τον χειρίζεται ή η υπόλοιπη εγκατάσταση. Οι κανόνες που αφορούν τον υπολογισμό και το σχεδιασμό του είναι ιδιαίτερα αυστηροί. Μετά την κατασκευή του είναι απαραίτητες οι αυστηρές δοκιμές ασφαλείας.

5. ΤΥΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

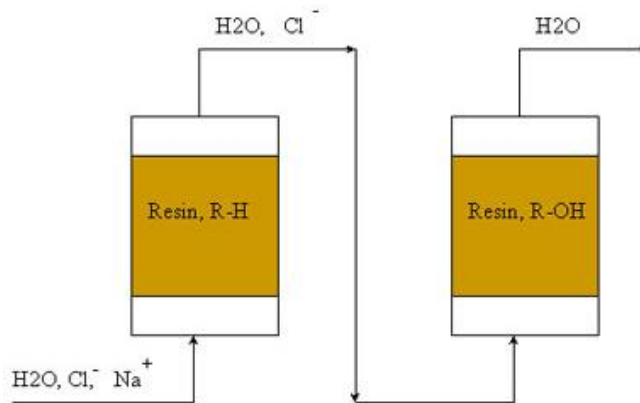
Κάποια από τα τυπικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τους λέβητες είναι τα παρακάτω:

- **Η πίεση του παραγομένου ατμού,** η οποία μετριέται σε bar
- **Η δυναμικότητα ατμοπαραγωγής,** η οποία μετριέται σε tn/hr
- **Η ποιότητα του ατμού,** στην περίπτωση που αυτός είναι κορεσμένος ή υπέρθερμος
- **Η θερμοκρασία του ατμού,** η οποία μετριέται μόνο στην περίπτωση που ο ατμός είναι υπέρθερμος
- **Η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας,** η οποία μετριέται m^2
- **Η επιφάνεια των αυλών**
- **Ο τύπος αλλά και η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνεται**
- **Η απόδοση του λέβητα,** δηλαδή ο λόγος $\eta = Q_{\text{ατμού}}/Q_{\text{καυσίμου}}$
- **Η θερμοκρασία των απαερίων,** η οποία μετριέται συνήθως στην βάση της καπνοδόχου. Πρέπει να σημειωθεί πως η θερμοκρασία των απαερίων είναι το σημαντικότερο ενεργειακό μέγεθος και ο δείκτης απόδοσης του λέβητα.

6. ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ

Για τη σωστή λειτουργία του λέβητα είναι απαραίτητος κάποιος επιπρόσθετος εξοπλισμός όπως παρουσιάζεται συνοπτικά παρακάτω:

- **Μονάδα προκατεργασίας του νερού τροφοδοσίας του λέβητα (demineralizer),** η οποία είναι απαραίτητη για να αποφεύγονται οι επικαθίσεις, απομακρύνοντας τα ιόντα και τα κατιόντα (Εικόνα 15)



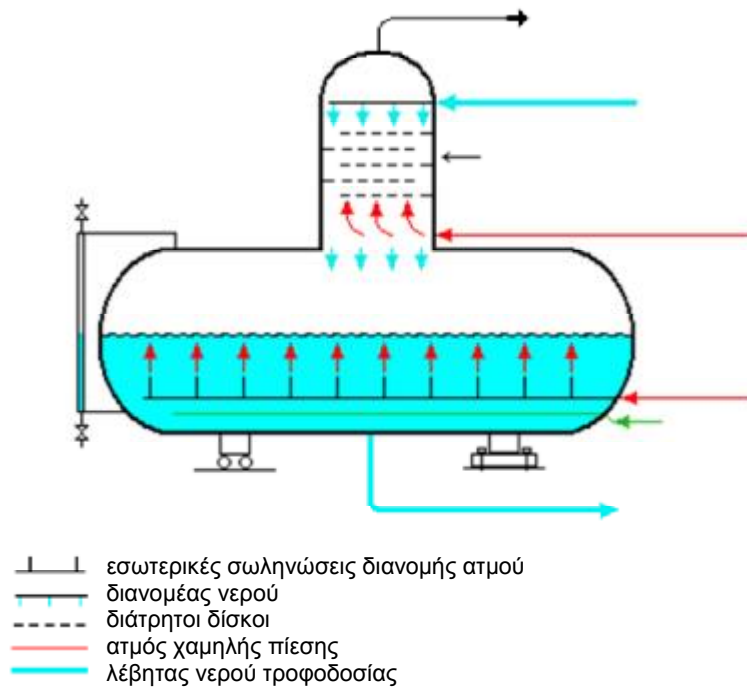
Εικόνα 15: Μονάδα προκατεργασίας του νερού τροφοδοσίας του λέβητα (demineralizer)

- **Αντλία νερού τροφοδοσίας**, η οποία χρησιμοποιείται για να εισάγει το νερό στον λέβητα (Εικόνα 16)



Εικόνα 16: Αντλία νερού τροφοδοσίας

- **Απαερωτής (deaerator)** (Εικόνα 17), ο οποίος συσπαστικά είναι ένα δοχείο το οποίο απομακρύνει τον αέρα από το νερό τροφοδοσίας. Ο αέρας απομακρύνεται με την βοήθεια του ατμού μέσω μιας μικρής στήλης απογύμνωσης με την οποία είναι εφοδιασμένα αυτά τα δοχεία.



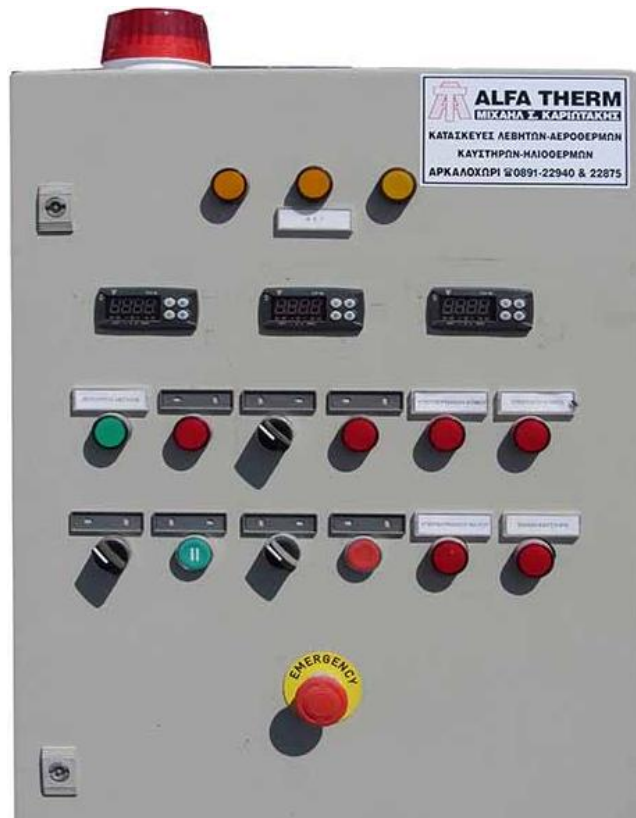
Εικόνα 17: Απαερωτής (deaerator)

- **Δοχείο συλλογής συμπυκνωμάτων** (Εικόνα 18). Σε αυτό το δοχείο επιστρέφει το σύνολο των συμπυκνωμάτων που έχουν προκύψει από τους χρήστες ατμού.



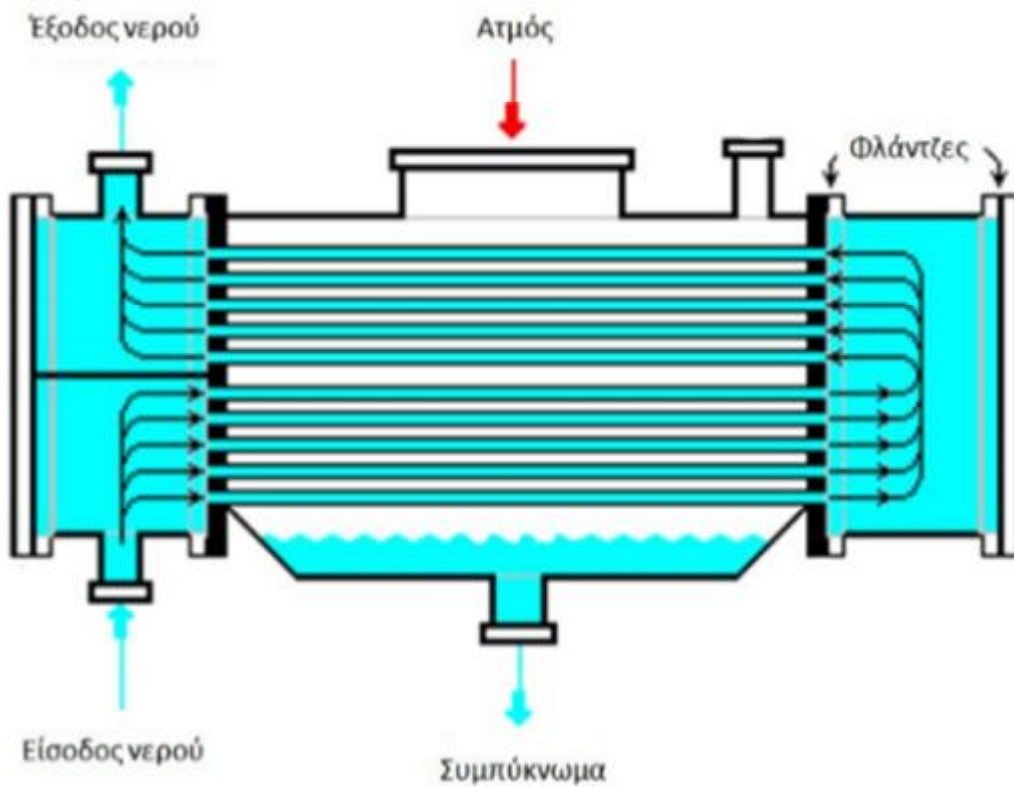
Εικόνα 18: Δοχείο συλλογής συμπυκνωμάτων

- **Σύστημα αυτομάτου ελέγχου και μετρήσεων της λειτουργίας του λέβητα** (Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Σύστημα αυτομάτου ελέγχου και μετρήσεων

- **Σύστημα σωληνώσεων** (Εικόνα 20), οι οποίες κατανέμουν τον ατμό προς του καταναλωτές και επιστρέφουν το συμπύκνωμα από τους καταναλωτές στον απαερωτή ή στο δοχείο των συμπυκνωμάτων.



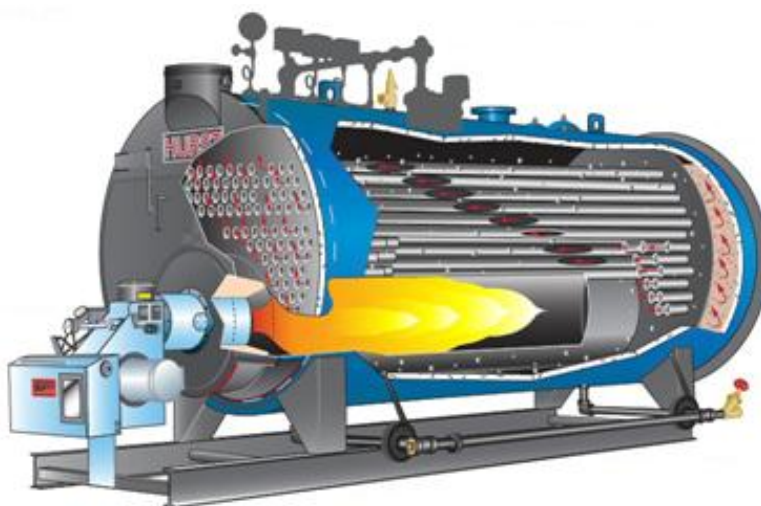
Εικόνα 20: Σύστημα σωληνώσεων

- **Κεντρικοί συλλέκτες ατμού και συμπυκνώματος.** Αυτές είναι οι σωληνώσεις από τις οποίες ξεκινούν ή στις οποίες καταλήγουν οι γραμμές παροχής ατμού στους χρήστες ή οι γραμμές επιστροφής των συμπυκνωμάτων.

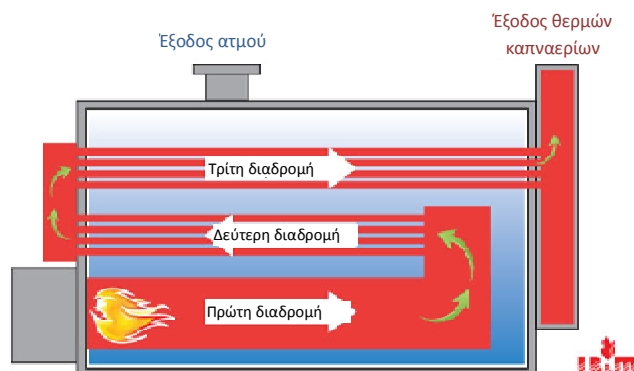
1 ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΜΑΖΟΥΤ

1.1 ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ ΜΕ ΦΛΟΓΟΣΩΛΗΝΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑΥΛΟΥΣ

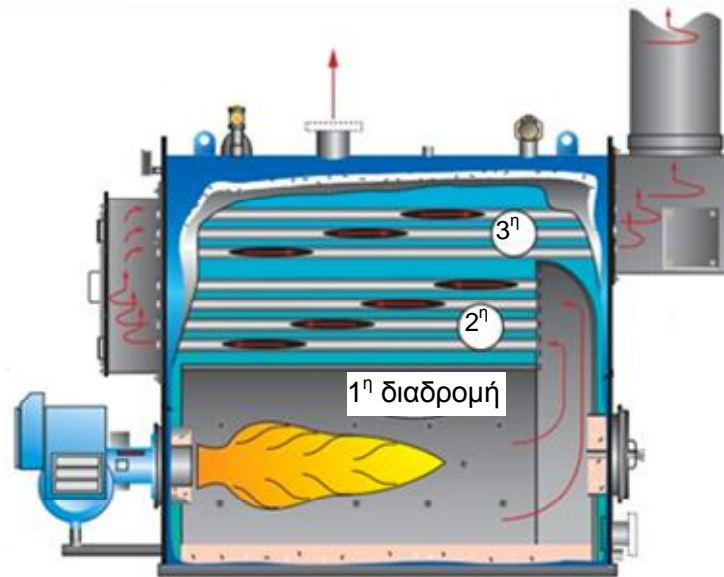
Οι ατμολέβητες με φλογοσωλήνα και αεριαυλούς (Εικόνα 1.1) είναι βελτιωμένοι ατμολέβητες με φλογοσωλήνα όσον αφορά τη συγκέντρωση ισχύος. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι ο φλογοσωλήνας, που αποτελεί την εστία καύσης και την πρώτη διαδρομή του καυσαερίου, και οι δεσμίδες των αεριαυλών. Μέσα στους αεριαυλούς γίνεται η δεύτερη ή και η τρίτη διαδρομή του καυσαερίου (Εικόνα 1.2 και Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.1: Ατμολέβητας με φλογοσωλήνα και αεριαυλούς



Εικόνα 1.2: Διαδρομές του καυσαερίου μέσα στους αεριαυλούς



Εικόνα 1.3: Διαδρομές του καυσαερίου μέσα στους αεριαλούς

Εξωτερικά αποτελούνται από ένα περίβλημα κυλινδρικού σχήματος το οποίο έχει δύο επίπεδα πώματα. Στο εσωτερικό τους υπάρχουν φλογοσωλήνες που μπορεί να είναι από ένας έως τρεις, φλογοθάλαμοι, οι οποίοι επίσης είναι από ένας έως τρεις και πολλές σειρές από αεριαλούς, ώστε να δημιουργείται μεγάλη θερμαινόμενη επιφάνεια. Στην Εικόνα 1.4 παρουσιάζεται ένας βιομηχανικός αεριαλωτός ατμολέβητας στη φάση της κατασκευής.



Εικόνα 1.4: Βιομηχανικός αεριαλωτός ατμολέβητας στη φάση της κατασκευής (μοντάρισμα θαλάμου καύσης με το εξωτερικό κυλινδρικό σώμα)

Σημαντικό πλεονέκτημά τους αποτελεί η καλή απόδοσή τους, δηλαδή η εκμετάλλευση της θερμότητας του καυσίμου τους σε ικανοποιητικό βαθμό. Οι λέβητες αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των λεβήτων με εσωτερική εστία.

Αυτό που χαρακτηρίζει τους λέβητες με φλογοσωλήνα και αεριαυλούς είναι η σχετική θέση των αεριαυλών με τους φλογοσωλήνες. Υπάρχουν δύο τρόποι για την τοποθέτηση των αεριαυλών. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο, οι αεριαυλοί τοποθετούνται στην προέκταση των φλογοσωλήνων και οι λέβητες αυτοί ονομάζονται ευθείας φλόγας. Πήραν αυτό το όνομα γιατί οι φλόγες από τον φλογοσωλήνα κατευθύνονται απευθείας στους αεριαυλούς. Σύμφωνα με τον δεύτερο τρόπο, οι αεριαυλοί τοποθετούνται είτε επάνω είτε πλευρικά, όμως και στις δύο περιπτώσεις παράλληλα με τους φλογοσωλήνες. Οι φλόγες, αφού βγουν από το φλογοσωλήνα, πρέπει να αλλάξουν την πορεία τους για να εισέλθουν στους αεριαυλούς. Οι λέβητες αυτοί ονομάζονται επιστρεφόμενης φλόγας.

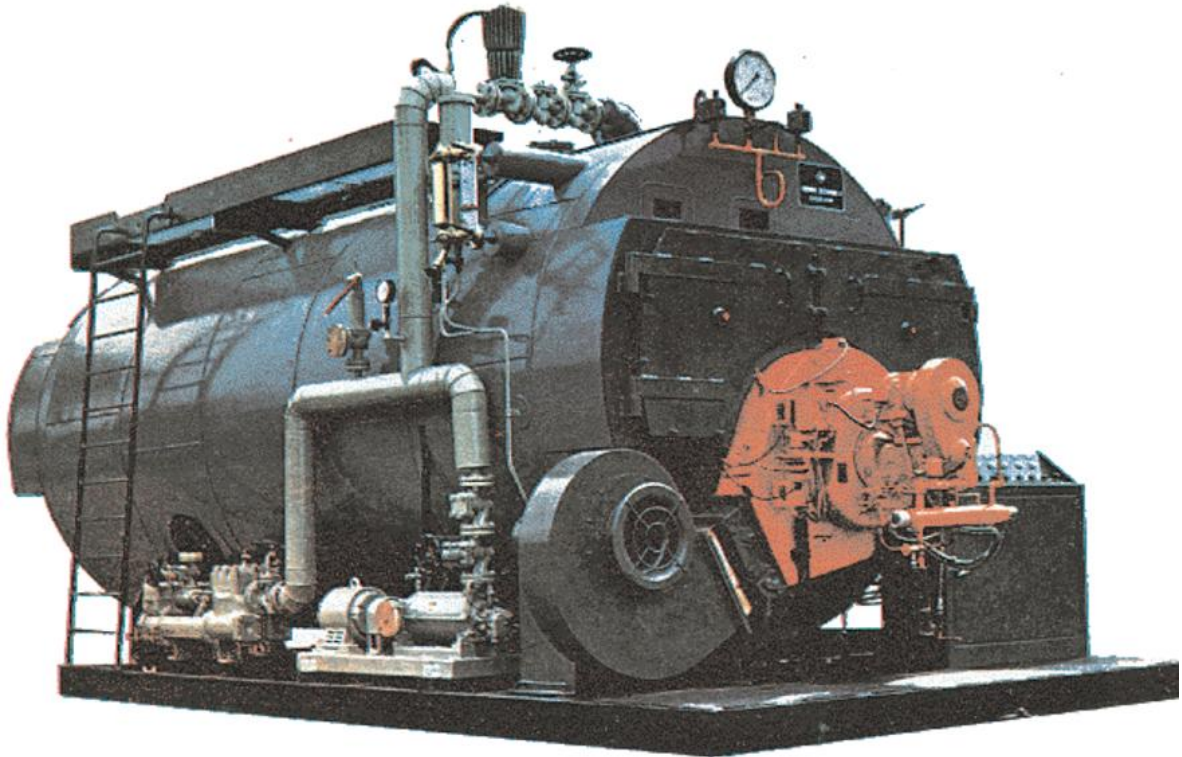
Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των ατμολεβήτων με φλογοσωλήνα περιλαμβάνονται η συμπαγής κατασκευή τους, το ότι μπορούν να λειτουργούν σε ένα μεγάλο εύρος παροχών ατμού και αποτελούν τη φθηνότερη λύση. Από την άλλη, έχουν και μειονεκτήματα. Αρχικά, είναι σχεδιασμένοι ώστε να λειτουργούν σε χαμηλή πίεση ατμού επειδή οποιαδήποτε αύξησή της απαιτεί μεγάλα πάχη τοιχώματος. Επίσης, η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας ανά μονάδα όγκου εγκατάστασης είναι μικρή. Ακόμα, επειδή η μάζα του νερού είναι αρκετά μεγάλη, αποκρίνεται με αργό ρυθμό. Ένα ακόμα μειονέκτημά τους είναι η δυσκολία που παρουσιάζουν στην υπερθέρμανσή τους επειδή ο ατμός δεν είναι εντελώς ξηρός. Τέλος, ο υδροθάλαμος είναι συνεχώς υπό πίεση, συνεπώς υπάρχει κίνδυνος σοβαρού δυστυχήματος.

Υπάρχουν επίσης και οι ατμολέβητες τύπου Holland (Εικόνα 1.5), οι οποίοι είναι μια παραλλαγή των ατμολεβήτων με φλογοσωλήνα. Στους ατμολέβητες τύπου Holland ο φλογοσωλήνας εκτείνεται μόνο σε ένα μέρος του μήκους του ατμολέβητα, ενώ το υπόλοιπο μήκος καλύπτεται από αεριαυλούς. Η καύση και η πρώτη συναλλαγή θερμότητας σε αυτούς τους λέβητες γίνεται μέσα στον φλογοσωλήνα. Στην συνέχεια, το καυσαέριο περνά διαμέσου των αεριαυλών και ολοκληρώνει την διαδρομή του μέσα στον ατμολέβητα. Οι ατμολέβητες αυτού του είδους ονομάζονται επίσης αεριαυλωτοί ατμολέβητες.



Εικόνα 1.5: Ατμολέβητας τύπου Holland

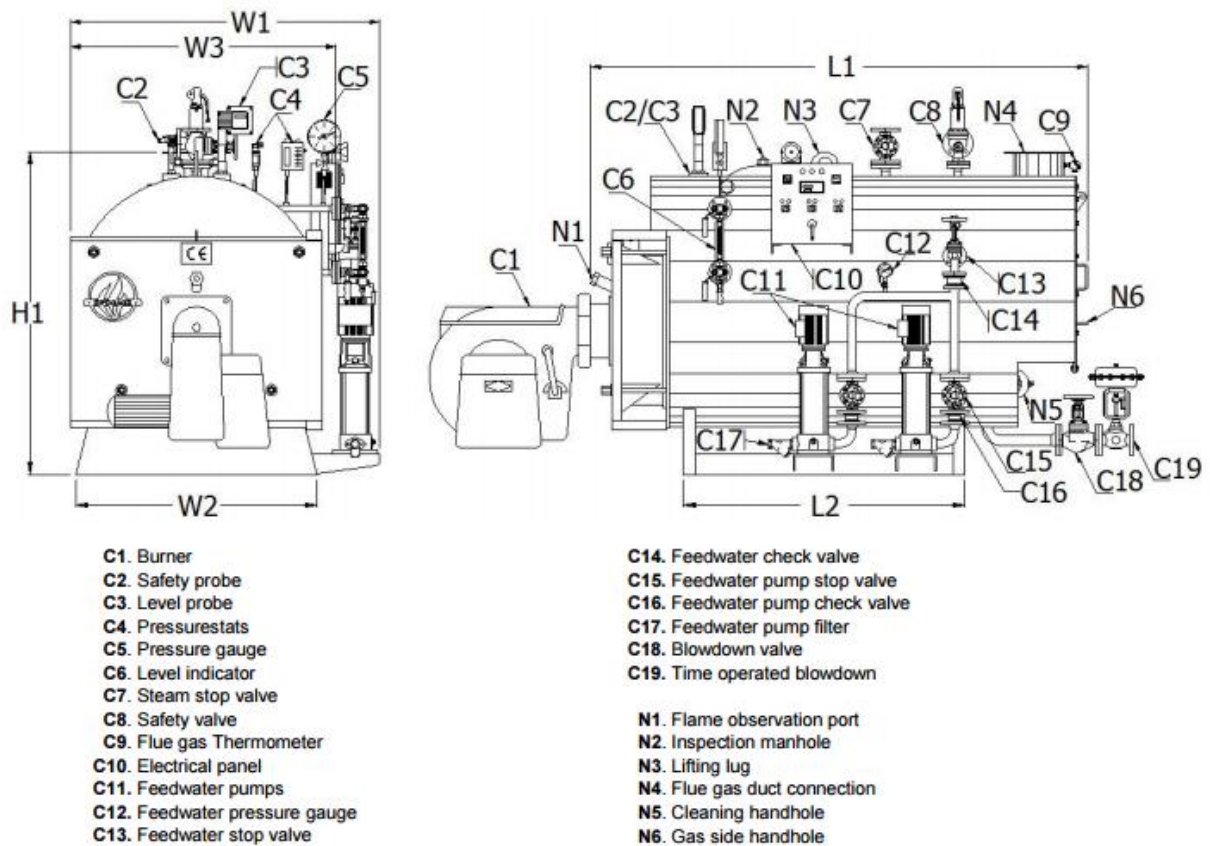
Στην Εικόνα 1.6 παρουσιάζεται ένας τύπος ατμολέβητα που κατασκευαζόταν στο εργοστάσιο του Κούππα, από το οποίο ήταν κατασκευασμένος και ο ατμολέβητας μαζούτ της χαρτοποιίας – χαρτοβιομηχανίας «ΠΑΚΟ».



Εικόνα 1.6: Τύπος ατμολέβητα που κατασκευαζόταν στο εργοστάσιο του Κούππα

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΜΑΖΟΥΤ

Η εγκατάσταση ενός λέβητα μαζούτ (Εικόνα 1.7) περιλαμβάνει τον κύριο ατμολέβητα, ανθρωποθυρίδες οι οποίες χρησιμεύουν για τον καθαρισμό του, υδροδείκτες που δείχνουν τη στάθμη του νερού, αυτόματα συστήματα ασφαλείας δηλαδή ηλεκτρόδια ειδικής κατασκευής που δείχνουν τη στάθμη του νερού, πιεζοστάτες, στρατσώνα, απ' όπου απομακρύνονται άλατα και ξένα υλικά που υπάρχουν στο λέβητα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, αντλίες νερού, φιάλες προπανίου για την ανάφλεξη του καυσίμου, καυστήρα, ανεμιστήρα, δεξαμενή μαζούτ, προθερμαντήρα που προθερμαίνει το πετρέλαιο, κύρια αντλία λέβητα που τροφοδοτεί τον προθερμαντήρα και φίλτρα καυσίμου για την κατακράτηση σωματιδίων που μπορεί να υπάρχουν στο μαζούτ.



Εικόνα 1.7: Η εγκατάσταση ενός λέβητα μαζούτ

1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΑ ΜΑΖΟΥΤ

Στα πλεονεκτήματα των λεβήτων μαζούτ και πετρελαίου γενικότερα περιλαμβάνονται η ύπαρξη δικτύου διανομής και η χαμηλή τιμή αγοράς τους. Από την άλλη όμως εμφανίζουν πολλά μειονεκτήματα, όπως ο μεγάλος ωφέλιμος χώρος που καταλαμβάνουν, το υψηλό κόστος λειτουργίας τους καθώς και το υψηλό κόστος του καυσίμου που μεταβάλλεται συνέχεια, η ανάγκη συχνής συντήρησης και η ανάγκη της προμήθειας του πετρελαίου μέσω βυτιοφόρων. Επίσης, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός πως το πετρέλαιο αποτελεί μια συμβατική πηγή ενέργειας, με όλα τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν αυτές.

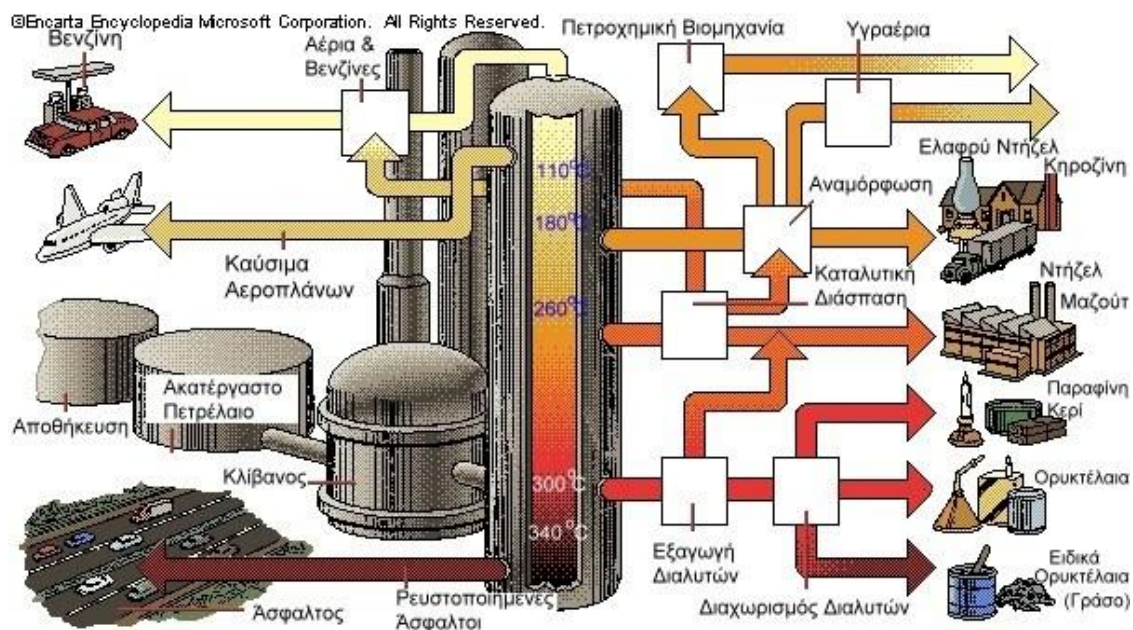
1.4 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΜΑΖΟΥΤ

Το πετρέλαιο μαζούτ (Εικόνα 1.8) είναι ένα πολύτιμο καύσιμο, το γενικό όνομα του οποίου είναι υπόλειμμα αποστάξεως (residual fuel oil), μιας και αποτελεί το μέρος

του φυσικού πετρελαίου που δεν αποστάζει σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 360°C, και επομένως, λαμβάνεται από τη βάση του πύργου αποστάξεως του διυλιστηρίου, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.9.



Εικόνα 1.8: Το πετρέλαιο μαζούτ



Εικόνα 1.9: Αποστακτική στήλη και προϊόντα πετρελαίου

Τρεις είναι οι κύριοι λόγοι που καθιστούν το μαζούτ ως ένα πολύτιμο καύσιμο. Πρώτον, το 50% του φυσικού πετρελαίου αποτελείται από μαζούτ. Δεύτερον, συγκριτικά με άλλα προϊόντα απόσταξης του πετρελαίου, όπως είναι για παράδειγμα το diesel, το μαζούτ είναι πιο φθηνό, και τρίτον, χρησιμοποιείται ευρέως ως καύσιμο στις πετρελαιομηχανές και στους λέβητες.

Το μαζούτ διακινείται με τον γενικό τύπο Marine Fuel Oil. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι παχύρευστο και έχει μαύρο χρώμα. Η αναγκαιότητα διατήρησης του μαζούτ σε ρευστή κατάσταση στις δεξαμενές απαιτεί την προθέρμανσή του σε

θερμοκρασία τουλάχιστον 15 – 45 °C, ώστε να μπορεί να αντλείται και να ρέει εύκολα στους σωλήνες των δικτύων. Αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή των λιπαντικών.

Επειδή, αρχικά, είχε χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο λεβήτων, αναφερόταν ως πετρέλαιο λεβήτων.

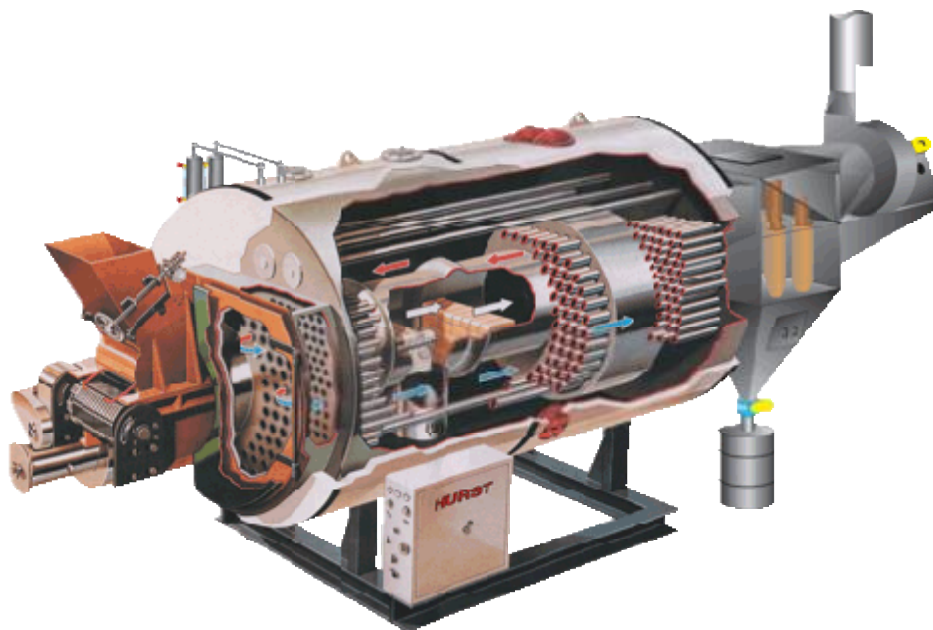
2 ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑΣ ΜΕ ΚΑΥΣΙΜΟ PELLETT

Οι ατμολέβητες με καύσιμο pellet παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς είναι πρόσφατη σχετικά τεχνολογία και μπορούν να αντικαταστήσουν τους ατμολέβητες πετρελαίου στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

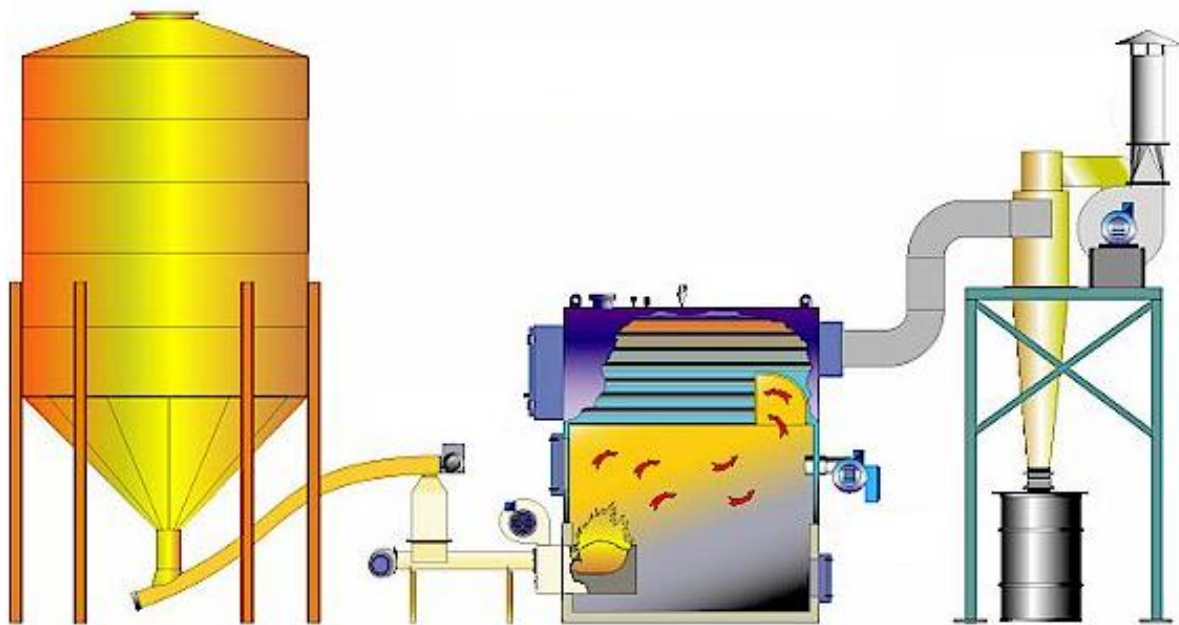
2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΛΕΒΗΤΑ PELLETT

Σε όλους τους λέβητες pellet υπάρχει δεξαμενή, χώρος καύσης, διάταξη συναλλαγής θερμότητας, καπνοδόχος και κεντρική μονάδα ελέγχου.

Στην δεξαμενή, η οποία είτε αποτελεί κομμάτι του λέβητα είτε είναι ανεξάρτητη από αυτόν, αποθηκεύεται το pellet. Για να πραγματοποιηθεί η καύση, τα pellet θα πρέπει να μεταφερθούν στο χώρο καύσης (Εικόνα 2.1). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαδρομών ή μηχανισμών που εμποδίζουν την επιστροφή της φλόγας προς την δεξαμενή. Ο χώρος καύσης δεν είναι ίδιος σε όλους τους λέβητες αλλά διαφέρει ανάλογα με το εργοστάσιο παραγωγής και τη δυναμικότητα του λέβητα σε pellet σε μέγεθος, υλικά κατασκευής και σχεδιασμό. Εκεί γίνεται ανάφλεξη των pellet. Στην περίπτωση που είναι αυτόματο, γίνεται με ένα πιστολάκι υπέρθερμου αέρα, ενώ στην αντίθετη περίπτωση με απλή ηλεκτρική αντίσταση και με τη βοήθεια ανεμιστήρα.



Εικόνα 2.1: Χώρος καύσης λέβητα pellet



Εικόνα 2.2: Τρόπος λειτουργίας λέβητα pellet

Αυτή η φλόγα θα πρέπει να ζεστάνει το νερό του λέβητα. Αυτό πραγματοποιείται με τις διαδρομές των καυσαερίων διαμέσου ενός εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος αποτελείται από σωλήνες και σκαλοπάτια που περιέχουν νερό. Η απόδοση είναι μεγαλύτερη για πιο πολύπλοκες σωληνώσεις και εξαρτάται από τη μετάδοση της θερμότητας από την καύση των pellet στο νερό.

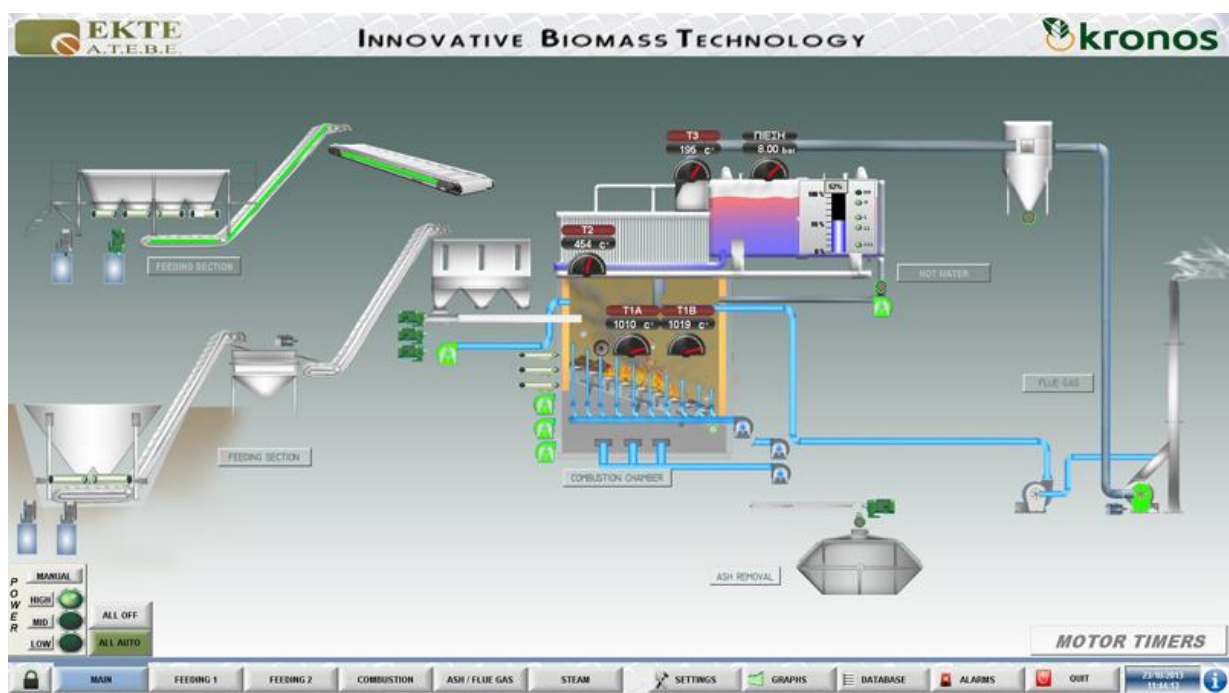
Η σωστή λειτουργία του λέβητα διασφαλίζεται εκτός από την ποιότητα των pellet και από την καπνοδόχο, η οποία αποτελεί σημαντικό τμήμα μιας εγκατάστασης. Η διαφυγή των καυσαερίων από την καπνοδόχο θα πρέπει να είναι γρήγορη και αβίαστη. Τα τοιχώματά της θα πρέπει να είναι διπλά και ανοξειδωτά για να μην υπάρχουν επικαθίσεις από τα κατάλοιπα της καύσης. Στους καυστήρες pellet δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη καπνοδόχου μεγάλης διατομής, αν και βέβαια η επιλογή της εξαρτάται από τις οδηγίες του κατασκευαστή του λέβητα.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου του λέβητα είναι αυτή που ελέγχει και προγραμματίζει όλες τις λειτουργίες και τα μέρη του. Έχει τέσσερα στάδια, τα οποία είναι το άναμμα, η κανονική λειτουργία, οι ρυθμίσεις και η συντήρηση. Ανάλογα με τη ζήτηση θερμότητας από την εγκατάσταση προσαρμόζει την καύση και τη λειτουργία του λέβητα χρησιμοποιώντας μια σειρά από αισθητήρες. Η Εικόνα 2.2 δείχνει τον τρόπο λειτουργίας ενός λέβητα pellet.

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Το σύστημα μίας εγκατάστασης καύσης βιομάζας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3, αποτελείται από τέσσερα τμήματα, τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους και είναι:

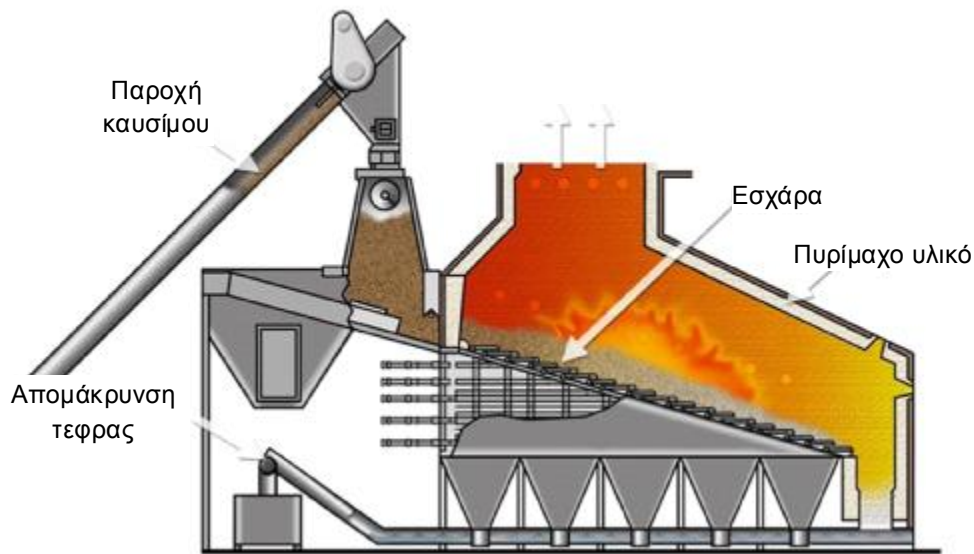
- Το τμήμα αποθήκευσης της βιομάζας
- Το τμήμα καύσης της βιομάζας
- Το τμήμα ατμοπαραγωγής
- Το τμήμα συλλογής και διαχείρισης στάχτης



Εικόνα 2.3: Εγκατάσταση καύσης βιομάζας

Η αποθήκευση του καυσίμου γίνεται συνήθως σε υπόστεγα και μεταφέρεται προς την χοάνη παραλαβής βιομάζας, η οποία βρίσκεται εξωτερικά του λεβητοστασίου. Η χοάνη έχει και αυτή υπόστεγο για την προστασία από το νερό της βροχής. Στο κάτω μέρος της χοάνης υπάρχει σύστημα μεταφοράς για την προώθηση της βιομάζας προς καύση.

Η προς καύση βιομάζα θα μεταφέρεται με ιμάντα προς τον καυστήρα. Η εστία καύσης είναι κινούμενη κλιμακωτή εσχάρα, η οποία βοηθά να αναμειγνύεται το καύσιμο και να αφαιρείται η παραγόμενη στάχτη (Εικόνα 2.4). Το κάτω μέρος της εστίας έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε να συλλέγεται η στάχτη. Για την επίτευξη των απαιτούμενων συνθηκών καύσης τοποθετούνται ανεμιστήρες στις δύο απέναντι πλευρές της εστίας.



Εικόνα 2.4: Κινούμενη κλιμακωτή εσχάρα

Το τμήμα ατμοπαραγωγής αποτελείται από ατμολέβητα, αντλητικό συγκρότημα τροφοδοσίας νερού, ατμοφράκτες, βαλβίδες αντεπιστροφής, υδροδείκτη, κεντρικό ατμοφράκτη, ασφαλιστικό, στρατσώνες, πιεσοστάτες, μανόμετρο ατμού, ηλεκτρόδια στάθμης, θερμόμετρο καυσαερίων, δοχείο στρατσώνας και καυστήρα.

Το τμήμα καυσαερίων περιλαμβάνει κυκλικό διαχωριστή, ανεμιστήραελκυσμού καυσαερίων, αγωγούς καυσαερίων και καπνοδόχο. Όλα αυτά χρησιμοποιούνται για την διακίνηση καυσαερίων. Η στάχτη που παράγεται από την καύση της βιομάζας συλλέγεται και απομακρύνεται.

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Οι λέβητες στερεών καυσίμων παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα. Πρώτα από όλα, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με όλα τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής της βιομάζας στη χώρα μας, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένο κόστος συγκριτικά με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Ακόμη, ο βαθμός απόδοσης του λέβητα στερεών καυσίμων συμβάλλει και αυτός στο μειωμένο κόστος. Τέλος, το κόστος λειτουργίας τους είναι σχετικά χαμηλό.

Από την άλλη, τα μειονεκτήματα που υπάρχουν είναι η ανάγκη μεγάλου ωφέλιμου χώρου, επειδή εκτός από το χώρο που χρειάζονται ο καυστήρας και ο λέβητας, είναι αναγκαία η ύπαρξη αποθηκευτικού χώρου για τη φύλαξη των pellet. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται pellet χαμηλής ποιότητας, το κόστος συντήρησης είναι αρκετά υψηλό. Ανάλογα με το είδος της βιομάζας και του καυστήρα, υπάρχει αντίστοιχη ανάγκη

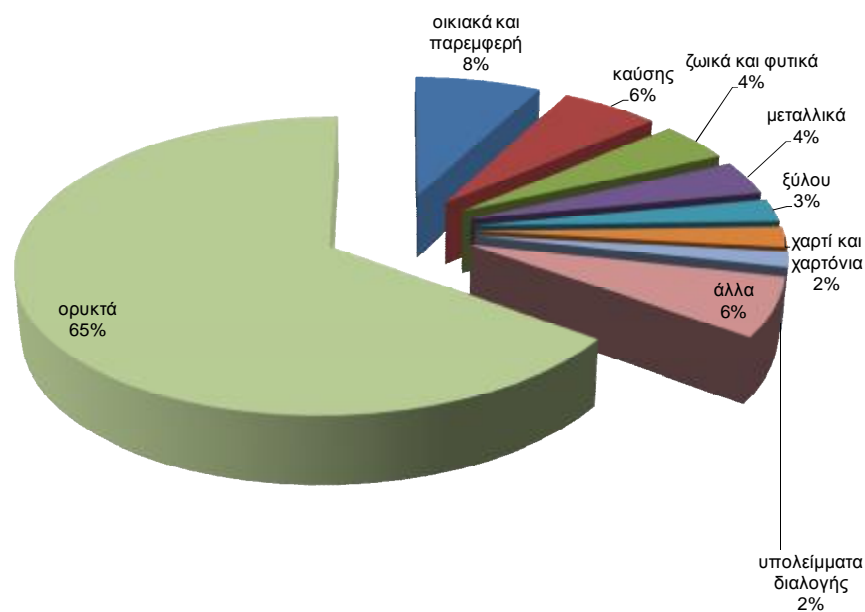
συνεχούς ανατροφοδότησης. Φυσικά, οι καυστήρες αυτού του είδους χρειάζονται τακτικό καθαρισμό.

2.4 Η ΒΙΟΜΑΖΑ

Οποιοδήποτε προϊόν ή υποπροϊόν ή υπόλειμμα βιολογικής προέλευσης, δηλαδή οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο, χαρακτηρίζεται με τον όρο βιομάζα. Συγκεκριμένα, στη βιομάζα περιλαμβάνονται όλες οι φυτικές ύλες που προέρχονται από τα φυσικά οικοσυστήματα (αυτοφυή φυτά και δάση), ή από τις ενεργειακές καλλιέργειες (φυτά που καλλιεργούνται αποκλειστικά για την παραγωγή βιομάζας), γεωργικά και δασικά είδη (καλάμι, σόργο, ευκάλυπτος, σακχαρούχο), τα κατάλοιπα και τα υποπροϊόντα της φυτικής, δασικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής (στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, άχυρα, κλαδιά δένδρων, κλαδοδέματα, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κληματίδες), τα υποπροϊόντα της μεταποίησης ή επεξεργασίας υλικών (πριονίδι, υπολείμματα βαμβακιού, ελαιοπυρηνόξυλα) καθώς και το μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών που είναι βιολογικής προέλευσης. Η Εικόνα 2.4 δείχνει τα κλάσματα βιομάζας.

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης και αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας.

$\text{Νερό} + \text{Διοξείδιο του άνθρακα} + \text{Ηλιακή ενέργεια} + \text{Ανόργανα στοιχεία}$
 $\Rightarrow \text{Βιομάζα} + \text{Οξυγόνο}$



Εικόνα 2.5: Κλάσματα βιομάζας

Η βιομάζα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας από τη στιγμή του σχηματισμού της. Είναι μια πηγή ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον και ανεξάντλητη, η οποία μπορεί να αντικαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα που τα αποθέματά τους μειώνονται συνεχώς.

2.4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι διεργασίες που απαιτούνται για την μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια εξαρτώνται από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της. Οι τιμές αυτών των χαρακτηριστικών της ποικίλλουν, ανάλογα με την πηγή προέλευσής της. Αυτές οι ιδιότητες της επηρεάζουν όχι μόνο την αξιοποίηση της βιομάζας, αλλά επίσης την βιωσιμότητα ολόκληρης της επένδυσης επομένως είναι πολύ σημαντική η πλήρης κατανόησή τους.

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες είναι οι εξής:

- Η περιεκτικότητα σε υγρασία
- Η περιεκτικότητα σε τέφρα
- Η θερμογόνος δύναμη
- Η στοιχειακή ανάλυση

2.4.1.1 Περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι η ποσότητα του νερού που βρίσκεται στη βιομάζα και μετράται ως ποσοστό επί του βάρους του υλικού. Η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι πολύ σημαντική ιδιότητα επειδή η επίδρασή της είναι άμεση στην ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας, είτε αυτή είναι θερμοχημική, όπως η καύση, είτε βιοχημική όπως η ζύμωση. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία από το 0% στο 40% είναι ικανή να μειώσει την θερμογόνο δυναμική της κατά 66%.

Σε κάποια αγροτικά υπολείμματα, όπως είναι το άχυρο και τα τσόφλια, η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι λιγότερη από το 10%, ενώ μπορεί να ξεπεράσει το 60% για την βαγιάση. Η περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας που προέρχεται από το ξύλο κυμαίνεται από 40% μέχρι 50% και αυτής από τα κτηνοτροφικά απόβλητα (κοπριά) ή από οργανικά υγρά απόβλητα (τυρόγαλα) είναι γενικά τόσο υψηλή, ώστε να μπορεί να μεταφερθεί με τη βοήθεια αντλιών.

2.4.1.2 Περιεκτικότητα της βιομάζας σε τέφρα

Κάποιοι από τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η ποσότητα και η σύσταση της τέφρας στη βιομάζα είναι η προέλευση της βιομάζας, οι συνθήκες καλλιέργειας και συλλογής της, το είδος της λίπανσης της καλλιέργειας και οι συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς της.

Οι επιπτώσεις της υψηλής περιεκτικότητας σε τέφρα της βιομάζας είναι αρνητικές στην ενεργειακή αξιοποίησή της. Σε πολλές διεργασίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας έχει σημαντική επίδραση εκτός από την περιεκτικότητα και η χημική σύσταση

της βιομάζας, επειδή λόγω της τέφρας παράγονται απόβλητα τα οποία είναι απαραίτητο να επεξεργαστούν και να απομακρυνθούν. Οι θερμοχημικές διεργασίες μετατροπής, δηλαδή η καύση, η αεριοποίηση και η πυρόλυση, επηρεάζονται από τη χημική σύσταση της τέφρας εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Στην περίπτωση που υπάρξει τήξη της τέφρας, είναι δύσκολη η συλλογή και η απομάκρυνσή της, επομένως μπορούν να δημιουργηθούν διάφορες επικαθίσεις σε τμήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας και τελικά ολόκληρης της επένδυσης.

Τα pellets βιομάζας, τα οποία αποτελούν και αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, πρέπει να έχουν εξαιρετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα ώστε να είναι σύμφωνα με τις εθνικές και ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Λιγότερη τέφρα σημαίνει παραγωγή μικρότερης ποσότητας στάχτης. Τα pellets που παράγονται από καθαρή ξυλεία έχουν χαμηλά ποσοστά τέφρας, επειδή το καθαρό ξύλο περιέχει ελάχιστη τέφρα (<1 %), σε αντίθεση με τα pellets που παράγονται από τα περισσότερα αγροτικά υπολείμματα των οποίων η περιεκτικότητα σε τέφρα είναι πολύ μεγαλύτερη.

2.4.1.3 Θερμογόνος δύναμη βιομάζας

Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη της βιομάζας μπορεί να υπολογιστεί από την ανώτερη με τον τύπο:

$$NCV = GCV \left(1 - \frac{w}{100}\right) - 2,447 \frac{w}{100} - 2,447 \frac{h}{100} 9,01 \left(1 - \frac{w}{100}\right)$$

Όπου με NCV (Net Calorific Value) συμβολίζεται η κατώτερη θερμογόνος δύναμη της βιομάζας, η οποία έχει μονάδες MJ/kg σε υγρή βάση. Με GCV (Gross Calorific Value) συμβολίζεται η ανώτερη θερμογόνος δύναμη της βιομάζας, η οποία έχει μονάδες MJ/kg σε ξηρή βάση, με w η περιεκτικότητα σε υγρασία κατά βάρος του καυσίμου και με h η περιεκτικότητα σε υδρογόνο κατά βάρος του καυσίμου.

Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη των καυσίμων βιομάζας κυμαίνεται γενικά μεταξύ 18 και 21 MJ ανά κιλό καυσίμου, σε ξηρή βάση. Τα αγροστώδη καύσιμα έχουν χαμηλότερες τιμές, ενώ τα νωπά καύσιμα ξύλα και οι φλοιοί υψηλότερες.

2.4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

2.4.2.1 Πλεονεκτήματα της βιομάζας

Η βιομάζα έχει το κύριο πλεονέκτημα πως η καύση της έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και επομένως δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα προκύπτει από το γεγονός πως οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας. Εκτός από αυτό, στη βιομάζα υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό θείου, της τάξεως του 0,5%,

επομένως η χρήση της συμβάλλει σημαντικά και στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημά της για τη χώρα μας είναι πως η αξιοποίησή της συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, εφόσον είναι εγχώρια πηγή ενέργειας. Επίσης, η ενεργειακή αξιοποίησή της σε μια αγροτική περιοχή, συμβάλλει στη αύξηση της απασχόλησης με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών, τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες και την παραμονή του πληθυσμού στην επαρχία.

2.4.2.2 Μειονεκτήματα της βιομάζας

Η βιομάζα δε θα μπορούσε να μην παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά, συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα παρουσιάζει αυξημένο όγκο και μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, ιδιότητες που δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίησή της. Επίσης, η τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας δεν είναι συνεχής, επειδή η παραγωγή της βιομάζας είναι εποχιακή. Αυτό σημαίνει πως υπάρχουν προβλήματα κατά τη συλλογή, τη μεταφορά, και την αποθήκευσή της, τα οποία αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης. Τέλος, το κόστος εξοπλισμού των σύγχρονων τεχνολογιών μετατροπής της βιομάζας είναι ιδιαίτερα υψηλό εάν συγκριθεί με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

2.4.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα χωρίζεται σε τρεις κύριες κατηγορίες (Εικόνα 2.5), οι οποίες συνοπτικά είναι οι εξής:

- Το **πυρηνόξυλο**, το οποίο είναι το ξυλώδες υπόλειμμα που προκύπτει από την πάστα που παραμένει στο ελαιουργείο μετά την παραγωγή ελαιόλαδου, αφού απομακρυνθεί η υγρασία και το πυρηνέλαιο.
- Τα **θρύμματα ξύλων** (woodchips), τα οποία είναι ξύλα μήκους μόνο 5 έως 50 mm. Αυτά προέρχονται συνήθως από κλαδιά, κορυφές, ολόκληρα δένδρα ή είναι υπολείμματα από πριονιστήρια.
- Τα **συσσωματώματα στερεής βιομάζας** (pellets, μπρικήτες), τα οποία είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξηρών πριονιδιών. Τα pellets θα αναλυθούν στη συνέχεια, καθώς αποτελούν αντικείμενο της μελέτης μας.



Εικόνα 2.6: Οι διάφορες κατηγορίες βιομάζας

2.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ιδιότητες των διάφορων καυσίμων βιομάζας. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο τόπος προέλευσης, οι καιρικές συνθήκες, η σύσταση του εδάφους στο οποίο μεγάλωσαν τα φυτά από τα οποία προέρχεται η βιομάζα, το τμήμα του ξύλου από το οποίο προέρχεται η βιομάζα και άλλοι παράγοντες οδηγούν σε αποκλίσεις όσον αφορά τη σύσταση και τη θερμογόνο δύναμη της βιομάζας. Οι τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα είναι ένας γενικός μέσος όρος.

Πίνακας 2-1: Ιδιότητες των διάφορων καυσίμων βιομάζας

| ΜΕΓΕΘΟΣ | Wood Chips | Wood Pellet | Πυρηνόξυλο | Pellet Ηλιόσπορου |
|--|------------|-------------|------------|-------------------|
| Κατωτέρα θερμογόνος δύναμη (kcal/kg) | 4400 | 4100 | 4186 | 3850 |
| Ανωτέρα θερμογόνος δύναμη (kcal/kg) | 4750 | 4950 | 5700 | 4800 |
| Τέφρα καυσίμου (% w/w) | <2,5 | 0,2-1,78 | 1,55-10,9 | 3,6-6,8 |
| Σημείο ανάφλεξης (°C) | 300 | 300 | 280 | 300 |
| Περιεχόμενα πτητικά (% w/w) | 80-85 | 80-84,5 | 70,8-82,5 | 74-76,8 |
| Υγρασία (% w/w) | 30-50 | 3,5-9,3 | 5,6-15 | 8,6-10 |
| Περιεχόμενο θείο S (% w/w) | <0,2 | <0,45 | <0,28 | 0,2-0,3 |
| Άνθρακας C (% w/w) | ~49,1 | 46-49,7 | 43,5-54 | ~46,9 |
| Υδρογόνο H (% w/w) | ~6,4 | 5,7-6,2 | 5,24-6,9 | ~6,7 |
| Άζωτο N (% w/w) | ~0,2 | 0,1-1,6 | 0,1-2,5 | ~6 |
| Οξυγόνο O (% w/w) | ~44 | 37,2-43,7 | 29,4-34,4 | ~33 |
| Είδη και ποσότητες τοξικών ενώσεων ή βαρέων μετάλλων | ~0 | ~0 | ~0 | ~0 |

2.6 ΚΑΥΣΙΜΟ PELLETT

Το pellet ανήκει στη κατηγορία των στερεών καυσίμων, ή αλλιώς βιοκαύσιμα. Είναι ιδιαίτερα συμπαγές και παράγεται από προϊόντα επεξεργασίας ξύλου ή φυτών. Αποτελείται από συμπιεσμένο πριονίδι και έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, μιας και παράγεται κατά την επεξεργασία ξύλου, στεγνού και χωρίς βερνίκια. Η μορφή του είναι κυλινδρική και γενικά είναι ιδιαίτερα συμπαγές. Χαρακτηριστικό του είναι η περιεκτικότητά του σε υγρασία σε ποσοστό περίπου 10%, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή απόδοση κατά την καύση του.

Ο λιγνίτης που εμπεριέχεται στο ίδιο το ξύλο είναι υπεύθυνος για τη συσσωμάτωση των πριονιδιών. Υπάρχουν και εκείνες η περιπτώσεις στις οποίες γίνεται συσσωμάτωση με κόλλα ή με άλλα συνδετικά, όμως τα pellet εκείνα δεν είναι εγκεκριμένα. Επειδή το pellet είναι είτε φυσικό ξύλο είτε υπολείμματα ξύλου από την επεξεργασία του σε μεγάλες μονάδες ξυλείας, είναι οικολογικό. Με τη χρήση του οι ρύποι στο περιβάλλον είναι μειωμένοι για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι πως κατά την παραγωγή και τυποποίησή του απαιτεί μικρό ποσό ενέργειας και ο δεύτερος λόγος είναι πως κατά την καύση του έχει χαμηλούς ρύπους.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημά του είναι πως βρίσκεται ανάμεσα στα οικονομικότερα στερεά καύσιμα και το κόστος του είναι χαμηλό εάν συγκριθεί με τα ορυκτά και τα αέρια καύσιμα. Επειδή ο λόγος της επιφάνειας καύσης του προς τον όγκο του είναι μεγάλος, αυτό οδηγεί στην πολύ αποδοτική του καύση. Η ποιότητα του συγκεκριμένου καυσίμου προδίδεται από τα μικρά επίπεδα τέφρας κατά την καύση του.

2.6.1 ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Ισχύουσα κατάσταση στην αγορά της Ελλάδας Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες με το μικρότερο επίπεδο ανάπτυξης των δραστηριοτήτων (παραγωγικών και εμπορικών) που σχετίζονται με pellets. Συγκεκριμένα το 2008, και σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Pellets Atlas, η Ελλάδα παρήγαγε συνολικά περίπου 27.800 τόνους pellets ενώ η εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής ανερχόταν στους 87.000 τόνους.

Η συνολική κατανάλωση ανήλθε στους 11.100 τόνους, ενώ, συνεπαγόμενα, η κατά κεφαλή κατανάλωση ήταν περίπου 1 kg, μία από τις χαμηλότερες της Ευρώπης. Αξιολογώντας τις τιμές αυτές αξίζει να αναφέρουμε πως η Σουηδία, που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευρωπαϊκά ανάπτυξη του τομέα των pellets, παρήγαγε, το 2008, περίπου 1.4 εκατομμύρια τόνους pellets, ενώ η κατά κεφαλήν κατανάλωσή τους ανερχόταν στα

201,5 kg. Η κατανάλωση δεν καλυπτόταν από την εγχώρια παραγωγή και, συνεπώς, απαιτούνταν η εισαγωγή περίπου 445.000 τόνων.

Πρέπει ακόμη να επισημανθεί πως στην Ελλάδα, μέχρι σήμερα, τα pellets δεν αξιοποιούνταν σχεδόν καθόλου σε εγκαταστάσεις θέρμανσης οικιακής κλίμακας, γεγονός που οφειλόταν κατά κύριο λόγο στην απαγόρευση καύσης βιομάζας σε εστίες θέρμανσης στα μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Σαλαμίνα) που ίσχυε 18 χρόνια. Σήμερα, έχει γίνει άρση της απαγόρευσης που προέκυψε από το άρθρο 2 της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 10315/22-3- 1993 με ΦΕΚ-369B/24-5-1993 που επεγράφη στις 8 Νοεμβρίου 2011 και έχουμε την αναμενόμενη αύξηση της αξιοποίησης των pellets σε εγκαταστάσεις θέρμανσης οικιακής κλίμακας.

Το 2008, μία μικρή ποσότητα των παραγόμενων pellets αξιοποιούνταν από εγχώριες βιομηχανικές μονάδες. Βάσει των ανωτέρων, λοιπόν, παρατηρούνταν μία πλεονάζουσα ποσότητα, της τάξης των 17.000 τόνων, της παραγόμενης ποσότητας pellets, η οποία εξαγόταν, κυρίως στην Ιταλία.

Η πρώτη μονάδα παραγωγής pellets στην Ελλάδα λειτούργησε το 2006 και φαίνεται πως 6 ακόμη μονάδες κατασκευάστηκαν μέχρι και το 2010. Έτσι, για πρώτη φορά, οι εξελίξεις στον τομέα των δραστηριοτήτων (παραγωγικών και εμπορικών) που σχετίζονται με τα pellets καθίστανται αρκετά ελπιδοφόρες για την ανάπτυξή του.

Αυτή η εκτίμηση υποστηρίζεται ακόμη και από τα εξής:

1. Τον εθνικό σχεδιασμό για την ένταξη των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας: Στην Ελλάδα, σύμφωνα με το Νόμο 3851/2010 (στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών που καθορίζονται από την Οδηγία 2009/29/ΕΚ), ο εθνικός στόχος συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης- ψύξης και 10% στις μεταφορές.

Πιο συγκεκριμένα, και σύμφωνα με το Άρθρο 10 («Εφαρμογή ΑΠΕ στα κτίρια») του προαναφερθέντος Νόμου, το αργότερο έως τις 31.12.2019, όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή θα έπρεπε να τεθεί σε ισχύ το αργότερο έως τις 31.12.2014.

Σήμερα η συνολική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας στη χώρα εκτιμάται στους 22,4 Mtoe. Οι ΑΠΕ, σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΚΑ για το 2010, κατέχουν ποσοστό περίπου 9% επί της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας (η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα αποτελούν, μαζί, περίπου το 5%

του συνόλου). Με την επίτευξη των εθνικών στόχων για την αξιοποίηση της βιομάζας στον κτιριακό τομέα αναμένεται μία μερική απεξάρτηση από το πετρέλαιο και συνακόλουθα η εξοικονόμηση συναλλάγματος (αρκετών δεκάδων εκατομμυρίων ευρώ). Σε αυτό λειτουργεί υποστηρικτικά η άρση της απαγόρευσης καύσης βιομάζας στις εγκαταστάσεις θέρμανσης των δύο μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας.

2. Τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών: Στην Ελλάδα ο αγροτικός τομέας είναι αρκετά ανεπτυγμένος και συμβάλλει άνω του 5% στο ΑΕΠ, πολύ περισσότερο από τον αντίστοιχο μέσο όρο της ΕΕ (1.8%). Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, σύμφωνα με τη Eurostat, η συνολική γεωργική γη έχει έκταση 3,82 Mha και καλύπτει περίπου το 30% των συνολικών εδαφών της χώρας. Οι αρόσιμες γαίες καταλαμβάνουν το 16% της συνολικής έκτασης ενώ οι μόνιμες καλλιέργειες το 9% (δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό στην ΕΕ-27 μαζί με την Ιταλία). Γίνεται σαφές, λοιπόν, πως κάθε χρόνο παράγονται ως παραπροϊόντα των γεωργικών δραστηριοτήτων σημαντικές ποσότητες φυτικής βιομάζας, η οποία διαχειρίζεται ως ύλη μηδενικής αξίας και απορρίπτεται. Η αγορά των pellets μπορεί να τροφοδοτηθεί από αυτή την πρώτη ύλη, να της προσδώσει προστιθέμενη αξία και, κατ' επέκταση, να την καθορίσει ως σημαντική εθνική ενεργειακή πηγή.
3. Τη δυνατότητα εξαγωγών: Στην ΕΕ-27 η συνολική κατανάλωση pellets δεν καλύπτεται από τις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής και, συνεπώς, μεγάλες ποσότητες εισάγονται εκτός Ευρώπης. Η Σουηδία, η Δανία, το Βέλγιο και η Ολλανδία εισήγαγαν το 2008, αθροιστικά, σχεδόν 3 εκατομμύρια τόνους για να καλύψουν την εγχώρια ζήτηση. Επίσης, η Ιταλία, προς την οποία η Ελλάδα παρουσιάζει εξαγωγική δραστηριότητα, παρουσίασε το ίδιο έτος εισαγωγές της τάξης των 200.000 τόνων. Βάσει των προαναφερθέντων, δίνεται η δυνατότητα στις ελληνικές μονάδες παραγωγής pellets να δραστηριοποιηθούν και εκτός των συνόρων της χώρας. Τονίζεται, όμως, πως αναγκαία συνθήκη γι' αυτό αποτελεί η υψηλή ποιότητα του προϊόντος και η διαπίστευση των pellets βάσει προτύπων (EN 14961-2, κυρίως, και DIN 51731, DIN plus, ÖNORM M1735 ή, αναλόγως την αγορά, και άλλα). Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από το γεγονός ότι δημιουργούνται καινούργια εργοστάσια παραγωγής pellets, αναπτύσσονται καινούργιες βιοτεχνίες και βιομηχανίες κατασκευής λεβήτων, ενώ στη χώρα μας αντιπροσωπεύονται πλέον επιχειρήσεις λεβήτων από όλο τον κόσμο. Το έναυσμα για την αναπτυξιακή άνθηση του κλάδου δόθηκε από δύο στοιχεία: πρώτον από τη θεματική αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης και δεύτερον από την άρση της απαγόρευσης για τη χρήση καυστήρων βιομάζας στους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης.

Η αγορά διαρθρώνεται πλέον ως εξής:

- Λειτουργούν ήδη επτά βιομηχανίες παραγωγής πέλλετ ενώ το ενδιαφέρον των επενδυτών για κατασκευή νέων μονάδων ολοένα και αυξάνεται. Το τελευταίο διάστημα μπήκαν στην παραγωγή δύο νέα εργοστάσια στην Τρίπολη και την Πέλλα, ενώ έχουν αυξήσει την παραγωγή τους τα παλαιότερα: Alfa Wood στο Νευροκόπι (που είναι το μακράν μεγαλύτερο), ΜΑΚΙ στη Λάρισα, ΒΙΟ ENERGY στο Συκούριο, Σακκά στον Παλαμά, Αγγελούση στο Βόλο. Παράγονται πλέον περί τους 70.000 τόνους πέλλετ, ενώ για το 2012 οι προβλέψεις κάνουν λόγο για 200.000 τόνους.
- Λειτουργούν επίσης 28 μικρές και μεγάλες μονάδες παραγωγής λεβήτων βιομάζας σε όλη τη χώρα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα, έχοντας παράδοση στην καύση ελαιοπυρήνα, ήταν από τις πρώτες χώρες που ανέπτυξε σοβαρή λεβητοποιία στερεών καυσίμων ενώ, ήδη, οι συγκεκριμένες μονάδες έχουν προσαρμόσει την εστία καύσης και την φιλοσοφία των λεβήτων ελαιοπυρήνα, σε λέβητα πέλλετ. Οι συγκεκριμένες μονάδες παραγωγής προμηθεύουν λέβητες για κεντρικές θερμάνσεις πολυκατοικιών και μονοκατοικιών.
- Αντιπροσωπεύονται πλέον στη χώρα μας λεβητοποιίες από κάθε γωνιά του πλανήτη.: Τσεχία, Πολωνία, Ισπανία, Ιταλία, Τουρκία, Κίνα, Κορέα κ.λπ. • Γνωρίζουν μεγάλη άνθηση τα ενεργειακά τζάκια και σόμπες, αλλά και τα συμβατικά παλαιού τύπου, ενώ το εμπόριο ξύλου αναπτύσσεται και οι τιμές αυξάνουν. Στα τζάκια και τις σόμπες ο κύριος όγκος προϊόντων είναι εισαγωγής, από διάφορες χώρες. Παρατηρείται ότι η μεγάλη πλειονότητα των εργοστασίων παραγωγής pellet βρίσκεται στην Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα, όπου οι ενεργειακές ανάγκες είναι μεγαλύτερες, αλλά υπάρχει και περισσότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή των wood pellets. Αυτό βέβαια αφήνει το περιθώριο για νέες επενδύσεις και στα υπόλοιπα μέρη της Ελλάδας, στην περίπτωση μας την Λακωνία, καθότι πρώτες ύλες υπάρχουν ειδικά σε περιοχές με έντονη γεωργική δραστηριότητα.

Παρά την αλματώδη ανάπτυξη αυτής της βιομηχανίας στην Ελλάδα, υπάρχουν ακόμα πολλά περιθώρια περαιτέρω ανάπτυξης, ιδιαίτερα αν εξετάσουμε τι ισχύει και στην υπόλοιπη Ευρώπη.

3 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΑΖΟΥΤ

3.1 ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ

Γενικά, οι λέβητες παραγωγής ατμού για να λειτουργήσουν χρησιμοποιούν πετρέλαιο μαζούτ 1500. Μια τυπική χαρτοβιομηχανία, όπως είναι η Χαρτοποιία «ΠΑΚΟ» Α.Ε., για την πλήρη παραγωγή του εργοστασίου καταναλώνει καθημερινά 25 τόνους μαζούτ.

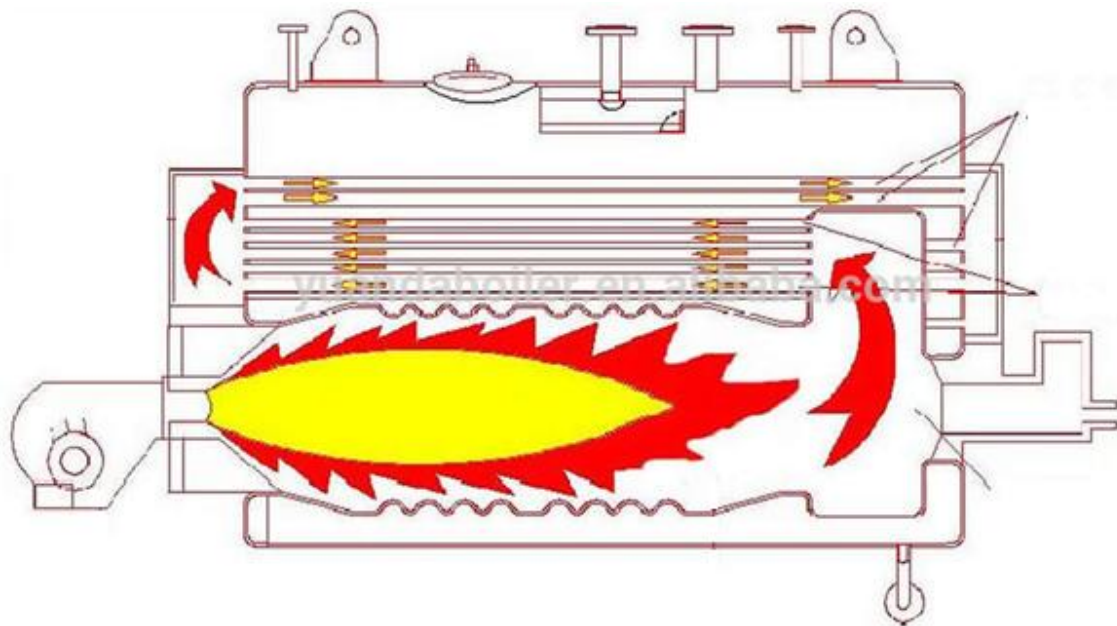
Συνολικά, υπάρχουν τέσσερις ατμολέβητες, από τους οποίους οι δύο παράγουν ατμό, ο οποίος χρησιμοποιείται στα στεγανωτικά μηχανήματα των χαρτοποιητικών μηχανών και του κυματοειδούς χαρτονιού και ο τρίτος τροφοδοτεί ανεξάρτητα με ατμό τις δύο μηχανές παραγωγής κυματοειδούς χαρτονιού. Ο τέταρτος ατμολέβητας είναι εφεδρικός και χρησιμοποιείται για την κάλυψη αναγκών συντήρησης των υπολοίπων.

3.2 ΤΜΗΜΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ο ατμολέβητας μαζούτ είναι τύπου VKW Κούππας Manimal με αριθμό 1199/77 Θ.Ε. 220 m², η ατμοπαραγωγή του οποίου είναι 12 τόνοι την ώρα σε πίεση 16 bar.

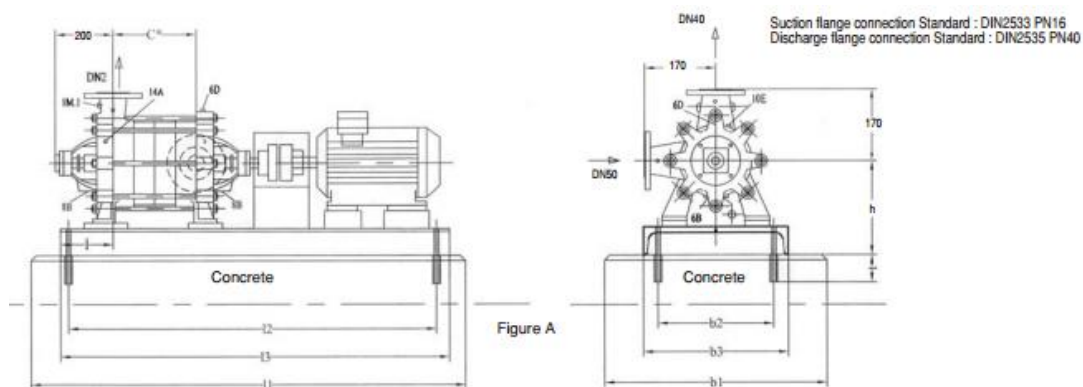
Στο τμήμα ατμοπαραγωγής περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

1. Κύριος ατμολέβητας, ο οποίος είναι κυλινδρικού σχήματος, κατασκευασμένος από ειδικό χάλυβα υψηλών θερμοκρασιών (300 – 400 °C) 17 Mag 4, μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης λειτουργίας 15 – 20 bar, με θερμαντική επιφάνεια 220 m². Η διάμετρος του είναι 2700 mm και το μήκος του 5400 mm. Είναι τριών διαδρομών καυσαερίων. Η πρώτη διαδρομή είναι στο φλογοθάλαμο κυματοειδούς μορφής τύπου Fox, η δεύτερη διαδρομή είναι μέσω των 77 φλογοαυλών και η τρίτη είναι προς την καπνοδόχο. Οι διαδρομές έχουν δικό τους ελκυσμό μέσω αεριστήρα. Η Εικόνα 3.1 παρουσιάζει έναν ατμολέβητα τέτοιου τύπου.



Εικόνα 3.1: Ατμολέβητας τριών διαδρομών καυσαερίων φλογοθάλαμο κυματοειδούς μορφής

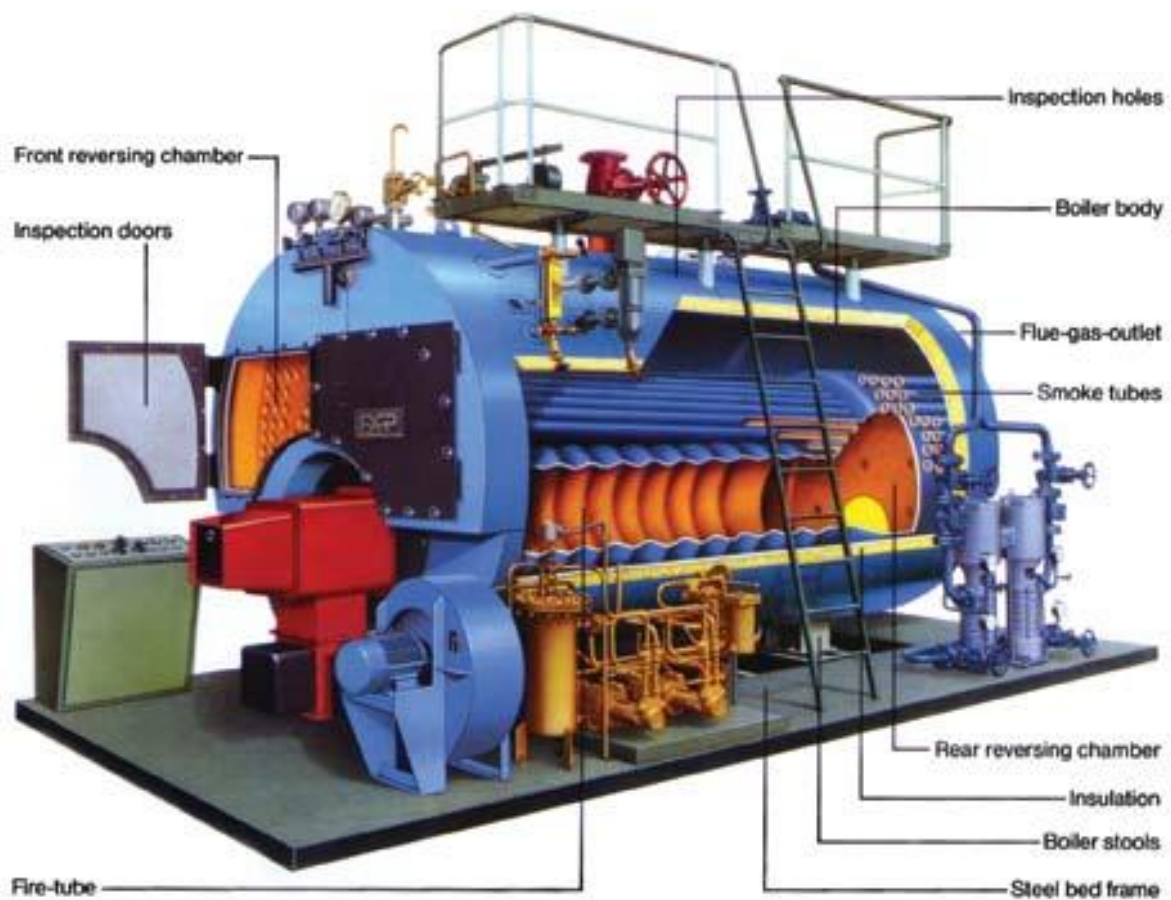
2. Ανθρωποθυρίδες, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον καθαρισμό του.
3. Δυο ασφαλιστικά τα οποία ρυθμίζονται έτσι ώστε να ανοίγουν λίγο πάνω από την πίεση λειτουργίας, δηλαδή περίπου στα 15 - 16 bar.
4. Υδροδείκτες, οι οποίοι δείχνουν την στάθμη του νερού.
5. Αυτόματα συστήματα ασφαλείας τα οποία είναι ηλεκτρόδια ειδικής κατασκευής για την επιτήρηση της στάθμης του νερού.
6. Δύο πιεσοστάτες, συγκεκριμένα έναν προοδευτικό και έναν πιεσοστάτη πίεσης. Ο προοδευτικός κόβει την παροχή καυσίμου και αέρα και ο πιεσοστάτης πίεσης ρυθμίζει την πίεση.
7. Στρατσώνα, η οποία ανοίγει περιοδικά και ρυθμιζόμενα κατά την διάρκεια λειτουργίας του λέβητα, ώστε να απομακρύνονται τα άλατα και τα ξένα υλικά από αυτόν.
8. Δυο πολυβάθμιες αντλίες νερού, TESMA τύπου WKL 40/10 (Εικόνα 3.1) οι οποίες χρησιμοποιούνται για να υπερνικούν την εσωτερική πίεση του νερού στον λέβητα. Η πυκνότητα του νερού του λέβητα είναι κατά 30% μικρότερη από την πυκνότητα του νερού της αντλίας. Από τις δυο αντλίες μόνο η μία βρίσκεται σε λειτουργία, ενώ η δεύτερη είναι εφεδρική.



Εικόνα 3.2: Αντλία TESMA τύπου WKL 40

9. Φιάλες προπανίου, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανάφλεξη του καυσίμου.
10. Καυστήρας, ο οποίος ελέγχεται με φωτοκύτταρο. Για να γίνεται σωστή καύση γίνεται κατάλληλη ρύθμιση καυσίμου – αέρα.
11. Κεντρικός ανεμιστήρας, ο οποίος τροφοδοτεί με αέρα σταθερής παροχής και ρυθμίζεται από το τάμπερ.
12. Δεξαμενή μαζούτ, η οποία είναι απαραίτητο να είναι καλά μονωμένη για την αποφυγή των απωλειών θερμοκρασίας, επειδή περιέχει σερμπαντίνα, από όπου διέρχεται ατμός. Η χωρητικότητα της δεξαμενής καυσίμου είναι 20 τόνοι και είναι κτισμένη περιμετρικά ώστε στην περίπτωση που χυθεί το καύσιμο να χωράει μέσα. Η ημερήσια δεξαμενή έχει χωρητικότητα 3 τόνους και είναι εφοδιασμένη με ηλεκτρικές αντιστάσεις ώστε να διατηρείται το καύσιμο στους 60 με 70 °C. Το καύσιμο οδηγείται προς την κύρια αντλία με τη βοήθεια γρاناζωτής αντλίας.
13. Κύρια αντλία λέβητα, η οποία έχει πίεση λειτουργίας 20 bar και χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί τον προθερμαντήρα.
14. Προθερμαντήρας ξένου στοιχείου, ο οποίος χρησιμοποιείται για να προθερμαίνει το πετρέλαιο. Η μια πλευρά του αποτελείται από σωληνώσεις με ηλεκτρικές αντιστάσεις και η δεύτερη από δίκτυο ατμού με σερμπαντίνες.
15. Φίλτρα καυσίμου, τα οποία είναι απαραίτητα για την κατακράτηση τόσο σωματιδίων όσο και πίσσας από το μαζούτ.

Το τμήμα ατμοπαγωγής παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: Τμήμα ατμοπαραγωγής

3.2.1 ΤΜΗΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση του πετρελαίου μαζούτ απάγονται στο περιβάλλον μέσω της καπνοδόχου.

4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ



Εικόνα 4.1: Σύστημα παραγωγής κορεσμένου ατμού με χρήση βιομάζας

4.1 ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ

Αντικαθιστώντας τον λέβητα μαζούτ με λέβητα βιομάζας, τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη θα είναι σημαντικά. Αντικαθιστώντας τον λέβητα μαζούτ με έναν λέβητα, ο οποίος θα έχει ως καύσιμη ύλη τη βιομάζα, αυτός ανάλογα με το καύσιμο που θα καίει κάθε φορά θα έχει και διαφορετικές απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις ανάλογα με την καύσιμη ύλη παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

- Wood chips à 5000 tn/έτος
- Πυρηνόξυλο à 22000 tn/έτος
- Pellet à 2000 tn/έτος
- Ηλιόσπορος à 1000 tn/έτος

Η επιχείρηση δεν μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως το μαζούτ με βιομάζα. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην πρώιμη ανάπτυξη της βιομάζας στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια. Αυτό σημαίνει πως οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται με την παραγωγή και την εμπορία της αδυνατούν σε ορισμένες περιπτώσεις να καλύψουν τις ποιοτικές, όπως και τις ποσοτικές ανάγκες μιας βιομηχανίας. Επομένως, δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια το ποσοστό κατά το οποίο θα αντικαταστήσει η βιομάζα το μαζούτ.

4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ

Η ικανότητα του συστήματος παραγωγής ατμού είναι 12 τόνοι ατμού ανά ώρα σε πίεση λειτουργίας 16 bar. Το σύστημα αποτελείται από τα ακόλουθα πέντε τμήματα τα οποία και συνεργάζονται μεταξύ τους:

- Τμήμα αποθήκευσης βιομάζας
- Τμήμα καύσης βιομάζας
- Τμήμα ατμοπαραγωγής
- Τμήμα καυσαερίων
- Τμήμα συλλογής και διαχείρισης στάχτης

Τα τμήματα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

4.2.1 ΤΜΗΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.2.1.1 Αποθήκευση καυσίμου – Χοάνη παραλαβής

Η προς χρήση βιομάζα αποθηκεύεται σε υπόστεγο με εμβαδόν 196 m², το οποίο θα έχει μεταλλικό φέροντα οργανισμό και επικάλυψη από τραπεζοειδή φύλλο λαμαρίνας. Για να είναι δυνατό να ξεφορτώσει ανατρεπόμενο φορτηγό το ύψος του είναι ίσο με 8 m.

Η χοάνη παραλαβής βρίσκεται εξωτερικά του λεβητοστασίου και είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα. Χρησιμοποιείται για την απόθεση της βιομάζας η οποία μεταφέρεται προς καύση από το υπόστεγο αποθήκευσης. Οι διαστάσεις της χοάνης είναι 8 m × 5 m και το βάθος της είναι 4 m. Η μία πλευρά της χοάνης είναι κεκλιμένη ώστε να καθοδηγείται το υλικό προς το στόμιο εξόδου. Επίσης, η χοάνη θα έχει ενσωματωμένο υπόστεγο για την προστασία από τα όμβρια ύδατα, δηλαδή το νερό της βροχής.



Εικόνα 4.2: Τμήμα αποθήκευσης βιομάζας

4.2.1.2 Σύστημα μεταφοράς υλικού

Το σύστημα μεταφοράς υλικού (Εικόνα 4.2) εγκαθίσταται στο κάτω μέρος της χοάνης παραλαβής της βιομάζας και αποτελείται από υδραυλικά έμβολα, τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους. Τα έμβολα συνδέονται μεταξύ τους με άξονες έλξης, οι οποίοι μεταφέρουν τη βιομάζα από τη χοάνη και την αποθέτουν σε κεντρικό αγωγό μεταφοράς που είναι κάθετος στη χοάνη και χρησιμοποιείται για την μεταφορά της προς καύση βιομάζας.

Ο αγωγός μεταφοράς φέρει αλυσομεταφορέα, δηλαδή μια αλυσίδα βαρέως τύπου, η κίνηση της οποίας γίνεται μέσω ηλεκτρομειωτήρα. Ο αλυσομεταφορέας πλεονεκτεί έναντι των άλλων μεταφορικών μηχανών, καθώς μπορεί και εναλλάσσει την κατεύθυνσή του οριζόντια, κάθετα ή υπό κλίση, και επιπλέον μπορεί να μεταφέρει πολλά διαφορετικά υλικά.



Εικόνα 4.3: Σύστημα μεταφοράς υλικού

4.2.2 ΤΜΗΜΑ ΚΑΥΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.2.2.1 Σύστημα μεταφοράς υλικού

Το σύστημα μεταφοράς υλικού του τμήματος καύσης βιομάζας είναι μια μεταφορική ταινία, η οποία τοποθετείται στην έξοδο του αλυσομεταφορέα και τροφοδοτεί στον δίδυμο καυστήρα βιομάζας την προς καύση βιομάζα.

4.2.2.2 Καυστήρας βιομάζας

Ο καυστήρας βιομάζας είναι τύπου διπλού κοχλία με κοινό σιλό τροφοδοσίας, στο οποίο καταλήγει η έξοδος της μεταφορικής ταινίας. Επίσης, φέρει διάφραγμα αποκοπής, δηλαδή γκιλοτίνα, το οποίο κινείται υδραυλικά και ανοίγει μόνο κατά τη φάση συμπλήρωσης του σιλό με βιομάζα ώστε να μη διαταράσσεται η καύση εντός της εστίας. Ακόμη, μπορεί να λειτουργήσει και ως σύστημα προστασίας από πυρκαγιά σε περίπτωση επιστροφής της φλόγας. Για την ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς, το σύστημα του διπλού καυστήρα έχει ενσωματωμένο σύστημα αυτόματης κατάσβεσης με μηχανικές και ηλεκτρικές βαλβίδες.

4.2.2.3 Εστία καύσης

Η μορφή της εστίας καύσης είναι κινούμενη κλιμακωτή εσχάρα και αποτελείται από σειρές χυτοσιδηρών εσχάρων, κατάλληλης διαμόρφωσης ώστε να προκύπτει η επιθυμητή επιφάνεια για την καύση της βιομάζας. Για την ανάμιξη του καυσίμου και την αφαίρεση της παραγόμενης στάχτης το 50% των εσχάρων έχει τη δυνατότητα να κινείται παλινδρομικά.

Το συνολικό πάχος μονώσεων της εστίας, η οποία είναι εσωτερικά επενδεδυμένη με πυρότουβλα, είναι περίπου 450 mm λαμβάνοντας υπόψη και το πάχος των πυρότουβλων, γεγονός που την καθιστά ισχυρά θερμομονωμένη. Περιμετρικά φέρει ανοίγματα, τα οποία είναι απαραίτητα για την προσαγωγή του πρωτογενούς και του δευτερογενούς αέρα καύσης, θέσεις για την τοποθέτηση των εμβόλων που χρησιμοποιούνται για την υδραυλική κίνηση του τμήματος της εσχάρας που κινείται, όπως επίσης και θυρίδες επίσκεψης και καθαρισμού.

Το κάτω μέρος της εστίας είναι κατάλληλα διαμορφωμένο (Εικόνα 4.3), ώστε να γίνεται η συλλογή τόσο της στάχτης όσο και της άκαυστης βιομάζας που μπορεί να

διαφύγει μεταξύ των εσχάρων. Στην κάτω άκρη της εσχάρας υπάρχει υδραυλικό τάμπερ φραγής για την αποκομιδή της στάχτης.

Η θερμοκρασία καύσης της βιομάζας κυμαίνεται μεταξύ των 600 και 700 °C και τα προϊόντα καύσης του καυσίμου παραμένουν στη θερμοκρασία καύσης από 30 sec έως 60 sec.



Εικόνα 4.4: Εστία καύσης

4.2.2.4 Ανεμιστήρες καύσης

Στις δυο απέναντι πλευρές της εστίας καύσης με σύστημα αεραγωγών διανομής τοποθετούνται δυο ανεμιστήρες, οι οποίοι προσαγάγουν τον πρωτεύοντα αέρα καύσης. Οι απαιτούμενες συνθήκες καύσης επιτυγχάνονται με τη δυνατότητα ρύθμισης της ποσότητας του εισερχόμενου αέρα σε κάθε ζώνη της εσχάρας που προσφέρει το σύστημα.

Τοποθετείται ακόμη ένας ανεμιστήρας, αυτή τη φορά για την προσαγωγή δευτερεύοντος αέρα καύσης, με σκοπό την καύση των υπολειμμάτων σε δεύτερο χρόνο. Και οι τρεις ανεμιστήρες καύσης είναι φυγοκεντρικοί με τριφασικούς ηλεκτροκινητήρες.

4.2.2.5 Οροφή εστίας καύσης

Η οροφή της εστίας καύσης θα είναι υδρόψυκτη, κατασκευασμένη από συστοιχίες αυλών άνευ ραφής με μορφή μεμβρανοτοιχώματος (MembranKammer) και κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να συνδέει την εστία καύσης με τον λέβητα.

4.2.2.6 Υδραυλική μονάδα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κίνηση τόσο του τμήματος των εσχαρίων όσο και του τάμπερ φραγής στην έξοδο της εσχάρας γίνεται υδραυλικά μέσω κατάλληλης υδραυλικής μονάδας. Το υδραυλικό σύστημα αποτελείται από δοχείο αποθήκευσης ελαίου, αντλία παροχής ελαίου, μεταλλικούς και εύκαμπτους σωλήνες, καθώς και εξαρτήματα υψηλής πίεσης. Η κίνηση και των υπόλοιπων εμβόλων όλης της εγκατάστασης γίνεται με την ίδια υδραυλική μονάδα.

4.2.3 ΤΜΗΜΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, η ατμοπαραγωγή του συστήματος είναι 12 τόνοι την ώρα σε πίεση 16 bar. Ο ελάχιστος βαθμός απόδοσης είναι 91% και η θερμική ισχύς 8 MW. Το σύστημα του ατμολέβητα και ο επιπλέον απαιτούμενος εξοπλισμός θα παράγουν ατμό μέσω μίας εύρυθμης, ασφαλούς και απρόσκοπτης λειτουργίας.

Στο τμήμα ατμοπαραγωγής περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

1. Ατμολέβητας αεριαυλωτός, οριζόντιος, δύο διαδρομών καυσαερίων, ατμοπαραγωγικής ικανότητας 12 τόνους κορεσμένου ατμού την ώρα, Θ.Ε. 400 m², μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης λειτουργίας 16 bar, πίεσης υδραυλικής δοκιμής 25 bar, με αυλοφόρες πλάκες, κυλινδρικό περίβλημα από ελάσματα ποιότητας P265GH κατά EN10028-2 με πιστοποίηση 3.1 EN10204:2004, αυλοσωλήνες διελάσεως άνευ ραφής εργοστασίου BENTELER GmbH, από χάλυβα ποιότητας P235GH EN10216-2 με πιστοποίηση 3.1 EN10204:2004, εξωτερική θερμική μόνωση από στρώμα ορυκτοβάμβακα (Rockwool AS, wired matt 441-00), ενισχυμένου με γαλβανισμένο συρματόπλεγμα, υψηλής ποιότητας με πυκνότητα 100 kg/m³, χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,45$ στους 100 °C και εξωτερική επικάλυψη από ελάσματα γαλβανισμένης λαμαρίνας πάχους 0,60 mm.



Εικόνα 4.5: Ατμολέβητας βιομάζας

2. Αντλητικό συγκρότημα τροφοδοσίας νερού. Το συγκεκριμένο αποτελείται από δύο αντλίες inox της εταιρείας GRUNDFOS, η οποία είναι πολυβάθμια με μηχανικό στυπιοθλίπτη. Η μια αντλία λειτουργεί αναλογικά με χρήση inverter ενώ η δεύτερη λειτουργεί με χρήση διακόπτη ON/OFF.
3. Τρεις ατμοφράκτες για την πλήρη σύνδεση των παραπάνω αντλητικών συστημάτων της γερμανικής εταιρείας ARI GmbH.
4. Τρεις βαλβίδες αντεπιστροφής inox για τη σύνδεση των παραπάνω αντλητικών συστημάτων της γερμανικής εταιρείας GESTRA GmbH.
5. Δυο υδροδείκτες για τον οπτικό έλεγχο της στάθμης του νερού στο εσωτερικό του ατμολέβητα PN25 της γερμανικής εταιρείας KLINGER GmbH.
6. Έναν κεντρικό ατμοφράκτη ατμολέβητα DN200 της γερμανικής εταιρείας ARI GmbH.

7. Δύο ασφαλιστικά βαρέως τύπου της της γερμανικής εταιρείας BOPP & REUTHER GmbH.
8. Μια αυτόματη πνευματική βαλβίδα στρατσώνας πυθμένος (blow down) της εταιρείας GESTRA DN50.
9. Μια αυτόματη πνευματική βαλβίδα στρατσώνας επιφανείας της εταιρείας GESTRA DN25.
10. Τρεις ρυθμιζόμενους μηχανικούς πιεσοστάτες της δανέζικης εταιρείας DANFOSS.
11. Ένα αναλογικό μανόμετρο ατμού \varnothing 200mm, 0 ÷ 30 bar της γερμανικής εταιρείας WIKA GmbH.
12. Αυτοελεγχόμενα ηλεκτρόδια στάθμης με ηλεκτρονικό επιτηρητή για τον αυτόματο έλεγχο της στάθμης του νερού (low level alarm) της γερμανικής εταιρείας GESTRA GmbH.
13. Ηλεκτρονικό θερμομέτρο – θερμοστάτης καυσαερίων ψηφιακής ένδειξης LAE Electronics SpA συνοδευόμενο από αισθητήριο θερμοκρασίας PT100 Ω .
14. Λοιπός εξοπλισμός για 24ωρη λειτουργία άνευ επίβλεψης σύμφωνα με το TRD 604 της γερμανικής εταιρείας GESTRA GmbH.
15. Δοχείο στρατσώνας χωρητικότητας 2000 λίτρων με θερμοστατική βαλβίδα για αυτόματη ψύξη.
16. Αυτόματο σύστημα εκκαπνισμού αυλών λέβητα αποτελούμενο από συστοιχία πνευματικών βαλβίδων. Η λειτουργία του είναι με χρήση πεπιεσμένου αέρα, η απαίτηση του οποίου είναι 1800 λίτρα το λεπτό σε πίεση 8 bar.
17. Καυστήρα αρχικής έναυσης της RIELLO τύπου RL34 για καύση ελαφρού πετρελαίου, δηλαδή diesel. Ο καυστήρας λειτουργεί για χρονικό διάστημα περίπου 5 λεπτών μέχρι να αναπτυχθεί η πρώτη φλόγα στη βιομάζα.
18. Για την αύξηση του συνολικού βαθμού απόδοσης του συστήματος δίνεται η δυνατότητα τοποθέτησης εξοικονομητή, δηλαδή economizer – ECO, ως επιλογή (option) στον οποίο εισέρχονται τα καυσαέρια μετά την έξοδό τους από το λέβητα και σε αντιρροή εισέρχεται το προς θέρμανση επιστρεφόμενο νερό του κυκλώματος θέρμανσης του εργοστασίου. Εναλλακτικά στον εξοικονομητή μπορεί να συνδεθεί το τροφοδοτικό νερό του λέβητα που είναι προς ατμοποίηση. Η έξοδος των καυσαερίων από τον εξοικονομητή οδηγείται στο τμήμα διαχείρισης καυσαερίων.

4.2.4 ΤΜΗΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση της βιομάζας είναι πλούσια σε τέφρα, λόγω της φύσης του καυσίμου. Η παραγόμενη τέφρα συλλέγεται και τελικά συγκεντρώνεται στο χώρο απόθεσης στάχτης. Για την διακίνηση των καυσαερίων είναι απαραίτητη η ύπαρξη κατάλληλου ανεμιστήρα. Πιο συγκεκριμένα, ο μηχανολογικός εξοπλισμός του τμήματος καυσαερίων περιλαμβάνει:

1. Κυκλωνικό διαχωριστή πολυκυκλωνικού τύπου, αιωρούμενης τέφρας από τα καυσαέρια, με στόμια σύνδεσης με την έξοδο των καυσαερίων του ατμολέβητα και εξόδου στο κάτω μέρος του. Είναι κατασκευασμένος από ελάσματα ποιότητας S235JR EN10025-2 με εξωτερική βαφή αντιδιαβρωτικής προστασίας κατάλληλη για υψηλή θερμοκρασία.
2. Ανεμιστήρα ελκυσμού καυσαερίων συνοδευόμενο από ηλεκτροκινητήρα ισχύος 37 kW. Ο ανεμιστήρας είναι φυγοκεντρικού τύπου με ιμαντοκίνηση, εξωτερικά ψυχόμενα κουζινέτα και ηλεκτρονική εκκίνηση soft start, κατάλληλος για λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες. Ένας αντικραδασμικός σύνδεσμος από υλικό κατάλληλο για χρήση σε θερμοκρασία έως 1200 °C παρεμβάλλεται στις συνδέσεις του ανεμιστήρα με τους αγωγούς καυσαερίων και την καμινάδα.
3. Αγωγοί καυσαερίων κατασκευασμένοι από μαύρη λαμαρίνα, κυκλικής διατομής και πάχους 3 mm. Οι αγωγοί είναι μονωμένοι με πετροβάμβακα και καλυμμένοι με φύλλα αλουμινίου.
4. Κυλινδρική αυτοστήρικτη καπνοδόχο διαμέτρου \varnothing 1000mm, ύψους 12 μέτρα από το έδαφος με θυρίδα καθαρισμού στο κατώτερο μέρος. Η θυρίδα είναι κατασκευασμένη από φύλλα χάλυβα πάχους 6 mm στο χαμηλότερο τμήμα της, ενώ στο υψηλότερο τμήμα από φύλλα χάλυβα πάχους 5 mm. Στο άνω μέρος της, η καμινάδα διαθέτει προστατευτικό κάλυμμα για την βροχή.

4.2.5 ΤΜΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΑΧΤΗΣ

Για τη συλλογή της στάχτης είναι απαραίτητη η ύπαρξη:

1. Ένός κοχλία συγκέντρωσης και μεταφοράς της τέφρας του κυκλωνικού διαχωριστή διαμέτρου \varnothing 200mm με ηλεκτρομειωτή ισχύος 4 kW, 400V/50Hz.
2. Ένός αλυσομεταφορέα συλλογής στάχτης στην έξοδο της εσχάρας διατομής 500×350 mm, με ηλεκτρομειωτή. Ο αλυσομεταφορέας διαπερνά

εγκάρσια το χώρο της εστίας και συλλέγει τη στάχτη που παράγεται από την καύση της βιομάζας. Σε αυτόν συνδέονται ακόμα η έξοδος του κοχλία συλλογής στάχτης του κυκλωνικού διαχωριστή και του φίλτρου καυσαερίων.

3. Ενός σιλό αποθήκευσης στάχτης (Εικόνα 4,5), δηλαδή ένας τύπος κοντέινερ, κατάλληλου τόσο για φόρτωση όσο και για μεταφορά με ειδικού τύπου φορτηγά οχήματα. Το σιλό έχει κατάλληλο κάλυμμα που μπορεί να αφαιρεθεί, για την αποφυγή της διαφυγής της στάχτης στον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης.

Αφού γίνει συλλογή της στάχτης, μπορεί στη συνέχεια να μεταφερθεί σε χώρο που επιτρέπεται η απόθεσή της.



Εικόνα 4.6: Σιλό αποθήκευσης στάχτης

4.3 ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Από την καύση της βιομάζας εκπέμπονται λιγότεροι ρύποι συγκριτικά με το συμβατικό καύσιμο, δηλαδή το μαζούτ. Η καύση της βιομάζας δεν αυξάνει τις εκπομπές CO₂ οι οποίες συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό είναι αποτέλεσμα του γεγονότος πως το παραγόμενο CO₂ έχει ήδη δεσμευτεί από τα φυτά κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.

Οι εκπομπές καυσαερίων είναι σωματιδιακές, οφείλονται σε σωματίδια τέφρας και προέρχονται σε μεγάλο ποσοστό από την εστία καύσης. Η μεγαλύτερη συχνότητα κατανομής της κοκκομετρικής σύστασης των εκπεμπόμενων σωματιδίων από την εστία καύσης είναι από 0 μm έως 100 μm, δηλαδή κατατάσσονται στα λεπτομερή σωματίδια. Επομένως, είναι αναγκαία η χρήση πολυκυκλώνα, με τον οποίο ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 85% για σωματίδια που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 8μm. Με τη βοήθεια του συγκεκριμένου συστήματος, τα αιωρούμενα σωματίδια που θα περιέχονται στα καυσαέρια, θα είναι λιγότερα από 100mgr/Nm³. Τέλος, ο δείκτης αιθάλης των καυσαερίων θα είναι 0-1 κατά BACHARACH.

4.3.1 ΠΟΛΥΚΥΚΛΩΝΑΣ MC-7000

4.3.1.1 Εισαγωγή

Ο πολυκυκλώνας του συστήματος παραγωγής κορεσμένου ατμού με χρήση βιομάζας είναι τύπου MC-7000, με παροχή καυσαερίων 7000 m³/h. Παρακάτω περιγράφονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του πολυκυκλώνα, ο τρόπος και τα υλικά κατασκευής του καθώς επίσης και οι εργασίες που είναι απαραίτητες για την εγκατάστασή του.

4.3.1.2 Γενικά χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι παράμετροι λειτουργίας με τις οποίες είναι σχεδιασμένος ο πολυκυκλώνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Γενικά χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας πολυκυκλώνα

| 1 | ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ | |
|-------|----------------------------------|------------|
| 1.1. | Αριθμός σχεδίου | MC-7000 |
| 1.2. | Αριθμός κυκλώνων | 26 |
| 1.3. | Συνολικό μήκος | 2560 mm |
| 1.4. | Συνολικό πλάτος | 1485 mm |
| 1.5. | Συνολικό ύψος | 4685 mm |
| 1.6. | Βάρος | 3000 kg |
| 1.7. | Πάχος άνω περιβλήματος (S235JR) | 5 mm |
| 1.8. | Πάχος κάτω περιβλήματος (S235JR) | 4 mm |
| 1.9. | Πάχος κυκλώνων (S235JR) | 3 / 4.5 mm |
| 1.10. | Θερμοκρασία σχεδιασμού | 250 °C |

Ο πολυκυκλώνας χαρακτηρίζεται από μικρή πτώση πίεσης. Αυτή επιτυγχάνεται με τον εξελιγμένο σχεδιασμό του, ο οποίος με μικρή μόνο αύξηση των διαστάσεων του οδηγεί σε μεγάλο βαθμό απόδοσης όσον αφορά τη συγκράτηση των καυσαερίων.

4.3.1.3 Κατασκευή πολυκυκλώνα

Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός του πολυκυκλώνα είναι τέτοιος ώστε να επιτρέπεται η συγκράτηση των στερεών αιωρούμενων σωματιδίων από τα καυσαέρια του ατμολέβητα.

Ο πολυκυκλώνας είναι κατακόρυφος και διαθέτει πολλαπλούς μικρούς κυκλώνες κατάλληλης διαμόρφωσης και κατάλληλου μεγέθους, στόμια εισόδου και εξόδου των καυσαερίων καθώς επίσης και θυρίδες για την επιθεώρηση και τον καθαρισμό. Οι διαδρομές των καυσαερίων μέσα στον πολυκυκλώνα είναι:

1. Είσοδος των καυσαερίων στον πολυκυκλώνα
2. Διέλευση στην εξωτερική πλευρά των κυκλώνων με στροβιλισμό των καυσαερίων
3. Είσοδος των καθαρών καυσαερίων στο εσωτερικό των κυκλώνων
4. Έξοδος των καθαρών καυσαερίων από τον πολυκυκλώνα

Κατασκευή

Το κυρίως σώμα του πολυκυκλώνα κατασκευάζεται από υλικά κατάλληλης ποιότητας για την εξασφάλιση αποτελεσματικότητας, αυξημένης αντοχής στις υψηλές θερμοκρασίες, ανθεκτικότητας στις διαβρώσεις και μεγάλη διάρκεια ζωής.

4.3.1.4 Εγκατάσταση πολυκυκλώνα

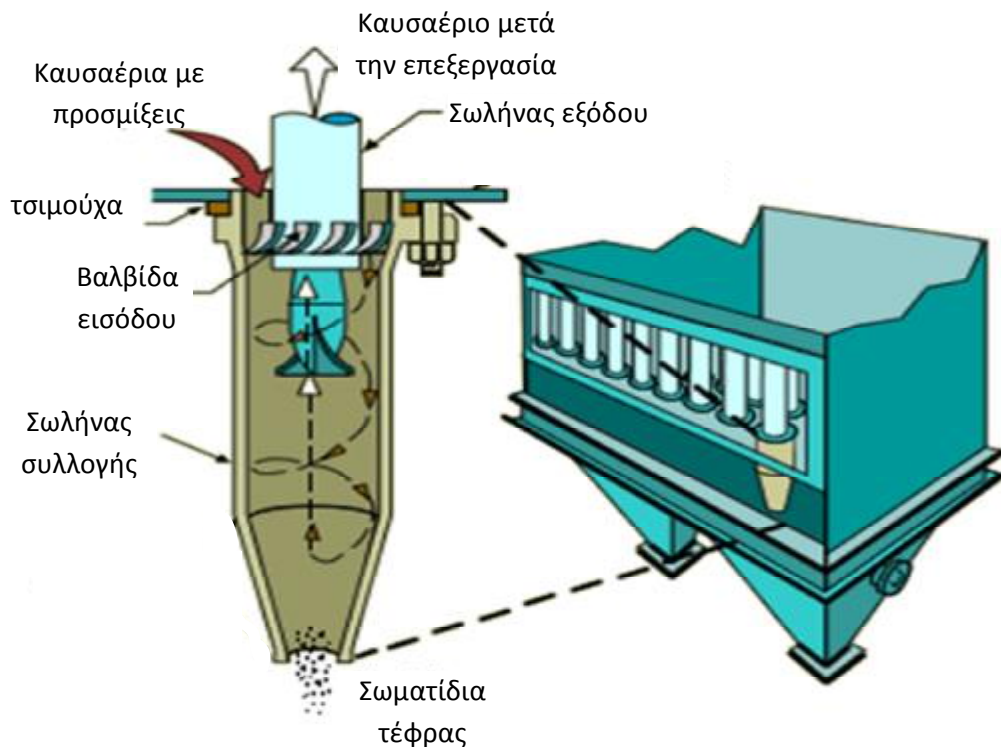
Η κατασκευή του πολυκυκλώνα γίνεται ως αυτοτελής ομάδα (packaged unit). Έτσι, όλα τα βασικά επιμέρους τμήματά του είναι συναρμολογημένα και δοκιμασμένα κατά την παράδοσή του για λειτουργία. Το πλήρες συγκρότημα τοποθετείται πάνω σε ενιαία μεταλλική βάση, ώστε να εξασφαλίζεται εύκολη μεταφορά της μονάδας στο χώρο εγκατάστασης και λειτουργίας. Αφού γίνει η τοποθέτησή του πρέπει μόνο να συνθεθούν:

- Η είσοδος του πολυκυκλώνα με την έξοδο καυσαερίων του ατμολέβητα
- Η κάθοδος του πολυκυκλώνα με το σύστημα απαγωγής στερεών υπολειμμάτων
- Η έξοδος του πολυκυκλώνα με τον ανεμιστήρα ελκυσμού καυσαερίων και την καπνοδόχο

4.3.1.5 Τρόπος και χαρακτηριστικά λειτουργίας

Τρόπος λειτουργίας

Σκοπός του κατάλληλου σχεδιασμού του πολυκυκλώνα είναι ο διαχωρισμός και η απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων από τα καυσαέρια του ατμολέβητα. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι βασισμένος στον στροβιλισμό των καυσαερίων. Αυτό σημαίνει πως καθώς τα αέρια στροβιλίζονται, αναπτύσσονται φυγόκεντρες δυνάμεις οι οποίες διαχωρίζουν τα στερεά από τα καυσαέρια. Στην Εικόνα 4.6 παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση του πολυκυκλώνα.



Εικόνα 4.7: Σχηματική απεικόνιση πολुकυκλώνα

Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής. Αρχικά, τα καυσαέρια εισέρχονται πλευρικά στον πολुकυκλώνα και επαπτομενικά προς τους μικρούς κυκλώνες που βρίσκονται διατεταγμένοι στο εσωτερικό του. Στη συνέχεια, ακολουθούν ελικοειδή διαδρομή προς το κάτω μέρος του πολुकυκλώνα με τη βοήθεια ειδικών στροβιλιστήρων. Τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια κατευθύνονται προς τα τοιχώματα του πολुकυκλώνα εξαιτίας των φυγοκεντρικών δυνάμεων που αναπτύσσονται. Έπειτα, αυτά τα σωματίδια καταλήγουν στο κατώτερο τμήμα του πολुकυκλώνα εξαιτίας της βαρύτητας, από όπου και απάγονται. Τέλος, τα καυσαέρια, τα οποία δεν περιέχουν πλέον στερεά σωματίδια, εισέρχονται στο κάτω μέρος των κυκλωνίων και κατευθύνονται στην έξοδο του πολुकυκλώνα.

Απόδοση λειτουργίας

Τόσο το μέγεθος των στερεών σωματιδίων όσο και η ταχύτητα διέλευσης των καυσαερίων επηρεάζουν την απόδοση του πολुकυκλώνα. Επειδή με την αύξηση της ταχύτητας των καυσαερίων αυξάνεται και η πτώση πίεσής τους, η ταχύτητα των καυσαερίων δεν μπορεί να ξεπεράσει μια τιμή. Για τον παραπάνω λόγο, η ταχύτητα

διέλευσης των καυσαερίων ρυθμίζεται σε τέτοια τιμή ώστε να εξασφαλίζεται ο βέλτιστος συνδυασμός υψηλού βαθμού απόδοσης και χαμηλής πτώσης πίεσης.

Ο πολυκυκλώνας είναι σχεδιασμένος και κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να αποδίδει ικανοποιητικά για σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη των 8μm, με το βαθμό απόδοσής του να φθάνει το 85%.

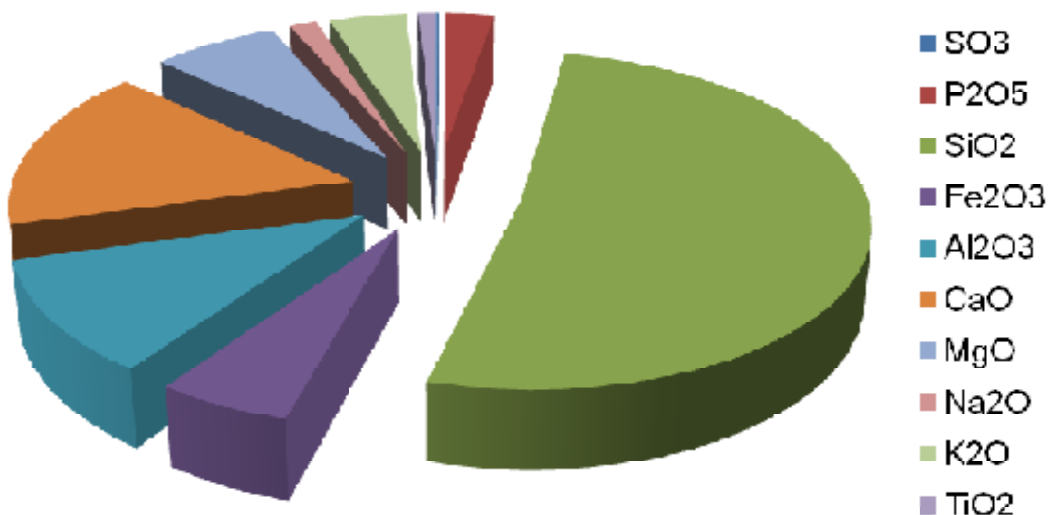
4.4 ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα προηγούμενα, τόσο από την καύση της βιομάζας, όσο και από τον κυκλωνικό διαχωριστή, παράγεται τέφρα – στάχτη. Αυτή η τέφρα συλλέγεται και στη συνέχεια οδηγείται σε ειδικό χώρο συγκέντρωσης.

Η τέφρα δεν θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.2 που παρουσιάζει τη σύστασή της. Επίσης, πωλείται ως πρώτη ύλη σε επιχειρήσεις παραγωγής φυτοχωμάτων.

Πίνακας 4.2: Σύσταση της τέφρας
ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΕΦΡΑΣ

| | | | |
|--------------------------------|-----------|--------------------------------|------------|
| CO ₂ | - | Al ₂ O ₃ | 4.6 – 13.4 |
| SO ₃ | <0.1 | CaO | 8.8 – 17 |
| Cl | - | MgO | 3.3 – 7.8 |
| P ₂ O ₅ | 1.4 – 2.9 | Na ₂ O | 1 – 1.4 |
| SiO ₂ | 27 – 57.2 | K ₂ O | 2 – 4.9 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.1 – 5.9 | TiO ₂ | 0.2 – 1.2 |



Εικόνα 4.8: Σύσταση της τέφρας

4.5 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ – ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ

Η λειτουργία του συνόλου της εγκατάστασης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ηλεκτρολογικού πίνακα αυτοματισμού και επίβλεψης. Ο πίνακας είναι τύπου ισταμένων πεδίων και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα όργανα αυτοματισμού, όπως είναι οι διακόπτες, τα ρελέ, τα χρονικά και ο inverter, καθώς επίσης και συναγερμό, ο οποίος αποτελεί ηχητική προειδοποίηση σε ενδεχόμενη περίπτωση βλάβης κατά την οποία η λειτουργία του λέβητα κρίνεται επικίνδυνη.

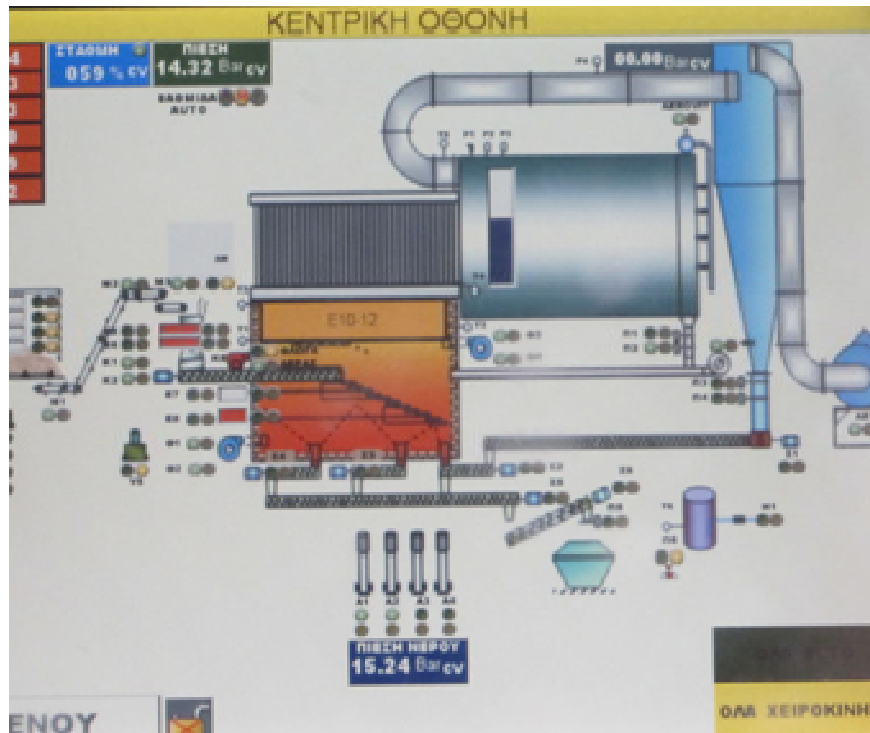
Στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση περιλαμβάνονται η τοποθέτηση σχαρών και καλωδίων ισχύος και σημάτων από τον ηλεκτρολογικό πίνακα έως τα σημεία ελέγχου και λειτουργίας, όπως είναι για παράδειγμα οι κινητήρες και τα αισθητήρια. Στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση δεν περιλαμβάνεται η προμήθεια και η εγκατάσταση του κεντρικού παροχικού καλωδίου έως τον πίνακα της εγκατάστασης.

Το σύνολο των ανεμιστήρων της εγκατάστασης θα οδηγούνται μέσω inverter. Για τον συνολικό έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης χρησιμοποιείται PLC (Programmable Logic Controller). Ο PLC διαθέτει οθόνη απεικόνισης της εγκατάστασης και δίνει τη δυνατότητα να εισάγονται δεδομένα και να παραμετροποιούνται οι λειτουργίες. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται κατασκευάζεται κάθε φορά για να ανταποκρίνεται καλύτερα στην επιθυμητή εφαρμογή (customade).

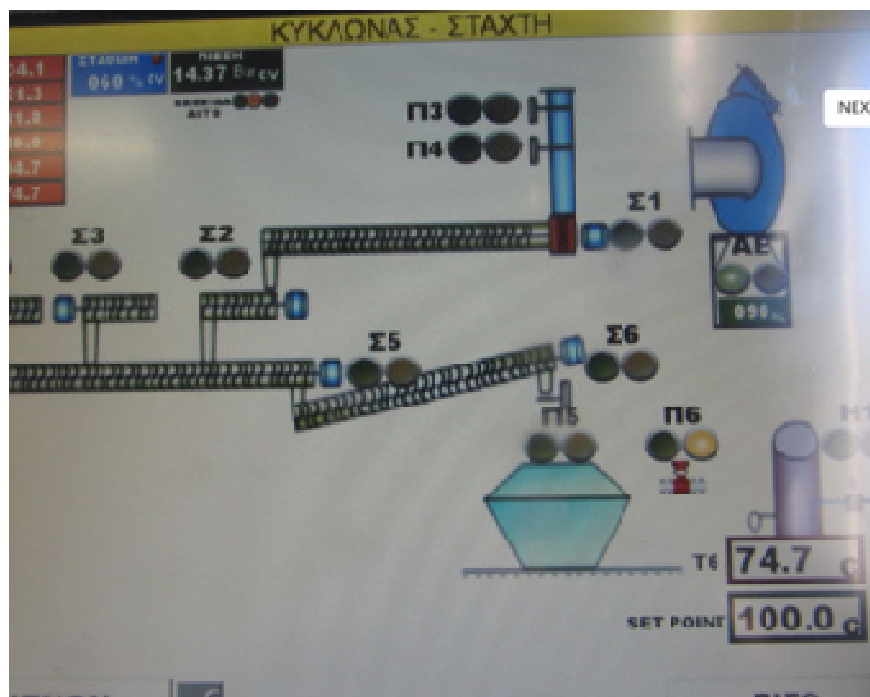
Στην οθόνη (Εικόνα 4.7), η οποία είναι αφής, εμφανίζεται το διάγραμμα λειτουργίας της εγκατάστασης. Η παρουσίαση είναι δυναμική. Με άλλα λόγια, ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού, δηλαδή εάν αυτός βρίσκεται σε λειτουργία, σε αναμονή ή είναι σταματημένος, υπάρχει εναλλαγή χρωμάτων ή κίνηση που δείχνει, για παράδειγμα, τη λειτουργία του κοχλία ή την κίνηση του εμβόλου της εσχάρας.

Ο χειριστής έχει τη δυνατότητα αφού επιλέξει συγκεκριμένο τμήμα (Εικόνα 4.8) να επέμβει και να τροποποιήσει διάφορες παραμέτρους της λειτουργίας, όπως για παράδειγμα, να αλλάξει τον αριθμό στροφών του ανεμιστήρα ή τον αριθμό των εμβολισμών της εσχάρας. Οι παράμετροι οι οποίες είναι κρίσιμες για τη λειτουργία της εγκατάστασης είναι προστατευμένες με ειδικό κωδικό, ώστε να είναι δυνατή η αλλαγή τους μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου του συστήματος. Αυτό μπορεί να γίνει στην περίπτωση που υπάρχει μόνιμα συνδεδεμένη τηλεφωνική γραμμή στον ηλεκτρολογικό πίνακα της εγκατάστασης, μόντεμ και ειδικό λογισμικό, το οποίο θα πρέπει να είναι εγκατεστημένο στον απομακρυσμένο υπολογιστή.



Εικόνα 4.9: Κεντρική οθόνη απεικόνισης της εγκατάστασης



Εικόνα 4.10: Οθόνη απεικόνισης του κυκλώνα - στάχτης

4.6 ΛΟΙΠΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

4.6.1 ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ

Η τοποθέτηση του λέβητα θα γίνει σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο με τοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος θα διαθέτει στην εμπρόσθια πλευρά του άνοιγμα. Πάνω από τα τοιχεία θα τοποθετηθεί στραντζαριστή λαμαρίνα πλαγιοκάλυψης. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό η στέγη να είναι ελαφριάς κατασκευής και καλυμμένη με φύλλα λαμαρίνας. Το δάπεδο του λεβητοστασίου προτείνεται να είναι βιομηχανικό, με την επίταση χαλαζιακής άμμου και τσιμέντου και τη λείανση με φτερωτή. Συγκεκριμένα, στο τμήμα εκείνο όπου θα τοποθετηθεί ο ατμολέβητας και η εστία θα κατασκευαστεί εδαφόπλακα με οπλισμό διπλής εσχάρας.

4.6.2 ΔΙΚΤΥΑ ΡΕΥΣΤΩΝ

Για τη σωστή λειτουργία του συστήματος παραγωγής κορεσμένου ατμού με χρήση βιομάζας είναι αναγκαία η κατασκευή:

- Δικτύου ατμού, το οποίο θα έχει διατομή 8” από τον ατμοφράχτη του λέβητα έως τον κεντρικό συλλέκτη του εργοστασίου.
- Δικτύου παροχής νερού, από το τροφοδοτικό που υπάρχει ήδη έως την αναρρόφηση των αντλιών του λέβητα.
- Δικτύου παροχής νερού χρήσης στο χώρο του λεβητοστασίου. Η λήψη θα γίνεται από το πλησιέστερο στο λεβητοστάσιο υφιστάμενο δίκτυο.
- Δικτύου παροχής πεπιεσμένου αέρα στο χώρο του λεβητοστασίου. Η λήψη θα γίνεται από το πλησιέστερο στο λεβητοστάσιο υφιστάμενο δίκτυο.
- Δικτύου πυρασφάλειας στο νέο λεβητοστάσιο.
- Δικτύου παροχής πετρελαίου diesel το οποίο θα συνοδεύεται από δεξαμενή, ώστε να τροφοδοτείται ο καυστήρας έναυσης.



Εικόνα 4.11: Φωτογραφία όπου φαίνονται τα δίκτυα ρευστών

4.6.3 ΜΟΝΩΣΕΙΣ

Οι σωληνώσεις ατμού, οι αγωγοί καυσαερίων στα χαμηλά τμήματά τους και η καμινάδα μέχρι ύψους 5 μέτρα από το έδαφος θα μονωθούν με πάπλωμα ορυκτοβάμβακα με επικάλυψη από φύλλο αλουμινίου.

4.6.4 ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Για την πρόσβαση στα όργανα και τα αισθητήρια του συγκροτήματος λέβητα – εστίας είναι αναγκαία η κατασκευή μεταλλικού ικριώματος περιμετρικά του. Η πρόσβαση σε αυτήν την πλατφόρμα θα γίνεται με μεταλλική σκάλα. Για την πρόσβαση στις ασφαλιστικές διατάξεις του λέβητα, είναι αναγκαία η κατασκευή και δεύτερης πλατφόρμας, στην οποία η πρόσβαση θα είναι εφικτή με μεταλλική κλίμακα κατακόρυφου τύπου μέσω της προηγούμενης πλατφόρμας. Το δάπεδο και τα σκαλοπάτια θα είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένα ελάσματα τύπου ΑΣΚΟ.

Για λόγους ασφαλείας, περιμετρικά στις ελεύθερες πλευρές θα τοποθετηθεί κιγκλίδωμα. Αυτό θα είναι κατασκευασμένο από μεταλλικά προφίλ και σωλήνες.

4.6.5 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Τα συστήματα ασφαλείας στους λέβητες στερεών καυσίμων αποτελούν σοβαρότατη προϋπόθεση για την ομαλή και σίγουρη λειτουργία τους.

Βαλβίδα ασφαλείας και αυτόματο εξαεριστικό

Η βαλβίδα ασφαλείας (Εικόνα 4.12) και τα αυτόματα εξαεριστικά (Εικόνα 4.13) συνδέονται στην προσαγωγή του λέβητα και ελέγχονται τακτικά για την σωστή λειτουργία τους. Η έξοδος της βαλβίδας συνδέεται με την αποχέτευση.



Εικόνα 4.12: Βαλβίδα ασφαλείας



Εικόνα 4.13: Αυτόματο εξαεριστικό

Θερμοβαλβίδα ασφαλείας

Τοποθετείται στην προσαγωγή του και όσο το δυνατόν πιο κοντά στον λέβητα. Η θερμοβαλβίδα ασφαλείας έχει εμβαπτιζόμενο αισθητήριο θερμοκρασίας, ενεργοποιείται και από την αύξηση της πίεσης (3 bar) αλλά και από την αύξηση της θερμοκρασίας (90 °C).



Εικόνα 4.14: Θερμοβαλβίδα ασφαλείας

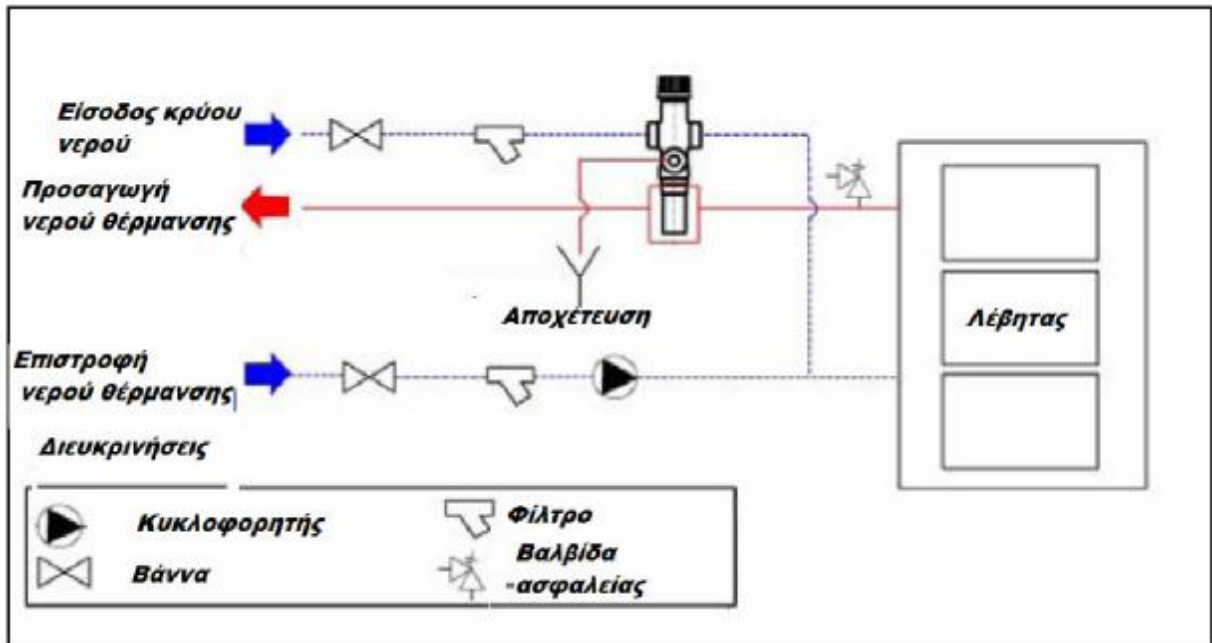
Παρέχει ασφάλεια στην περίπτωση της συνδεσμολογίας με κλειστό δοχείο διαστολής, αλλά όχι από υπερθέρμανση. Η έξοδος της βαλβίδας συνδέεται με την αποχέτευση για την απόρριψη του ζεστού νερού.

Θερμοβαλβίδα προστασίας από υπερθέρμανση

Στους λέβητες στερεών καυσίμων με κλειστό δοχείο διαστολής είναι πολύ πιθανή μία υπερθέρμανση είτε από διακοπή του ρεύματος, είτε από ανεξέλεγκτη χρήση ξύλων. Στην περίπτωση αυτή μόλις η θερμοκρασία φθάσει στους 95°C ανοίγει η συγκεκριμένη βαλβίδα, εισάγοντας κρύο νερό χρήσης στην σωλήνα επιστροφής του λέβητα με την ταυτόχρονη αποβολή στην αποχέτευση ίσης ποσότητας ζεστού νερού, ώστε να μην υπάρξει θερμικό σοκ. Όταν η θερμοκρασία εντός του λέβητα πέσει κάτω από το όριο επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση. Η βαλβίδα αυτή δεν αντικαθιστά τις άλλες δύο προαναφερόμενες βαλβίδες.



Εικόνα 4.15: Θερμοβαλβίδα προστασίας από υπερθέρμανση



Εικόνα 4.16: Σχηματική διάταξη τοποθέτησης της θερμοβαλβίδας προστασίας από υπερθέρμανση

5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Από τη συγκριτική μελέτη των συστημάτων παραγωγής κορεσμένου ατμού με καύσιμο πετρελαίου μαζούτ και βιομάζας, προκύπτει πως ο λέβητας με καύσιμο βιομάζα είναι καταλληλότερος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βιομάζα έχει περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς εκπέμπει μηδενικούς ρύπους συγκριτικά με το πετρέλαιο μαζούτ καθώς επίσης και στο ότι ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης λέβητα βιομάζας είναι ιδιαίτερα σύντομος. Τέλος, η τιμή του βιοκαυσίμου είναι πολύ χαμηλότερη από την τιμή του πετρελαίου μαζούτ. Οι υπολογισμοί που ακολουθούν αναφέρονται στον ατμολέβητα με καύσιμο pellet, καθώς κρίθηκε ως καταλληλότερος.

5.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Τα δεδομένα που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του ατμολέβητα με καύσιμο βιομάζα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 5.1: Δεδομένα για τον υπολογισμό του ατμολέβητα με καύσιμο βιομάζα

| ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ | |
|---|--|
| Ατμοπαραγωγή | 12 t/h |
| Πίεση ατμού (απόλυτη) | 16 bar |
| Καύσιμο | pellet |
| Θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος | 20 °C |
| Μέση ειδική θερμότητα καπναερίων | $0,35 \frac{\text{Kcal}}{\text{Nm}^3} \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| Θερμοκρασία κορεσμένου ατμού | 201 °C |
| Θερμοκρασία καπναερίων | 180 °C |

5.2 ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι το pellet. Η στοιχειομετρική ανάλυση του ποικίλει. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας θα χρησιμοποιηθεί η ανάλυση που έγινε από το Ε.Μ.Π. το 2010, σύμφωνα με την οποία:

ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ pellets

| | |
|----------|--------------|
| Άνθρακας | c = 46 % wt |
| Υδρογόνο | h = 6 % wt |
| Οξυγόνο | o = 37 % wt |
| Άζωτο | n = 1.5 % wt |
| Θείο | s = 0.5 % wt |
| Άκαυστα | A = 1 % wt |
| Υγρασία | w = 10 % wt |

5.3 ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

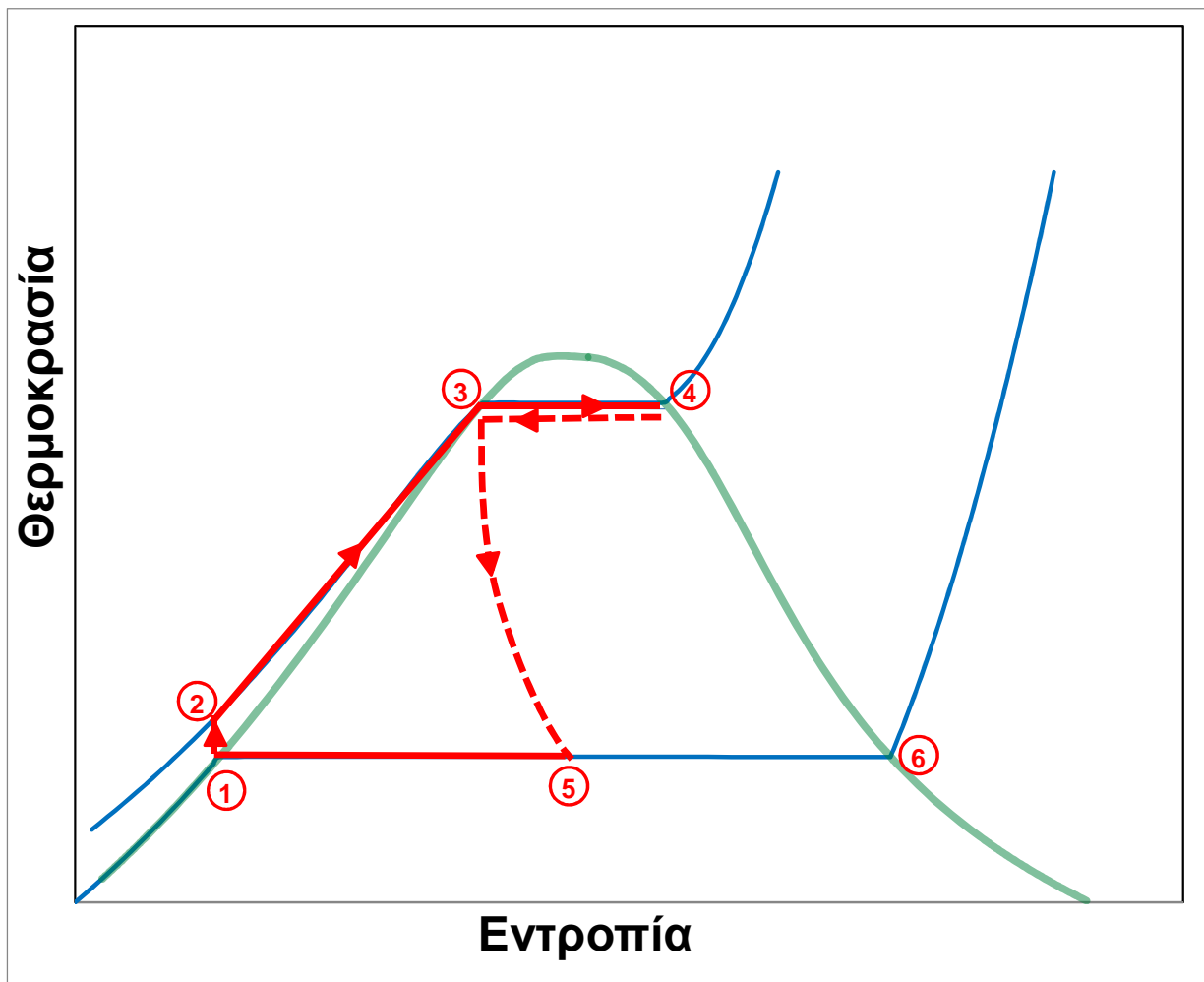
Για τον υπολογισμό της κατώτερης θερμογόνου δύναμης χρησιμοποιείται η ακόλουθη εμπειρική σχέση που ισχύει τόσο για στερεά όσο και για υγρά καύσιμα και η οποία είναι αρκετά αξιόπιστη.

$$\begin{aligned} H_u &= 8130c + 24300h + 1500n + 4560s - 2350o - 600w = \\ &= 8130 \cdot 0,46 + 24300 \cdot 0,06 + 1500 \cdot 0,015 + 4560 \cdot 0,005 - 2350 \cdot 0,37 - 600 \cdot 0,10 = \\ &= 4313,6 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \end{aligned}$$

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται πως η κατώτερη θερμογόνος δύναμη για το pellet σύμφωνα με το Ε.Μ.Π. είναι $H_u = 4100 \text{ Kcal/Kg}$.

5.4 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ RANKINE

Στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζεται ο κύκλος Rankine με κορεσμένο ατμό, ο οποίος διαγράφεται μεταξύ των σημείων 1→2→3→4→3→5→1. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή του κάθε χαρακτηριστικού σημείου του διαγράμματος.



Εικόνα 5.1: Κύκλος Rankine με κορεσμένο ατμό

Σημείο 1. Στη θέση αυτή υποδηλώνεται η κατάσταση του νερού που βρίσκεται στην αναρρόφηση της αντλίας. Ο ατμός στον συμπυκνωτή έχει συμπυκνωθεί και έχει πάει στην αναρρόφηση της αντλίας ως νερό, με πίεση και

- θερμοκρασία λειτουργίας του συμπυκνωτή. Το σημείο 1 βρίσκεται πάνω στην κωδωνοειδή καμπύλη και χαρακτηρίζεται ως κορεσμένο νερό.
- Σημείο 2. Βρίσκεται στην κατάθλιψη της αντλίας, όπου το νερό συμπιέζεται και η πίεσή του αυξάνεται σημαντικά. Παρόλα αυτά, λόγω της ασυμπιεστότητας του νερού, ο ειδικός όγκος και η θερμοκρασία του δεν παρουσιάζουν αισθητή μεταβολή. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι το σημείο 2 βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο 1 πάνω στην καμπύλη. Μπορεί να θεωρηθεί ότι η μεταβολή από το σημείο 1 στο σημείο 2 είναι ισεντροπική, στην πραγματικότητα όμως υπάρχει μία μικρή αύξηση της εντροπίας. Το σημείο 2 χαρακτηρίζεται ως νερό υπό πίεση. Στο διάγραμμα η θέση του είναι στην περιοχή του νερού αριστερά από την καμπύλη του κορεσμένου νερού.
- Σημείο 3. Βρίσκεται μέσα στον ατμολέβητα και συγκεκριμένα στο νερό του ατμοθαλάμου. Λόγω της καύσης η θερμοκρασία του νερού έχει αυξηθεί. Η πίεσή του είναι ίδια με την πίεση στο σημείο 2. Χαρακτηρίζεται ως κορεσμένο νερό και βρίσκεται πάνω στην κωδωνοειδή καμπύλη. Εξαιτίας της παροχής θερμότητας στον ατμολέβητα, η πίεση παραμένει σταθερή κατά την μεταβολή από το σημείο 2 στο σημείο 3, αλλά η θερμοκρασία και η ενθαλπία παρουσιάζουν αύξηση.
- Σημείο 4. Βρίσκεται μέσα στον ατμολέβητα, στον ατμό του ατμοθαλάμου. Ο ατμός είναι το αποτέλεσμα της εξάτμισης του νερού σε συνθήκες σταθερής πίεσης και θερμοκρασίας. Με άλλα λόγια μέσα στο ατμοθάλαμο υπάρχει νερό μαζί με ατμό, που έχουν την ίδια πίεση και την ίδια θερμοκρασία, αλλά καταφέρνουν να διαχωριστούν εξαιτίας της βαρύτητας. Επειδή η θερμοκρασία και η πίεση του ατμού σε αυτό το σημείο είναι ίδιες με τις αντίστοιχες του σημείου 3, η μεταβολή από το σημείο 3 στο σημείο 4 είναι μια οριζόντια γραμμή. Σε αυτήν την μεταβολή, αυξάνεται η ενθαλπία, ο ειδικός όγκος και η εντροπία εξαιτίας της παροχής θερμότητας στον ατμολέβητα. Το σημείο 4 χαρακτηρίζεται ως κορεσμένος ατμός και βρίσκεται πάνω στον δεξιό κλάδο της κωδωνοειδούς καμπύλης. Η μεταβολή από το σημείο 3 στο σημείο 4 υποδηλώνει την ατμοποίηση και στη συνέχεια η μεταβολή από το σημείο 4 στο σημείο 3, την συμπύκνωση του ατμού, η οποία συντελείται από μηχανές.
- Σημείο 5. Η μεταβολή από το Σημείο 3 στο Σημείο 5 είναι ισενθαλπική και συμβαίνει στην ατμοπαγίδα. Η ατμοπαγίδα τοποθετείται μετά την μονάδα κατανάλωσης και επιτρέπει την απομάκρυνση του συμπυκνώματος ενώ εμποδίζει την έξοδο ατμού.
- Σημείο 6. Το σημείο 6 βρίσκεται πάνω στο δεξιό κλάδο της κωδωνοειδούς καμπύλης και είναι το σημείο τομής αυτής με την οριζόντια γραμμή σταθερής πίεσης και θερμοκρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο 1. Έχει χαμηλή πίεση και θερμοκρασία αλλά μεγάλη ενθαλπία, μεγάλη εντροπία και μεγάλο ειδικό όγκο. Ο ατμός στο σημείο αυτό χαρακτηρίζεται ως κορεσμένος ατμός.

5.5 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Οι υπολογισμοί των θερμοδυναμικών μεγεθών θα ξεκινήσουν από το Σημείο 1.

Σημείο 1

Το Σημείο 1 βρίσκεται πάνω στην καμπύλη κορεσμένου νερού. Για απόλυτη πίεση νερού $P_1 = 1 \text{ bar}$, η αντίστοιχη θερμοκρασία είναι $T_1 = 99,61 \text{ }^\circ\text{C} \approx 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Ο ειδικός όγκος του νερού είναι $v_1 = 0,00104315 \text{ m}^3/\text{kg} \approx 1,043 \text{ dcm}^3/\text{kg}$, η ενθαλπία του νερού είναι $h_1 = 417,44 \text{ kJ/kg}$, η εντροπία του νερού $s_1 = 1,3026 \text{ kJ/kgK}$ και $x_1 = 0$.

Σημείο 2

Το Σημείο 2 βρίσκεται αριστερά της καμπύλης κορεσμένου νερού και χαρακτηρίζει την κατάσταση νερού υπό πίεση. Η μεταβολή 2 \rightarrow 1 είναι ισεντροπική, οπότε γνωρίζουμε τα εξής μεγέθη:

Απόλυτη πίεση νερού $P_2 = 16 \text{ bar}$
εντροπία νερού $s_2 = s_1 = 1,3026 \text{ kJ/kgK}$

Θεωρώντας το νερό ασυμπίεστο προκύπτει ότι $v_2 = v_1 = 1,043 \text{ dcm}^3/\text{kg}$, η ενθαλπία του νερού προκύπτει από τη σχέση:

$$h_2 = h_1 + v_1 \cdot \Delta P = 417,44 \text{ kJ/kg} + 1,043 \text{ dcm}^3/\text{kg} \cdot (16 - 1) \text{ bar} \cdot 10^{-1} = 419 \text{ kJ/kg}$$

Η αύξηση της ενθαλπίας οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας κατά ΔT από τον τύπο:

$$\Delta T = \frac{v_1 \cdot \Delta P}{c_p} = \frac{1,043 \text{ dcm}^3/\text{kg} \cdot (16 - 1) \text{ bar} \cdot 10^{-1}}{4,187 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}} = 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Άρα η θερμοκρασία του Σημείου 2 είναι $T_2 = 99,61 \text{ }^\circ\text{C} + 0,4 \text{ }^\circ\text{C} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$

Σημείο 3

Το Σημείο 3 βρίσκεται πάνω ακριβώς στην καμπύλη κορεσμένου νερού.

Για απόλυτη πίεση νερού $P_3 = 16 \text{ bar}$ από τους πίνακες κορεσμένων υδρατμών της βιβλιογραφίας (Γιαννόπουλος, 2011), προκύπτει ότι η θερμοκρασία είναι $T_3 = 201,378 \text{ }^\circ\text{C} \approx 201 \text{ }^\circ\text{C}$. Τα υπόλοιπα μεγέθη είναι:

$$v_3 = 0,00115868 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 1,159 \text{ dcm}^3/\text{kg}$$

$$h_3 = 858,610 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \approx 858,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_3 = 2,3438 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \approx 2,344 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$x_3 = 0$$

Σημείο 4

Το Σημείο 4 βρίσκεται πάνω ακριβώς στην καμπύλη κορεσμένου ατμού, και επίσης, είναι σημείο της γραμμής σταθερής πίεσης, η οποία περνά από τα Σημεία 2, 3 και 4. Επομένως, το Σημείο 4 έχει την ίδια πίεση και θερμοκρασία με το Σημείο 3, δηλαδή:

$$P_4 = 16 \text{ bar}$$

$$T_4 = 201 \text{ }^\circ\text{C}$$

Τα υπόλοιπα μεγέθη προκύπτουν από τους πίνακες κορεσμένων υδρατμών της βιβλιογραφίας (Γιαννόπουλος, 2011) και αναφέρονται στον ατμό.

$$v_4 = 0,123732 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 123,732 \text{ dcm}^3/\text{kg}$$

$$h_4 = 2792,88 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \approx 2792,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_4 = 6,420 \frac{kJ}{kgK}$$

$$x_4 = 1$$

Σημείο 6

Το Σημείο 6 βρίσκεται πάνω στην κωδωνοειδή καμπύλη κορεσμένου ατμού. Βρίσκεται επίσης πάνω στην ίδια οριζόντια γραμμή με το Σημείο 1, άρα έχει την ίδια πίεση και θερμοκρασία.

$$P_6 = P_1 = 1 \text{ bar}$$
$$T_6 = T_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Από τους πίνακες κορεσμένων υδρατμών βρίσκουμε τα υπόλοιπα θερμοδυναμικά μεγέθη.

$$v_6 = 1,69402 \text{ m}^3/\text{kg}$$
$$h_6 = 2674,95 \text{ kJ/kg}$$
$$s_6 = 7,3588 \text{ kJ/kgK}$$
$$x_6 = 1$$

Σημείο 5

Λόγω της ισενθαλπικής μεταβολής από το σημείο 3 στο σημείο 5, συμπεραίνουμε ότι τα δύο αυτά σημεία βρίσκονται πάνω στην ίδια γραμμή σταθερής ενθαλπίας. Συνεπώς η ενθαλπία αυτών έχει ίδια τιμή και είναι:

$$h_5 = h_3 = 858,610 \frac{kJ}{kg} \gg 858,6 \frac{kJ}{kg}$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την ξηρότητα του ατμού στο σημείο 5 με τον τύπο:

$$x_5 = \frac{h_5 - h_1}{h_6 - h_1} = \frac{858,610^{kJ/kg} - 417,44^{kJ/kg}}{2674,95^{kJ/kg} - 417,44^{kJ/kg}} = 0,195$$

5.6 ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΤΜΟΥ

Η προσδιδόμενη θερμότητα για παραγωγή ατμού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = D \cdot (h_4 - h_2) \cdot 10^6 = 12000 \frac{kg}{h} \cdot \left(2792,9 \frac{kJ}{kg} - 419 \frac{kJ}{kg} \right) \cdot [10]^6 \\ = 28,48 \cdot [10]^6 kJ/h$$

5.7 ΙΣΧΥΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Η ισχύς της αντλίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N = D \cdot v_1 \cdot \Delta P = 12000^{kg/h} \cdot 1,043^{dcm^3/kg} \cdot (16 - 1) \cdot 10^{-1} = 18744 \frac{kJ}{h} = \frac{18744 \frac{kJ}{h}}{3600 \frac{s}{h}} = \\ = 5,2 kW$$

Η ισχύς που υπολογίστηκε παραπάνω αναφέρεται σε αντλία με βαθμό απόδοσης $\eta = 1$. Η πραγματική ισχύς υπολογίζεται για το συνήθη βαθμό απόδοσης πολυβάθμιας φυγοκεντρικής αντλίας ατμολεβήτων, ο οποίος είναι $\eta = 0,7$. Επομένως, η πραγματική ισχύς ισούται με:

$$N = \frac{5,2}{0,7} = 7,4 kW$$

Στην πραγματικότητα, η ισχύς που θα προκύψει θα είναι ακόμη μεγαλύτερη, διότι πρέπει να ληφθούν υπόψη η προσαύξηση της πίεσης που απαιτείται για να καλυφθούν οι τριβές στις σωληνώσεις και η υψομετρική διαφορά μεταξύ του ατμοθαλάμου και της δεξαμενής τροφοδοσίας, καθώς και η προσαύξηση της παροχής κατά 25%, η οποία επιβάλλεται από τους κανονισμούς για τις τροφοδοτικές αντλίες ατμολεβήτων, προκειμένου να ικανοποιείται η ταχεία πλήρωση του ατμολέβητα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζουμε την πραγματική διαφορά πίεσης της αντλίας, θεωρώντας ότι στο συγκεκριμένο ατμολέβητα ισχύουν τα εξής: η πίεση καταθλίψεως λαμβάνεται μεγαλύτερη από την πίεση του ατμοθαλάμου κατά 3 atü, λόγω

αντιστάσεων στις σωληνώσεις τροφοδοσίας και στον προθερμαντήρα νερού. Η δεξαμενή τροφοδοσίας τοποθετείται 6 m (» 0.6 atü) ψηλότερα από την αντλία άρα θα είναι:

$$\begin{aligned}\Delta P &= P + 3 \text{ atü} - 0.25 \text{ atü} - 6 \text{ mH}_2\text{O} = \\ &= 16 \text{ bar} + 3 \cdot 0,981 \text{ bar} - 0,25 \cdot 0,981 \text{ bar} - 0,6 \cdot 0,981 \text{ bar} = \\ &= 18,59 \text{ bar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N &= \frac{D \cdot v_1 \cdot \Delta P}{\eta} = \frac{12000 \text{ kg/h} \cdot 1,043 \frac{\text{dcm}^3}{\text{kg}} \cdot 18,59 \cdot 10^{-1}}{0,7} = 3323,89 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = \frac{3323,89 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} = \\ &= 9,23 \text{ kW}\end{aligned}$$

5.8 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ

Ο βαθμός απόδοσης του ατμολέβητα θα υπολογισθεί αφού εκτιμηθούν οι απώλειες

- Θερμών καπναερίων
- Από ατελή καύση
- Από ακτινοβολία θερμών επιφανειών στο περιβάλλον του ατμολέβητα και από αγωγιμότητα
- Από στρατσώνα
- Από σχηματισμό αιθάλης. Συνήθως δεν εμφανίζεται αιθάλη σε σύγχρονες εγκαταστάσεις με καλή λειτουργία των καυστήρων.
- Από το καύσιμο που καταπίπτει διαμέσου των διακένων της εσχάρας
- Από την αποβαλλόμενη θερμή τέφρα και σκωρίες

- Από καύσιμη ουσία περιεχόμενη στην τέφρα. Ενδέχεται να παρασυρθεί καύσιμη ουσία από την εσχάρα που δεν έχει προλάβει να καεί, κατά την απομάκρυνση της τέφρας και των σκωριών.
- Από ιπτάμενο κωκ, το οποίο είναι κόκκοι του καυσίμου που έχασαν τα πτητικά τους αέρια στην εστία, χωρίς να έχει γίνει καύση του άνθρακα, ο οποίος είτε εναποτίθεται μέσα στον ατμολέβητα είτε διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

5.9 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΗΣ

Ως ελάχιστη ποσότητα αέρα καύσης ορίζεται η στοιχειομετρική ποσότητα του αέρα που απαιτείται για την καύση του καυσίμου. Αυτή δίνεται από τη σχέση:

$$L_0 = 8,89c + 26,7 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 3,33s = 8,89 \cdot 0,46 + 26,7 \left(0,06 - \frac{0,37}{8} \right) + 3,33 \cdot 0,005$$

$$= 4,47 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

5.10 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΞΗΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ

Η ποσότητα ξηρών καπναερίων είναι η ποσότητα των καπναερίων χωρίς την υγρασία από τους υδρατμούς και βασίζεται στην ελάχιστη ποσότητα του αέρα καύσης. Βρίσκεται από τη σχέση:

$$V_{tr} = 8,89c + 21,1 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 3,33s + 0,796n$$

$$= 8,89 \cdot 0,46 + 21,1 \left(0,06 - \frac{0,37}{8} \right) + 3,33 \cdot 0,005 + 0,796 \cdot 0,015$$

$$= 4,41 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

5.11 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΓΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ

Η ποσότητα υγρών καπναερίων είναι η ποσότητα των καπναερίων που περιέχουν την υγρασία σε μορφή υδρατμών και βασίζεται και αυτή στην ελάχιστη ποσότητα του αέρα καύσης. Βρίσκεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= 8,89c + 32,29h - 21,1 \frac{O}{8} + 3,33s + 0,796n + 1,244w = \\
 &= 8,89 \cdot 0,46 + 32,29 \cdot 0,06 - 21,1 \frac{0,37}{8} + 3,33 \cdot 0,005 + 0,796 \cdot 0,015 \\
 &+ 1,244 \cdot 0,10 = 5,20 \text{ Nm}^3/\text{kg}
 \end{aligned}$$

5.12 ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ ΣΕ CO₂

Η μέγιστη περιεκτικότητα των καπναερίων σε διοξείδιο του άνθρακα εξαρτάται από την ποσότητα του άνθρακα του καυσίμου. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_{max} = \frac{1,867c}{V_{tr}} = \frac{1,867 \cdot 0,46}{4,41} = 0,195 \text{ } \Rightarrow \text{ } K_{max} = 19,5 \%$$

5.13 ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΗΣ

Η καύση της βιομάζας γίνεται με περίσσεια του αέρα καύσης κατά 30 – 40% δηλαδή για τους υπολογισμούς θα θεωρηθεί πως $\lambda = 1,3$.

5.14 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΞΗΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ (ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ)

Η ποσότητα των πραγματικών ξηρών καπναερίων περιέχει και την περίσσεια του αέρα καύσης και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_{R,tr} = V_{tr} + (\lambda - 1)L_0 = 4,41 + (1,3 - 1)4,47 = 5,75 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

5.15 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ (ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ)

Η ποσότητα των πραγματικών υγρών καπναερίων περιέχει και την περίσσεια του αέρα καύσης και την υγρασία και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_R = V_0 + (\lambda - 1)L_0 = 5,20 + (1,3 - 1)4,47 = 6,54 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

5.16 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΩΝ ΚΑΠΝΑΕΡΙΩΝ X_A

Οι απώλειες θερμών καπναερίων οφείλονται στο γεγονός ότι ο αέρας που εισέρχεται στην εστία του λέβητα για την καύση εισέρχεται από το περιβάλλον με θερμοκρασία T_t και αφού θερμανθεί στον ατμολέβητα απορρίπτεται στην καπνοδόχο με θερμοκρασία T_R και υπολογίζονται από τον τύπο:

$$X_A = c_{pm} \cdot V_R \cdot (T_R - T_t) = 0,35 \cdot 6,54 \cdot (180 - 20) = 366 \text{ Kcal/Kg}$$

5.17 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΑΤΕΛΗ ΚΑΥΣΗ X_B

Οι απώλειες λόγω ατελούς καύσης υπάρχουν επειδή ένα μέρος από τον άνθρακα του καυσίμου ενώθηκε σε μονοξείδιο του άνθρακα, το οποίο απορρίπτεται στην καπνοδόχο δίχως να καεί. Σε περίπτωση που είχε καεί προς CO_2 , θα απέδιδε θερμότητα ίση με $q_{\text{CO}} = 3040 \text{ Kcal/Nm}^3$. Οι συγκεκριμένες απώλειες υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο, θεωρώντας πως ένα ποσοστό $p = 1,5\%$ ενώθηκε σε CO :

$$X_B = p \cdot q_{\text{CO}} \cdot V_{R,tr} = 0,015 \cdot 3040 \cdot 5,75 = 262 \text{ Kcal/Kg}$$

5.18 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ X_C

Οι απώλειες από την ακτινοβολία και την αγωγιμότητα οφείλονται στην ακτινοβολία των θερμών επιφανειών του λέβητα προς το περιβάλλον του και στην αγωγιμότητα των τοιχωμάτων του. Αυτές οι απώλειες είναι δύσκολο να υπολογισθούν, όμως σύμφωνα με τους Babcock – Wilcox μπορούν να θεωρούνται πως είναι ίσες με το 2% έως 3% της συνολικής προσδιδόμενης θερμότητας στον ατμολέβητα Q . Αυτές οι απώλειες θα υπολογισθούν στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης λαμβάνοντας μια ενδιάμεση τιμή, δηλαδή:

$$X_C = 2,5\% \cdot H_u = 2,5\% \cdot 4314 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 107,85 \text{ Kcal/Kg}$$

5.19 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΣΤΡΑΤΣΩΝΑ

Οι απώλειες από τη στρατσώνα οφείλονται στην αποχέτευση νερού από το ατμοθάλαμο του ατμολέβητα, η οποία μπορεί να είναι είτε συνεχής είτε κατά διαστήματα. Σκοπός της είναι η μείωση της συγκέντρωσης αλάτων, η παραμονή της τιμής pH στα επιθυμητά επίπεδα, όπως επιβάλλεται από τις προδιαγραφές, αλλά και η καλή ποιότητα του ατμού. Στην συγκεκριμένη βιομηχανία γίνεται κατα διαστήματα αποβολή νερού (στρατσώνα) μέσω κατάλληλου αυτοματισμού.

5.20 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΑΙΘΑΛΗΣ

Οι απώλειες από το σχηματισμό αιθάλης δεν υπάρχουν σε σύγχρονους ατμολέβητες, όπως είναι αυτός που μελετάται, καθώς γίνεται σωστός διαχωρισμός του καυσίμου, καλή ανάμειξη με τον αέρα καύσης και υπάρχει περίσσεια αέρα, συνεπώς δεν σχηματίζεται αιθάλη, δηλαδή δεν υπάρχει άκαυστος άνθρακας.

5.21 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ

Ο βαθμός απόδοσης του ατμολέβητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\eta = 1 - \frac{X_A + X_B + X_C}{H_u} = 1 - \frac{X_A + X_B}{H_u} - 2,5\% = 1 - \frac{366 + 262}{4314} - 2,5\% = 82,9\%$$

5.22 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου γίνεται εφαρμογή της βασικής σχέσης ισολογισμού θερμότητας, η οποία είναι:

$$\eta \cdot B \cdot H_u = D \cdot \Delta h$$

Όπου η : βαθμός απόδοσης του ατμολέβητα

B : Καταναλισκόμενη ποσότητα καυσίμου

H_u : Συνολική προσδιδόμενη θερμότητα

D : Ποσότητα παραγόμενου ατμού

Δh : Διαφορά ενθαλπίας ατμού – νερού

Για απόλυτη πίεση ίση με 16 bar, η οποία προκύπτει από το άθροισμα της σχετικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης, οι ενθαλπίες του κορεσμένου ατμού και του νερού βρίσκονται από Πίνακα για τις θερμοδυναμικές ιδιότητες νερού και ατμού σε κατάσταση κορεσμού (Γιαννόπουλος Α., 2011).

$$\Delta h = h_4 - h_2 = 2792,9 \frac{kJ}{kg} - 419 \frac{kJ}{kg} = 2373,9 kJ/kg.$$

Η κατανάλωση καυσίμου είναι επομένως:

$$B = \frac{D \cdot \Delta h}{\eta \cdot H_u} = \frac{12 \frac{t}{h} \cdot 2373,9 \frac{kJ}{kg}}{0,829 \cdot 4314 \frac{Kcal}{Kg} \cdot 4,187} = 1,9 \frac{t}{h}$$

6 ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Για να γίνει η επιλογή του καταλληλότερου ατμολέβητα, θα εξεταστεί εκτός από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η βιομάζα συγκριτικά με το μαζούτ, και ο χρόνος απόσβεσης ενός ατμολέβητα βιομάζας για παραγωγή ατμού σε χαρτοποιία.

Γενικότερα η βιομάζα, μέσα στην οποία περιλαμβάνεται και το pellet, έχει μικρότερη θερμογόνο δύναμη από το πετρέλαιο μαζούτ. Αυτό σημαίνει πως για να παραχθεί ίδια ποσότητα ενέργειας απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου. Το γεγονός όμως πως η τιμή των pellet είναι υποπολλαπλάσια της τιμής του μαζούτ, η οποία συνεχώς αυξάνεται, η αντικατάσταση του ατμολέβητα μαζούτ από ατμολέβητα pellet αποτελεί ένα έργο το οποίο είναι οικονομικά βιώσιμο και ο χρόνος απόσβεσής του είναι ιδιαίτερα σύντομος.

Το καύσιμο μπορεί να επιλέγεται κάθε φορά από την εταιρία, ανάλογα με τις τιμές της αγοράς και τη διαθεσιμότητά του, καθώς ο ίδιος λέβητας μπορεί να καταναλώσει μαζούτ με μόνο μια μικρή μηχανολογική τροποποίηση. Έτσι, ο λέβητας βιομάζας, εάν κριθεί αναγκαίο μετατρέπεται εύκολα σε σύγχρονο λέβητα μαζούτ, ο οποίος θα είναι πλέον αποδοτικός.

Για την τεχνοοικονομική μελέτη κρίνεται σκόπιμο να σημειωθούν κάποιες παραδοχές που γίνονται, οι οποίες είναι:

- Η απόδοση του λέβητα μαζούτ που πρόκειται να μελετηθεί είναι ίση με 88%, αν και επειδή ο λέβητας είναι παλαιός, η απόδοσή του είναι ακόμα μικρότερη. Το γεγονός αυτό είναι ακόμα ευνοϊκότερο, καθώς ο χρόνος απόσβεσης θα είναι μειωμένος.
- Η απόδοση του λέβητα pellet θεωρείται ίση με 82,9%, όπως υπολογίστηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο
- Η συντήρηση που απαιτείται για τον λέβητα βιομάζας σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι 2 με 3 ημέρες κάθε 2 μήνες. Τις ημέρες που θα εκτελούνται εργασίες συντήρησης στο λέβητα βιομάζας, θα λειτουργεί ο λέβητας μαζούτ για να μπορεί η χαρτοποιία να συνεχίζει την παραγωγή.
- Συνυπολογίζονται άλλες 3 ημέρες ανά 2 μήνες, επειδή μπορεί να προκύψει κάποια βλάβη ή κάποια καθυστέρηση. Αυτή η αναγκαία διακοπή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του ατμολέβητα με ένα συντελεστή 90%, επειδή οι έξι μέρες στους 2 μήνες είναι το 10% του χρόνου, άρα ο ατμολέβητας λειτουργεί το υπόλοιπο 90% του χρόνου. Η

τελική απόδοση του ατμολέβητα θεωρείται πως είναι $82,9\% \times 90\% = 74,6\%$.

- Από την ποσότητα του μαζούτ που καταναλώθηκε σε 8 μήνες στην χαρτοποιία εκτιμάται η ποσότητα που καταναλώνεται σε ένα έτος. Η συνολική κατανάλωση μαζούτ για ένα 8μηνο ήταν ίση με 3014336 kg, επομένως η συνολική κατανάλωση σε ένα χρόνο είναι 4521504 kg.
- Η τιμή του μαζούτ ορίζεται στα 880 €/tn και του βιοκαυσίμου στα 220 €/tn.
- Θα ληφθεί υπόψη το οικονομικό κέρδος που θα προκύψει από την εξοικονόμηση των δικαιωμάτων ρύπων CO₂ από την αντικατάσταση του πετρελαίου μαζούτ από την βιομάζα. Η θερμογόνος δύναμη του pellet είναι ίση με 4314 kcal/kg. Αν ο ατμολέβητας με μαζούτ λειτουργεί το 10% του χρόνου, αυτό σημαίνει ότι θα καταναλωθεί 4069354 kg λιγότερο, το οποίο αντιστοιχεί σε 12525 τόνους δικαιωμάτων ρύπων CO₂. Αυτό σημαίνει πως αφού η τιμή σήμερα φθάνει τα 8,3 €/tn εξοικονομούνται 103958 €.
- Η θερμογόνος δύναμη του μαζούτ 1500 θεωρείται 9350 kcal/kg.

· Η ετήσια απαιτούμενη ποσότητα pellet θα πρέπει να δώσει την ίδια ενέργεια με αυτή που θα έδινε η λειτουργία του λέβητα μαζούτ, επομένως πρέπει να ισχύει η ισότητα:

$$\begin{aligned} & \text{Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα μαζούτ} \times \text{θερμογόνος δύναμη μαζούτ} \\ & \times \text{βαθμός απόδοσης λέβητα μαζούτ} = \\ & = \text{Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα pellet} \times \text{θερμογόνος δύναμη pellet} \\ & \times \text{βαθμός απόδοσης λέβητα pellet} \end{aligned}$$

άρα

$$\text{Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα pellet} =$$

$$\frac{\text{Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα μαζούτ} \times \text{θερμογόνος δύναμη μαζούτ} \times \text{βαθμός απόδοσης λέβητα μαζούτ}}{\text{θερμογόνος δύναμη pellet} \times \text{βαθμός απόδοσης λέβητα pellet}}$$

Πίνακας 6-1: Οικονομική μελέτη

| | | |
|--|---|----------------------------|
| Κόστος ατμολέβητα μαζούτ | Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα μαζούτ (kg) | 4.521.504 kg |
| | Τιμή μαζούτ (€/tn) | 880 €/tn |
| | Ετήσιο κόστος μαζούτ (€) | 3.978.924 € |
| Κόστος ατμολέβητα pellet και κόστος μαζούτ κατά τη συντήρηση του ατμολέβητα pellet | Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα pellet (kg) | 9.362.354 kg |
| | Ετήσια απαιτούμενη ποσότητα μαζούτ κατά τη συντήρηση του ατμολέβητα pellet (kg) | 452.150 kg |
| | Ετήσιο κόστος pellet και απαραίτητου μαζούτ (€/tn) | 2.457.610 €/tn |
| | Ετήσιο κέρδος | Κέρδος καυσίμου (€) |
| | Κόστος έργου (€) | 800.000 € |
| | Χρόνος απόσβεσης (μήνες) | 6 μήνες |
| Ετήσιο κέρδος λαμβάνοντας υπόψη την εξοικονόμηση των δικαιωμάτων ρύπων CO ₂ | Κέρδος καυσίμου και κέρδος CO ₂ (€) | 1.625.272 € |
| | Κόστος έργου (€) | 800.000 € |
| | Χρόνος απόσβεσης (μήνες) | 6 μήνες |

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία πραγματοποιήθηκε μια συγκριτική μελέτη εγκατάστασης ατμολέβητα παραγωγής κορεσμένου ατμού με ρυθμό 12 t/h, σε πίεση 16 bar. Ο συγκεκριμένος ατμολέβητας που μελετήθηκε θα λειτουργεί σε χαρτοβιομηχανία και το καύσιμό του θα είναι είτε pellet είτε πετρέλαιο μαζούτ. Στην συγκεκριμένη εργασία αρχικά παρουσιάστηκαν τα βασικά μέρη και ο τρόπος λειτουργίας ενός ατμολέβητα. Συζητήθηκαν επίσης τα γενικά χαρακτηριστικά των λεβήτων, με ιδιαίτερη έμφαση στα προτερήματα ενός καλού λέβητα. Περιγράφηκαν ακόμα τα τυπικά χαρακτηριστικά μεγέθη των λεβήτων και ο επιπλέον εξοπλισμός που είναι απαραίτητος για τη λειτουργία τους.

Περιγράφηκε αναλυτικά ο ατμολέβητας ο οποίος λειτουργεί με καύσιμη ύλη το πετρέλαιο μαζούτ, συγκεκριμένα αυτός ο οποίος διαθέτει φλογοσωλήνα και αεριαυλούς. Στη συνέχεια, αναλύθηκε η εγκατάσταση στην οποία γίνεται η καύση του πετρελαίου μαζούτ και παρουσιάστηκαν τα πλεονεκτήματα όπως και τα μειονεκτήματα ενός τέτοιου λέβητα.

Στη συνέχεια περιγράφηκε ο τρόπος λειτουργίας ενός ατμολέβητα με καύσιμο pellet και η εγκατάσταση στην οποία γίνεται η καύση της βιομάζας, όπως επίσης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των λεβήτων που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα. Μελετήθηκε εκτενώς η βιομάζα, τα βασικά χαρακτηριστικά της, όπως είναι η περιεκτικότητά της σε υγρασία/τέφρα και η θερμογόνο δύναμή της, και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της. Στη συνέχεια αναφέρθηκαν οι διάφορες κατηγορίες της βιομάζας, οι ιδιότητες των καυσίμων βιομάζας και ειδικότερα του pellet.

Ακολούθησε μια τεχνική περιγραφή του συστήματος παραγωγής κορεσμένου ατμού με χρήση πετρελαίου μαζούτ και μια αντίστοιχη τεχνική περιγραφή για λέβητες βιομάζας. Έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί που αφορούν τον λέβητα βιομάζας και στη συνέχεια παρουσιάστηκε η τεχνικοοικονομική μελέτη που αφορά την αντικατάσταση ενός ατμολέβητα μαζούτ από έναν ατμολέβητα βιομάζας. Συμπερασματικά, προέκυψε πως ο λέβητας βιομάζας υπερτερεί του λέβητα μαζούτ. Συγκεκριμένα, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και πιο φθηνή από τα συμβατικά καύσιμα. Επίσης, με την καύση της ανακυκλώνει το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που υπάρχει ήδη στην ατμόσφαιρα και δεν εκπέμπει επιπλέον CO₂, όπως συμβαίνει κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένας ρυπαντής που ευθύνεται πρωτίστως για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

Γιαννόπουλος Ανδρέας, Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί. Οδηγός Επίλυσης Ασκήσεων Πράξης, Εκδοτικός Όμιλος ΙΩΝ, 2011

Palmer D., Principles and Fundamentals of Biomass Boiler System Design, Carbon Trust

Sebastian Teir, Antto Kulla, Steam/Water Circulation Design, Steam Boiler Technology eBook, Espoo 2002

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<http://www.alten.gr/pellets.html>

<http://www.biomassenergycentre.org.uk/>

http://prasinienergeiaoikonomia.blogspot.com/2011/03/pellet_17.html

<http://www.proodosboilers.com/>