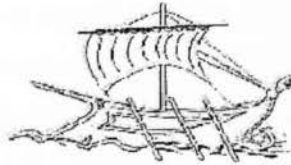


ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΑΘΗΜΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

ΜΗΧ
652



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑ



Σπουδαστές:

Παππά Ευφροσύνη

Χρυσανθακόπουλος Σοφοκλής Δημήτριος

ΑΜ: 37672

ΑΜ: 36990

Υπεύθυνος Καθηγητής:

Νικολόπουλος Νικόλαος

Ακαδημαϊκό Έτος 2011-2012

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | 6 |
| ΚΑΥΣΙΜΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ..... | 7 |
| Κεφάλαιο 1 ^ο : ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 7 |
| 1.1. Σύνομη ιστορία της χρήσης αερίων καυσίμων | 7 |
| 1.2. Προέλευση των αερίων καυσίμων | 7 |
| - Πυρόλυση (Pyrolysis) άνθρακα | 7 |
| - Απαερίωση (Gasification) του άνθρακα | 7 |
| - Αέριο διάσπασης..... | 8 |
| - Υγραέρια..... | 8 |
| - Φυσικό αέριο..... | 8 |
| 1.3 Χημική σύσταση του Φυσικού Αερίου | 9 |
| 1.4 Θερμογόνος Δύναμη και τιμή του Φυσικού Αερίου | 10 |
| 1.5 Εκπομπές ρύπων κατά την καύση φυσικού αερίου | 11 |
| - Θείο και οξείδια του θείου | 11 |
| - Οξείδια του αζώτου..... | 11 |
| - Οξείδια του άνθρακα..... | 11 |
| - Σκόνη και σχηματισμός αιθάλης..... | 11 |
| 1.6. Διάκριση πιέσεων ανάλογα με τη χρήση | 12 |
| 1.7. Η μεταφορά φυσικού αερίου | 12 |
| 1.7.1. Το ευρωπαϊκό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου | 13 |
| 1.7.2. Γενικά για το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου | 13 |
| • Κεντρικός αγωγός και κλάδοι μεταφοράς | 13 |
| • Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης..... | 14 |
| 1.7.9. Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου | 15 |
| 1.7.12. Γενικά για το δίκτυο φυσικού αερίου στις πόλεις..... | 16 |
| 1.7.13. Το δίκτυο φυσικού αερίου στον νομό Αττικής..... | 16 |
| - Ιστορική αναδρομή. | 16 |
| - Η κατάσταση του δικτύου σήμερα στο νομό Αττικής. | 16 |
| - Η διάταξη του δικτύου στο νομό Αττικής. | 16 |
| - Διάταξη τυπικής παροχής αερίου..... | 18 |
| 1.8. Παραγωγή και Κατανάλωση Φυσικού Αερίου στην Ευρώπη..... | 19 |
| 1.9. Διαγράμματα Παραγωγής και Κατανάλωσης Φυσικού Αερίου Στον Ευρωπαϊκό Νότο. | 20 |
| Κεφάλαιο 2 ^ο : Η ΒΙΟΜΑΖΑ..... | 25 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1. | Ορισμός και είδη βιομάζας..... | 25 |
| 2.2. | Η χημική σύσταση της βιομάζας..... | 25 |
| 2.3. | Βασικά χαρακτηριστικά της βιομάζας..... | 26 |
| 2.3.1 | Περιεκτικότητα σε υγρασία..... | 26 |
| 2.3.2. | Περιεκτικότητα σε τέφρα..... | 28 |
| 2.3.3. | Θερμογόνος δύναμη βιομάζας..... | 29 |
| 2.3.4. | Στοιχειακή Ανάλυση..... | 29 |
| 2.4. | Εκπομπές ρύπων από την καύση pellets..... | 31 |
| 2.4.1. | Το ζήτημα των εκπομπών αέριων ρύπων από την καύση pellets..... | 31 |
| 2.5. | Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας..... | 33 |
| 2.6. | Τύποι βιομάζας..... | 35 |
| 2.6.1. | Ενεργειακές καλλιέργειες..... | 35 |
| 2.6.2. | Υπολειμματικές μορφές βιομάζας..... | 46 |
| 2.7. | Κύκλος ζωής βιομάζας και ταξινόμηση βιομάζας..... | 47 |
| 2.8. | Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της βιομάζας..... | 49 |
| 2.9. | Διεργασίες συγκομιδής..... | 49 |
| 2.10. | Μείωση μεγέθους βιομάζας..... | 50 |
| 2.11. | Συμπύκνωση βιομάζας..... | 53 |
| 2.12. | Δεματοποίηση..... | 53 |
| 2.13. | Αποθήκευση βιομάζας..... | 54 |
| 2.14. | Διακίνηση και Μεταφορά..... | 54 |
| 2.15. | Παραγωγή Βιομάζας στην Ευρώπη..... | 57 |
| 2.16. | Διαγράμματα Παραγωγής Βιομάζας στον Ευρωπαϊκό Νότο..... | 58 |
| 2.17. | Ορισμός πέλλετ..... | 61 |
| 2.17.1. | Γενικά για τα πέλλετ..... | 61 |
| 2.17.2. | Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των πελλετών..... | 61 |
| 2.18. | Γενικά για τις μπρικέτες..... | 62 |
| 2.19. | Διαδικασία παραγωγής..... | 62 |
| 2.19.1. | Πρώτες ύλες..... | 62 |
| 2.19.2. | Διαδικασία της πελλετοποίησης..... | 63 |
| 2.19.3 | Στάδια παραγωγής πέλλετ βιομάζας..... | 64 |
| 2.19.4. | Προεπεξεργασία της βιομάζας..... | 64 |
| 2.19.5 | Παραγωγή πελλετών (συσσωματωμάτων)..... | 65 |
| 2.19 | Προδιαγραφές και πρότυπα ποιότητας των πέλλετς βιομάζας..... | 66 |

| | | |
|---|---|-----|
| 2.20 | Διαγράμματα παραγωγής και κατανάλωσης pellet στην Ευρώπη | 70 |
| Κεφάλαιο 3 ^ο : ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | | 71 |
| 3.1. | Γενικά για το πετρέλαιο | 71 |
| 3.2. | Φυσικές Ιδιότητες | 71 |
| 3.3. | Εκπομπές ρύπων κατά την καύση πετρελαίου..... | 71 |
| 3.4. | Μορφή - Χημική σύσταση | 72 |
| 3.5. | Σύνθεση Πετρελαίου | 73 |
| 3.6. | Προέλευση πετρελαίου | 73 |
| 3.7. | Έρευνα και εξόρυξη πετρελαίου..... | 73 |
| 3.8. | Σύγχρονοι μέθοδοι εξόρυξης πετρελαίου | 74 |
| 3.9. | Δύλιση του πετρελαίου | 75 |
| 3.10. | Στάδια διαχωρισμού | 76 |
| 3.11. | Δίκτυο μεταφοράς πετρελαίου | 78 |
| 3.12. | Παραγωγή και Κατανάλωση Πετρελαίου στον Ευρώπη | 78 |
| 3.13. | Διαγράμματα Παραγωγής και Κατανάλωσης Πετρελαίου στον Ευρωπαϊκό Νότο..... | 80 |
| ΛΕΒΗΤΕΣ-ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ-ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ..... | | 87 |
| Κεφάλαιο 4 ^ο : ΔΙΑΤΑΞΗ ΛΕΒΗΤΑ-ΚΑΥΣΤΗΡΑ-ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ..... | | 87 |
| 4.1. | Περιγραφή Διάταξης Λέβητα- Καυστήρα-Καπνοδοχού | 87 |
| 4.2. | Απώλειες και Αποδόσεις της Διάταξης Λέβητα-Καυστήρα-Καπνοδόχου | 88 |
| Κεφάλαιο 5 ^ο : Ο ΛΕΒΗΤΑΣ | | 89 |
| 5.1. | Ορισμός, Συνοπτικές βασικές λειτουργίες | 89 |
| 5.2. | Βασικά Μέρη, Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας | 89 |
| 5.3. | Γενικά Χαρακτηριστικά και προσδιοριστικά στοιχεία των λεβήτων..... | 90 |
| 5.4. | Λειτουργία του Λέβητα..... | 91 |
| 5.5. | Κατάταξη λεβήτων και ιδιότητες..... | 92 |
| 5.5.1. | Χυτοσίδηροι Λέβητες..... | 93 |
| 5.5.2. | Χαλύβδινοι Λέβητες..... | 95 |
| 5.5.3. | Λέβητες στερεών καυσίμων | 97 |
| 5.5.4. | Λέβητες υγρών καυσίμων..... | 106 |
| 5.5.5. | Λέβητες αέριων καυσίμων | 108 |
| 5.5.6. | Λέβητες χαμηλής πίεσεως..... | 111 |
| 5.5.7. | Λέβητες μέσης και υψηλής πίεσεως | 111 |
| 5.6. | Μέτρηση Απόδοσης Λέβητα..... | 111 |
| 5.7. | Βαθμός Απόδοσης Λεβήτων | 111 |

| | |
|---|-----|
| 5.8. Υπολογισμός – Εκλογή Λέβητα | 112 |
| Κεφάλαιο 6 ^ο : Ο ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ..... | 114 |
| 6.1. Βασικός Ορισμός Καυστήρα | 114 |
| 6.2. Εξαρτήματα Καυστήρων Πετρελαίου | 114 |
| 6.3. Κατηγορίες Καυστήρων | 119 |
| 6.3.1. Καυστήρες Στερεών Καυστήρων | 119 |
| 6.3.2. Καυστήρες Υγρών Καυστήρων..... | 121 |
| 6.3.3. Καυστήρες Αέριων Καυσίμων..... | 125 |
| 6.4. Εκλογή Καυστήρα | 133 |
| Κεφάλαιο 7 ^ο : Υπολογιστικό Μέρος..... | 134 |
| 7.1. Ενεργειακές απαιτήσεις..... | 134 |
| 7.2. Υπολογισμός παροχής καυσίμου – Επιλογή λεβήτων..... | 134 |
| 7.3. Υπολογισμός κόστους καυσίμων..... | 138 |
| 7.4. Εκπομπές ρύπων..... | 141 |
| 7.5. Κόστος επένδυσης | 142 |
| 7.6. Απόσβεση επένδυσης – Χρόνος Αποπληρωμής..... | 142 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ..... | 144 |
| Παράρτημα 1 - ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 144 |
| 1.6.3. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Βορείου Ελλάδος | 144 |
| 1.6.4. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Κεντρικής Ελλάδος..... | 144 |
| 1.6.5. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Ανατολικής Ελλάδος | 145 |
| 1.6.6. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Νοτίου Ελλάδος | 145 |
| 1.6.7. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου | 146 |
| 1.6.8. Σταθμοί Μέτρησης-Ρύθμισης..... | 146 |
| 1.6.10. Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου Ρεβυθούσας | 148 |
| 1.6.11. Σύστημα Τηλελέγχου και Τηλεπικοινωνιών | 149 |
| ΠΗΓΕΣ | 150 |
| ❖ Βιβλιογραφία | 150 |
| ❖ Ιστότοποι..... | 150 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε τόσο θεωρητική διερεύνηση για την αντικατάσταση ενός τυπικού λέβητα πετρελαίου με έναν αντίστοιχο που λειτουργεί με φυσικό αέριο και έπειτα με βιομάζα. Ακόμη έγινε μελέτη αντικατάστασης του συστήματος θέρμανσης 5όροφου κτιρίου που λειτουργούσε με πετρέλαιο με αντίστοιχο που θα χρησιμοποιεί φυσικό αέριο σαν καύσιμο και ύστερα βιομάζα και ειδικότερα pellet. Η διπλωματική είναι χωρισμένη σε 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος αναλύονται τα καύσιμα φυσικό αέριο, βιομάζα και πετρέλαιο με τις βασικές ιδιότητες, τη σύνθεση, τον τρόπο μεταφοράς, τους εκπεμπόμενους ρύπους κατά την καύση, και χαρακτηριστικά διαγράμματα της παραγωγής και κατανάλωσής τους στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στον Ευρωπαϊκό Νότο. Ειδικά για την βιομάζα παρουσιάζεται η στοιχειακή της ανάλυση, γίνεται διάκριση να ανάλυση των ειδών βιομάζας και παρουσιάζονται ξεχωριστά. Ακόμη, καταγράφεται η κύκλος ζωής της βιομάζας και τα στάδια παραγωγής αυτών, καθώς και η διαδικασία παραγωγής των pellets. Στο δεύτερο μέρος γίνεται περιγραφή της διάταξης λέβητα-καυστήρα-καπνοδόχου. Στην πορεία εξετάζουμε τα βασικά μέρη του λέβητα με τα εξαρτήματα που τον απαρτίζουν, γίνεται κατάταξη των ειδών των λεβήτων με έμφαση στο διαχωρισμό τους σε λέβητες πετρελαίου, λέβητες στερεών και αέριων καυσίμων. Ομοίως για τους καυστήρες. Τέλος στο τρίτο μέρος της διπλωματικής πραγματοποιήσαμε οικονομοτεχνική μελέτη ενός υφιστάμενου 5όροφου κτιρίου και υπολογίσαμε: τις ενεργειακές απαιτήσεις. Βάσει αυτών έγινε επιλογή 3 λεβήτων με τα αντίστοιχα καύσιμα λειτουργίας που προαναφέραμε, υπολογίσαμε το ετήσιο κόστος του κάθε καυσίμου, το κόστος αγοράς των λεβήτων και τα εξαρτήματα που περιλαμβάνουν και έγινε υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης στις 3 περιπτώσεις.

ΚΑΥΣΙΜΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Κεφάλαιο 1^ο : ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

1.1. Σύντομη ιστορία της χρήσης αερίων καυσίμων

Η εκτεταμένη κατανάλωση αερίων καυσίμων άρχισε με την ανάπτυξη της χαλυβουργίας, η οποία για την αναγωγή του σιδηρομεταλλεύματος χρειαζόνταν μεγάλες ποσότητες κωκ. Το κωκ παράγεται από την απαερίωση των γαιανθράκων. Όταν οι παραγόμενες ποσότητες δεν μπορούσαν να καταναλώνονται στην ίδια την χαλυβουργία, άρχισαν να διανέμονται αρχικά σε τοπικά δίκτυα και στη συνέχεια σε ευρύτερα δίκτυα. Η αυξημένη ζήτηση οδήγησε στην παραγωγή αερίου καυσίμου μέσω της εξαερίωσης άνθρακα. Στα τέλη της δεκαετίας του 50 αρχίζει η διανομή αερίων παραγομένων από κλάσματα του πετρελαίου, ενώ μετά το 1960 άρχισε στην Ευρώπη (όπως ήδη στις ΗΠΑ) η διανομή φυσικού αερίου.

Τα αέρια που παράγονταν με απαερίωση και εξαερίωση και μεταφέρονταν σε μεγάλες αποστάσεις για να καταναλωθούν ονομάζονταν Ferngas (γερμανικά) ή Grid Gas (αγγλικά), όρο που θα μπορούσαμε να μεταφράσουμε στα ελληνικά ως τηλεαέριο. Τα αέρια που παράγονταν κοντά στις πόλεις σε εργοστάσια κυρίως από υδρογονάνθρακες και άνθρακα ενώ ονομάζονταν αέριο πόλης Stadtgas (γερμανικά) ή Town Gas (αγγλικά) και τα ονομάζουμε αέριο της πόλης ή φωταέριο. Σήμερα η διανομή του φυσικού αερίου μέσω δικτύων διεθνώς συνδεδεμένων τείνει να επικρατήσει πλήρως.

1.2. Προέλευση των αερίων καυσίμων

- Πυρόλυση (Pyrolysis) άνθρακα

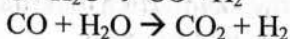
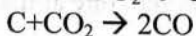
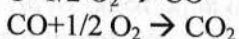
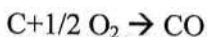
Η πυρόλυση (pyrolysis) του άνθρακα γίνεται με θέρμανση γαιανθράκων σε συνθήκες έλλειψης αέρα (0% συγκέντρωση O_2). Σε κωκέρειες θερμοκρασίες περί τους $900^{\circ}C$ η μάζα του άνθρακα διασπάται σχηματίζοντας κωκ και πτητικές ουσίες σε κατάσταση αέρα ή ατμού, όπως πίσσες, βενζολικοί και λοιποί υδρογονάνθρακες καθώς και το πρωτογενές αέριο κωκέρειας. Αφού αφαιρεθούν από το αέριο η σκόνη, οι πίσσες, οι ενώσεις του θείου, η αμμωνία, οι υδρατμοί και ορισμένοι υδρογονάνθρακες, το αέριο συμπιέζεται σε πίεση περίπου 8 bar και δίνεται στη δημόσια διανομή. Το αέριο κωκέρειας περιέχει κυρίως υδρογόνο (50-60% κατ' όγκο) και μεθάνιο (20-25% κατ' όγκο). Παλαιότερα χρησιμοποιείτο λιγνίτης προς πυρόλυση σε θερμοκρασίες $600-700^{\circ}C$ με σκοπό τη παραγωγή αερίου για διανομή σε πόλεις (φωταέριο). Μετά το 1945 η πυρόλυση χαμηλής θερμοκρασίας εγκαταλείφθηκε.

- Απαερίωση (Gasification) του άνθρακα

Ως απαερίωση του εννοείται η μετατροπή λιθανθράκων και λιγνιτών σε μίγματα, τα οποία περιέχουν υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα και σε ορισμένες διεργασίες μεθάνιο. Αν η απαερίωση γίνεται με αέρα, παράγεται ένα αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο του άνθρακα, γνωστό ως αεριογόνο αέριο. Αν στην αντίδραση προστεθεί υδρατμός, τότε παράγεται επιπλέον υδρογόνο, και το προϊόν μίγμα αερίων είναι γνωστό ως υδραέριο. Αν αντί για αέρα χρησιμοποιηθούν καθαρό οξυγόνο και υδρατμός τότε παράγεται ένα μίγμα αερίων χωρίς άζωτο, αποτελούμενο σχεδόν

αποκλειστικά από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, γνωστό ως αέριο σύνθεσης, το οποίο είναι πρώτη ύλη σε χημικές διεργασίες.

Οι κύριες χημικές αντιδράσεις, οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά την απαερίωση του άνθρακα είναι:



- Αέριο διάσπασης

Με τη διάσπαση υγρών υδρογονανθράκων μέσω υδρατμού παράγεται αέριο διανομής πλούσιο σε υδρογόνο (55-60% κ. ο.) και μεθάνιο (20-25% κ. ο.). Η μέθοδος σχεδόν εγκαταλείφθηκε σήμερα λόγω υψηλής τιμής των πρώτων υλών.

- Υγραέρια

Τα υγραέρια γνωστά ως LPG (Liquified Petroleum Gas), είναι το προπάνιο, το βουτάνιο και τα μίγματά τους. Λαμβάνονται από τις γεωτρήσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και από τα διυλιστήρια ως παραπροϊόντα.

Αποθηκεύονται και μεταφέρονται σε υγρή κατάσταση, ενώ εξαεριώνονται πριν τη χρήση. Αποθηκεύονται σε μεγάλα δοχεία χωρίς πίεση υπό χαμηλές θερμοκρασίες (το προπάνιο στους -42 °C και το βουτάνιο στους -10 °C), ενώ σε μικρότερες ποσότητες σε δοχεία πίεσης στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο μέχρι τελευταία θεωρείτο ότι είναι οργανικής προέλευσης. Σήμερα υποστηρίζεται ότι μέρος των αποθεμάτων φυσικού αερίου και μάλιστα το μεγαλύτερο δεν έχει προκύψει από βιολογικές διεργασίες. Για την οργανική προέλευση του φυσικού αερίου υπάρχει συμφωνία για την ύπαρξη δυο διαδικασιών δημιουργίας του.

Ένα μέρος των αποθεμάτων φυσικού αερίου δημιουργήθηκε μαζί με το πετρέλαιο. Η πρώτη ύλη ήταν τα νεκρά υπολείμματα πλαγκτόν και αλγών σε αβαθείς αρχέγονες θάλασσες, τα οποία υπέστησαν ζύμωση στους πυθμένες των θαλασσών. Στη συνέχεια καλύφθηκαν από ανόργανα ιζήματα και μετατράπηκαν μέσω καταλυτικών διεργασιών σε άσφαλτο. Με την αυξανόμενη βύθιση του πυθμένα της θάλασσας, η οποία συνδεόταν με την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας, σχηματίστηκαν από την άσφαλτο υγροί και αέριοι

υδρογονάνθρακες. Το φυσικό αέριο αυτής της προέλευσης εμφανίζεται στις πλούσιες σε υδρογονάνθρακες λεκάνες της γης, δηλαδή κάτω από τη Βόρεια Θάλασσα και τον Περσικό κόλπο.

Ένα άλλο μέρος των αποθεμάτων φυσικού αερίου δημιουργήθηκε μαζί με τους άνθρακες. Ανώτεροι φυτικοί οργανισμοί, από παλαιότερες γεωλογικές περιόδους κυρίως την εποχή του άνθρακα, μετά από απότομη βύθιση του εδάφους βρέθηκαν σε βαθύτερα στρώματα της γης. Αυτή η φυτική ύλη μέσω της διεργασίας ενανθράκωσης μετατράπηκε κατά σειρά σε τύρφη, λιγνίτη, λιθάνθρακα και ανθρακίτη. Κατά τη διάρκεια της ενανθράκωσης σχηματίστηκαν σε μεγάλες ποσότητες αέρια προϊόντα διάσπασης, κυρίως μεθάνιο. Το φυσικό αέριο αυτής της προέλευσης εμφανίζεται στην Ολλανδία και στο νότιο της Βόρειας θάλασσας.

Μια νεώτερη θεωρία υποστηρίζει ότι το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων φυσικού αερίου προέρχεται από την πρωταρχική ύλη του ηλιακού συστήματος. Έτσι μέσα στο εσωτερικό της γης είναι αποθηκευμένες τεράστιες ποσότητες φυσικού αερίου και μια απόδειξη αυτού είναι ότι κατά τις εκρήξεις ηφαιστείων και τους σεισμούς παρατηρούνται έντονες εκλύσεις αερίων. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία θα πρέπει σε μεγάλα βάθη να υπάρχουν πρακτικά παντού τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου. Ενδείξεις για την ορθότητα της θεωρίας έδωσαν γεωτρήσεις στις ΗΠΑ σε βάθη 4,5-9 km και στη χερσόνησο Κόλα κοντά στο Μουρμάνσκ της Ρωσίας σε βάθη 12 km.

1.3 Χημική σύσταση του Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο είναι μείγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄) και ανήκει στη 2^η Οικογένεια των αερίων καυσίμων.

Στην 1^η Οικογένεια ανήκουν τα βιομηχανικά αέρια (ιδιαίτερα τοξικά), που παρασκευάζονται με πυρόλυση ή απόσταξη προϊόντων άνθρακα και με αποικοδόμηση και σχάση προϊόντων πετρελαίου ή φυσικών αερίων.

Στην 3^η Οικογένεια ανήκουν το υγραέριο (LPG), που παράγεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου, ενώ βρίσκεται και σε ορισμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου, από το οποίο διαχωρίζεται.

Μια 4^η Οικογένεια τείνουν να αποτελέσουν τα μείγματα υγραερίων με αέρα. Το φυσικό αέριο αποτελεί το κατεξοχήν φυσικό προϊόν από τα αέρια καύσιμα.

Για τα αέρια έχει οριστεί μια κατάσταση αναφοράς που καλείται “κανονική” κατάσταση (και στην οποία ανάγονται οι όγκοι τους) και η οποία είναι 0 °C για τη θερμοκρασία και 1,01325 bar για την πίεση. Ο όγκος ενός κυβικού μέτρου αερίου σε κανονική κατάσταση αποτελεί ένα “κανονικό κυβικό μέτρο” αερίου (1Nm³).

Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα 0,55kg/m³. Σε περίπτωση διαρροής, διαχέεται και διαφεύγει άμεσα προς την ατμόσφαιρα (σε αντίθεση με το υγραέριο που είναι βαρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα 1,8 kg/m³, και σε περίπτωση διαφυγής συγκεντρώνεται χαμηλά).

Το φυσικό αέριο είναι άοσμο, αλλά κατά τη μεταφορά του προστίθεται μια ειδική ουσία με χαρακτηριστική οσμή ώστε να ανιχνεύεται σε περίπτωση διαφυγής.

Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου είναι 4,5% - 15%. Δηλαδή, η καύση δεν μπορεί να συντηρηθεί εάν η περιεκτικότητα του αέρα σε φυσικό αέριο είναι εκτός αυτών των ορίων.

Λόγω της σύστασής του κατά την καύση του έχει τη χαμηλότερη εκπομπή ρύπων από όλα τα συμβατικά καύσιμα. Επίσης, δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα συνεπώς δεν είναι τοξικό.

Η σύσταση του φυσικού αερίου διαφέρει ανάλογα με την πηγή προέλευσής του.

| ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ | ΡΩΣΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | ΑΛΓΕΡΙΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ |
|--|---------------------|-----------------------|
| Περιεκτικότητα (% κ.ο.) σε : | | |
| Μεθάνιο (C1) | 98 | 91,2 |
| Αιθάνιο (C2) | 0,6 | 6,5 |
| Προπάνιο (C3) | 0,2 | 1,1 |
| Βουτάνιο (C4) | 0,2 | 0,2 |
| Πεντάνιο (C5) | 0,1 | - |
| Αζωτο (N2) | 0,8 | 1,0 |
| Διοξείδιο του άνθρακα (CO2) | 0,1 | - |
| Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη kcal/Nm ³ | 8,600 - 9,200 | 9,640 - 10,650 |

Πίνακας 1.α.

Πηγή: Τμήμα Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης, Φυσικό αέριο και περιβάλλον στην ελληνική επικράτεια

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η σύνθεση του ελληνικού φυσικού αερίου με τις μεταβολές που υφίσταται.

| ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ | ΡΩΣΙΚΟ Φ.Α. | | ΑΛΓΕΡΙΝΟ Φ.Α. | |
|---|-------------|-------|---------------|--------|
| | Min % | Max % | Min % | Max % |
| Μεθάνιο CH ₄ | 85 | - | 85,61 | 96,61 |
| Αιθάνιο C ₂ H ₆ | - | 7 | 3,21 | 8,55 |
| Προπάνιο C ₂ H ₈ | - | 3 | - | 3,01 |
| Βουτάνιο C ₄ H ₁₀ | - | 2 | - | 0,7 |
| Ισοβουτάνιο i- C ₄ H ₁₀ | - | - | - | 0,52 |
| Πεντάνιο C ₅ H ₁₂ | - | 1 | - | 0,23 |
| Διοξ. Άνθρακα CO ₂ | - | 3 | - | - |
| Άζωτο N ₂ | - | 5 | 0,18 | 1,24 |
| Οξυγόνο O ₂ | - | 0,02 | - | - |
| Υδρόθειο H ₂ S mg/m ³ | - | 5 | - | 0.83 |
| Ολικό θείο S mg/m ³ | - | 60 | - | 30 |
| AΘΔ(max)-ΚΘΔ(min) kcal/m ³ | 9.230 | 9.875 | 9.600 | 10.832 |

Πίνακας 1.β.

Πηγή: Τμήμα Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης, Φυσικό αέριο και περιβάλλον στην ελληνική επικράτεια

1.4 Θερμογόνος Δύναμη και τιμή του Φυσικού Αερίου

Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη (ΑΘΔ) ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 Nm³ φυσικού αερίου όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση.

Η τιμή της ΑΘΔ δεν είναι σταθερή καθώς εξαρτάται από τη σύσταση του φυσικού αερίου και υπολογίζεται κάθε μήνα από τη ΔΕΠΑ σύμφωνα με μετρήσεις που γίνονται στους σταθμούς παραλαβής του φυσικού αερίου. Μια μέση τιμή ΑΘΔ είναι 11,2 kWh/Nm³.

Αντίστοιχα ως Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη (ΚΘΔ) ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 Nm³ φυσικού αερίου όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση δηλαδή σε μορφή υδρατμών (οπότε έχει απορροφήσει ενέργεια) και είναι χαμηλότερη περίπου 10% από τη ΑΘΔ. Μια μέση τιμή ΚΘΔ είναι 10,4 kWh/Nm³.

Η τιμή του φυσικού αερίου ακολουθεί τις διακυμάνσεις της τιμής του πετρελαίου. Βεβαία τα επίπεδα της τιμής του φυσικού αερίου είναι μικρότερα κατά 20% από αυτά του πετρελαίου. Έτσι ένας οικιακός καταναλωτής πληρώνει για φυσικό αέριο περίπου 0,075 €/ kWh. Παρακάτω φαίνεται αναλυτικά το τιμολόγιο των οικιακών καταναλωτών.

| | |
|--------------------------------|---------|
| Χρέωση ισχύος €/60 ημέρες | |
| έως 5m ³ /ώρα | 6,33 |
| έως 40m ³ /ώρα | 11,38 |
| έως 60m ³ /ώρα | 20,23 |
| πάνω από 60m ³ /ώρα | 32,86 |
| Χρέωση ενέργειας €/kWh | |
| Οκτώβριος 2011 | 0,07182 |

| | |
|------------------|---------|
| Νοέμβριος 2011 | 0,07188 |
| Δεκέμβριος 2011 | 0,07627 |
| Ιανουάριος 2012 | 0,07822 |
| Φεβρουάριος 2012 | 0,07684 |

Πίνακας 1.γ.

Πηγή: Εταιρεία Παροχής Φυσικού Αερίου

1.5 Εκπομπές ρύπων κατά την καύση φυσικού αερίου

- Θείο και οξειδία του θείου

Το θείο υπάρχει στο αέριο σε οργανική μορφή και σε πολύ μικρότερες ποσότητες από τα άλλα καύσιμα. Από το θείο κατά την καύση σχηματίζεται το διοξείδιο του θείου (SO_2), από το οποίο μια μικρότερη ποσότητα κατά τη διάρκεια της διεργασίας καύσης μετατρέπεται σε τριοξείδιο του θείου (SO_3). Το αρνητικό είναι ότι αυτό με τους υδρατμούς των καυσαερίων σχηματίζει θειικό οξύ (H_2SO_4) και αυξάνει το σημείο δρόσου των προϊόντων της καύσης, γεγονός που οδηγεί σε φθορές από διάβρωση. Επειδή η αποθείωση των καυσαερίων έχει υψηλό κόστος, επιδιώκεται η όσο το δυνατόν καλύτερη αποθείωση του φυσικού αερίου πριν από την διοχέτευση του στον καταναλωτή.

Το υδρόθειο H_2S , που περιέχεται σε μικρές ποσότητες στο φυσικό αέριο είναι τοξικό αέριο. Δηλητηρίαση σε ατμόσφαιρα περιεκτικότητας 7000 mg/m^3 οδηγεί σε θάνατο από παράλυση του αναπνευστικού συστήματος. Ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις είναι δυνατή η πρόκληση μόνιμων βλαβών των αναπνευστικών οργάνων, του κυκλοφοριακού και του κεντρικού νευρικού συστήματος.

- Οξειδία του αζώτου

Η δημιουργία οξειδίων του αζώτου ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες σε αντίστοιχες ζώνες φλόγας και από το χρόνο παραμονής του αερίου σε αυτές, ο οποίος συνήθως είναι κλάσματα του δευτερολέπτου, ενώ κατάσταση ισορροπίας για μεγάλη παραγωγή οξειδίου είναι της τάξης του ενός δευτερολέπτου.

- Οξειδία του άνθρακα

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παράγεται κατά την καύση σε πρώτο στάδιο και ακολουθεί η παραπέρα οξείδωση και μετατροπή του σε διοξείδιο του άνθρακα CO_2 . Αυτή η διεργασία εξελίσσεται σε ότι αφορά τη κινητική της χημικής αντίδρασης σχετικά αργά. Σε περίπτωση ταχείας πτώσης της θερμοκρασίας των προϊόντων καύσης, μπορεί η διεργασία παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα να διακοπεί με αποτέλεσμα τη παραμονή του μονοξειδίου του άνθρακα στα καυσαέρια, έστω και αν από θερμοδυναμικής σκοπιάς με την προβλεπόμενη περίσσια αέρα δεν θα έπρεπε να προκύπτει μονοξείδιο. Εδώ προκύπτει και η αντίθεση, ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες καύσης και καυσαερίων μειώνονται τα οξειδία του αζώτου αλλά αυξάνεται η παραγωγή μονοξειδίου. Ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες αυξάνονται τα οξειδία του αζώτου και μειώνεται το μονοξείδιο του άνθρακα.

- Σκόνη και σχηματισμός αιθάλης

Σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων καύσης φυσικού αερίου δεν προκύπτουν σημαντικές εκπομπές στερεών σωματιδίων, δηλαδή αιθάλης. Τα σωματίδια είναι πολύ μικρών διαστάσεων και γίνονται ορατά, όπου σχηματιστούν συσσωματώσεις κυρίως υπό την επίδραση της υγρασίας. Γενικά το φυσικό αέριο περιέχει αμελητέες ποσότητες στερεών σωματιδίων. Τέλος για να έχουμε τη παραγωγή αιθάλης θα πρέπει κατά τη καύση να επικρατούν συνθήκες μειωμένης ποσότητας αέρα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι εκπομπές ρύπων κατά την καύση φυσικού αερίου.

| Ρύπος | Εκπεμπόμενοι ρύποι σε gr/kWh παραγόμενης ενέργειας (πλήν σκόνης: gr/Nm ³) |
|-----------------|---|
| CO ₂ | 2,599 |
| SO ₂ | 1,805 |
| CO | 0,054 - 0,072 |
| NO _x | 0,18 - 0,361 |
| TOC | 0 - 0,007 |
| Σκόνη | 0 |

Πίνακας 1.δ.

Πηγή: PelletAtlas Handbook

1.6. Διάκριση πιέσεων ανάλογα με τη χρήση

Ανάλογα με τη χρήση που προορίζεται το φυσικό αέριο το συναντάμε και σε διαφορετική πίεση (υψηλή, μέση και χαμηλή).

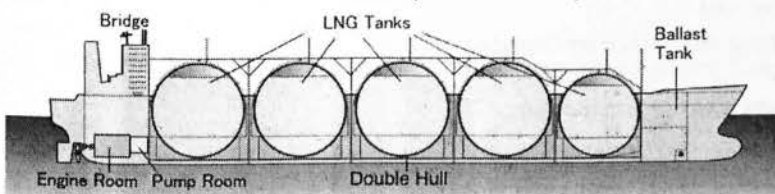
1. Ως χαμηλή πίεση θεωρούμε τη πίεση από 23mbar έως 4bar και είναι η πίεση που συναντάμε σε οικιακούς καταναλωτές και άλλους μικρούς καταναλωτές.
2. Ως μέση πίεση θεωρούμε τη πίεση από 4 bar έως 19 bar και είναι η πίεση όπου γίνεται η μεταφορά του αερίου σε αγωγούς του δικτύου μιας πόλης ή για απευθείας κατανάλωση από μεγάλους καταναλωτές όπως βιομηχανίες και νοσοκομεία.
3. Ως υψηλή πίεση θεωρούμε τη πίεση πάνω από 19 bar και αφορά τη μεταφορά του φυσικού αερίου σε εθνικό δίκτυο μεταφοράς.

1.7. Η μεταφορά φυσικού αερίου

Οι εξελιγμένες τεχνολογίες επιτρέπουν σήμερα όχι μόνο διεθνή αλλά και διηπειρωτική μεταφορά φυσικού αερίου. Η μεταφορά μπορεί να γίνει σε αποστάσεις χιλιάδων χιλιομέτρων είτε με δίκτυα αγωγών θαμμένων ή και υποθαλάσσιων, είτε με τάνκερ σε υγροποιημένη μορφή (L.N.G= liquefied natural gas). Το 1993, το 24% του φυσικού αερίου μεταφέρθηκε σε υγρή μορφή. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση στους -162 °C.



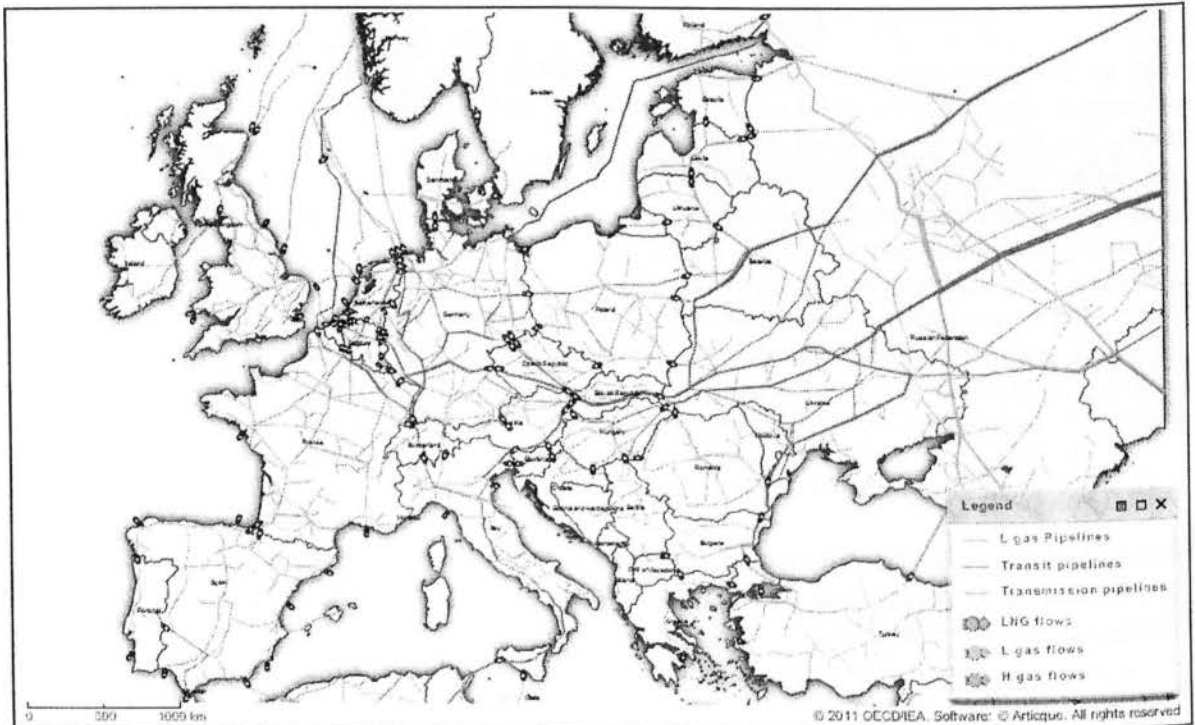
LNG tanker (side view)



Σχήμα 1.α

1.7.1. Το ευρωπαϊκό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου

Από τη δεκαετία του 60 άρχισε να αναπτύσσεται ένα πυκνό διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου, το οποίο έχει ξεπεράσει τις 700.000 km. Το συνδεδεμένο δίκτυο καθιστά δυνατή την εκμετάλλευση των πλέον διαφορετικών πηγών παραγωγής, τη διαφοροποίηση των οδών προμήθειας και τις διεθνείς ανταλλαγές σε περιόδους στενότητας διάθεσης. Συνδέει ακόμη και πηγές της ευρωπαϊκής ενδοχώρας, όπως π.χ. πηγές στη Β. Θάλασσα, στη Β. Αφρική και στη Σιβηρία. Εκτός της μεταφοράς μέσω αγωγών, το φυσικό αέριο μεταφέρεται υγροποιημένο με τάνκερ σε ειδικούς τερματικούς σταθμούς, όπου βρίσκονται εγκαταστάσεις αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου, το οποίο στη συνέχεια εξαεριώνεται και προσάγεται στο δίκτυο.



Σχήμα 1.β. Το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφοράς Φ.Α.

1.7.2. Γενικά για το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου

Το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου μεταφέρει φυσικό αέριο από τα ελληνο-βουλγαρικά και ελληνοτουρκικά σύνορα, καθώς και από τον τερματικό σταθμό υγροποιημένου φυσικού αερίου, ο οποίος βρίσκεται εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα του κόλπου Μεγάρων, σε καταναλωτές εγκατεστημένους στην ηπειρωτική Ελλάδα. Το σύστημα αποτελείται από:

1. Τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς αερίου και τους κλάδους αυτού,
2. Τους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου,
3. Το Σταθμό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (Υ.Φ.Α) Ρεβυθούσας,
4. Τους Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς σταθμούς φυσικού αερίου,
5. Τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου,
6. Τα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδος, Βορείου Ελλάδος, Κεντρικής Ελλάδος και Νοτίου Ελλάδος, καθώς επίσης και
7. Το σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών.

- **Κεντρικός αγωγός και κλάδοι μεταφοράς**

Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς, συνολικού μήκους 512 χλμ. και πίεσης σχεδιασμού 70 bar, εκτείνεται από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) έως την Αττική. Από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς ξεκινούν κλάδοι μεταφοράς φυσικού αερίου μήκους 706 χλμ.,

με σκοπό την τροφοδοσία με φυσικό αέριο των περιοχών της ανατολικής Μακεδονίας, της Θράκης, της Θεσσαλονίκης, του Πλατέος, του Βόλου, των Τρικάλων, των Οινόφυτων, της Κορίνθου, της Θίβης και της Αττικής.

Κατά μήκος του κεντρικού αγωγού και των κλάδων είναι εγκατεστημένοι:

1. Σταθμοί βαλβιδοστασιών για την τμηματική απομόνωση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης ή προγραμματισμένης συντήρησης,
2. Σταθμοί ξεστροπαγίδων για την αποστολή και παραλαβή συσκευών καθαρισμού (ξέστρων) ή συσκευών εσωτερικής επιθεώρησης του αγωγού,
3. Σύστημα καθοδικής προστασίας του αγωγού από φαινόμενα διάβρωσης και

Καλώδιο οπτικών ινών για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος ελέγχου λειτουργίας, επικοινωνιών και τηλεχειρισμού.

• Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης

Το Εθνικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου αποτελείται από εκτός των άλλων αποτελείται και από τα κέντρα λειτουργίας και συντήρησης τα οποία είναι τα εξής:

1. Το κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Βορείου Ελλάδος ,
2. Το κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Κεντρικής Ελλάδος,
3. Το κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Ανατολικής Ελλάδος,
4. Το κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Νοτίου Ελλάδος ,
5. Το κέντρο λειτουργίας και συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού του Σιδηροκάστρου.



Σχήμα 1.γ. Το Δίκτυο Μεταφοράς Στην Ελλάδα

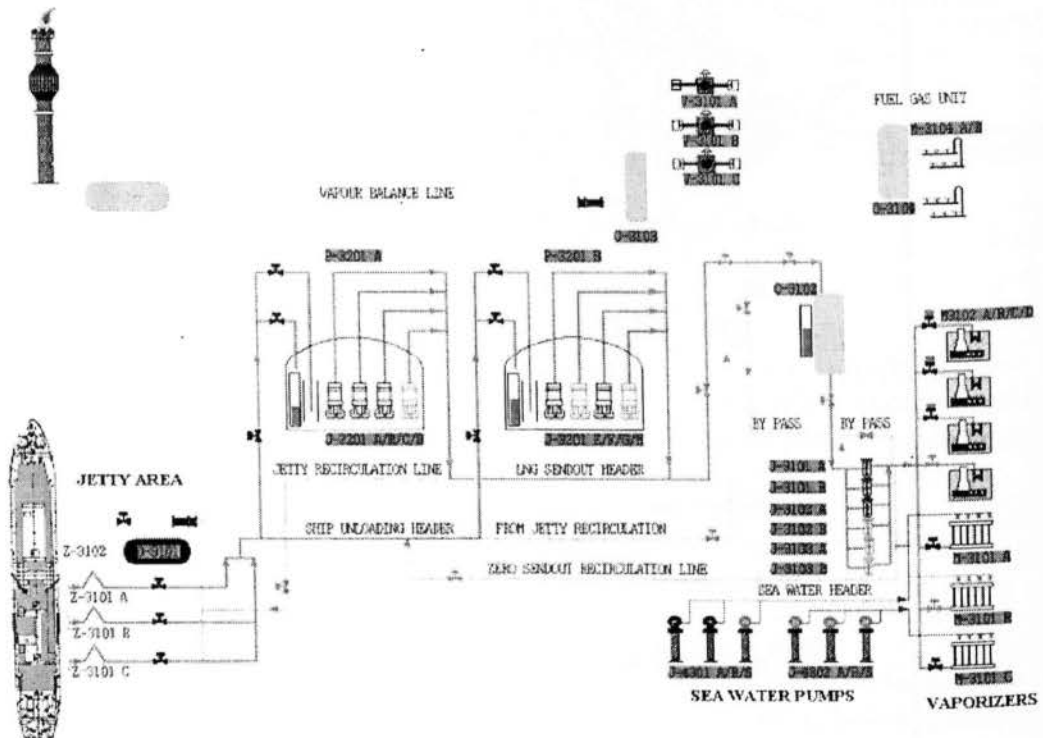
1.7.9. Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου

Οι λειτουργικές παράμετροι του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου ελέγχονται σε συνεχή βάση και προσδιορίζονται από το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου, που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Νοτίου Τομέα (Πάτημα Μαγούλας) και εναλλακτικά (σε περίπτωση απώλειας του πρώτου) από το εφεδρικό Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Βόρειου Τομέα (Νέα Μεσήμβρια Θεσσαλονίκης).

Αντικείμενο του Κέντρου Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου αποτελεί, μεταξύ άλλων:

- η συνεχής παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου μέσω συστήματος Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA),
- η υλοποίηση των προγραμμάτων παραλαβών και παραδόσεων Φ.Α. σύμφωνα με τις αντίστοιχες δηλώσεις των Χρηστών Μεταφοράς,
- ο προσδιορισμός των λειτουργικών παραμέτρων του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας λογισμικού προσομοίωσης δικτύου, με στόχο την ασφαλή, ομαλή και αποδοτική λειτουργία του δικτύου,
- η έγκαιρη ειδοποίηση και καθοδήγηση του προσωπικού συντήρησης σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας εξοπλισμού, και
- η υποστήριξη και ο συντονισμός προσωπικού συντήρησης και αρχών (Πυροσβεστική Υπηρεσία, Αστυνομία) σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Υ.Φ.Α.



Σχήμα 1.δ. Απλοποιημένο Διάγραμμα Εγκατάστασης Υ.Φ.Α.

1.7.12. Γενικά για το δίκτυο φυσικού αερίου στις πόλεις

- Γενικά

Το εθνικό σύστημα μεταφοράς του φυσικού αερίου το διαχειρίζεται όπως αναφέραμε πιο πάνω ο ΔΕΣΦΑ. Στόχος του ΔΕΣΦΑ είναι η μεταφορά του φυσικού αερίου από τα ελληνοβουλγαρικά, τα ελληνοτουρκικά σύνορα καθώς και από τη νήσο Ρεβυθούσα με αγωγούς στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Το εθνικό σύστημα μεταφοράς είναι συνδεδεμένο με τα δίκτυα των νομών Αττικής, Θεσσαλονίκης, Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας και Τρικάλων. Για την συντήρηση, την επέκταση του δικτύου και την παροχή φυσικού αερίου σε καταναλωτές σε αυτούς τους νομούς έχουν ιδρυθεί τρεις εταιρείες παροχής φυσικού αερίου. Αυτές είναι:

1. Η Εταιρεία Παροχής Φυσικού Αερίου Αττικής (ΕΠΑ) που διαχειρίζεται το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου στο νομό Αττικής.
2. Η Εταιρεία Παροχής Φυσικού Αερίου Θεσσαλονίκης (ΕΠΑ Θεσσαλονίκης) που διαχειρίζεται το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου στο νομό Θεσσαλονίκης.
3. Η εταιρεία Παροχής Φυσικού Αερίου Θεσσαλίας (ΕΠΑ Θεσσαλίας) που διαχειρίζεται το δίκτυο των αγωγών φυσικού αερίου στους νομούς Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας και Τρικάλων.

1.7.13. Το δίκτυο φυσικού αερίου στον νομό Αττικής.

- Ιστορική αναδρομή.

Η χρήση του φυσικού αερίου στην Αττική ξεκινά από το 1857 όπου έχουμε την παραγωγή φωταερίου από κάρβουνο στο Γκάζι – Κεραμικό και διανομή του γίνεται από την Δημοτική Επιχείρηση Φυσικού Αερίου (ΔΕΦΑ). Στη συνέχεια για περιβαλλοντικούς σκοπούς διακόπτεται η παραγωγή φωταερίου στο Γκάζι και έτσι το 1985 έχουμε την παραγωγή αερίου από νάφθα στα διωλιστήρια του Ασπροπύργου. Το 1998 ξεκινάει η εισαγωγή φυσικού αερίου με αγωγούς από τη Ρωσία και από την Αλγερία με δεξαμενόπλοια. Τέλος το 2001 ιδρύεται η Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής.

- Η κατάσταση του δικτύου σήμερα στο νομό Αττικής.

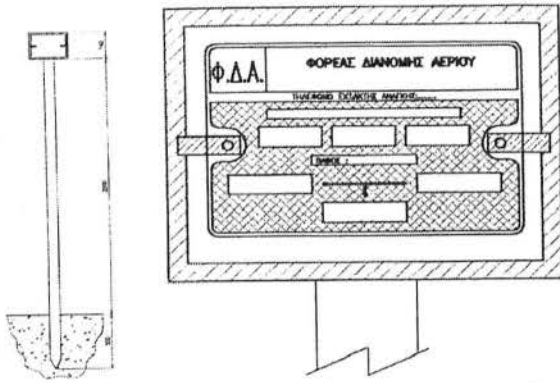
Το δίκτυο των αγωγών που διατρέχουν το νομό αττικής είναι κατασκευασμένο από σιδερένιους αγωγούς και από αγωγούς πολυαιθυλενίου. Οι αγωγοί από σίδηρο στην ουσία είναι το παλιό δίκτυο της Αθήνας και διατρέχει το κέντρο της πόλης. Οι αγωγοί πολυαιθυλενίου είναι το δίκτυο που κατασκευάστηκε από την Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής και διατρέχει όλους τους υπόλοιπους δήμους-περιοχές της Αττικής.

- Η διάταξη του δικτύου στο νομό Αττικής.

Η ΕΠΑ Αττικής έχει χωρίσει το νομό σε τέσσερεις προσανατολισμούς αυτοί είναι:

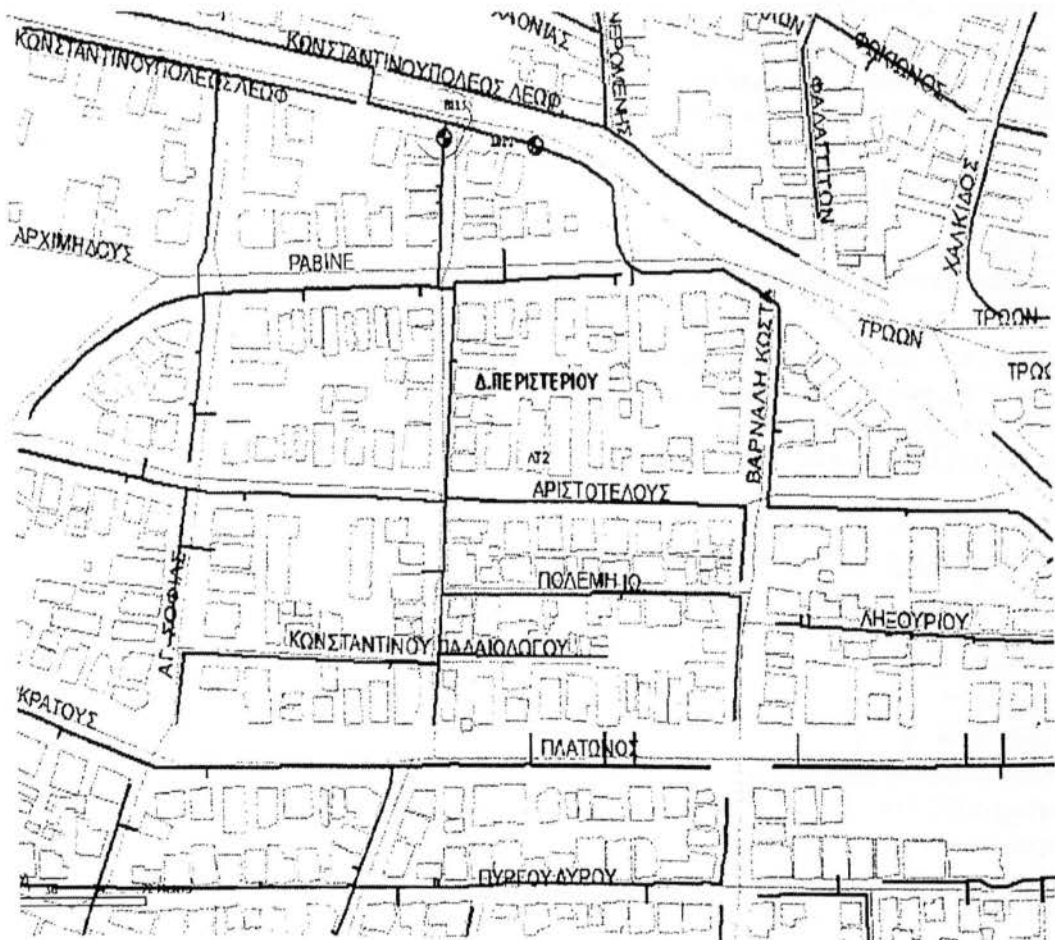
1. Βορράς
2. Νότος
3. Δύση
4. Κέντρο

Όλοι αυτοί οι προσανατολισμοί είναι χωρισμένοι σε τομείς λειτουργίας. Ως τομέα λειτουργίας(εκτός του κέντρου) έχει οριστεί ένας βρόχος (loop) ο οποίος ανάλογα με το μέγεθος του μπορεί να χωριστεί στη μέση και έτσι θα έχουμε δυο βρόχους. Στην είσοδο του ο βρόχος έχει συνδεθεί με αγωγό που έχει αέριο σε πίεση 19 bar αυτή η πίεση υποβιβάζεται από σταθμό MRS στα 4 bar. Έτσι το αέριο με πίεση 4 bar διατρέχει το βρόχο ο οποίος για λόγους ασφάλειας έχει βάνες ανά τακτά μήκη αγωγού. Όπου υπάρχει τέτοια βάνα βάση του ΦΕΚ 1530 της 19^{ης} Οκτωβρίου 2006 πρέπει να υπάρχει και κολονάκι με ταμπελάκι σήμανσης όπως φαίνεται πιο κάτω.



Σχήμα 1.ε.

Στο βρόχο είναι συνδεδεμένοι οι κλάδοι παροχής όπου κάθε ένας από αυτούς τροφοδοτεί ένα πλήθος δρόμων. Οι κλάδοι έχουν στην σύνδεση τους με το βρόχο και αυτοί βάνες (όπου και αυτές έχουν σήμανση) και οι αγωγοί τους έχουν αέριο σε πίεση 4 bar. Κάθε δήμος έχει και τον δικό του τομέα λειτουργίας για παράδειγμα ο τομέας λειτουργίας 26 αφορά το Μαρούσι και ανήκει στον Βορρά ο τομέας λειτουργίας 7 αφορά τη Νίκαια και ανήκει στη Δύση ενώ ο τομέας λειτουργίας 45 αφορά τη Ν. Σμύρνη και ανήκει στον Νότο. Φυσικά ανάλογα με το μέγεθος, το πληθυσμό- καταναλωτές κάθε δήμος μπορεί να είναι χωρισμένος σε δυο ή και περισσότερους λειτουργικούς τομείς. Για παράδειγμα ο δήμος Ηλιούπολης έχει δύο τομείς λειτουργίας (Λ.Τ. 41 και Λ.Τ. 42) ενώ ο Δήμος Περιστερίου έχει τρεις (Λ.Τ 01, Λ.Τ. 02 και Λ.Τ.03).



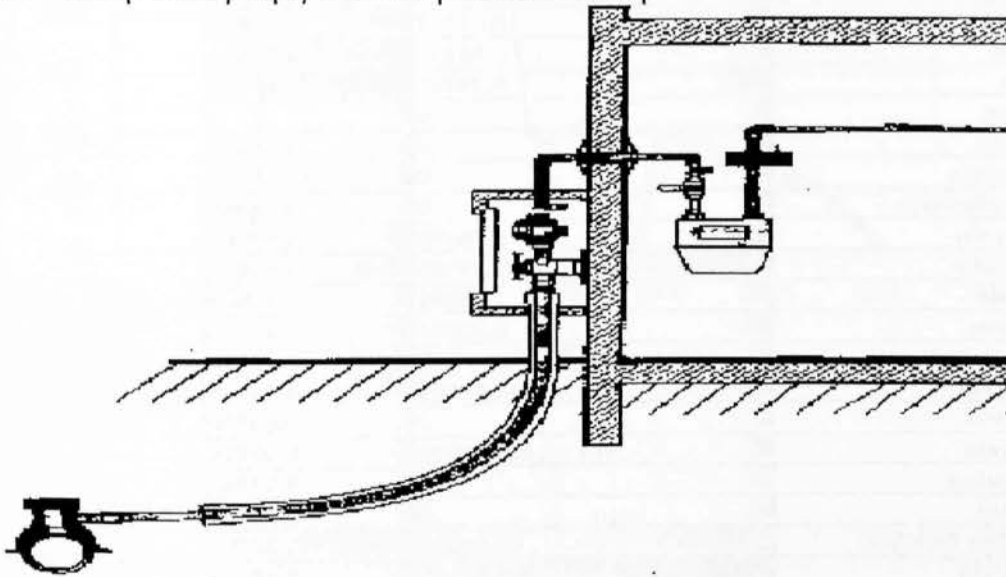
Σχήμα 1.ζ. Απεικόνιση κλάδου στο Λ.Τ. 2

Οι λειτουργικοί τομείς που αφορούν το κέντρο της πόλης διαφέρουν σε σχέση με τους υπόλοιπους στο ότι το δίκτυο έχει τη μορφή ιστού. Άρα δεν υπάρχουν βρόχοι και κλάδοι και οι αγωγοί είναι από σίδηρο. Η πίεση του αερίου στους κεντρικούς αγωγούς του κέντρου είναι 23mbar.

- Διάταξη τυπικής παροχής αερίου

Μια τυπική διάταξη παροχής φυσικού αερίου αποτελείται από:

1. Τον κεντρικό αγωγό που έχει αέριο σε πίεση 4 bar (αν ο καταναλωτής είναι στο κέντρο έχουμε 23mbar).
2. Τον παροχτευτικό αγωγό που το αέριο είναι σε πίεση 4 bar(αν ο καταναλωτής είναι στο κέντρο έχουμε 23mbar).
3. Τη σέλα παροχής.
4. Το ρυθμιστή πίεσης που υποβιβάζει τη πίεση στα 23mbar (αν ο καταναλωτής είναι στο κέντρο τότε δεν έχουμε ρυθμιστή πίεσης)
5. Τον μετρητή.
6. Και την εσωτερική εγκατάσταση του καταναλωτή.



Σχήμα 1.η. Τυπική διάταξη παροχής φυσικού αερίου

1.8. Παραγωγή και Κατανάλωση Φυσικού Αερίου στην Ευρώπη.

Σε αυτή την ενότητα θα ασχοληθούμε με την ετήσια παραγωγή αλλά και κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή ένωση. Ακόμα θα δούμε την ετήσια παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου στις νότιες χώρες της Ευρώπης που θα εξεταστούν εκτενέστερα παρακάτω.

| | Παραγωγή Φυσικού Αερίου (δισ m ³) | Κατανάλωση Φυσικού Αερίου (δισ m ³) |
|------------------------|--|---|
| Βέλγιο | 0 | 18,20982 |
| Βουλγαρία | 0,01059 | 2,80755 |
| Δημοκρατία της Τσεχίας | 0,18645 | 9,86136 |
| Δανία | 10,68984 | 4,67007 |
| Γερμανία | 15,35886 | 98,15379 |
| Εσθονία | 0 | 1,08063 |
| Ιρλανδία | 0,41424 | 5,31738 |
| Ελλάδα | 0,00954 | 3,73773 |
| Ισπανία | 0,01257 | 35,89839 |
| Γαλλία | 0,93231 | 52,01898 |
| Ιταλία | 8,49255 | 82,69113 |
| Κύπρος | 0 | 0 |
| Λετονία | 0 | 1,65273 |
| Λιθουανία | 0 | 2,8605 |
| Λουξεμβούργο | 0 | 1,34445 |
| Ουγγαρία | 2,76198 | 11,97285 |
| Ολλανδία | 83,55036 | 51,69693 |
| Αυστρία | 1,7661 | 9,32529 |
| Πολωνία | 6,21051 | 17,32626 |
| Πορτογαλία | 0 | 5,13516 |
| Ρουμανία | 11,50563 | 13,63512 |
| Σλοβενία | 0 | 0,9429 |
| Σλοβακία | 0,10911 | 6,50715 |
| Φινλανδία | 0 | 4,53762 |
| Σουηδία | 0 | 1,23108 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 62,61348 | 93,28458 |
| Νορβηγία | 109,62129 | 4,85229 |
| Ελβετία | 0 | 3,48666 |
| Κροατία | 2,09772 | 3,02262 |

Πίνακας 1.ε.

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζεται η ετήσια παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου, για το 2009, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Όπως φαίνεται η χώρα που κάνει τη μεγαλύτερη παραγωγή φυσικού αερίου στην Ευρώπη είναι η Νορβηγία, δεύτερη έρχεται η Ολλανδία και τρίτη χώρα σε παραγωγή φυσικού αερίου είναι το Ηνωμένο Βασίλειο. Οι τρεις χώρες της Ευρώπης που καταναλώνουν το περισσότερο φυσικό αέριο είναι πρώτη η Γερμανία, δεύτερο το Ηνωμένο Βασίλειο και τρίτη η Ιταλία. Ως χώρες του ευρωπαϊκού νότου μελετήθηκαν η Ελλάδα, η Κύπρος, η Γαλλία, η Ιταλία, η Ισπανία και η Πορτογαλία. Εξετάζοντας τη παραγωγή φυσικού αερίου σε αυτές τις χώρες πρώτη έρχεται η Ιταλία, δεύτερη η Γαλλία, τρίτη η Ισπανία, τέταρτη η Ελλάδα και τελευταίες η Κύπρος και η Πορτογαλία που δεν παράγουν καθόλου φυσικό αέριο.

1.9. Διαγράμματα Παραγωγής και Κατανάλωσης Φυσικού Αερίου Στον Ευρωπαϊκό Νότο.

Σε αυτή την ενότητα ακολουθούν διαγράμματα που αφορούν τις χώρες του ευρωπαϊκού νότου.

Ελλάδα

Διαγράμματα που αφορούν την παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ελλάδα.



Σχήμα 1.0

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα τη περίοδο 1985 έως 1994 η χώρα μας παρήγαγε τις μεγαλύτερες ποσότητες φυσικού αερίου της τελευταίας τριακονταετίας. Αυτή η απότομη αύξηση οφείλεται στο ότι εκείνη την περίοδο είχαμε τη παραγωγή φωταερίου στα διυλιστήρια του Ασπροπύργου.



Σχήμα 1.1.

Η κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ελλάδα στην ουσία παρουσιάστηκε από το 1995 και μετά. Η απότομη αυτή αύξηση οφείλεται στο ότι η χώρα μας ξεκίνησε την εισαγωγή φυσικού αερίου από την Ρωσία το 1998.

Ισπανία

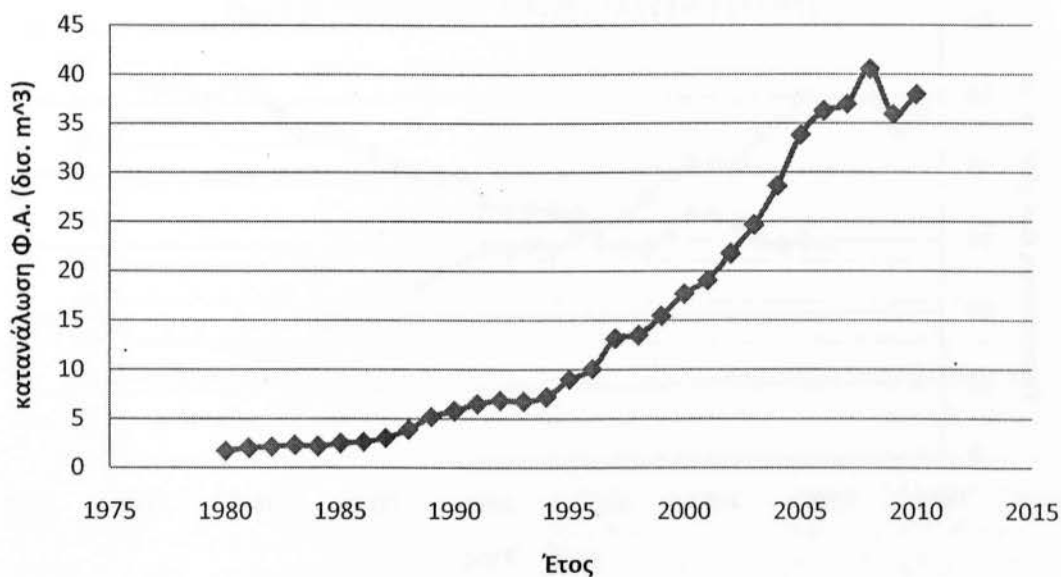
Η ετήσια παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου για την Ισπανία φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 1.κ.

Παρατηρούμε ότι η παραγωγή φυσικού αερίου στην Ισπανία ξεκίνησε από το 1983 και η μέγιστη ποσότητα φυσικού αερίου παράχθηκε ήταν το 1989. Τα επόμενα έτη άρχισε η σταδιακή μείωση της παραγωγής φυσικού αερίου. Οι διακυμάνσεις που υπάρχουν το χρονικό διάστημα 1994 έως 2004 οφείλονται πιθανότατα σε εύρεση νέων κοιτασμάτων φυσικού αερίου.

Κατανάλωση Φ.Α. στην Ισπανία



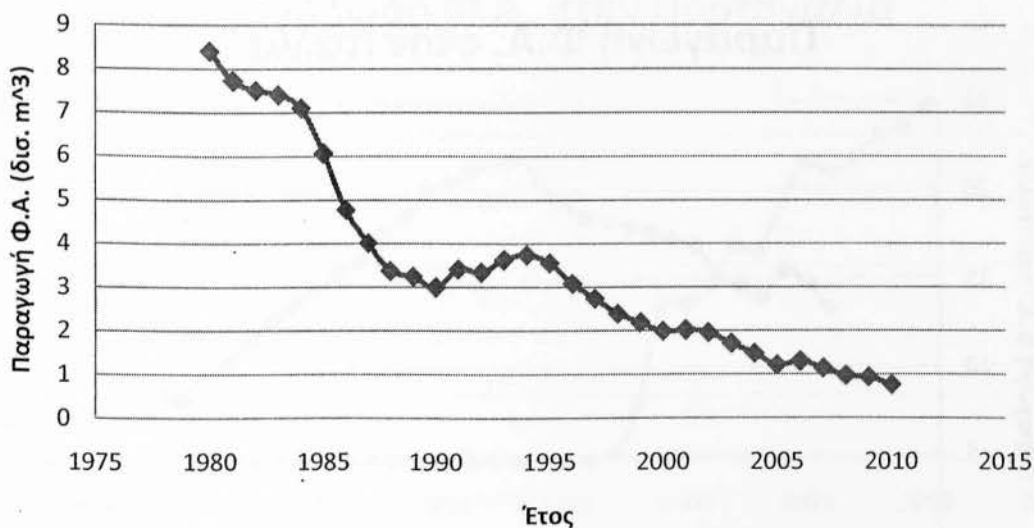
Σχήμα 1.λ.

Η κατανάλωση του φυσικού αερίου στην Ισπανία παρουσιάζει μια αυξητική τάση με μία μέγιστη τιμή το 2008.

Γαλλία

Η ετήσια παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου για την Γαλλία φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.

Παραγωγή Φ.Α. στην Γαλλία



Σχήμα 1.μ.

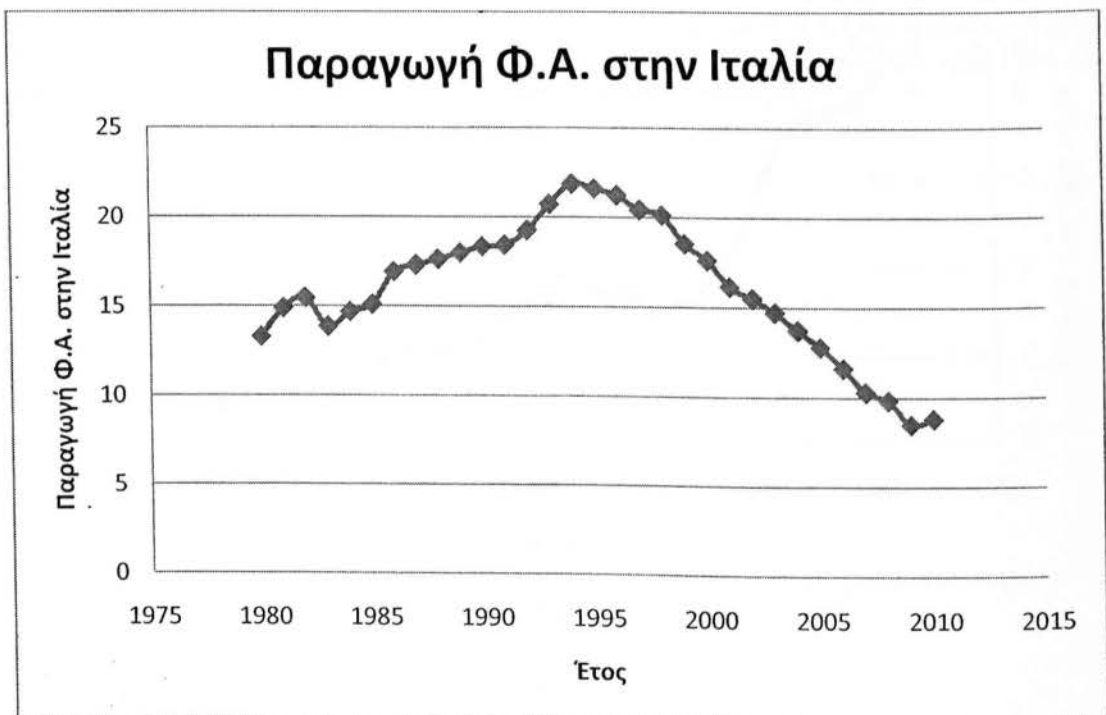


Σχήμα 1.ν.

Η παραγωγή φυσικού αερίου στην Γαλλία μειώνεται συνεχώς σε αντίθεση με την κατανάλωση που όπου παρατηρούμε ότι είναι πολύ μεγαλύτερη από τις ποσότητες που παράγει η χώρα.

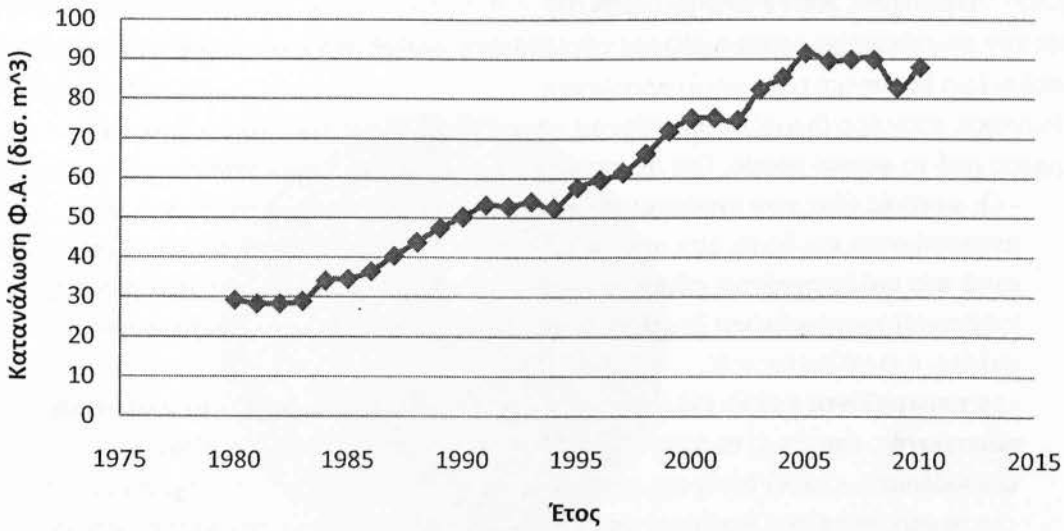
Ιταλία

Η ετήσια παραγωγή φυσικού αερίου στην Ιταλία είναι περίπου η μισή σε σχέση με τη ποσότητα που καταναλώνει μέχρι το 1995. Όπως και στις άλλες χώρες έτσι και στην Ιταλία παρατηρείται μια συνεχόμενη αύξηση της κατανάλωσης φυσικού αερίου. Αυτό έρχονται να επιβεβαιώσουν και τα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 1.ξ.

Κατανάλωση Φ.Α. στην Ιταλία

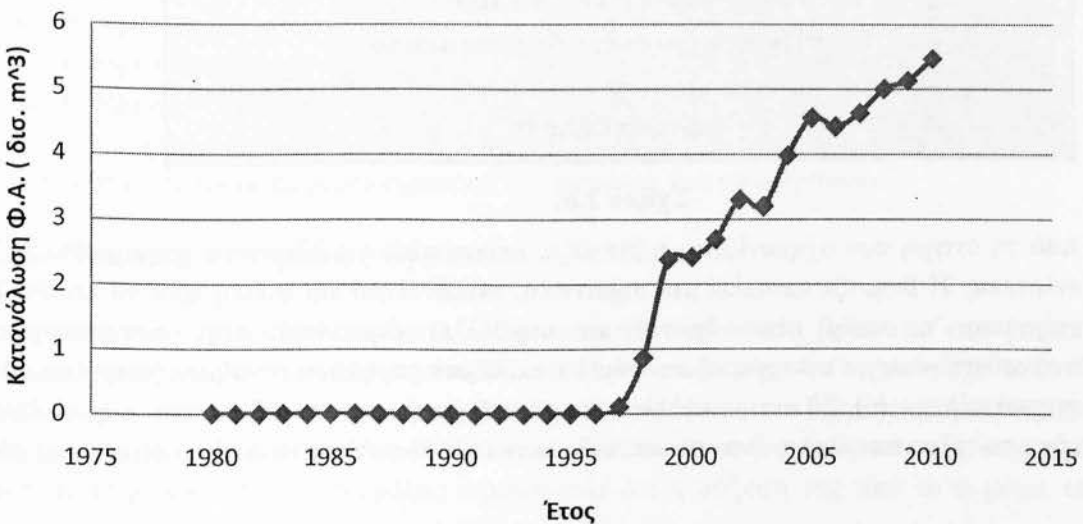


Σχήμα 1.ο.

Κύπρος
Η Κύπρος δεν παράγει καθόλου φυσικό αέριο αλλά ούτε καταναλώνει για την περίοδο που εξετάζουμε. Το καύσιμο που καταναλώνει κατά κύριο λόγο είναι το πετρέλαιο.

Πορτογαλία
Δεν παράγει καθόλου φυσικό αέριο αλλά έχει αρχίσει την κατανάλωση του από το 1997 όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Κατανάλωση Φ.Α. στην Πορτογαλία



Σχήμα 1.π.

Κεφάλαιο 2^ο : Η ΒΙΟΜΑΖΑ

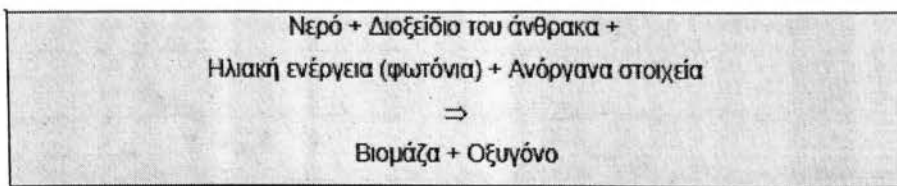
2.1. Ορισμός και είδη βιομάζας

Με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε προϊόν ή υποπροϊόν ή υπόλειμμα, η ύλη του οποίου έχει βιολογική (οργανική) προέλευση.

Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτή περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Σχήμα 2.α.

Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

2.2. Η χημική σύσταση της βιομάζας

Η χημική σύσταση της βιομάζας ποικίλει ανάλογα με το είδος προέλευσης της. Τα περισσότερα φυτά περιέχουν περίπου 25% λιγνίνη και 75% υδρογονάνθρακες ή ζάχαρη. Η φάση των υδρογονανθράκων περιέχει πολλά μόρια σακχάρων συνδεδεμένων μεταξύ τους σε μεγάλες

αλυσίδες ή πολυμερή. Οι δύο μεγαλύτερες κατηγορίες ενώσεων που αποτελούν τους υδρογονάνθρακες είναι οι κυτταρινούχες και οι ημικυτταρινούχες. Η φάση της λιγνίνης αποτελείται από μη σακχαρούχα μόρια. Η φύση χρησιμοποιεί τα διάφορα πολυμερή με βάση τις μεγάλες κυτταρινούχες ενώσεις για τη δημιουργία των φυτικών ινών, οι οποίες προσδίδουν στο φυτό τη δύναμή του. Η φάση της λιγνίνης δρα ως μια φυσική «κόλλα» η οποία συγκρατεί τις κυτταρινούχες φυτικές ίνες μαζί.



Σχήμα 2.β.

2.3. Βασικά χαρακτηριστικά της βιομάζας

Ανεξαρτήτως της πηγής προέλευσής της, οι διεργασίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια επηρεάζονται από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της. Οι τιμές των ιδιοτήτων αυτών δεν είναι σταθερές και μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως της πηγής προέλευσης της βιομάζας.

Τα εν λόγω χαρακτηριστικά δεν επηρεάζουν μόνο από τεχνικής πλευράς τα έργα αξιοποίησης της βιομάζας αλλά, τελικά, τη βιωσιμότητα ολόκληρης της επένδυσης. Κατά συνέπεια, η πλήρης κατανόηση της σημασίας τους είναι βασική για την εξέταση της κάθε διεργασίας ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Οι ιδιότητες που θεωρούνται περισσότερο καθοριστικές είναι:

1. Η περιεκτικότητα σε υγρασία
2. Η περιεκτικότητα σε τέφρα
3. Η θερμογόνο δύναμη
4. Η στοιχειακή ανάλυση

Παρακάτω θα εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά της βιομάζας που αναφέρθηκαν.

2.3.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία ορίζεται ως η ποσότητα νερού που βρίσκεται στη βιομάζα και μετράται ως ποσοστό επί του βάρους του υλικού. Η περιεκτικότητα σε υγρασία έχει πολύ βασική επίδραση στην ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας, είτε πρόκειται για θερμοχημική μετατροπή (π.χ. καύση) ή για βιοχημική (π.χ. ζύμωση). Για να γίνει αντιληπτή η επίδραση της συγκεκριμένης ιδιότητας στην ποιότητα της βιομάζας σημειώνεται ότι η αύξηση της από το 0 μέχρι το 40% μειώνει την θερμογόνο δύναμή της κατά 66%.

Η υγρασία μπορεί να κυμαίνεται από λιγότερο του 10%, για κάποια αγροτικά υπολείμματα όπως το άχυρο και τα τσόφλια, μέχρι πάνω από 60%, π.χ. για την βαγάσση. Το ξύλο, το οποίο είναι βασική πηγή μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας, έχει κατά μέσο όρο υγρασία μεταξύ 40 και 50%. Η βιομάζα που προέρχεται από κτηνοτροφικά απόβλητα (π.χ. κοπριά) ή από οργανικά υγρά απόβλητα (π.χ.

τυρόγαλα) έχει γενικά πολύ υψηλή υγρασία, γεγονός που την καθιστά ευκολότερη στην μεταφορά της μέσω αντλιών.

Η σύγχυση στη χρήση της περιεκτικότητας σε υγρασία προέρχεται από τους διαφορετικούς τρόπους που μπορεί να εκφραστεί: είτε σε υγρή βάση ή σε ξηρή βάση. Καθώς η υγρασία επιδρά σημαντικά στις διεργασίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας, η βάση επί της οποίας μετράται πρέπει να δηλώνεται πάντα ξεκάθαρα. Ο συχνότερος τρόπος έκφρασης της υγρασίας της βιομάζας είναι σε υγρή βάση.

Οι βιοχημικές διεργασίες (π.χ. αναερόβια χώνευση) απαιτούν υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία ώστε να επιτύχουν την αποδοτική μετατροπή τους σε ενέργεια, σε αντίθεση με τις θερμοχημικές (π.χ. καύση) όπου η υψηλή υγρασία έχει αρνητική επίδραση στην ενεργειακή τους απόδοση. Η αεριοποίηση, αν και κατατάσσεται στις θερμοχημικές διεργασίες, απαιτεί κάποια υγρασία από την πρώτη ύλη, καθώς με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η περιεκτικότητα του υδρογόνου στο τελικό προϊόν (αέριο σύνθεσης). Καθώς το υδρογόνο εκλύει σημαντική ενέργεια κατά την καύση του, είναι επιθυμητό σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αναλογία στο αέριο σύνθεσης. Εκτιμάται ότι βιομάζα με περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 30% αυξάνει ελάχιστα, μόνο, την συνολική απόδοση.

Αναφορικά με τη βιομάζα που λαμβάνεται από τη γεωργία (είτε αντούσια ή ως παραπροϊόν) η περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες κατά την περίοδο συλλογής της. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι συνήθεις περιεκτικότητες σε υγρασία (μετρημένων σε υγρή βάση) μερικών εκ των σημαντικότερων πηγών βιομάζας.

| Πηγή Βιομάζας | Περιεκτικότητα σε υγρασία (υγρή βάση) |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Θρύμματα ξύλου | 10-60 % |
| Pellets ξύλου | 8-12 % |
| Άχυρο | 20-30 % |
| Πριονίδι | 15-60 % |
| Υπολείμματα βαμβακιού | 10-20 % |
| Switchgrass | 30-70 % |
| Βαγάσση | 40-60 % |
| Κοπριά αγελάδας | 88-94 % |
| Κοπριά χοίρου | 90-97 % |
| Κοπριά πουλερικού | 75-80 % |
| Τυρόγαλα | 93-97 % |
| Ενσίρωμα καλαμποκιού | 65-75 % |
| Γλυκό σόργο | 20-70 % |
| Αγριαγκινάρα | 15-20 % |

Πίνακας 2.α.: Συνήθης υγρασία για διάφορες πηγές βιομάζας (σε υγρή βάση)

2.3.2. Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η ποσότητα και η σύσταση της τέφρας (στάχτη) στη βιομάζα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων είναι η προέλευση της βιομάζας, οι συνθήκες καλλιέργειας και συλλογής της, το είδος της λίπανσης της καλλιέργειας, την αποθήκευσή της και τις συνθήκες μεταφοράς της.

Σημαντικός είναι ο ρόλος της προεπεξεργασίας της βιομάζας πριν την εισαγωγή, στη διεργασία μετατροπής της σε καύσιμα ή ενέργεια. Η πλειοψηφία των παραπάνω παραγόντων είναι διαχειρίσιμη, οπότε είναι πιθανή η μείωση υψηλών τιμών σε αποδεκτό επίπεδο. Η περιεκτικότητα σε τέφρα μπορεί να είναι χαρακτηριστική είτε της ίδιας της βιομάζας είτε να μεταβάλλεται κατά την συλλογή, μεταφορά, αποθήκευση και επεξεργασία της. Συνεπώς, η τιμή της περιεκτικότητας σε τέφρα μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά από την μια πηγή βιομάζας στην άλλη. Σε κάθε περίπτωση, υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα έχει αρνητική επίπτωση στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο είναι επιθυμητή η λιγότερη τέφρα έχει να κάνει με την επίδρασή της στο ενεργειακό περιεχόμενό της. Βασικά αυτές οι δύο παράμετροι (υγρασία-τέφρα), ευθύνονται περισσότερο για τις διαφοροποιήσεις της ενέργειας κάθε βιομάζας: εάν η τέφρα και η υγρασία δεν ληφθούν υπόψη, τότε οι περισσότερες πηγές βιομάζας θα έχουν παραπλήσιο ενεργειακό περιεχόμενο.

Για να γίνει πρακτικά κατανοητή η επίδραση της τέφρας, εκτιμάται πως το ενεργειακό περιεχόμενο υπολειμματικής φυτικής βιομάζας με μηδενική τέφρα και υγρασία είναι περίπου 4,7 kWh/kg. Εάν η υγρασία αυξηθεί στο 15% και η τέφρα παραμείνει στο μηδέν, το ενεργειακό περιεχόμενο μειώνεται στις 4,2 kWh/kg. Αν στην τελευταία περίπτωση αυξηθεί και η τέφρα στο 2% υπάρχει περαιτέρω μείωση του περιεχομένου στα 3,9 kWh/kg. Τέλος, βιομάζα με υγρασία 15% και 10% έχει ενεργειακό περιεχόμενο περίπου 3,6 kWh/kg. Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα σε τέφρα πρέπει να συγκρίνεται για υλικά με την ίδια υγρασία.

Σε πολλές διεργασίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας δεν είναι μόνο η ποσότητα της τέφρας που έχει σημασία αλλά επίσης, και η χημική της σύσταση, καθώς η τέφρα συνεπάγεται την παραγωγή απόβλητου που πρέπει να επεξεργαστεί και να απομακρυνθεί. Η σύσταση της τέφρας επηρεάζει τις θερμοχημικές διεργασίες μετατροπής (π.χ. καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση) εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Η τηγμένη τέφρα, που μπορεί να προκύψει αναλόγως της χημικής σύστασής της τέφρας, απομακρύνεται και συλλέγεται δύσκολα και μπορεί να δημιουργήσει επικαθήσεις σε τμήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού, αυξάνοντας τα κόστη συντήρησης, το κόστος λειτουργίας και τελικά ολόκληρη την επένδυση.

Όσον αφορά τα pellets βιομάζας, έχει διατυπωθεί επίσημα η ανάγκη για εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε τέφρα pellets ώστε να καλύπτουν τις εθνικές και ευρωπαϊκές προδιαγραφές ποιότητας. Όσο λιγότερη η τέφρα τόσο μικρότερες ποσότητες στάχτης παράγονται στα οικιακά συστήματα θέρμανσης προς όφελος της ευκολίας των καταναλωτών. Σε περίπτωση που τα pellets παράγονται από καθαρή ξυλεία δεν είναι δύσκολο να επιτευχθούν τα χαμηλά ποσοστά τέφρας, καθώς και το ίδιο το καθαρό ξύλο περιέχει ελάχιστη τέφρα (λιγότερο από 1%). Αντιθέτως, τα περισσότερα αγροτικά υπολείμματα έχουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τέφρα, γι' αυτό και είναι αναγκαία η θέσπιση προτύπων για τα αγροτικά pellets που θα λαμβάνουν υπ' όψιν τον περιορισμό αυτό. Η περιεκτικότητα σε τέφρα ορισμένων πηγών βιομάζας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

| Πηγή Βιομάζας | Περιεκτικότητα σε τέφρα (%κ.β. ξηρή βάση) |
|----------------------------|---|
| Υπολείμματα βαμβακιού | 7% |
| Άχυρο σιταριού | 4% |
| Ξύλο λεύκας | 1 % |
| Switchgrass | 4 % |
| Ξύλο ελάτης | 1 % |
| Άχυρο κριθαριού | 6 % |
| Υπολείμματα ρυζιού | 13 % |
| Υπολείμματα σακχαροκάλαμου | 11 % |

Πίνακας 2.β.:Περιεκτικότητα σε τέφρα διάφορων πηγών βιομάζας

2.3.3. Θερμογόνος δύναμη βιομάζας

Η περιεκτικότητα σε ενέργεια της βιομάζας αποτελεί, προφανώς, μία πολύ σημαντική παράμετρο από την άποψη της μετατροπής της σε ενέργεια και συνθετικά καύσιμα. Τα διάφορα συστατικά της βιομάζας έχουν διαφορετικές τιμές θερμότητας καύσης, λόγω των διαφορετικών χημικών τους δομών και της διαφορετικής τους περιεκτικότητας σε άνθρακα. Η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη έχουν μία τιμή ΑΘΔ περίπου 18,6 MJ/kg, ενώ η λιγνίνη έχει τιμή ΑΘΔ περίπου 23-25 MJ/kg. Έχει αναφερθεί ότι η τιμή ΑΘΔ των λιγνοκυτταρινικών καυσίμων είναι συνάρτηση της περιεκτικότητάς τους σε λιγνίνη.

Όταν οι θερμαντικές ικανότητες των δειγμάτων υπολειμματικής και παρθένας βιομάζας μετατρέπονται σε ενεργειακή περιεκτικότητα ανά μονάδα μάζας άνθρακα, τότε βρίσκονται σε μικρό εύρος τιμών. Αυτό είναι συνήθως χαρακτηριστικό όλων των διαφορετικών τύπων βιομάζας. Υπάρχει ένας σχετικά καλός συσχετισμός μεταξύ της περιεκτικότητας σε άνθρακα της βιομάζας και του ενεργειακού της περιεχομένου. Επιπρόσθετα, οι υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών σε δεδομένα είδη βιομάζας, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ενεργειακή περιεκτικότητά τους, καθώς τα ανόργανα υλικά γενικά δε συνεισφέρουν στη θερμότητα της καύσης.

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 2.γ., η **ανώτερη θερμογόνος δύναμη των καυσίμων βιομάζας κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 18 και 21 MJ ανά κιλό καυσίμου, σε ξηρή βάση**. Οι χαμηλότερες τιμές αναφέρονται στα αγροστώδη καύσιμα και οι υψηλότερες σε νωπά καύσιμα ξύλα και σε φλοιούς. Συνήθως, οι τιμές ΑΘΔ των φύλλων είναι υψηλότερες από αυτές των κλαδιών, λόγω της συγκέντρωσης σε αυτά ελαίων και πτητικών ουσιών, οι οποίες έχουν υψηλότερη θερμογόνο δύναμη.

Η κατώτερη θερμογόνος μπορεί να υπολογιστεί από την ανώτερη βάσει του τύπου:

$$NCV = GCV \left(1 - \frac{w}{100}\right) - 2.447 \frac{w}{100} - 2.447 \frac{h}{100} 9.01 \left(1 - \frac{w}{100}\right)$$

Όπου:

w: περιεκτικότητα σε υγρασία του καυσίμου κατά βάρος

h: περιεκτικότητα σε υδρογόνο του καυσίμου κατά βάρος

2.3.4. Στοιχειακή Ανάλυση

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας αναλυτικός πίνακας με την στοιχειακή ανάλυση διαφόρων ειδών βιομάζας, καθώς και η περιεκτικότητά τους σε τέφρα και η ανώτερη θερμογόνος δύναμη έκαστου.

| Στοιχειακή ανάλυση (%) | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|---------|-------|---------|----------|----------|-----------|-------------|
| Κατηγορία | C | H | O | N | S | Cl | Τέφρα (%) | ΑΘΔ (MJ/kg) |
| Απόβλητα | | | | | | | | |
| Υπολείμματα ελιάς | 44-51 | 5-7 | 34-50 | 0.5-1.5 | 0.1-0.2 | <0.1 | 2-7 | 19-21 |
| Δασικά υπολείμματα | 48-53 | 6-6.5 | 40-44 | 0.3-0.5 | <0.05 | <0.05 | 0.2-3 | 18-22 |
| Πριονίδι | 47-51 | 5-6.5 | 35-44 | 0.1-1.5 | <0.1 | 0.01 | 0.4-3 | 18-21 |
| Κοπριά για φυτά | 35-40 | 5-5.5 | 30-35 | 2-3 | 0.3-0.5 | - | 20-25 | 10-15 |
| Λυματολάσπη | 23-53 | 3-8 | 15-30 | 1.5-7 | 0.5-2.5 | 0.05-1 | 20-45 | 10-23 |
| Δημοτικά στερεά απορρίμματα | 15-53 | 2.5-8.5 | 15-35 | 0.2-2 | <0.1 | - | 15-25 | 14-19 |
| Ξηρά ανακυκλώσιμα υλικά | 40-42 | 5-6 | 30-39 | 0.5-1 | 0.1-0.2 | 0.4-0.5 | 14-22 | 13-14 |
| Αγροστόδια | | | | | | | | |
| Γλυκό σόργο | 34-47 | 4.5-6.5 | 40-41 | 0.1-1.5 | 0.02-0.2 | 0.4-0.5 | 1.5-4 | 16-18 |
| Κέλυφος ηλιάνθου | 44-48 | 4-6 | 41-50 | 0.7-1.5 | <0.1 | <0.1 | 3-5 | 12-18 |
| Γρασίδι ταχείας ανάπτυξης | 46-48 | 5-6 | 35-40 | 0.5-1.5 | 0.01-0.2 | 0.5-1.5 | 4-11 | 17-18 |
| Μίσχανθος | 46-51 | 4-6 | 40-44 | 0.3-6 | 0.04-1.4 | 0.07-2 | 1.5-4 | 17-19 |
| Ελαιοκράμβη | 60-62 | 8-9 | 23-25 | 3-4 | - | - | 5-6 | 25-26 |
| Ξυλώδη | | | | | | | | |
| Ξύλο βάμβακος | 45-47 | 5-6 | 38-40 | 1-1.8 | 0.1-0.2 | <0.1 | 1-7 | 16-18 |
| Ευκάλυπτος | 44-53 | 5-6 | 40-50 | 0.2-0.4 | <0.1 | 0.05-0.2 | 0.9-1 | 19-30 |
| Λεύκη | 46-48 | 5-6 | 40-48 | 0.2-0.4 | <0.1 | <0.1 | 1-2 | 19-20 |
| Πεύκο | 49-52 | 6-6.5 | 41-44 | 0.1-0.2 | <0.1 | <0.05 | 0.3-0.5 | 18-30 |
| Παράγωγα | | | | | | | | |
| Άχυρο | 43-48 | 5-6 | 36-50 | 0.3-5 | 0.1-1 | 0.6-4 | 8-9 | 15-18 |
| Βαγάσση | 45-56 | 5-8 | 28-40 | 0.2-1 | <0.05 | <0.05 | 1-2 | 17-19 |
| Υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος | 39-43 | 5-6 | 35-37 | 1.4-2 | 0.4-0.5 | - | 14-15 | 15-17 |
| Χαρτί | 39-45 | 6-6.5 | 44-48 | <0.1 | <0.05 | <0.05 | 3-9 | 17-20 |

Πίνακας 2.γ.

Το οργανικό περιεχόμενο των διάφορων πηγών βιομάζας έχει σε γενικές γραμμές παρόμοια στοιχειακή ανάλυση όπως εξετάσαμε παραπάνω. Ένας συνοπτικός πίνακας για τη στοιχειακή ανάλυση της βιομάζας είναι ο κάτωθι:

| Στοιχείο | Κατά βάρος σύσταση (χωρίς τέφρα, σε ξηρή βάση) |
|----------------|--|
| Άνθρακας (C) | 44 - 51 % |
| Υδρογόνο (H) | 5,5 - 6,7 % |
| Οξυγόνο (O) | 41 - 50 % |
| Άζωτο (N) | 0,12 - 0,60 % |
| Θείο (S) | 0 - 0,2 % |

Πίνακας 2.δ.

2.4. Εκπομπές ρύπων από την καύση pellets

Η ενεργειακή αξιοποίηση των πέλλετς για θέρμανση κτιρίων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και σε αρκετά Κράτη της Ευρώπης έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό ο τομέας της οικιακής θέρμανσης με συστήματα βιομάζας (κυρίως pellets).

Τα πλεονεκτήματα της οικιακής θέρμανσης μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

- Τα pellets αποτελούν μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έτσι, με την προϋπόθεση της ορθολογικής διαχείρισης, η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών δε μειώνεται.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση των pellets συμβάλλει ελάχιστα στην όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή, η οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η καύση της βιομάζας δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης CO_2 στην ατμόσφαιρα καθώς η ποσότητα που παράγεται κατά την καύση επαναδεσμεύεται μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης κατά την ανάπτυξη της φυτικής βιομάζας. Η μόνη συνεισφορά στην όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου επικεντρώνεται στα στάδια της παραγωγής και της μεταφοράς των pellets.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας συμβάλλει στη μερική απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και στην αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να προσφέρει τόνωση της αγροτικής δραστηριότητας και της αγροτικής οικονομίας

2.4.1. Το ζήτημα των εκπομπών αέριων ρύπων από την καύση pellets

Η καύση της βιομάζας είναι μια εδραιωμένη τεχνική θερμικής μετατροπής για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Δυστυχώς, όμως, παρουσιάζει μεγαλύτερες εκπομπές σε σχέση με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο στους εξής βασικούς ρύπους: CO , NO_x και αιωρούμενα σωματίδια όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα. Ακολουθώς αποσαφηνίζονται συνοπτικά τα ζητήματα των προαναφερθέντων αέριων εκπεμπόμενων ρύπων.

| Εκπεμπόμενοι ρύποι σε gr/kWh παραγόμενης ενέργειας (πλην σκόνης: gr/Nm ³) | | | |
|---|---------------|---------------|----------------|
| | Καύσιμο | | |
| Ρύπος | Πετρέλαιο | Φυσικό Αέριο | Πελλέτες ξύλου |
| CO ₂ | 3,509 | 2,599 | 0,39 |
| SO ₂ | 339,351 | 1,805 | 0 |
| CO | 0,054 - 0,108 | 0,054 - 0,072 | 0,18 - 10,83 |
| NO _x | 0,271 | 0,18 - 0,361 | 0,469 - 1,083 |
| TOC | 0 - 0,007 | 0 - 0,007 | < 0,036 |
| Σκόνη | 0,208 | 0 | 0,025 - 0,5 |

Πίνακας 2.ε.

- **Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)**

Η ουδετερότητα των βιοκαυσίμων ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν προκύπτει από το γεγονός ότι δεν εκλύουν κατά την καύση τους το συγκεκριμένο αέριο, κάτι τέτοιο είναι αδύνατο για οποιαδήποτε καύση ένωσης που περιέχει άνθρακα. Η φιλικότητα των βιοκαυσίμων για το περιβάλλον απορρέει από το γεγονός ότι για τη παραγωγή τους χρησιμοποιούνται φυσικές πρώτες ύλες (π.χ. υπολείμματα υλοτομίας, πριονίδι, ειδικές καλλιέργειες) που για την ανάπτυξη τους απορροφούν περίπου ίση ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα όση με εκείνη που εκλύουν κατά την καύση τους. Κατά συνέπεια το συνολικό ισοζύγιο μεταφοράς διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι κατά προσέγγιση μηδενικό. Συγκρίνοντας με τις αντίστοιχες εκπομπές (CO₂) του φυσικού αερίου και του πετρελαίου που είναι σημαντικά υψηλότερες συνυπολογίζοντας το γεγονός ότι δεν λαμβάνει χώρα η διαδικασία απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα κατά την παραγωγή τους όπως γίνεται στη βιομάζα.

- **Εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂)**

Οι εκπομπές σε διοξείδιο του θείου μπορεί να διαφέρει σε μικρό βαθμό, ανάλογα με την πηγή βιομάζας που χρησιμοποιούμε για καύση. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα οι εκπομπές διοξειδίου του θείου είναι μηδενικές για πελλέτες ξύλου. Αυτό οφείλεται στην ίδια τη στοιχειακή σύσταση της βιομάζας που έχει πολύ χαμηλά επίπεδα σε θείο συνεπώς δεν θα παράγονται εκπομπές διοξειδίου θείου κατά την καύση όπως παρατηρούμε ότι γίνεται σε μεγάλο βαθμό στο πετρέλαιο.

- **Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO)**

Ανάλογα το είδος της βιομάζας που χρησιμοποιείται για καύση, οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα μπορούν να διαφέρουν. Απ όλα τα είδη βιομάζας, τα pellets παρουσιάζουν τις χαμηλότερες εκπομπές CO και πληρούν τα επιτρεπόμενα όρια προτύπων (EN 303.65), γεγονός που αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα της καύσης ομογενούς και ξηρής βιομάζας. Ακόμη, όσον αφορά τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) των βιοκαυσίμων είναι μεγαλύτερες από τις εκπομπές εγκαταστάσεων φυσικού αερίου και πετρελαίου. Η κακή ποιότητα καύσης είναι ο λόγος που σημειώνονται υψηλά επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα. Οι βασικότερες αιτίες οι οποίες οδηγούν σε αύξηση αυτών των εκπομπών είναι:

1. Η μη επάρκεια οξυγόνου
2. Η χαμηλή θερμοκρασία καύσης
3. Το μεγάλο χρονικό διάστημα που μένουν τα αέρια μέσα στη ζώνη καύσης
4. Η περιορισμένη ανάμιξη αέρα με το καύσιμο

Η λύση είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός και η βελτίωση της ποιότητας του καυστήρα για να μπορέσουν να μειωθούν σημαντικά τα επίπεδα των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα από την καύση.

- **Εκπομπές οξειδίου του αζώτου (NO_x)**

Οι εκπομπές NO_x από εγκαταστάσεις καύσης βιομάζας αποτελούν κυρίως προϊόν της μερικής οξειδωσης του αζώτου (N) που περιέχεται στο καύσιμο. Επιπροσθέτως σε θερμοκρασίες άνω των 1300 °C, περίπου το ατμοσφαιρικό άζωτο μπορεί να αντιδράσει με ρίζες οξυγόνου με αποτέλεσμα το σχηματισμό μονοξειδίου του αζώτου (NO). Δεδομένου ότι οι θερμοκρασίες σε καυστήρες βιομάζας είναι συνήθως χαμηλότερες από την προαναφερθείσα, ο σχηματισμός NO_x από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο δεν λαμβάνει χώρα. Οι εκπομπές NO_x των εγκαταστάσεων καύσης βιομάζας είναι ελαφρώς υψηλότερες από εκείνες των αντίστοιχων εγκαταστάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου, αλλά κυμαίνονται εντός των ορίων που συνήθως απαιτούνται. Αναλόγως με το είδος της στερεάς βιομάζας παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στις εκπομπές NO_x. Αυτές οι διαφοροποιήσεις οφείλονται στη διαφορετική περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε άζωτο και τέφρα η οποία λειτουργεί ως καταλύτης για το σχηματισμό NO_x κατά τη διάρκεια της καύσης. Παραδείγματος χάρη αν το καύσιμο προέρχεται από φλοιούς δέντρων τότε οι εκπομπές είναι υψηλότερες από ότι αν προερχόταν από ξύλο. Αυτό οφείλεται στο ότι ο φλοιός των δέντρων έχει υψηλότερη συγκέντρωση αζώτου από το εσωτερικό του κορμού.

- **Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων (PM)**

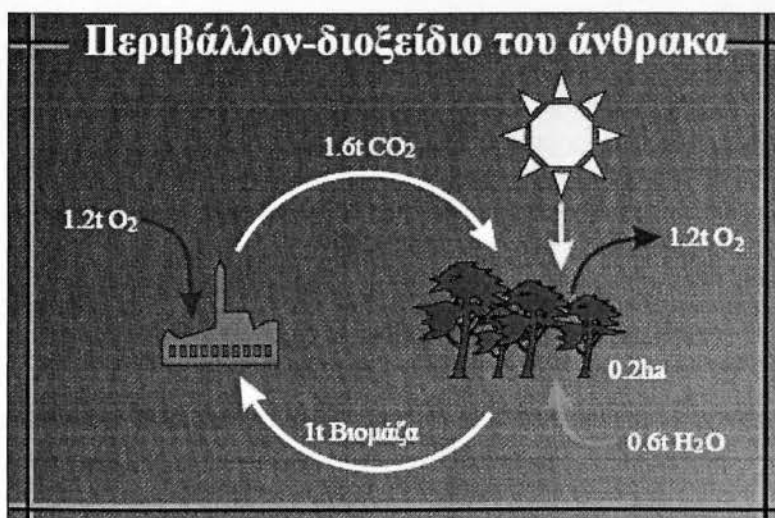
Έχει διαπιστωθεί πως η καύση βιομάζας συνδέεται με τα υψηλά επίπεδα εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων (PM), μικρότερων από τα 2,5μm τα οποία συνιστούν σημαντικό δείκτη αέρια ρύπανσης. Η σύνδεση των αιωρούμενων σωματιδίων στις επιπτώσεις της ανθρώπινης υγείας έχει αναγνωριστεί από καιρό και οι επιπτώσεις αφορούν αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις σε ευπαθείς ομάδες. Σύμφωνα με τις περισσότερες μελέτες έχει αποδειχθεί πως ο τύπος των καυσίμων επηρεάζει τις εκπομπές σωματιδίων περισσότερο από τις συνθήκες λειτουργίας του καυστήρα. Με βάση αυτές τις μελέτες τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούνται από οργανικά συστατικά (κυρίως αιθάλη) και ανόργανα (τέφρα). Η ύπαρξη οργανικών ενώσεων στα αιωρούμενα σωματίδια οφείλεται στην ελλιπή καύση ενώ η ύπαρξη ανόργανων συστατικών οφείλεται στην περιεκτικότητα της τέφρας του καυσίμου. Έχει διαπιστωθεί πως τα σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από <1μm αποτελούνται κυρίως από K, S και Zn και σε μικρότερο βαθμό από C, Ca, Fe, Mg, Cl, P και Na ενώ τα σωματίδια μεγάλου μεγέθους συνιστούν συσσωματώματα άνθρακα (σωματίδια αιθάλης). Εάν η καύση είναι πλήρης (αμελητέα περιεκτικότητα οργανικών ενώσεων στα αιωρούμενα σωματίδια) η περιεκτικότητα των σωματιδίων σχετίζεται άμεσα με την περιεκτικότητα σε τέφρα της βιομάζας. Υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα οδηγεί σε υψηλότερη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στα καυσαέρια. Έχει διαπιστωθεί πως το ανόργανο μέρος των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται γραμμικά από το ποσοστό των ανόργανων συστατικών βιομάζας. Επίσης η περιεκτικότητα της τέφρας σε K, Cl και S καθίσταται σημαντικός παράγοντας για την σύνθεση των πολύ μικρών σωματιδίων.

Από τα ανωτέρω γίνεται σαφές πως η στερεή βιομάζα με μικρή περιεκτικότητα σε τέφρα που ακολουθεί τα προβλεπόμενα πρότυπα ποιότητας μπορεί να παρουσιάσει πολύ μικρές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων, με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται ένα σύστημα καυστήρα- λέβητα ικανοποιητικών συνθηκών λειτουργίας.

2.5. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO_2 , κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου (Σχ. 2.γ.).
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
4. Το χαμηλό κόστος λειτουργίας της θέρμανσης. Η θερμική ενέργεια που αποδίδει 1 τόνος πετρελαίου αξίας 900 ευρώ (Απρίλιος 2011), ισοδυναμεί με αυτήν που αποδίδουν 2,2 τόνοι πέλλετς αξίας 59 ευρώ (270 ευρώ/τόνο). Πετυχαίνουμε συνεπώς εξοικονόμηση της τάξεως 35%.
5. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.



Σχήμα 2.γ.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

1. Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
2. Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
3. Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
4. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

2.6. Τύποι βιομάζας

Πρακτικά οι τύποι βιομάζας που απαντώνται είναι δύο:

1. Η βιομάζα η οποία παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες
2. Και οι υπολειμματικές μορφές (σε αυτή περιλαμβάνονται κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα). χ

Ακόμη, υπάρχουν ορισμένα υδατικά είδη βιομάζας που θεωρούνται κατάλληλα για ενεργειακές εφαρμογές. Σε αυτά συμπεριλαμβάνεται το φυτοπλαγκτόν, τα μονοκυτταρικά και πολυκυτταρικά φύκη, φυτά του γλυκού νερού και θαλάσσια είδη, για τα οποία οι συνθήκες στη Νότια Ευρώπη δεν είναι ευνοϊκές για την παραγωγή τους και συνεπώς δεν θα ασχοληθούμε περαιτέρω.

2.6.1. Ενεργειακές καλλιέργειες

Αυτές είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.α.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες, των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων, θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλιανθος, όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.

Οι νέες ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και αναφέρονται στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- τις **γεωργικές** που διακρίνονται σε:

- Ετήσιες
- Πολυετείς

- και τις **δασικές**.

Τέλος, θα αναλυθούν οι πλέον κατάλληλες και υποσχόμενες για τις μεσογειακές κλιματικές συνθήκες για τις ενεργειακές καλλιέργειες στην Ευρώπη.

• Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

• Ετήσιες

Ελαιοκράμβη

Η ελαιοκράμβη (σχήμα) είναι ετήσιο φυτό, πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα της (πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, καθώς έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο. Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίτα της είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%). Οι τεχνικές καλλιέργειες είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών σιτηρών.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, καθώς το φυτό είναι πολύ ευαίσθητο στα ζιζάνια στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του. Προσοχή πρέπει να δοθεί κατά τη συγκομιδή, ώστε η υγρασία του σπόρου να κυμαίνεται από 9-12%. Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο χρόνος συγκομιδής, για την αποφυγή της απώλειας του σπόρου από τις υψηλές θερμοκρασίες, που συνοδεύονται από τα ξηρά και θερμά ρεύματα.

Η ελαιοκράμβη είναι διαδεδομένη στα εύκρατα δροσερά κλίματα και χωρίζεται σε δύο τύπους καλλιέργειας, τη χειμερινή και την ανοιξιότικη. Είναι φυτό αιθιοπικής προέλευσης, ψηλό και παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλή παραγωγικότητα στις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Η καλλιέργειά του είναι χειμερινή σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ σε αυτές με βαρύτερο συνίσταται κυρίως ως ανοιξιότικη καλλιέργεια. Οι αποδόσεις σε σπόρο καθώς και σε ξηρή βιομάζα (αναλόγως την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις επικρατούσες συνθήκες) κυμάνθηκαν από 100 έως 300 κιλά/στρέμμα και 300 ως 800 κιλά/στρέμμα αντίστοιχα.

Σύμφωνα με ενεργειακές εκτιμήσεις που έγιναν, από 1 στρέμμα ελαιοκράμβης παράγονται κατά μέσο όρο 150-300 κιλά σπόρος.



Σχήμα 2.δ. Ελαιοκράμβη

Ηλιάνθος

Ο ηλιάνθος (σχήμα) είναι ετήσιο φυτό. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24.2εκ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 195εκ. στρέμματα. Απ' αυτά, περισσότερα από 100εκ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη και 1.7εκ. στην Ιταλία (0.17εκ. στρέμματα στην Ελλάδα).

Ο ηλιάνθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ (1504000 τόνοι το 2003) σε παγκόσμιο επίπεδο, από το οποίο περισσότερο από το 10% προέρχεται από τον ηλιάνθο. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια του ηλιάνθου συγκεντρώνεται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Η συνολικά καλλιεργημένη έκταση της χώρας το 2005 ήταν 80 χιλιάδες στρέμματα με αντίστοιχη παραγωγή 16 χιλιάδων τόνων σε σπόρο. από τα συμπιεσμένα περικάρπια (φλοιοί ηλιόσπορων) παράγεται καύσιμη ύλη με την μορφή βιομάζας ή συσσωμάτων βιομάζας (pellets) ενώ από τους σπόρους παράγεται βιοντίζελ.



Σχήμα 2.ε. Ηλιάνθος

Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο

Το γλυκό σόργο είναι ένα C_4 μονοετές φυτό, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα (30-45% επί ξηρού βάρους) και κυτταρίνες και σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση. Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα είδη εδαφών και ποικίλες κλιματικές συνθήκες. Το χλωρό βάρους κυμαίνεται από 8-10 τόνους/στρέμμα στη Γερμανία, σε 9 τόνους/στρέμμα στην Ισπανία και ως 14 τόνους/στρέμμα στην Ελλάδα.

Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει επί του χλωρού βάρους των στελεχών, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους/στρέμμα. Τέλος, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε ζυμώσιμα σάκχαρα, θεωρείται κατάλληλο για παραγωγή βιοαιθανόλης.



Σχήμα 2.στ. Γλυκό σόργο

Το κυτταρινούχο σόργο είναι C_4 ετήσιο φυτό, με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Αντίθετα με το γλυκό, το κυτταρινούχο σόργο έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα και το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνοκυτταρινούχα συστατικά.

Στην Ιταλία αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα του γλυκού σόργου ήταν 41% του ξηρού βάρους των στελεχών (0,9 τόνου/στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα), ενώ τα υβρίδια κυτταρινούχου σόργου ποικίλει από 9-12% επί του ξηρού βάρους (0,2 τόνου/ στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα). Στην χώρα μας οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φτάνουν τους 2,8 τόνους/στρέμμα. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το κυτταρινούχο σόργο παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, το οποίο αποτελεί φαινόμενο που επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου.



Σχήμα 2.ζ. Κυτταρινούχο σόργο

Σιτάρι-Κριθάρι

Το σιτάρι και το κριθάρι είναι ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών. Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, συνολική παραγωγή 573,5εκ. τόνους το 2002. Το κριθάρι χρησιμοποιείται κυρίως σα ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή του κριθαριού έφθασε στους 136,5εκ. τόνους το 2002.

Στην Ελλάδα, η συνολική καλλιεργούμενη έκταση του σιταριού είναι 8,3εκ. στρέμματα και η παραγωγή ξεπερνά τα 2εκ. τόνους. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση του κριθαριού είναι περίπου 1,3εκ. στρέμματα, με ετήσια παραγωγή 0,29εκ. τόνους. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτης ύλης για παραγωγή βιοαιθανόλης. στην Γαλλία, πχ τα σιτηρά για παραγωγή βιοαιθανόλης αντιπροσωπεύουν τι 20% ενώ την τελευταία δεκαετία η καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι για βιοαιθανόλη σχεδόν τριπλασιάστηκε.



Σχήμα 2.η. Σιτάρι

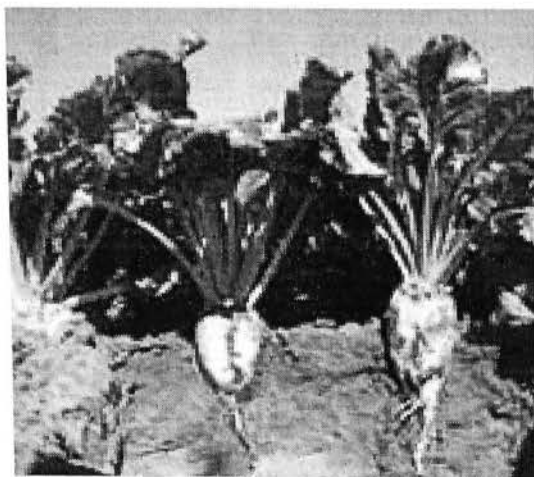


Σχήμα 2.0. Κριθάρι

Ζαχαρότευτλα

Τα ζαχαρότευτλα είναι ένας διατητής τύπος τεύτλου, που καλλιεργείται εμπορικά, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα (επί χλωρού βάρους), κάνοντάς το τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφτασε τους 257εκ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε περισσότερα από 603κ. στρέμματα. Απ' αυτά, 5,5εκ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις ΗΠΑ και περισσότερο από 40εκ. στρέμματα στην Ευρώπη.

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση είναι περίπου 0,43εκ. στρέμματα με μία ετήσια παραγωγή 2.4εκ. τόνους. Τα τελευταία χρόνια, τα ζαχαρότευτλα χρησιμοποιούνται σαν πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης.



Σχήμα 2.1. Ζαχαρότευτλα



Σχήμα 2.κ. Ζαχαρότευτλα

Αραβόσιτος

Για το έτος 2005 γνωρίζουμε ότι η παγκόσμια παραγωγή αραβόσιτου έφθασε στα 695εκ. τόνους, καλλιεργούμενη σε 1,471εκ. στρέμματα. Απ' αυτά, πάνω από 300εκ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις ΗΠΑ και 60εκ. στρέμματα στην Ευρώπη (2.4εκ. στρέμματα στην Ελλάδα).

Στην Ελλάδα ο αραβόσιτος (καλαμπόκι) θεωρείται σημαντικό φυτό και η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. η συνολική καλλιεργούμενη έκταση παρουσίασε μια μικρή αύξηση την τελευταία δεκαετία (2,1εκ. στρέμματα το 1996 και 2,4εκ. στρέμματα το 2005), με ετήσια παραγωγή 2,1 και 2,3 εκατομμυρίων τόνων αντίστοιχα. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβόσιτου κυμαίνονται από 600-1800 κιλά/στρέμμα.

Τα τελευταία 15 χρόνια ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγό χώρα τις ΗΠΑ (28εκ. τόνους το 2003). Από 1 στρέμμα αραβόσιτο παράγονται 240 με 360 λίτρα βιοαιθανόλης.



Σχήμα 2.λ. Αραβόσιτος

Κενάφ

Το κενάφ είναι ετήσιο φυτό μικρής ημέρας με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας. Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων, που ευδοκίμει σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα, με οργανική ουσία καλής ποιότητας. μπορεί παραταύτα να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών.

Η σπορά του κενάφ γίνεται το Μάιο, ενώ η συγκομιδή του, όταν αυτό προορίζεται για ενεργειακούς σκοπούς, συνιστάται από Νοέμβριο ως Δεκέμβριο, όταν η υγρασία των στελεχών του είναι στα χαμηλότερα επίπεδα και το φυτό έχει χάσει πλήρως τα φύλλα του. Οι πιθανές του χρήσεις αφορούν στην παραγωγή ενέργειας και βιομηχανικών προϊόντων, όπως χαρτοπολτού, δομικών υλικών κ.α.



Σχήμα 2.μ. Κενάφ

• Πολυετείς

Καλάμι

Το καλάμι ανήκει στα αγροστώδη πολυετή φυτά με C_3 φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Το ύψος του φυτού μπορεί να υπερβεί τα 10 μέτρα.

Θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα. Τα ριζώματα φυτεύονται κατά το φθινόπωρο-χειμώνα. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής για το καλάμι είναι σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και εντοπίζεται στο διάστημα από Ιανουάριο, έως και τις αρχές Μαρτίου. Ως πιθανές χρήσεις του φυτού εξετάζονται η παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών.



Σχήμα 2.ν. Καλάμια

Μίσχανθος

Ο μίσχανθος είναι ένα αγροστόδες, πολυετές, ριζωματοδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της Νότιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, σαν καλλωπιστικό φυτό. Ο χρόνος ζωής μιας φυτείας είναι 20-25 χρόνια.

Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Επιπλέον παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και νιτρικών.

Στη νότια Ευρώπη και ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα σε αρδευόμενες εκτάσεις, έχει καλές αποδόσεις και η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή. Η φύτευση των ριζωμάτων γίνεται φθινόπωρο-χειμώνα.

Ευνοϊκή περίοδος για τη συγκομιδή του μίσχανθου θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξηραίνεται με φυσικό τρόπο στον αγρό. Τελευταία, μελετάται η καλλιέργεια του για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων ή χαρτοπολτού.



Σχήμα 2.ξ. Μίσχανθος

Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα είναι ένα πολυτελές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Όπως όλα τα είδη αγκαθιών, είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών και επειδή δεν είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση, εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα. Επιπλέον λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει, προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή και άγονα εδάφη.

Μετά τη συγκομιδή, που γίνεται το καλοκαίρι, ο νέος κύκλος αρχίζει με την έναρξη των βροχών και τη βλάστηση των υπογείων οφθαλμών. Το φυτό παίρνει το σχήμα ρόδακα, έως την επόμενη άνοιξη που αναπτύσσονται τα στελέχη. Αργότερα αναπτύσσονται διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού και σχηματίζονται αρκετές κεφαλές ανά βλαστό. Το καλοκαίρι τα υπέργεια μέρη του φυτού ξηραίνονται, ενώ τα υπόγεια, οι ρίζες και οι οφθαλμοί στη βάση του βλαστού διατηρούνται ζωντανά. Ως πιθανές χρήσεις αναφέρονται η παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και βιο-ελαίου.



Σχήμα 2.ο. Αγριαγκινάρα

Switchgrass (γρασίδι ταχείας ανάπτυξης)

Είναι ένα πολυετές C_4 , αγροστόδες φυτό (χρόνος ζωής φυτείας περίπου 10 χρόνια). Συναντάται κυρίως στη Βόρεια και Κεντρική Αμερική, αλλά επίσης έχει βρεθεί στη Νότιο Αμερική και την Αφρική. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3m σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από τους οφθαλμούς εκπύσσονται, χωρίς την άνοιξη, αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10mm. κάτω από κατάλληλες συνθήκες, μπορεί να φθάσει σε ύψος 2.5m. Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται με σπόρο και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο, όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15°C. Η σπορά δεν πρέπει να γίνει σε βάθος μεγαλύτερο του 1cm και η συνισταμένη πυκνότητα της φυτείας είναι 200-300 φυτά ανά m^2 .

Η αναβλάστηση νέων στελεχών, από του οφθαλμούς των ριζωμάτων, γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου κάθε έτους. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς, αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει, ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παρουσιάζει ταχύ ρυθμό ανάπτυξης, που μπορεί να ξεπεράσει τα 15mm την ημέρα σε ύψος. Η άνθηση έχει παρατηρηθεί να συμβαίνει μεταξύ τέλους Ιουλίου και αρχών Αυγούστου. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους, με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 0.7 έως 2g. Κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τα τέλη Νοεμβρίου έως και τον Ιανουάριο.

Η καλλιέργεια του switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας, ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση).

ζιζανιοκτόνα). Οι αρδευτικές ανάγκες του switchgrass είναι χαμηλές, αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα, που έχουν εκτελεστεί, έδειξαν ότι αρδεύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή. Ως πιθανές χρήσεις αναφέρονται η παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες.



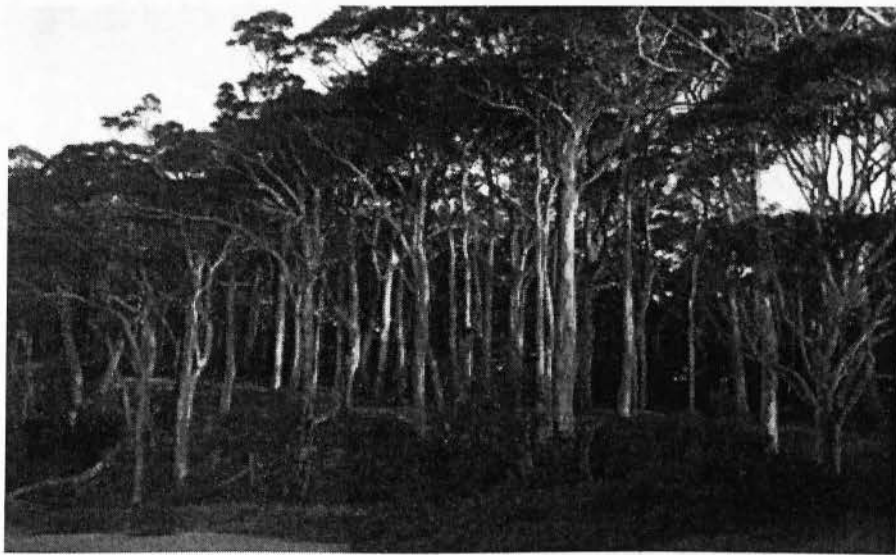
Σχήμα 2.π. Switchgrass

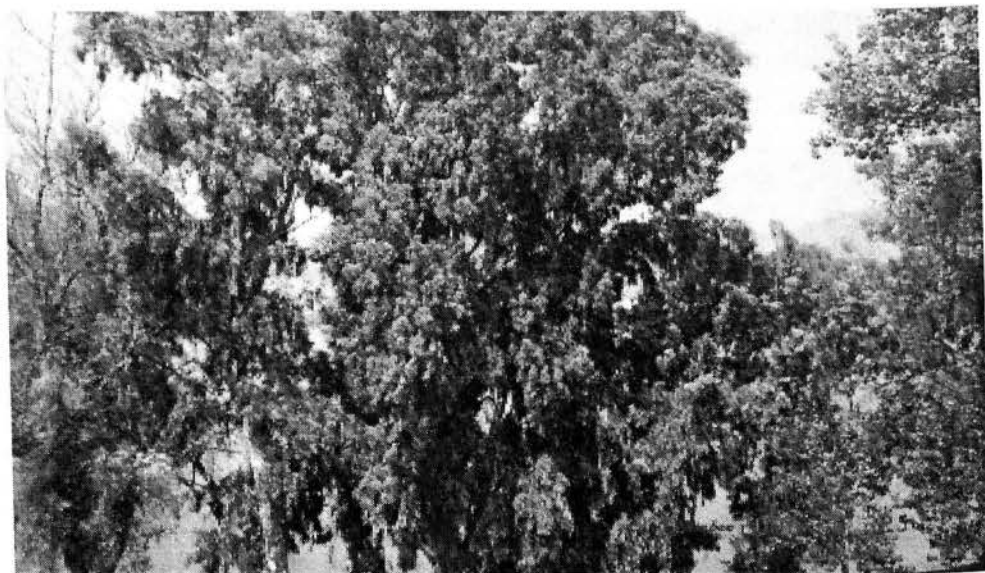
- **Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες**

Ευκάλυπτος

Έχει προέλευση από την Αυστραλία, αλλά του δύο τελευταίους αιώνες έχει εξαπλωθεί σε πολλές υποτροπικές και τροπικές περιοχές. Περιλαμβάνει δενδρώδη είδη, που μπορούν να ξεπεράσουν τα 100m ύψος και ανήκει στην οικογένεια Myrtacee. Στις Μεσογειακές χώρες έχουν καλλιεργηθεί αρκετά είδη ευκάλυπτου. Τα είδη που παρουσίασαν πολύ καλή προσαρμοστικότητα είναι τα είδη *E.camaldulensis* και *E. globules*. Και τα δύο είδη χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες όμως, στις οποίες αναπτύσσονται, διαφέρουν.

Ο *E.globules* είναι απαιτητικός σε άρδευση και ευαίσθητος στο ασβέστιο, ενώ αντίθετα ο *E.camaldulensis* είναι ανθεκτικός στην ξηρασία και στις υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου. Ο ευκάλυπτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και είναι αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.





Σχήματα 2.ρ. , 2.σ. Ευκάλυπτοι

Ψευδακακία

Πρόκειται για ενδημικό δένδρο της Βορείου Αμερικής. Ανήκει στα ψυχανθή και συνεπώς μπορεί να προσλαμβάνει το ατμοσφαιρικό άζωτο, μέσω των συμβιωτικών βακτηρίων. Λόγω αυτού, μπορεί να καλλιεργηθεί σε χαμηλής γονιμότητας εδάφη. Χρησιμοποιεί τον C_3 φωτοσυνθετικό μηχανισμό.

Χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας και εξαιρετική αναβλάστηση τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στην διάρκεια μιας 20ετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις, στις δύο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3370000 στρέμματα σε 18900000, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η Κίνα. Η ψευδακακία, εξαιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 2.τ. Ψευδακακία

• **Θερμογόνος δύναμη και απόδοση ενεργειακών καλλιιεργειών**

Στον κάτωθι πίνακα βλέπουμε συγκεντρωτικά τη θερμογόνο δύναμη όπως και την απόδοση σε ξηρή βιομάζα και ενέργεια των ενεργειακών καλλιιεργειών που παρουσιάστηκαν εκτενώς παραπάνω. Παρατηρούμε ότι στις πολυετείς καλλιιεργειες η θερμογόνος δύναμη των φυτών είναι η ίδια σε όλα (18 MJ/κιλό). Η διαφορά τους έγκειται στην απόδοση ξηρής βιομάζας μετρούμενη σε τόνους και την απόδοση σε ενέργεια που παρέχει ένα στρέμμα καλλιιεργειας για ένα χρόνο έκαστο. Απ' τη σύγκριση προκύπτει ότι το γρασίδι ταχείας ανάπτυξης (Switchgrass) και το καλάμι είναι προτιμώμενα για τους λόγους που αναφέρθηκαν.

Ομοίως από τις ετήσιες καλλιιεργειες το κενάφ και το κυτταρινούχο σόργο ξεχώριζαν μεταξύ άλλων για τη θερμογόνο δύναμη που διαθέτουν την απόδοση σε ξηρή βιομάζα και σε ενέργεια. Μεταξύ των δύο το κενάφ βλέπουμε πως έχει υψηλότερη θερμογόνο αλλά υστερεί σε απόδοση σε ξηρή βιομάζα και ενέργεια του κυτταρινούχου σόργου.

Τέλος απ' τις δασικές καλλιιεργειες ο ευκάλυπτος υπερέχει τόσο σε θερμογόνο όσο και σε απόδοση σε ξηρή βιομάζα και ενέργεια. Θα πρέπει όμως να συνυπολογίσουμε στην τελική επιλογή του για καλλιιεργεια την ανάγκη που έχει σε άρδευση, τουλάχιστον για το είδος E. globules γεγονός που μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για το ξηρό Μεσογειακό κλίμα.

| Είδος | Προϊόν | Θερμογόνος Δύναμη (MJ/κιλό) | Μέση Απόδοση σε Ξηρή Βιομάζα (τόνου/στρ./έτος) | Απόδοση σε Ενέργεια (GJ/στρ./έτος) |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------|--|------------------------------------|
| Πολυετείς Καλλιιεργειες | Καλάμι | 18 | 1,0-2,0 | 18,0-36,0 |
| | Αγριαγκινάρα | 18 | 1,0-1,5 | 18,0-27,0 |
| | Switchgrass | 18 | 1,0-2,0 | 18,0-36,0 |
| | Μίσχανθος | 18 | 1,0-1,5 | 18,0-27,0 |
| Ετήσιες Καλλιιεργειες | Κενάφ | 18,6 | 0,8-1,8 | 14,9-33,4 |
| | Κυτταρινούχο Σόργο | 18 | 2,0-3,5 | 36,0-63,0 |
| Δασικές Καλλιιεργειες | Ευκάλυπτος | 19,4 | 1,8-3,0 | 34,8-58,0 |
| | Ψευδακακία | 17,8 | 0,8-1,3 | 14,3-23,2 |

Πίνακας 2.στ. Η παραγόμενη ενέργεια από ξηρή βιομάζα, απόδοση σε προϊόν και ενέργεια.

2.6.2. Υπολειμματικές μορφές βιομάζας

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας είναι υλικά περιέχοντα ενέργεια, τα οποία απορρίπτονται και τα οποία προέρχονται κυρίως από παρθένα βιομάζα. Η υπολειμματική μορφή βιομάζας παράγεται από ανθρώπινες δραστηριότητες και ορισμένα φυσικά γεγονότα. Περιλαμβάνει:

- αγροτικά υπολείμματα, όπως κοπριά ζώων και υπολείμματα από συγκομιδή σοδειών σε αγροτικές και συναφείς διεργασίες
- υπολειμματικές μορφές ξύλου και σχετικά υπολείμματα στα δάση από δασοκομικές δραστηριότητες και από παραγωγή κούτσουρων
- τα απόβλητα της αγροτικής και της σχετικής με δάση βιομηχανίας όπως η βιομηχανία πολτού και χάρτου και η βιομηχανία παραγωγής τροφών.

- Αγροτικά υπολείμματα

Τα αγροτικά υπολείμματα, τα οποία παράγονται στον αγρό, διαχωρίζονται μεταξύ:

- Υπολειμμάτων, τα οποία παραμένουν στον αγρό μετά την ετήσια συγκομιδή της σοδειάς, όπως φύλλα, στελέχη, καρποί κλπ. Οι κυριότερες ετήσιες καλλιιεργειες είναι τα χειμερινά δημητριακά, το ρύζι, ο αραβόσιτος, το βαμβάκι, ο καπνός και τα ζαχαρότευτλα και
- Υπολείμματα από πολυετή φυτά μετά το κλάδεμα δέντρων και αμπελιών, όπως κλαδοδέματα ελιάς, πορτοκαλιάς, αμυγδαλιάς, ροδακινιάς, αμπέλου κλπ.

Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωικής προέλευσης περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία. Τα ζώα, τα οποία

παράγουν μεγάλες και τοπικά συγκεντρωμένες ποσότητες περιττωμάτων, είναι τα πρόβατα, τα ερίφια, οι αγελάδες, τα μοσχάρια, οι χοίροι, τα κοτόπουλα πτηνοτροφείου και τα πουλερικά εν γένει.

Στην Ελλάδα, η εκτροφή προβάτων και εριφίων είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη και η κοπριά βρίσκεται σκορπισμένη σε όλη την έκταση των βοσκοτόπων. Μεγάλες ποσότητες συγκεντρωμένης κοπριάς παράγονται στα εκτροφεία αγελάδων, χοίρων και πουλερικών.

- Δασικά υπολείμματα

Η βιομάζα δασικής προέλευσης, που μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, τα υπολείμματα υλοτομίας, υπό τη μορφή φλοιών, κορυφών δένδρων, μένων στο κλαδιών, φύλλων και βελονών κωνοφόρων, τα οποία παραμένουν στο έδαφος του δάσους, στα υπολείμματα από αραιώσεις νεαρών δένδρων και σε υλικό προερχόμενο από την απομάκρυνση της υπο-ορόφου βλάστησης για προστασία ενάντια στις δασικές πυρκαγιές.

Οι υπολειμματικές μορφές ξύλου, οι οποίες λαμβάνονται από την όρθη διαχείριση του δάσους, δεν απομειώνουν τη δασική πρώτη ύλη. Με τη χρήση συντηρήσιμων πρακτικών, είτε δένδρα ξαναφυτεύονται, είτε η δασική πηγή υπόκειται σε διαχείριση με στόχο την αναγέννηση, για τη βελτίωση της υγείας της και της μελλοντικής παραγωγικότητάς της.

- Βιομηχανικά απόβλητα

Τα βασικά αγροτο-βιομηχανικά υπολείμματα υπό μορφή φλοιών, κελυφών, πυρήνων, προέρχονται από γεωργικές βιομηχανίες, όπως αλευροβιομηχανίες, βιομηχανίες ρυζιού, βιομηχανίες αραβόσιτου, εκκοκκιστήρια βάμβακος, βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων, οινοποιεία, σπορελαιουργεία, βιομηχανίες παραγωγής ελαιόλαδου και πυρηνελαιουργεία.

Η βιομηχανία προϊόντων ξύλου, η οποία περιλαμβάνει τις μονάδες παραγωγής χάρτου, τα πριονιστήρια και τις μονάδες κατασκευής επίπλων, παράγει μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων ξύλου. Μία άλλη πηγή είναι το απόβλητο ξύλο από αστικές κατασκευαστικές εργασίες και από κατεδαφίσεις, καθώς και από συσκευασίες ξύλου.

2.7. Κύκλος ζωής βιομάζας και ταξινόμηση βιομάζας

Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των καυσίμων βιομάζας είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε τρεις φάσεις. Αυτές είναι:

1. Η φάση της ανάπτυξης
2. Η φάση του εφοδιασμού και
3. Η ενεργειακή φάση

Κατά τη φάση της ανάπτυξης έχουμε την ανάπτυξη της βιομάζας. σε αυτή τη φάση είναι δυνατόν να επηρεαστούν κυρίως τα χημικά χαρακτηριστικά και η επιθυμητή απόδοση του καυσίμου. Οι παράγοντες που συμβάλουν σε αυτό είναι τα είδη, το κλίμα, η εναπόθεση ρύπων, ο τύπος του εδάφους, η χρήση παρασιτοκτόνων, η αγροτική και δασοκομική πρακτική, η λίπανση καθώς και ο χρόνος συγκομιδής.

Κατά τη δεύτερη φάση που είναι η φάση του εφοδιασμού κύριο λόγο έχουν τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Οι παράγοντες που είναι στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος είναι η μέθοδος συγκομιδής, η μεταφορά, η ενδεχόμενη μεταφόρτωση, η αποθήκευση, η ξήρανση και πιθανή αναβάθμιση του καυσίμου.

Κατά την ενεργειακή φάση που στην ουσία είναι τα χαρακτηριστικά του καυσίμου ασχολούμαστε με τα φυσικά χαρακτηριστικά, την υγρασία, την θερμαντική αξία, τους ρύπους και την τέφρα που παράγεται κατά την καύση του στερεού βιοκαυσίμου.

Η ταξινόμηση των στερεών βιοκαυσίμων βασίζεται στην πηγή και τη προέλευση τους. Ο σκοπός της ταξινόμησης είναι η δυνατότητα διαφοροποίησης και προσδιορισμού του υλικού των βιοκαυσίμων, με βάση την προέλευση τους σε όποιο βαθμό λεπτομέρειας χρειάζεται. Η ποιοτική ταξινόμηση που παρουσιάζεται πιο κάτω αφορά τα κυριότερα στερεά βιοκαύσιμα του εμπορίου.

| | | | | | |
|---------|---|--------------------------------|--|----------|------------------------------------|
| 1.1 | Δασική και φυτική ξυλεία | 1.1.1 | Ολόκληρα δέντρα | 1.1.1.1 | Φυλλοβόλα |
| | | | | 1.1.1.2 | Κωνοφόρα |
| | | | | 1.1.1.3 | Δεντρύλια μικρού περιτρόπου χρόνου |
| | | | | 1.1.1.4 | Θάμνοι |
| | | | | 1.1.1.5 | Μίγματα |
| | | 1.1.2 | Στελέχη ξύλου | 1.1.2.1 | Φυλλοβόλα |
| | | | 1.1.2.2 | Κωνοφόρα | |
| | | | 1.1.2.3 | Μίγματα | |
| | | 1.1.3 | Υπολείμματα υλοτομίας | 1.1.3.1 | Πράσινα (φύλλα/βελόνες) |
| | | | | 1.1.3.2 | Ξηρά |
| | | | | 1.1.3.3 | Μίγματα |
| | | 1.1.4 | Κορμοί | 1.1.4.1 | Φυλλοβόλα |
| | | | | 1.1.4.2 | Κωνοφόρα |
| | | | | 1.1.4.3 | Δεντρύλια μικρού περιτρόπου χρόνου |
| | | | | 1.1.4.4 | Θάμνοι |
| | 1.1.4.5 | | | Μίγματα | |
| | 1.1.5 | Φλοιοί και φελλώδη υπολλείματα | | | |
| | 1.1.6 | Διαχείριση τοπίου | | | |
| 1.2 | Βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου, παραπροϊόντα και υπολείμματα | 1.2.1 | Χημικώς ανεπεξέργαστα υπολείμματα ξύλου | 1.2.1.1 | Χωρίς φλοιό |
| | | | | 1.2.1.2 | Φλοιοί και φελλώδη υπολλείματα |
| | | | | 1.2.1.3 | Φλοιός από βιομηχανία |
| | | | | 1.2.1.4 | Μίγματα |
| | | 1.2.2 | Χημικώς επεξεργασμένα υπολείμματα ξύλου | 1.2.2.1 | Χωρίς φλοιό |
| | | | | 1.2.2.2 | Φλοιοί και φελλώδη υπολλείματα |
| | | | | 1.2.2.3 | Φλοιός από βιομηχανία |
| | | | | 1.2.2.4 | Μίγματα |
| | | 1.2.3 | Ινώδη υπολείμματα από βιομηχανία χαρτιού και χαρτοπολτού | 1.2.3.1 | Χημικώς ανεπεξέργαστα |
| 1.2.3.2 | Χημικώς επεξεργασμένα | | | | |
| 1.3 | Χρησιμοποιημένο ξύλο | 1.3.1 | Χημικώς ανεπεξέργαστο ξύλο | 1.3.1.1 | Χωρίς φλοιό |
| | | | | 1.3.1.2 | Φλοιοί και φελλώδη υπολλείματα |
| | | | | 1.3.1.3 | Μίγματα |
| | | 1.3.2 | Χημικώς επεξεργασμένο ξύλο | 1.3.2.1 | Χωρίς φλοιό |
| | | | | 1.3.2.2 | Φλοιοί και φελλώδη υπολλείματα |
| | | | | 1.3.2.3 | Μίγματα |
| 1.4 | Μίγματα | | | | |

Πίνακας 2.ζ.

2.8. Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της βιομάζας

Η επιλογή των ειδών βιομάζας είναι ένας από τους περισσότερο καθοριστικούς παράγοντες για τις ιδιότητες των καυσίμων. Υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ της χημικής σύνθεσης των βιοκαυσίμων, οι οποίες οφείλονται στις διαφορετικές ανάγκες που απορρέουν από τη φύση της κάθε μονάδας μετατροπής, καθώς και από τις ανάγκες, που αφορούν τη φυσιολογία, όπως η ικανότητα απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών και των ιχνοστοιχείων. Υπό αυτή την έννοια, η ανάπτυξη των φυτών και οι γενικές βελτιώσεις των ενεργειακών καλλιεργειών αποτελούν μια δυνατότητα για την μελλοντική βελτίωση της απόδοσης και της ποιότητας του καυσίμου.

Η λίπανση αποτελεί ένα άλλο σημαντικό θέμα. Για την κανονική ανάπτυξη των φυτών και την επίτευξη ενός αποδεκτού επιπέδου εσοδείας, απαιτείται ένα συγκεκριμένο επίπεδο παροχής κρίσιμων θρεπτικών ουσιών (N,K,P), όμως η ποσότητα και ο τύπος της λίπανσης θα πρέπει να εξεταστούν με προσοχή.

Το κλίμα είναι άλλος ένας εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας για τις ενεργειακές καλλιέργειες, καθώς επηρεάζει την περιεκτικότητα τους σε υγρασία και τη στοιχειακή τους σύνθεση. Ανεπιθύμητα και εύκολα διαλυτά στο νερό στοιχεία όπως το K και το Cl, μπορούν να εκκληθούν από τις βροχοπτώσεις, κατά τις τελευταίες εβδομάδες ή ημέρες πριν και μετά τη συγκομιδή. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ξήρανση της σοδειάς κατά την αποθήκευση στους αγρούς για πολλές μέρες μετά την συγκομιδή της μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα του καυσίμου.

Η εποχή του έτους κατά την οποία διεξάγεται η συγκομιδή, μπορεί να είναι μια σημαντική επίσης παράμετρος για τις μονοετείς καλλιέργειες για παραγωγή ενέργειας, ιδιαίτερα όσον αφορά την περιεκτικότητα τους σε υγρασία και στην απόδοσή τους. Για δασύλλια μικρού περιήτρου χρόνου, η ηλικία της καλλιέργειας επηρεάζει τη περιεκτικότητα σε N και την περιεκτικότητα σε τέφρα, λόγω της μεταβλητής αναλογίας ξύλου και φλοιού στο φυτό και την εξάρτηση από την ποσότητα μικρών κλαδιών. Η μετατόπιση των ημερών της συγκομιδής αργότερα μέσα στην εποχή, γενικά οδηγεί σε μειωμένη περιεκτικότητα σε τέφρα. Τα δασικά υπολείμματα, λόγω του μεγαλύτερου περιήτρου χρόνου, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε περιβαλλοντικά επιβλαβή βαρέα μέταλλα, όπως το Cd και ο Zn.

Η προ-επεξεργασία και η παροχή του καυσίμου επηρεάζουν τις φυσικές παραμέτρους, όπως το μέγεθος των σωματιδίων, την περιεκτικότητα σε υγρασία και την ενεργειακή πυκνότητα. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες στρατηγικές για την συγκομιδή της βιομάζας κατά οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

2.9. Διεργασίες συγκομιδής

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω τα καύσιμα βιομάζας μπορεί να προέρχονται από τη συγκομιδή είτε αγροτικών καλλιεργειών είτε από δασικά υπολείμματα που αφορούν την υλοτόμηση δασών ή από την υλοτόμηση δασυλλίων που έχουν καλλιεργηθεί για αυτό ακριβώς το σκοπό. Για τη συγκομιδή καυσίμων βιομάζας, όπως το άχυρο, ολόκληρες καλλιέργειες, το χορτάρι ή ο μίσχανθος, συνίσταται το κόψιμο τους. Το άχυρο είναι ένα παραπροϊόν της συγκομιδής του αραβόσιτου και κατά συνέπεια απαιτείται μια περαιτέρω διεργασία για τη δραματοποίηση. Μετά την συγκομιδή, τα δεμάτια αποθηκεύονται στον αγρό ή μεταφέρονται σε αποθήκη ή σε μια μονάδα καύσης. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί όλη η καλλιέργεια, το βήμα της συγκομιδής μπορεί να συνδυαστεί με ένα βήμα κατάτμησης, για την αναβάθμιση του καυσίμου σε μια διαδικασία. Αν τα βήματα σε συνδυαστούν, είναι δυνατή η αποθήκευση της συγκομιδής στον αγρό, για ξήρανση ή για έκκληση των ανεπιθύμητων συστατικών από τη βροχή.

Τα δασικά υπολείμματα προέρχονται από την καθαρή υλοτόμηση των δασών. Μπορούν να συλλεχθούν και να αποθηκευτούν στο δάσος πριν την κατάτμηση τους ή να κατατμηθούν αμέσως μετά τη συγκομιδή τους. Άλλη μια επιλογή είναι να γίνει η δραματοποίηση τους και στη συνέχεια να μεταφερθούν σε ένα άλλο σημείο όπου θα γίνει η κατάτμηση του υλικού από μια μηχανή.

τεμαχισμού υψηλής δυναμικότητας. Σε ότι αφορά τα δασικά υπολείμματα το σύστημα συγκομιδής είναι ίδιο είτε η συγκομιδή αφορά την καθαρή υλοτόμηση είτε αφορά την αραιώση των δασών.

Έτσι οι ενέργειες που απαιτούνται είναι:

1. Η υλοτόμηση των δέντρων
2. Η εξαγωγή δηλαδή την απομάκρυνση της ξυλείας
3. Η επεξεργασία
4. Η κατάτμηση που αφορά τον τεμαχισμό ή το θρυμματισμό των υπολειμμάτων

2.10. Μείωση μεγέθους βιομάζας

Τα καύσιμα ξύλα μπορούν να είναι θάμνοι, βάτοι, δασικά υπολείμματα (κλαδιά κορυφές δέντρων), στελέχη και φλοιοί με μία διάμετρο περίπου 50 cm, υπολείμματα από πριονιστήρια (φέτες, λωρίδες και τρίμματα ξύλου), καθώς και καθαρό ξύλο από κατεδαφίσεις. Αυτές οι πρώτες ύλες έχουν διαφορετικά σχήματα και μεγέθη. Έτσι οι τεχνικές μείωσης του μεγέθους χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία της βιομάζας για άμεση χρήση σαν καύσιμο, για την παραγωγή συσσωματωμάτων, κύβων και μπρικετών ή για διεργασίες μετατροπής. Η μείωση του μεγέθους συμβάλλει:

1. Στη μείωση του όγκου αποθήκευσης
2. Στη διευκόλυνση της διακίνησης του υλικού σε στερεή κατάσταση και τη μεταφορά του σαν εναιώρημα ή με πνευματικά μέσα
3. Μερικές φορές επιτρέπει τον άμεσο διαχωρισμό των συστατικών όπως το φλοιό και το ξύλο.

Οι διαστάσεις του τελικού προϊόντος σχετίζονται με τη μέθοδο μετατροπής η οποία χρησιμοποιείται. Το μέγεθος των σωματιδίων πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του συστήματος τροφοδοσίας του αντιδραστήρα μετατροπής και της ίδιας της διεργασίας μετατροπής. Στα συστήματα καύσης το μέγεθος του καυσίμου προσδιορίζεται από:

1. Το σχεδιασμό του θαλάμου καύσης και των εναλλακτών θερμότητας
2. Τις συνθήκες λειτουργίας
3. Οι μέθοδοι παροχής του καυσίμου
4. Οι μέθοδοι αποκομιδής της τέφρας

Στα συστήματα θερμικής αεριοποίησης και υγροποίησης το μέγεθος και η κατανομή των μεγεθών των σωματιδίων μπορούν να επηρεάσουν το ρυθμό μετατροπής, τις συνθήκες λειτουργίας της διεργασίας και την απόδοση και κατανομή των παραγόμενων προϊόντων.

Η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων μπορεί να γίνει με:

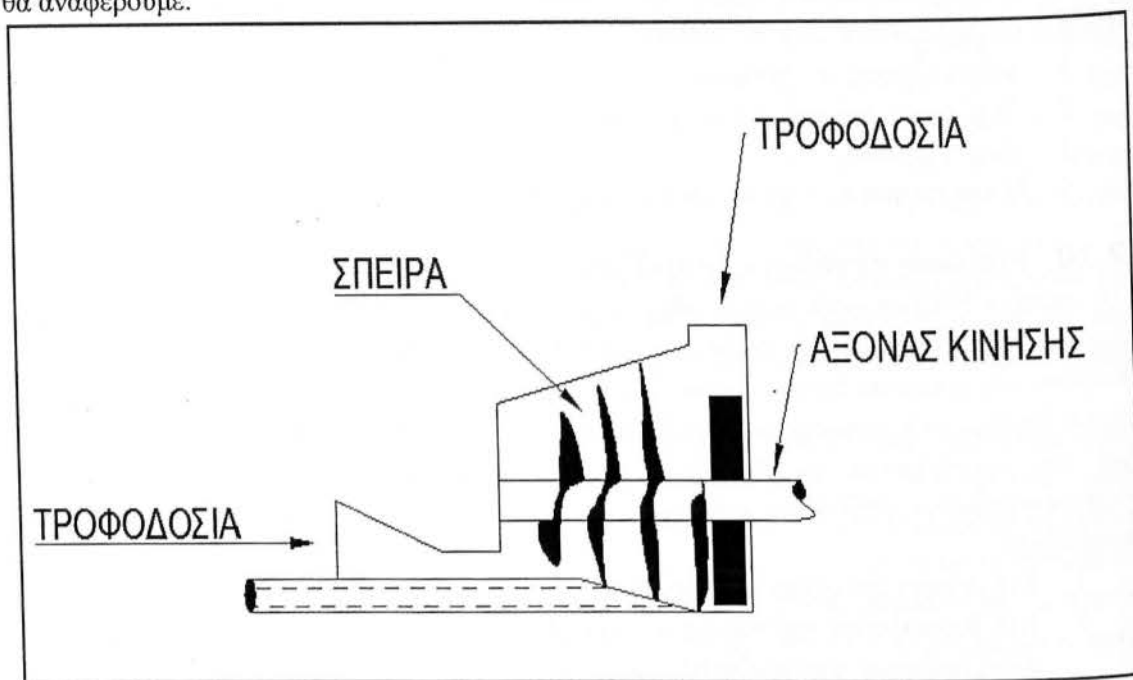
1. Κοπή των κομματιών μεγέθους 50-250 mm
2. Τεμαχισμό των κομματιών μεγέθους 5-50 mm
3. Άλεση των κομματιών μεγέθους 0-80 mm

Για όλα τα παραπάνω χρησιμοποιούνται μηχανές διαφόρων τύπων. Οι συνηθέστεροι τύποι είναι:

1. Η συσκευή τεμαχισμού μεγάλων κομματιών με σπείρα.
2. Η μηχανή τεμαχισμού τύπου δίσκου
3. Η μηχανή τεμαχισμού τύπου τυμπάνου
4. Ο σφυρόμυλος

1. Η συσκευή τεμαχισμού με σπείρα αποτελείται από έναν ελικοειδή κόφτη, ο οποίος προσαρμόζεται πάνω σε οριζόντιο άξονα. Το βήμα της έλικας παραμένει σταθερό σε όλο της το μήκος όμως η διάμετρος μεταβάλλεται από μια μηδενική τιμή σε μία μέγιστη στο τέλος. Καθώς ο άξονας περιστρέφεται η λεπίδα- έλικα γαντζώνεται και τεμαχίζει το υλικό. Το πλεονέκτημα τη συσκευής αυτής είναι η χαμηλή ενεργειακή της κατανάλωση, όμως το μέγεθος των σωματιδίων

που παράγεται ποικίλει και έχει μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με τις άλλες μηχανές τεμαχισμού που θα αναφέρουμε.

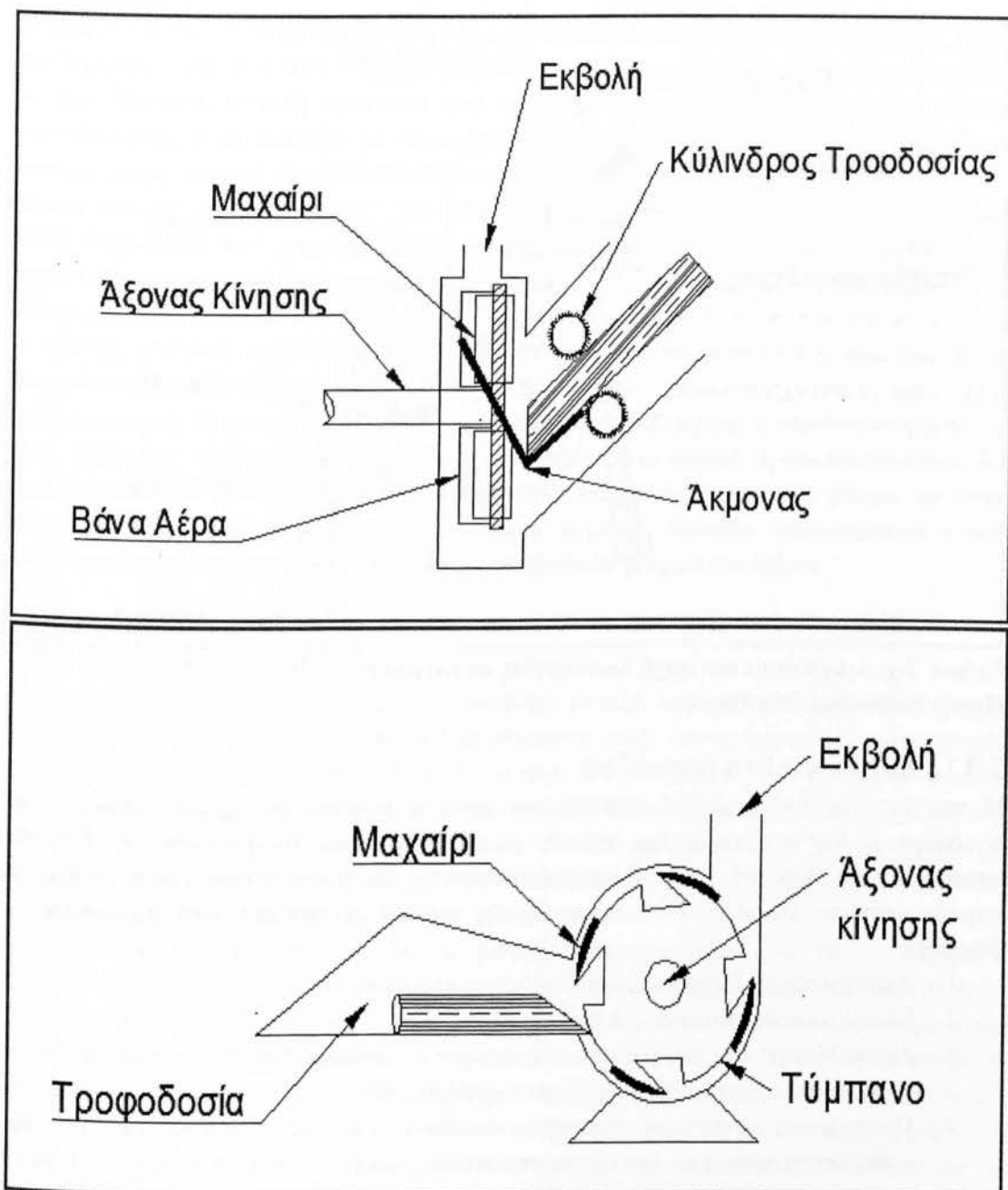


Σχήμα 2.ν. Διάγραμμα και αρχή λειτουργίας συσκευής τεμαχισμού μεγάλων κομματιών με σπείρα

Πηγή: "Βιομάζα", Δέσποινα Βαμβούκα, Εκδόσεις Τζιόλα

2. Η μηχανή τεμαχισμού τύπου δίσκου αποτελείται από έναν βαρύ δίσκο διαμέτρου από 600 έως 1000 mm ο οποίος φέρει 2 έως 4 μαχαίρια. Το μέγεθος των παραγόμενων τεμαχιδίων μπορεί να αλλάξει ρυθμίζοντας τα μαχαίρια και τον άκμονα. Οι συσκευές τεμαχισμού τύπου δίσκου παράγουν τεμαχίδια σχετικά ομοιόμορφου μεγέθους, καθώς η γωνία κοπής παραμένει σταθερή σε σχέση με την κατεύθυνση των ινών του δέντρου, ανεξάρτητα με το μέγεθος του κορμού.

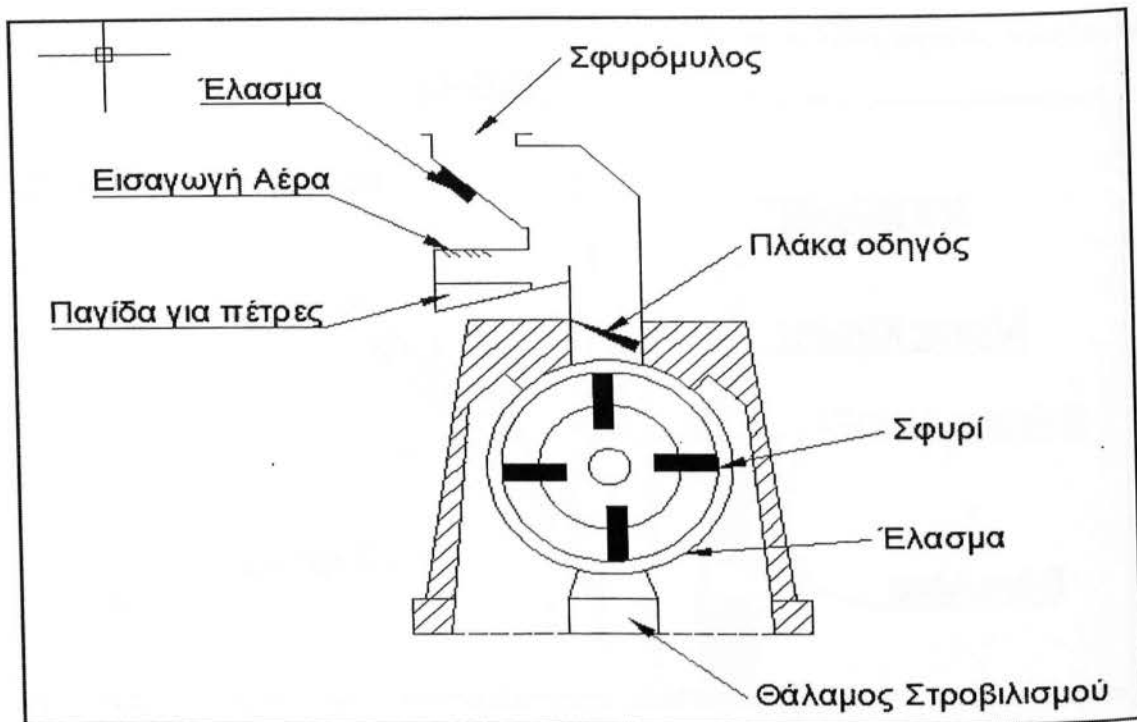
3. Η μηχανή τεμαχισμού τυμπάνου αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο διαμέτρου μεταξύ 450 και 600 mm, όπου τα μαχαίρια είναι ενσωματωμένα σε 2-4 επιμήκειες αύλακες πάνω στην κυρτή επιφάνεια. Όπως και στην μηχανή τύπου δίσκου τα μαχαίρια περνούν από ένα σταθερό άκμονα και το μέγεθος των σωματιδίων μεταβάλλεται κατά τον ίδιο τρόπο. Σαν αποτέλεσμα της κυκλικής κίνησης της συσκευής αυτής, η γωνία κοπής μεταβάλλεται σε σχέση με την κατεύθυνση των ινών του δέντρου, όταν μεταβάλλεται η διάμετρος του κορμού. Κατά συνέπεια τα τεμαχίδια που παράγονται έχουν λιγότερο ομοιόμορφο μέγεθος σε σχέση με αυτά που παράγονται από τη μηχανή δίσκου.



Σχήμα 2.φ. Διάγραμμα και αρχή λειτουργίας συσκευών τύπου δίσκου και τύπου τυμπάνου

Πηγή: "Βιομάζα", Δέσποινα Βαμβούκα, Εκδόσεις Τζιόλα

4. Για την παραγωγή σωματιδίων μεγέθους μικρότερου των 5 mm χρησιμοποιούνται μύλοι λεπτόκοκκης άλεσης ή σφυρόμυλοι. Οι μύλοι λεπτόκοκκης άλεσης αποτελούνται από πολλά μαχαίρια, τα οποία έχουν τοποθετηθεί πάνω σε ένα τύμπανο άλεσης. Το υλικό πιέζεται να περάσει διαμέσου του σταθερού κόσκινου από φυγόκεντρες δυνάμεις το μέγεθος το προϊόντος καθορίζεται από το μέγεθος που έχει το κόσκινο. Ένας σφυρόμυλος αποτελείται από ένα στροφέιο υψηλής ταχύτητας, με εγκατεστημένα κινητά εργαλεία θραύσης. Η άλεση προξενείται από τις δυνάμεις διάτμησης οι οποίες αναπτύσσονται μεταξύ των σφυρών και του περιβλήματος.



Σχήμα 2.γ. Διάγραμμα και αρχή λειτουργίας σφυρόμυλου

Πηγή: Pelletatlas Handbook

2.11. Συμπύκνωση βιομάζας

Η συμπύκνωση της βιομάζας φαίνεται να είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος αναβάθμισης των αγροτικών και δασικών υπολειμμάτων, τα οποία αλλιώς θα χάνονταν ή θα απαιτούσαν τη διάθεση τους με επιπλέον κόστος. Τα πλεονεκτήματα που έχουμε από τη συμπύκνωση της βιομάζας είναι προφανή. Οι υψηλής πυκνότητας, κατασκευασμένες μορφές βιομάζας:

1. Απλοποιούν τις διεργασίες διακίνησης και αποθήκευσης
2. Βελτιώνουν τη σταθερότητα της βιομάζας
3. Διευκολύνουν την τροφοδοσία των στερεών καυσίμων βιομάζας σε κλιβάνους και την τροφοδοσία πρώτης ύλης βιομάζας σε αντιδραστήρες
4. Προσφέρουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, καθώς και στερεά καύσιμα που έχουν καθαρότερη καύση σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να πλησιάσουν την θερμική αξία των γαιανθράκων.

Όμως το βασικό πρόβλημα, το οποίο αντιμετωπίζεται είναι το κόστος παραγωγής.

2.12. Δεματοποίηση

Η δεματοποίηση χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για τη συμπύκνωση των αγρωστοδών καυσίμων και δασικών υπολειμμάτων, για την απλοποίηση της απομάκρυνσής τους από τους αγρούς, τη μείωση του χώρου αποθήκευσης και του κόστους μεταφοράς, καθώς και την αύξηση της ενεργειακής τους πυκνότητας. Για παράδειγμα το δεματοποιημένο άχυρο έχει μια πυκνότητα της τάξης των 70-90 kg/m³ με μια περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 10-15 % κ.β. ενώ η φαινόμενη πυκνότητα του σωρευμένου άχυρου είναι το 5-15% του παραπάνω εύρους πυκνότητας.

Η δεματοποίηση του άχυρου επιτελείται συνήθως σε ένα επιπρόσθετο βήμα μεταξύ της συγκομιδής των σιτηρών ή κατά την κοπή της πρώτης ύλης τροφοδοσίας. Για ενεργειακές καλλιέργειες, όπως ο μίσχανθος ή τα δημητριακά, είναι δυνατή η συγκομιδή και η δεματοποίηση με ένα βήμα.

Το σχήμα του δεματιού μπορεί να επηρεάζει το κόστος συγκομιδής και αποθήκευσης. Το μέγεθος των δεματιών εξαρτάται από τη μηχανή η οποία χρησιμοποιείται ενώ η πυκνότητα των δεματιών για μια δεδομένη μηχανή εξαρτάται από το οποίο συσκευάζεται. Όσον αφορά τα προϊόντα δεματοποίησης είναι δυνατόν να διακριθούν τα παρακάτω σχήματα και μεγέθη: τετράγωνα δεμάτια (μικρά δεμάτια τα οποία παράγονται από τις μηχανές δεματοποίησης υψηλής πυκνότητας, μεγάλα δεμάτια τύπου "Heston" από μεγάλες μηχανές δεματοποίησης), σφαιρικά δεμάτια (τα οποία παράγονται από μηχανές δεματοποίησης με ράουλα) και συμπαγή δεμάτια (τα οποία παράγονται από μηχανές συμπαγούς δεματοποίησης).

Η δεματοποίηση των δασικών υπολειμμάτων πριν τη μεταφορά τους, σε συνδυασμό με τεμαχισμό σε κάποια κεντρική μονάδα αφορά μια προσέγγιση για τη μείωση του κόστους παραγωγής θρυμμάτων ξύλου. Τα δεμάτια είναι παρόμοια με τα σφαιρικά δεμάτια άχυρου, με μια διάμετρο 1,2 μέτρα και ύψος 1-2 μέτρα. Το βάρος τους είναι περίπου 600 kg και η περιεκτικότητά σε υγρασία είναι γύρω στο 45% κ.β. Σε ότι αφορά το κόστος, η μεταφορά δραματοποιημένων δασικών υπολειμμάτων σε σχέση με την αντίστοιχη τεμαχισμένων υπολειμμάτων μπορεί να είναι 50% οικονομικότερη. Ακόμα η μεταφορά δεματοποιημένων δασικών υπολειμμάτων είναι 10% φθηνότερη σε σύγκριση με τη μεταφορά των συμβατικών θρυμμάτων ξύλου.

2.13. Αποθήκευση βιομάζας

Στην περίπτωση όπου υπάρχει χρονική διαφορά μεταξύ της παραγωγής και της χρήσης των βιοκαυσίμων απαιτείται μακροπρόθεσμη αποθήκευση τους. επίσης απαιτείται η βραχυπρόθεσμη τροφοδοσία του καυσίμου στη μονάδα καύσης. Η μεταφορά του καυσίμου μεταξύ των εγκαταστάσεων ημερήσιας και μακρόχρονης αποθήκευσης επιτελείται συνήθως με γεραμούς ή με τροχοφόρους φορτωτές. Λαμβάνοντας υπόψη το ότι τα βιοκαύσιμα γενικά έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα, ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων αποθήκευσης είναι πολύ σημαντικός για τη διατήρηση του κόστους του καυσίμου σε χαμηλά επίπεδα.

Ο απλούστερος τρόπος αποθήκευσης τις βιομάζας είναι το στοίβαγμα της σε σωρούς. Όταν εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορες παράμετροι. Πρώτα πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένα γενικά σημεία, όταν η μακροπρόθεσμη αποθήκευση αφορά θρύμματα ξύλου και φλοιούς με περιεκτικότητα σε υγρασία μεγαλύτερη του 30%. Η βιολογική και βιοχημική αποσύνθεση τους οδηγεί σε ανάπτυξη της θερμότητας, η οποία μπορεί να προκαλέσει σε μερικές περιπτώσεις αυτανάφλεξη. Δεύτερον, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι απώλειες ξηρής ύλης, οι μεταβολές της περιεκτικότητας σε υγρασία, η αντοχή των συσσωματωμάτων καυσίμου στη φθορά του χρόνου και οι κίνδυνοι υγείας. Οι επιπτώσεις των παραπάνω είναι σύνθετες και εξαρτώνται κύρια από το μέγεθος των σωματιδίων του υλικού(ολόκληροι βλαστοί, μεγάλα κομμάτια ξύλου, θρύμματα ξύλου, πριονίδι), το είδος του υλικού (φλοιός ή ξύλο), την περιεκτικότητα σε υγρασία, το είδος της αποθήκευσης (υπαίθρια, υπαίθρια αλλά καλυμμένη, στο εσωτερικό του κτιρίου) και τον τρόπο του αερισμού του σωρού(μη αεριζόμενος, αεριζόμενος με ατμοσφαιρικό αέρα ή προθερμασμένος αέρας).

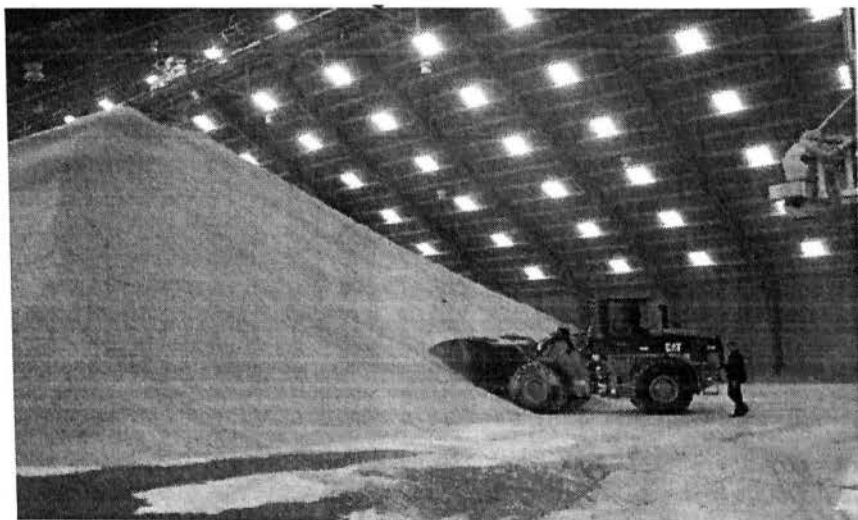
2.14. Διακίνηση και Μεταφορά

Τα συστήματα τροφοδοσίας και διακίνησης του καυσίμου είναι αναγκαία για την μεταφορά του από το σημείο παράδοσης ή αποθήκευσης στο σύστημα καύσης. Λόγω της άμεσης επίδρασης του στη διαθεσιμότητα και την απόδοση του συστήματος καύσης, το σύστημα τροφοδοσίας πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά και να προσαρμοστεί στη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία καύσης. Η ύπαρξη επίσης μεγάλης ποικιλίας συστημάτων βιομάζας, καθιστά αναγκαία την ύπαρξη των κατάλληλων συστημάτων μεταφοράς και διακίνησης. Για το σχεδιασμό τους πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω κριτήρια:

1. Χαρακτηρίστηκα του καυσίμου (μορφή και κατανομή μεγέθους σωματιδίων, περιεκτικότητα σε υγρασία)
2. Απόσταση μεταφοράς
3. Υψομετρικές διαφορές οι οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν
4. Επίπεδο θορύβου
5. Κίνδυνος εκρήξεων σκόνης και φωτιάς
6. Δυνατότητα μεταφοράς
7. Κόστος επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης
8. Διαθεσιμότητα συστημάτων μεταφοράς και διακίνησης

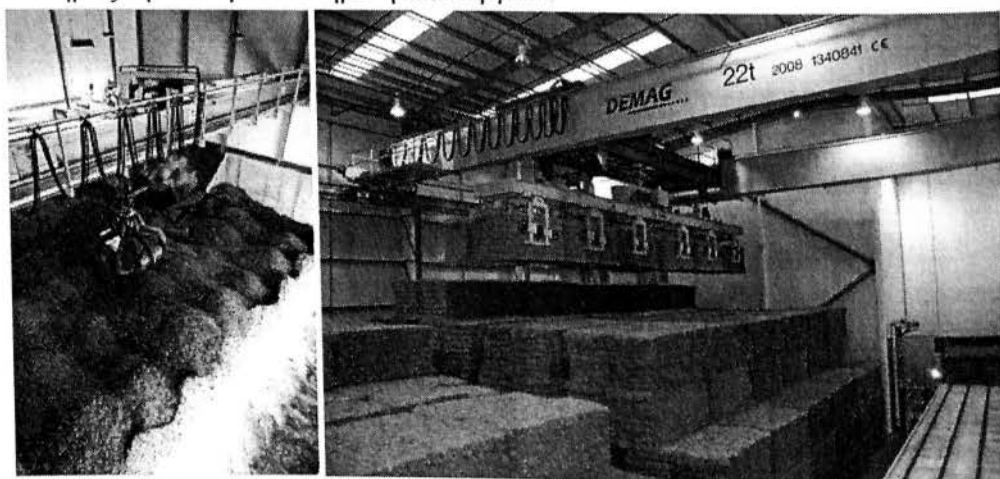
Τα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς και διακίνησης της βιομάζας είναι:

1. Οι τροχοφόροι φορτωτές συνιστούν ευκολότερο και περισσότερο ευέλικτο τον τρόπο διακίνησης του καυσίμου για όλα τα είδη χύδην υλικών όπως πριονίδι, θρύμματα ξύλου, τεμάχια φλοιού και απόβλητα ξύλα.



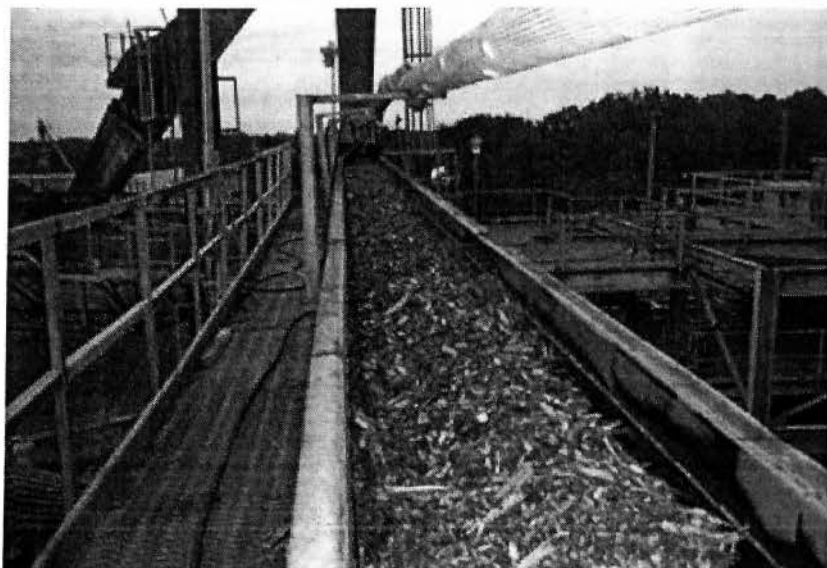
Σχήμα 2.ψ. τροχοφόρος φορτωτής

2. Τα συστήματα γερανού χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά θρυμμάτων και δεματίων από το χώρο αποθήκευσης στη μονάδα τροφοδοσίας της μονάδας καύσης. Αυτά τα συστήματα λειτουργούν καλά για δεμάτια, θρύμματα και συσσωματώματα ξύλου και επιτρέπουν πλήρως την αυτοματοποιημένη λειτουργία.



Σχήμα 2.ω. Συστήματα γερανού για τη μεταφορά βιομάζας

3. Οι ταινιόδρομοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταφορά καυσίμων σε μεγάλες αποστάσεις. Οι ταινιόδρομοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υλικά χύδην ή μοναδιαία φορτία.



Σχήμα 2.αα. Ταινιόδρομος

4. Τα συστήματα μεταφορά με αλυσίδα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πριονίδι, φλοιούς και θρύμματα ξύλου.
5. Μεταφορείς τύπου κοχλία επιτρέπουν τη μεταφορά υλικών χύδην χωρίς την εκπομπή σκόνης
6. Τροφοδότες με χρήση υδραυλικού εμβόλου χρησιμοποιούνται για τη τροφοδοσία κλιβάνων εσχάρας και είναι κατάλληλοι για βιοκαύσιμα, τα οποία είναι σε μορφή δεματιού και σωματιδίων ανομοιογενών διαστάσεων.
7. Οι μεταφορείς με κάδο χρησιμοποιούνται για μεταφορά σωματιδίων μικρού και μεσαίου μεγέθους υπό κλίση ή κατηφόρα.
8. Οι μεταφορείς πνευματικής λειτουργίας χρησιμοποιούνται ευρέως για καύσιμα όπως πριονίδι ή τεμαχισμένο άχυρο. Είναι κατάλληλοι για χρήση με καυστήρες σκόνης και σύνθετες διαδρομές μεταφοράς.

2.15. Παραγωγή Βιομάζας στην Ευρώπη.

Σε αυτή τη παράγραφο θα αναφερθούμε στην ετήσια παραγωγή βιομάζας σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες αλλά και τις νότιες Ευρωπαϊκές χώρες και συγκεκριμένα στις: Ελλάδα, Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία, Κύπρος, Πορτογαλία.

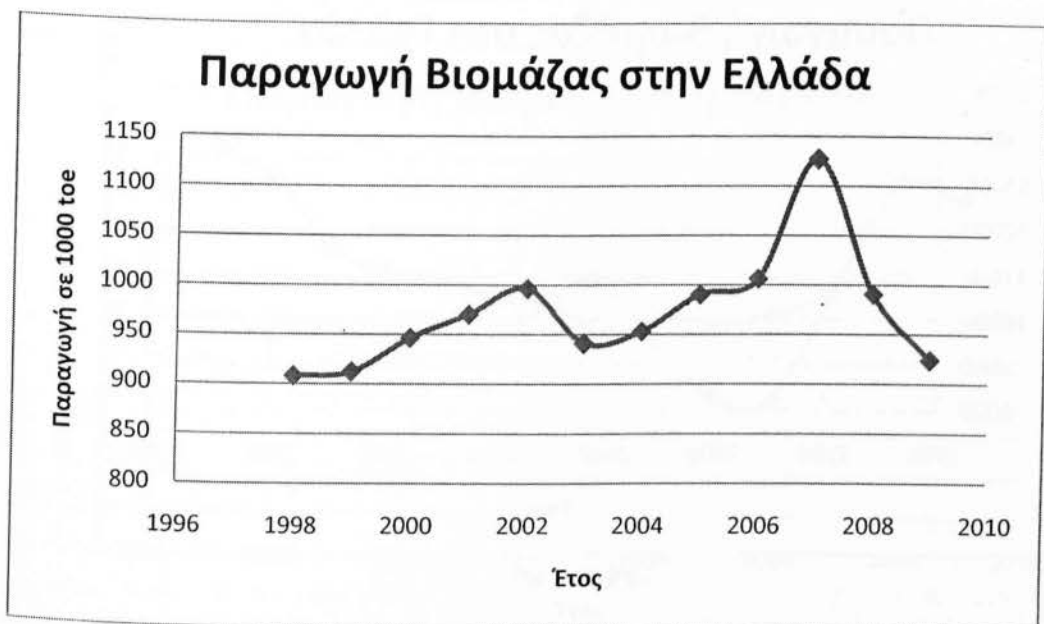
| Παραγωγή βιομάζας ανά χιλιάδες toe για το 2009 | |
|---|-------|
| Βέλγιο | 1518 |
| Βουλγαρία | 778 |
| Δημοκρατία της Τσεχίας | 2346 |
| Δανία | 2149 |
| Γερμανία | 21319 |
| Εσθονία | 844 |
| Ιρλανδία | 278 |
| Ελλάδα | 924 |
| Ισπανία | 5705 |
| Γαλλία | 13742 |
| Ιταλία | 5009 |
| Κύπρος | 16 |
| Λετονία | 1788 |
| Λιθουανία | 937 |
| Λουξεμβούργο | 64 |
| Ουγγαρία | 1702 |
| Ολλανδία | 2336 |
| Αυστρία | 4559 |
| Πολωνία | 5717 |
| Πορτογαλία | 3153 |
| Ρουμανία | 3915 |
| Σλοβενία | 458 |
| Σλοβακία | 838 |
| Φινλανδία | 6717 |
| Σουηδία | 9933 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 3783 |
| Νορβηγία | 1177 |
| Ελβετία | 1433 |
| Κροατία | 439 |

Πίνακας 2.η. Παραγωγή βιομάζας στην Ευρώπη

Όπως παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα, λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος δεν έχουμε δεδομένα για παρελθόντα έτη ή για κατανάλωση βιομάζας. Δεδομένου αυτού θα εξετάσουμε τη χρονιά με την μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας (2009) και τις χώρες που την παρήγαγαν. Οι χώρες που ξεχωρίζουν για τη παραγωγή βιομάζας είναι: η Γερμανία με 21319 χιλιάδες toe, μετά η Γαλλία με 13742 χιλιάδες toe και τέλος η Σουηδία με 9933 χιλιάδες toe. Στις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου (Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Πορτογαλία, Κύπρος) παρατηρείται αρκετά μικρότερη παραγωγή με την Ελλάδα και την Κύπρο να βρίσκονται τελευταία στη παραγωγή.

2.16. Διαγράμματα Παραγωγής Βιομάζας στον Ευρωπαϊκό Νότο

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε τα διαγράμματα παραγωγής βιομάζας για το χρονικό διάστημα 1998- 2010.



Σχήμα 2.αβ.

Όπως παρατηρούμε η παραγωγή βιομάζας απ' το 1998 που ξεκίνησε μέχρι το 2009 παρουσιάζει μικρές μεταβολές και κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες που εξετάσαμε παραπάνω. Εξαιρέση αποτελεί το έτος 2009 όπου παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη παραγωγή στο χρονικό διάστημα που εξετάζουμε. Για τη χαμηλή παραγωγή οφείλεται ως ένα σημείο η μειωμένη ζήτηση του καυσίμου τα παρελθόντα έτη, για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης.



Σχήμα 2.αγ.

Παρατηρούμε ότι η παραγωγή βιομάζας στην Ισπανία παρουσιάζει σταθερά ανοδική πορεία απ' το 1998 που αποτελεί το έτος έναρξης παραγωγής της μέχρι και το 2009 που έχουμε δεδομένα. Αυτό οφείλεται στις ολοένα αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου και με τις πετρελαϊκές κρίσεις των τελευταίων ετών αυξάνοντας πολύ τις τιμές του εισαγόμενου αυτού καυσίμου. Αντίθετα η βιομάζα

είναι φθινό εγχώριο προϊόν που με την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης.



Σχήμα 2.αδ.

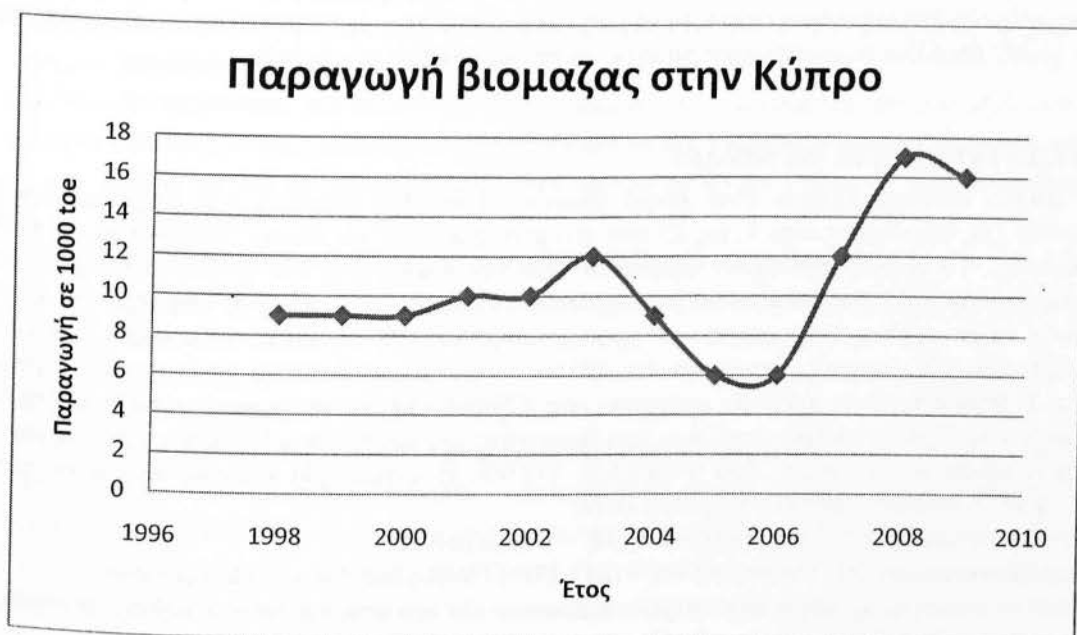
Η Γαλλία παρουσιάζει τη μεγαλύτερη παραγωγή στη Νότια Ευρώπη σε σχέση με τις άλλες χώρες του Νότου. Ακόμη, η αυξημένη δασική έκταση της χώρα ευνοεί την παραγωγή ξύλινων pellet, αφού η πρώτη ύλη αποτελεί εγχώριο προϊόν. Στο άνωθεν γράφημα παρατηρούμε μια σταδιακή μικρή αύξηση της παραγωγής βιομάζας με τα έτη 2008, 2009 να ναι σημαντικά πιο αυξημένη. Αυτή η απότομη άνοδος μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στο ότι το 2009-2010 παρουσιάστηκαν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στην Ευρώπη, γεγονός που οδήγησε σε αύξηση των απαιτήσεων θέρμανσης. Σημαντικό ρόλο ακόμη διαδραμάτισε η αύξηση υποδομών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (νέοι λέβητες στερεής βιομάζας, νέες μονάδες συμπαραγωγής θέρμανσης κλπ) και η καλύτερη οργάνωση της αλυσίδας.



Σχήμα 2.αε.

Στο διάγραμμα παραγωγής βιομάζας στην Ιταλία που βλέπουμε παραπάνω, παρατηρείται σχεδόν γραμμική αύξηση της παραγωγής βιομάζας με μικρές μεταβολές. Τα έτη 2008-2009 που έχουμε δεδομένα, σημειώνεται η μεγαλύτερη παραγωγή γεγονός που οφείλεται στο ότι οι δυο αυτές

χρονιές αντιμετωπίσαμε πολύ κρύους χειμώνες με συνέπεια να αυξηθούν οι ανάγκες θέρμανσης. Ακόμη, λόγω αλλαγής προσανατολισμού σε πιο ήπιες μορφές ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών, έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στα συστήματα καύσης βιομάζας κάνοντάς τα ελκυστικά στο κοινό με άμεσο αποτέλεσμα να αυξηθεί και η παραγωγή βιομάζας.



Σχήμα 2.αστ.

Η Κύπρος αποτελεί ένα πολύ μικρό κράτος σε σύγκριση με τις εκτάσεις των υπολοίπων χωρών που συγκρίνουμε έχοντας πολύ μικρότερες ανάγκες σε θέρμανση λόγω του μικρότερου πληθυσμού της. Παρόλα αυτά η σημαντικότερη αιτία της τόσο χαμηλής παραγωγής βιομάζας είναι η έλλειψη πρώτων υλών σε συνδυασμό με την προτίμηση της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών από συμβατικά ορυκτά και κυρίως το πετρέλαιο.



Σχήμα 2.αζ.

Στο διάγραμμα παραγωγής βιομάζας στην Πορτογαλία, παρατηρούμε γραμμική μεταβολή με πολύ μικρή άνοδο απ' το 1998 ως το 2009 που εξετάζουμε. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί λόγω ότι η χώρα έχει στραφεί σε άλλες μεθόδους κάλυψης των ενεργειακών αναγκών με αποτέλεσμα η χρήση της βιομάζας να την προτιμάται τόσο σαν λύση.

2.17. Ορισμός πέλλετ

Τα pellets ή αλλιώς ξύλινα συσσωματώματα ή σύμπηκτα είναι στερεά καύσιμα που παράγονται από βιομάζα. Η πρώτη ύλη της βιομάζας αποτελείται σήμερα κυρίως από υπολείμματα ξύλου, απαλλαγμένα τελείως από υγρασία, συμπιεσμένα σε μικρούς κυλίνδρους χωρίς καμία προστιθέμενη συγκολλητική ουσία. Εκτός απ' τα pellet ξύλου, έχει αρχίσει και η παραγωγή pellets από χόρτα και άλλα γεωργικά υπολείμματα, τα αποκαλούμενα agropellets.

2.17.1. Γενικά για τα πέλλετ

Τα ξύλινα συσσωματώματα είναι μικρά κυλινδρικά τεμάχια συμπιεσμένης βιομάζας διαφόρων μεγεθών (με διαμέτρους από 6, ως 25 mm και μήκος από 3,5 ως 50mm σύμφωνα με τα πρότυπα ποιότητας. Το χρώμα που έχουν εξαρτάται από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή τους. Παρασκευάζονται με μηχανική κατεργασία, χωρίς τη χρήση χημικών ή άλλων ουσιών. Σαν πρώτη ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθούν υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου που προέρχονται από μονάδες επεξεργασίας ξύλου, υπολείμματα δασικής επεξεργασίας, θρύμματα κ.λ.π. Η θερμιδική τους απόδοση ανέρχεται στα 4200Kcal/kg, με απόδοση σε κιλά: 0,3kg pellet/kg κλαδέματος. Γενικά 1 λίτρο πετρέλαιο έχει θερμογόνο δύναμη περίπου 11,9kWh, ενώ ένα κανονικό κυβικό μέτρο φυσικό αέριο έχει αντίστοιχα 11kWh. Η αντιστοιχία κόστους του πετρελαίου σε σχέση με το φυσικό αέριο και τα pellets είναι:

1 λίτρο πετρελαίου = 1,3 λίτρα φυσικό αέριο = 2 κιλά pellets

Γνωρίζουμε ακόμη ότι: 1 τόνος pellets = 0,43 ΤΙΠ (Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου).

Κατά την καύση τους, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στο λέβητα, πετυχαίνουμε τη σχεδόν μηδαμινή παραγωγή καπνού.

Τα pellets διατίθενται σε συσκευασίες των 15 κιλών που κοστίζει 2,85 ευρώ, σε παλέτα 77 σάκων που κοστίζει 219,45 ευρώ και χύμα τα 1.000 κιλά προς 166,60 ευρώ το οποίο είναι φθηνότερο γιατί δεν υπάρχουν έξοδα συσκευασίας.

2.17.2. Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των πελλετών

Τα πλεονεκτήματα των πελλετών (pellet) είναι:

- Χαμηλό κόστος λειτουργίας της θέρμανσης. Η θερμική ενέργεια που αποδίδει 1 τόνος πετρελαίου αξίας 900€ (Απρίλιος 2011), ισοδυναμεί με αυτήν που αποδίδουν οι 2,2 τόνοι πέλλετς αξίας 590€ (270€ / τόνο) άρα έχουμε εξοικονόμηση της τάξεως περίπου του 35%.
- Οικολογικό προϊόν που δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με υπολείμματα καύσης αλλά και δεν καταστρέφει το περιβάλλον αφού η πρώτη ύλη του είναι φυσικό προϊόν που δεν προέρχεται από καταστροφή φυσικών πόρων (π.χ. υλοτομία).
- Είναι εγγώριο προϊόν που βοηθά στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και μείωση του ισοζυγίου πληρωμών κρατώντας στη χώρα πολύτιμο συνάλλαγμα που δαπανάται για την προμήθεια πετρελαίου.
- Η τιμή του είναι σταθερή, αφού η πρώτη ύλη είναι σχεδόν δωρεάν αλλά και γιατί υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ πολλών παραγωγών πέλλετς.
- Η καύση τους έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Έχει υψηλή αναλογία θερμογόνου δύναμης-τιμής (4,9 kWh/kg).

Στα μειονεκτήματα των πελλετών περιλαμβάνονται:

- Απαιτεί συνεχή τροφοδοσία. Συνήθως για μία κατοικία είναι κάθε 4-7 ημέρες αναλόγως του χρόνου χρήσης του λέβητα.
- Θέλει χώρο αποθήκευσης των συσκευασιών, περίπου όσο χώρο χρειάζεται μία δεξαμενή πετρελαίου 1 τόνου.
- Σε περίπτωση που δεν είναι συσκευασμένα είναι εύκολο να χάσουν την απόδοσή τους απορροφώντας υγρασία απ' το περιβάλλον αν δεν τηρήσουμε τους κανόνες φύλαξής τους.
- Πολύ υψηλό το κόστος αγοράς του λέβητα pellet σε σχέση με ένα συμβατικό λέβητα πετρελαίου
- Απαιτήση χώρου για την τοποθέτηση του λέβητα συσσωματωμάτων
- Υψηλό ΦΠΑ 21% στα Εγχώρια pellets, ενώ για το ανταγωνιστικό εισαγόμενο Φυσικό Αέριο ΦΠΑ 10%.

2.18. Γενικά για τις μπρικέτες

Οι μπρικέτες (Briquetings) έχουν την μορφή παραλληλόγραμμου τούβλου όταν κατασκευάζονται από πρέσες βαρέως τύπου και υψηλής συμπίεσης RUF, ή την μορφή της στρογγυλής ή πολύγωνης ράβδου με ή δίχως οπή στο κέντρο όταν είναι κατασκευασμένες από πρέσες ελαφρού τύπου και μικρής συμπίεσης. Οι συνήθεις διαστάσεις της είναι διάμετρος 80 mm και μήκος 280mm. Μπορούν να κατασκευασθούν από τα περισσότερα οργανικά υλικά όπως: υπολείμματα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, άχυρα, ελαιοπυρήνα, απόβλητα μονάδων εκτροφής βοοειδών, τσόφλια καρπών και σπόρων, χαρτί και χαρτόνι κ.λ.π.

Η θερμαντική τους ικανότητα σε σχέση με τα καυσόξυλα είναι περίπου 1-3 αν βέβαια είναι κατασκευασμένες από πρέσες υψηλής συμπίεσης RUF, δηλαδή για κάθε ένα τόνο μπρικέτας αντιστοιχούν περίπου τρεις τόνοι καυσόξυλα. Οι μπρικέτες μπορούν να κατασκευασθούν από θρυμματισμένα ή τεμαχισμένα οργανικά υλικά με διάσταση <1-3 εκατοστών και υγρασία <12%.

Όσον αφορά την χρήση των Briquettings (μπρικετών) τα οφέλη είναι :

- η χαμηλότερη τιμή αγοράς, που μπορεί να φθάσει έως και 20-30%, σε σχέση με τα καυσόξυλα
- ευκολότερη μετακίνηση και αποθήκευση
- μεγαλύτερη διάρκεια καύσης και συνεπώς μεγαλύτερη αυτονομία στους ξυλο-λέβητες και στις σόμπες
- προστασία του περιβάλλοντος από την μείωση των απορριμμάτων λόγω της επαναχρησιμοποίησης κάποιων άχρηστων υλικών αλλά και των ρύπων από την χρήση των ορυκτών καυσίμων.

2.19. Διαδικασία παραγωγής

Σε αυτή την ενότητα περιγράφονται οι τεχνικές παραγωγής για πελλέτες ξύλου από το σημείο που η πρώτη ύλη παραλαμβάνεται στα εργοστάσια πελλετοποίησης μέχρι το σημείο που η παραγωγή πελλετών ολοκληρωθεί.

2.19.1. Πρώτες ύλες

Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή πελλετών στη χώρας μας είναι το ξύλο από δασικά υπολείμματα, (όπως φλοιοί, κλαδιά δέντρων) υπολείμματα ξυλουργείων, και ενεργειακά φυτά καλλιέργειών και γεωργικές καλλιέργειες. Η πιο συνηθισμένη πρώτη ύλη για παραγωγή πελλετών είναι το πριονίδι που παράγεται ως υποπροϊόν διάφορων μορφών ξύλου είτε σε πριονιστήρια ή σε εργοστάσια παραγωγής πελλετών και μπρικετών.

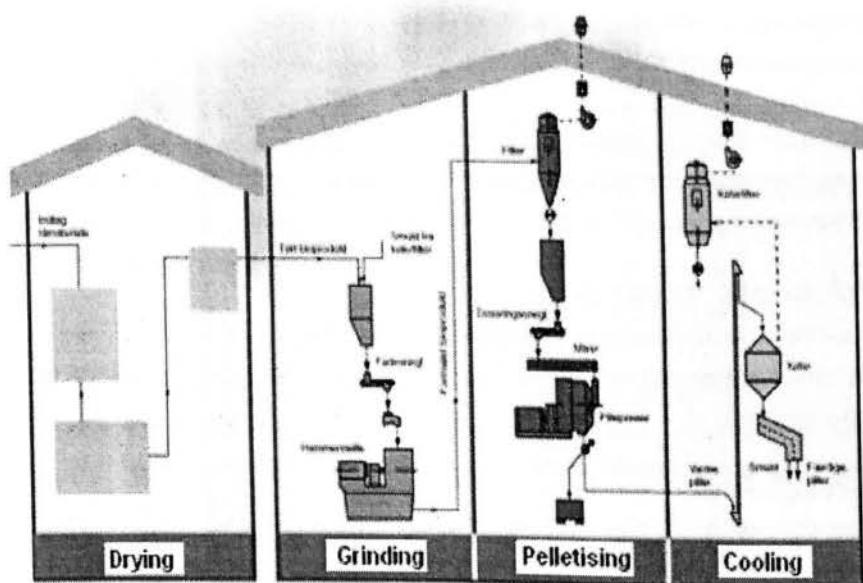
Τόσο το ξύλο από φυλλοβόλα και κωνοφόρα δέντρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πελλετών ξύλου. Σε μια ενιαία διαδικασία παραγωγής ξυλείας το 70-95% συνήθως παράγεται από κωνοφόρα δέντρα, και το υπόλοιπο από φυλλοβόλα.

Συχνά η καθαρή πρώτη ύλη είναι μια μείξη από διάφορα είδη ξύλου για τη διασφάλιση ενός ομοιογενούς περιεχομένου λιγνίνης. Καθώς η λιγνίνη και η κυτταρίνη δένει τα πέλλετες μαζί και δεδομένου ότι η λιγνίνη ποικίλει μεταξύ των διαφορετικών τύπων δέντρου, (το σκληρό ξύλο συνήθως έχει χαμηλότερο περιεχόμενο λιγνίνης απ' ότι το μαλακό ξύλο) είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί ότι η μείξη είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ομοιογενής. Η χρήση ανομοιογενούς υλικού αυξάνει το ρίσκο διακοπών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πελλετοποίησης.

Παραγωγοί στο Ηνωμένο Βασίλειο κάνουν χρήση καθαρού ανακυκλωμένου ξύλου για να παράγουν πελλέτες ξύλου. Το ανακυκλωμένο ξύλο έχει συχνά σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη και συνεπώς ένα πρόσθετο απαιτείται για να διασφαλιστεί ότι οι πελλέτες δεν θα θρυμματίζονται. Οι φυσικοί συνδετικοί ιστοί όπως το άμυλο πατάτας και του καλαμποκιού ή φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Οι πελλέτες που παράγονται από ανακυκλωμένο ξύλο χρησιμοποιούνται πιο συχνά για καύση ή σε μεγάλους εμπορικούς λέβητες απ' ότι για οικιακούς λέβητες και σόμπες λόγω των υψηλών ποιοτικών απαιτήσεων των περισσότερων λεβήτων πέλλετες. Στη χώρα μας οι χαρακτηριστικότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι: υπολείμματα ξυλείας, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, κουκούτσια, κελύφη, και από ενεργειακά φυτά συνηθέστερα η αγριαγκινάρα. Τα 5 εργοστάσια παραγωγής πέλλετ στην Ελλάδα (Νευροκόπι, Λάρισα, Καρδίτσα, Βελεστίνο, Κατερίνη) χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη κυρίως υπολείμματα κωνοφόρων δέντρων, με τον κύριο όγκο της παραγωγής να διατίθεται στην Ιταλία και λιγότερο στην εγχώρια αγορά.

2.19.2. Διαδικασία της πελλετοποίησης

Από τη στιγμή που η πρώτη ύλη παραλαμβάνεται από το εργοστάσιο πελλετοποίησης μέχρι το σημείο που τα συσσωματώματα είναι έτοιμα προς διάθεση στην αγορά, οι πρώτες ύλες περνούν από τέσσερα κύρια στάδια επεξεργασίας, τη ξήρανση, τη λείανση, τη πελλετοποίηση, την ψύξη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.αη. (Πηγή Pelletatlas Handbook)

2.19.3 Στάδια παραγωγής πέλλετ βιομάζας

Τα πέλλετ παράγονται από πρώτες ύλες-παραπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου (π.χ. από πριστήρια) από υπολείμματα υλοτομίας και από ειδικές αειφόρες δασικές καλλιέργειες μικρού περιήρου χρόνου.

Πέραν τούτων, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής αγροπέλλετς τα οποία προέρχονται από γεωργικά υπολείμματα (π.χ. άχυρο) ή από κλαδέματα καλλιεργειών. Τα αγροπέλλετς μειονεκτούν ως προς τα πέλλετς ξύλου κυρίως λόγω της σημαντικά υψηλότερης περιεκτικότητας σε τέφρα.

Υπάρχουν 7 στάδια κατά την παραγωγική διαδικασία των πέλλετς βιομάζας:

- 1) Αποθήκευση πρώτων υλών
- 2) Καθαρισμός πρώτων υλών από προσμίξεις (προεπεξεργασία βιομάζας)
- 3) Ξήρανση βιομάζας
- 4) Άλεση-τεμαχισμός βιομάζας
- 5) Πελλετοποίηση
- 6) Ψύξη και κοσκίνηση των πέλλετς (παραγωγή πέλλετς)
- 7) Αποθήκευση των πέλλετς

Στα 4 πρώτα στάδια γίνεται μια προεπεξεργασία των πρώτων υλών και στη συνέχεια αφού καθαριστεί από προσμίξεις, ξηρανθεί και γίνει ο κατάλληλος τεμαχισμός της βιομάζας, λαμβάνει χώρα η διαδικασία της πελλετοποίησης και τελικής παραγωγής των συσσωματωμάτων ή πέλλετς.

2.19.4. Προεπεξεργασία της βιομάζας

- 1) Αποθήκευση των πρώτων υλών

Ένα καλό σύστημα αποθήκευσης των πρώτων υλών είναι απαραίτητο για την διατήρηση της βιομάζας μακριά από ακαθαρσίες και για την προστασία της από βροχή, η οποία μπορεί να αυξήσει την υγρασία της σε τέτοιο βαθμό, ώστε να είναι ασύμφορη η ξήρανση της (και άρα η χρήση της στην παραγωγική διαδικασία). Η αυτοματοποιημένη τροφοδοσία της πρώτης ύλης από τον χώρο αποθήκευσης στον χώρο παραγωγής (π.χ. μέσω μεταφορικής ταινίας ή κοχλίας) προτιμάται συχνά για την συρρίκνωση του εργατικού κόστους.

- 2) Καθαρισμός των πρώτων υλών από προσμίξεις

Το στάδιο αυτό είναι βασικό κυρίως στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ανακυκλωμένη ή ακατέργαστη ξυλεία (π.χ. παλέτες) ως πρώτη ύλη. Έτσι πολλές μονάδες χρησιμοποιούν μηχανισμούς διαχωρισμού της ξυλείας από αδρανή υλικά, όπως πέτρες, ή μαγνητικούς διαχωριστήρες για τη δέσμευση μεταλλικών αντικειμένων, όπως καρφιά και πρόκες. Η παρουσία ακόμα και της παραμικρής ποσότητας τέτοιων προσμίξεων στο τελικό προϊόν είναι απαράδεκτη ενώ παράλληλα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρότατες φθορές στον εξοπλισμό της παραγωγικής διαδικασίας, π.χ. στο σφυρόμυλο και την πρέσα.

- 3) Ξήρανση βιομάζας

Η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή πέλλετς απαιτεί ξήρανση ώστε να αφαιρεθεί η εσωτερική υγρασία και να παραχθεί ικανοποιητικής ποιότητας προϊόν. Ελάχιστα είναι τα υλικά που συλλέγονται ξηρά (π.χ. άχυρο) και μπορούν να παρακάμψουν αυτό το στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Η ξήρανση της βιομάζας σε ένα επίπεδο μεταξύ 10-15% , κρίνεται απαραίτητη για την καλύτερη καύση του μετέπειτα. Οι ξηραντήρες βιομάζας που χρησιμοποιούνται

είναι κατά κύριο λόγο τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου αν και μπορεί να υπάρχουν και ξηραντήρες ζώνης. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την ξήρανση της βιομάζας είναι είτε φυσικό αέριο είτε μέρος της ίδιας της βιομάζας, με τη δεύτερη επιλογή να προτιμάται για περιβαλλοντικούς, τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Σημειώνεται δε, ότι το συγκεκριμένο στάδιο αποτελεί το πιο ενεργοβόρο της παραγωγικής διαδικασίας και συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στα λειτουργικά έξοδα της μονάδας. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι οι περισσότερες έρευνες στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας ξήρανσης της πρώτης ύλης για παραγωγή πέλλετ.

4) Τεμαχισμός- άλεση βιομάζας

Πριν την εισαγωγή της στην πρέσα πελλετοποίησης, είναι απαραίτητο η βιομάζα να έχει αποκτήσει την κατάλληλη ομοιογένεια και κοκκομετρία. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτυγχάνονται με τη χρήση διαφόρων ειδών μηχανημάτων τεμαχισμού και άλεσης της πρώτης ύλης, όπως είναι οι σφυρόμυλοι. Το μέγεθος της τεμαχισμένης βιομάζας που πρόκειται να εισαχθεί στην πρέσα δεν είναι τυχαίο: τα σωματίδια πρέπει να έχουν τέτοιο μέγεθος ώστε να μπορούν να εισέρχονται μέσα από τις τρύπες του καλουπιού της πρέσας. Απ' την άλλη όμως αν είναι πολύ λεπτόκοκκη η ύλη υπάρχει μικρότερη απόδοση μετατροπής της βιομάζας σε πέλλετς, καθώς είναι πιο δύσκολη η συσσωμάτωση των σωματιδίων.

2.19.5. Παραγωγή πελλετών (συσσωματώματων)

5) Πελλετοποίηση

Τα συσσωματώματα ή πέλλετς παράγονται από την συμπίεση της κοκκοποιημένης βιομάζας σε ειδική πρέσα μέσα από τις τρύπες ανοξείδωτου καλουπιού με το οποίο είναι εξοπλισμένη και το οποίο δίνει στα πέλλετς τη χαρακτηριστική κυλινδρική μορφή τους. Η δυναμικότητα κάθε πρέσας πέλλετς κυμαίνεται από μερικές δεκάδες κιλά έως μερικές δεκάδες τόνους ανά ώρα. Αντίστοιχα μεγάλη διακύμανση εμφανίζεται και στην απόδοση των διαφόρων τύπων πρέσας.

Η εφαρμογή υψηλών πιέσεων στην εισερχόμενη κοκκοποιημένη βιομάζα εξαναγκάζει το υλικό σε μια κίνηση μέσα από τις τρύπες του κυκλικού καλουπιού, με τη διάμετρο των συγκεκριμένων τρυπών να καθορίζουν, τελικά, και τη διάμετρο των παραγόμενων πέλλετς. Καθώς αυξάνεται η ασκούμενη πίεση, αυξάνονται οι τριβές μεταξύ των κόκκων της βιομάζας με άμεση συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας της. Η αυξημένη θερμοκρασία μαλακώνει την λυγνίνη (μία εκ των τριών βασικών ομάδων ενώσεων της βιομάζας μαζί με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες) η οποία δρα σαν συγκολλητική ουσία μεταξύ των σωματιδίων της βιομάζας. Η ρύθμιση της κατάλληλης θερμοκρασίας για να γίνει αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού του καλουπιού το οποίο θα πρέπει να δημιουργεί το απαιτούμενο επίπεδο αντίστασης στη ροή των σωματιδίων βιομάζας ώστε να αναπτυχθούν οι επιθυμητές πιέσεις – άρα και θερμοκρασίες. Σε περίπτωση που οι τρύπες του καλουπιού είναι μεγαλύτερες από όσο πρέπει, το υλικό διαφεύγει εύκολα μέσα από αυτές και δεν αναπτύσσονται ικανές πιέσεις – θερμοκρασίες για την παραγωγή ενός συμπαγούς προϊόντος δίχως θρύμματα. Η ύπαρξη, βέβαια, πολύ μικρών οπών στα καλούπια συνεπάγεται τη απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, την μερική πυρόλυση (ατελή καύση) ορισμένων σωματιδίων και την παραγωγή υποβαθμισμένης ποιότητας τελικού προϊόντος.

Το στάδιο της πελλετοποίησης είναι η μόνη φάση της παραγωγικής διαδικασίας των πέλλετς στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πρόσθετες ενώσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την ενίσχυση της συνεκτικότητας των πέλλετς προστίθεται κάποιες φορές κάποιο φυσικό συγκολλητικό, όπως το άμυλο. Η χρήση ή μη των φυσικών προσθέτων εξαρτάται βασικά από την ποιοτική σύσταση της

πρώτης ύλης, δηλαδή από την αναλογία της λιγνίνης ως προς την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την τέφρα του υλικού. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα προσθέτων στο τελικό προϊόν καθορίζεται βάσει των διεθνών προτύπων ποιότητας.

Με κατάλληλο σχεδιασμό του καλουπιού της πρέσας και προσεκτικό έλεγχο ολόκληρης της διεργασίας, τα πέλλετς εξέρχονται από την πρέσα με υγρασία λιγότερο από 10%, πυκνότητα μεγαλύτερη των 600kg/m^3 και θερμογόνο δύναμη που υπερβαίνει τις $4,7\text{ kWh/kg}$.

6) Ψύξη και κοσκίνιση των συσσωματωμάτων

Τα συσσωματώματα που εξέρχονται από την πρέσα είναι πολύ μαλακά και ζεστά ($70-90^\circ\text{C}$) για να μπορούν να αποθηκευτούν και συσκευαστούν ως έχουν. Κατά συνέπεια αφήνονται να ψυχθούν στον αέρα μέσω ταινίας μεταφοράς, ώστε να σταθεροποιηθεί η λιγνίνη ως συγκολλητικό μέσο των ινών κυτταρίνης. Αφού ψυχθούν και αποκτήσουν την επιθυμητή σκληρότητα, τα πέλλετς διέρχονται από βιομηχανικά κόσκινα από όπου διαχωρίζονται από τις σκόνες και τα θρύμματα. Σημειώνεται ότι η παρουσία θρυμμάτων στο τελικό προϊόν, μπορεί να το θέσει εκτός προδιαγραφών και να δυσχεράνει την απορρόφησή του από την αγορά. Τα διαχωρισμένα θρύμματα ανακυκλώνονται ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η απώλεια της βιομάζας και να αυξάνεται η συνολική απόδοση της διεργασίας. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας της διεργασίας αυτής είναι το 2% της ενεργειακής περιεκτικότητας του καυσίμου (χρησιμοποιώντας πριονίδι σαν πρώτη ύλη και χωρίς ξήρανση).

7) Αποθήκευση των πέλλετς

Καθώς τα πέλλετς αποτελούν υψηλής ποιότητας καύσιμο, οι συνθήκες αποθήκευσής του είναι απαραίτητο να εξασφαλίζουν τη διατήρηση της ποιότητάς του. Η αποθήκευσή του σε τυποποιημένες σακούλες σταθερού βάρους από όπου προστατεύονται από τις ακαθαρσίες του περιβάλλοντος και από την υγρασία είναι συνήθης πρακτική, ιδίως όταν οι κύριοι καταναλωτές είναι μικροί οικιακοί χρήστες. Σε περίπτωση χύδην αποθήκευσης, είναι και πάλι σκόπιμο να τοποθετηθούν είτε σε container ή σε σιλό, ομοίως για να προστατευτούν από την υγρασία και τις ακαθαρσίες.

Τέλος συμπεραίνουμε ότι όλα τα παραπάνω επιμέρους στάδια για την παραγωγή των πέλλετς καταναλώνουν σημαντική ηλεκτρική ενέργεια. Εντούτοις, η περιβαλλοντική διάσταση τους δεν μπορεί να καταρριφθεί: υπολογίζεται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή των πέλλετς αντιστοιχούν σε λιγότερο από το 22% του ενεργειακού τους περιεχομένου, αφήνοντας τα πέλλετς με θετικό ενεργειακό πρόσημο.

2.19 Προδιαγραφές και πρότυπα ποιότητας των πέλλετς βιομάζας

Η πιστοποίηση της ποιότητας των pellets βιομάζας είναι απαραίτητη τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για πρακτικούς λόγους, καθώς ένα πιστοποιημένο προϊόν έχει πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες διάθεσης του στην αγορά.

Η πλειοψηφία των ευρωπαϊκών κρατών δεν έχει νομοθεσία που να καθορίζει την ποιότητα των pellets ξύλου, αλλά καλύπτονται από τους κανονισμούς ποιότητας που εφαρμόζονται για τη βιομάζα. Μόνο λίγες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Αυστρία, Σουηδία, Ιταλία, και Γερμανία έχουν εθνικά πρότυπα αποκλειστικά για τη συμπιεσμένη βιομάζα (όπως τα pellets), γι' αυτό και τυγχάνουν ευρείας αποδοχής σε πανευρωπαϊκό επίπεδο.

Το Μάρτιο του 2011 εγκρίθηκαν και δημοσιεύτηκαν τα πρότυπα EN14961 έως -6 τα οποία καθορίζουν πιο εξειδικευμένες και αυστηρότερες προδιαγραφές για τα στερεά βιοκαύσιμα και επικεντρώνονται σε εκείνα που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μικρότερης κλίμακας. Το πρότυπο

EN14961-1 αναφέρεται γενικά στη βιομάζα και σε pellets από διαφορετική πρώτη ύλη βιομάζας, ενώ το πιο εξειδικευμένο πρότυπο EN14961-2 αφορά αποκλειστικά τα συσσωματώματα ξύλου (pellets) που αξιοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές. Τέλος το EN14961-6 πρότυπο αφορά πελλέτες ξύλου από πελλέτες που δεν αποτελούνται από ξύλο και για μη βιομηχανική χρήση.

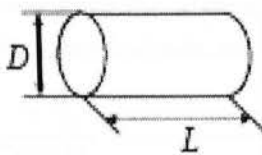
Βάσει αυτών, δύνανται η κατηγοριοποίηση του προϊόντος σε 3 κατηγορίες ποιότητας (A1,A2,B) οι διαφορές των οποίων σχετίζονται με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πελλετών και την περιεκτικότητά τους σε τέφρα, άζωτο, θείο και χλώριο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα πιο διαδεδομένα πρότυπα ποιότητας καθώς και το ευρωπαϊκό πρότυπο EN-14961-1.

| Προδιαγραφές | Μονάδες Μέτρησης | Αυστρία | Σουηδία | Γερμανία | | Ιταλία | EE |
|----------------------------------|-------------------|-------------|---------------|-----------|----------|---------|------------|
| | | ÖNORM M1735 | SS187120 | DIN 51731 | DIN plus | CTI | EN 14961-1 |
| Διάμετρος | mm | 4-10 | Να αναφέρεται | 4-10 | 4-10 | 6 | 6-8 |
| Μήκος | mm | ≤ 5*Δ | ≤ 4*Δ | ≤ 50 | ≤ 5*Δ | Δ-4*Δ | 3,15-5 |
| Πυκνότητα | Kg/m ³ | - | ≥ 600 | - | - | 620-720 | ≥ 600 |
| Θρύμματα | % κ.β. | ≤ 1 | - | - | - | ≤ 1 | ≤ 1 |
| Περιεκτικότητα σε υγρασία | % κ.β. | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 12 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Περιεκτικότητα σε τέφρα (στάχτη) | % κ.β. | ≤ 0,5 | ≤ 0,7 | ≤ 1,5 | ≤ 0,5 | ≤ 0,7 | ≤ 0,7 |
| Θερμογόνο δύναμη | MJ/kg | ≥ 18 | ≥ 16,9 | 17,5-19,5 | ≥ 18 | ≥ 16,9 | 16,5- |
| Θείο | % κ.β. | ≤ 0,04 | ≤ 0,08 | ≤ 0,08 | ≤ 0,04 | ≤ 0,05 | ≤ 0,0 |
| Άζωτο | % κ.β. | ≤ 0,3 | - | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 |
| Χλώριο | % κ.β. | ≤ 0,02 | ≤ 0,03 | ≤ 0,03 | ≤ 0,02 | ≤ 0,03 | ≤ 0,0 |
| Αρσενικό | mg/kg | - | - | ≤ 0,8 | - | - | ≤ 1 |
| Κάδμιο | mg/kg | - | - | ≤ 0,5 | - | - | ≤ 0,5 |
| Χρώμιο | mg/kg | - | - | ≤ 8 | - | - | ≤ 10 |

| | | | | | | | |
|----------|-------|-----|---------------|--------|-----|---------------|-------|
| κός | mg/kg | - | - | ≤ 5 | - | - | ≤ 10 |
| άργυρος | mg/kg | - | - | ≤ 0,05 | - | - | ≤ 0,1 |
| υβδος | mg/kg | - | - | ≤ 10 | - | - | ≤ 10 |
| δάργυρος | mg/kg | - | - | ≤ 100 | - | - | ≤ 100 |
| λιο | mg/kg | - | - | - | - | - | ≤ 10 |
| σθετα | % | ≤ 2 | Να αναφέρεται | - | ≤ 2 | Να αναφέρεται | ≤ 2 |

Πίνακας 2.0. Εθνικά πρότυπα ποιότητα για τα pellets βιομάζας της Αυστρίας, της Σουηδίας, της Γερμανίας και της Ιταλίας καθώς και το Ευρωπαϊκό πρότυπο pellets ξύλου οικιακής χρήσης.

Annex 1 — Specification of properties for pellets (EN 14961-1)

| Master table | |
|--|---|
| Origin: According Tables 1, 2 or 3 | Woody biomass (1); Herbaceous biomass (2); Fruit biomass (3); Blends and mixtures (4). |
| Traded Form | Pellets |
| <p>L Length D Diameter</p> <p style="margin-left: 100px;">Dimensions (mm)</p> |  |
| Dimensions (mm) | |
| Diameter (D) and Length (L) ^a | |
| D 06 | 6 mm ± 1,0 mm and 3,15 ≤ L ≤ 40 mm |
| D 08 | 8 mm ± 1,0 mm, and 3,15 ≤ L ≤ 40 mm |
| D 10 | 10 mm ± 1,0 mm, and 3,15 ≤ L ≤ 40 mm |
| D 12 | 12 mm ± 1,0 mm, and 3,15 ≤ L ≤ 50 mm |
| D 25 | 25 mm ± 1,0 mm, and 10 ≤ L ≤ 50 mm |
| Moisture, M (w-% as received) prEN 14774-1, prEN14774-2 | |
| M10 | ≤ 10 % |
| M15 | ≤ 15 % |
| Ash, A (w-% of dry basis) EN 14775 | |
| A0.5 | ≤ 0,5% |
| A0.7 | ≤ 0,7% |
| A1.0 | ≤ 1,0% |
| A1.5 | ≤ 1,5 % |
| A2.0 | ≤ 2,0 % |
| A3.0 | ≤ 3,0 % |
| A5.0 | ≤ 5,0 % |
| A7.0 | ≤ 7,0 % |
| A10.0 | ≤ 10,0 % |
| A10.0+ | > 10,0 % |
| Mechanical durability, DU (w-% of pellets after testing) prEN15210-1 | |
| DU97.5 | ≥ 97,5 % |
| DU95.5 | ≥ 95,5 % |
| DU95.0 | ≥ 95,0 % |
| DU95.0- | < 95,0 % (minimum value to be stated) |
| Amount of fines, F (w-%, < 3,15 mm ^b) after production when loaded or packed, prEN 15149-1 | |
| F1.0 | ≤ 1,0 % |
| F2.0 | ≤ 2,0 % |
| F3.0 | ≤ 3,0 % |
| F5.0 | ≤ 5,0 % |
| F5.0+ | > 5,0 % (maximum value to be stated) |
| Additives (w-% of pressing mass) ^c | Type and content of pressing aids, slagging inhibitors or any other additives have to be stated |
| Bulk density (BD) as received (kg/m ³) EN 15103 | |
| BD550 | ≥ 550 kg/m ³ |
| BD600 | ≥ 600 kg/m ³ |
| BD650 | ≥ 650 kg/m ³ |
| BD700 | ≥ 700 kg/m ³ |
| BD700+ | > 700 kg/m ³ (minimum value to be stated) |
| Net calorific value as received, Q (MJ/kg or kWh/kg) EN 14918 | Minimum value to be stated |

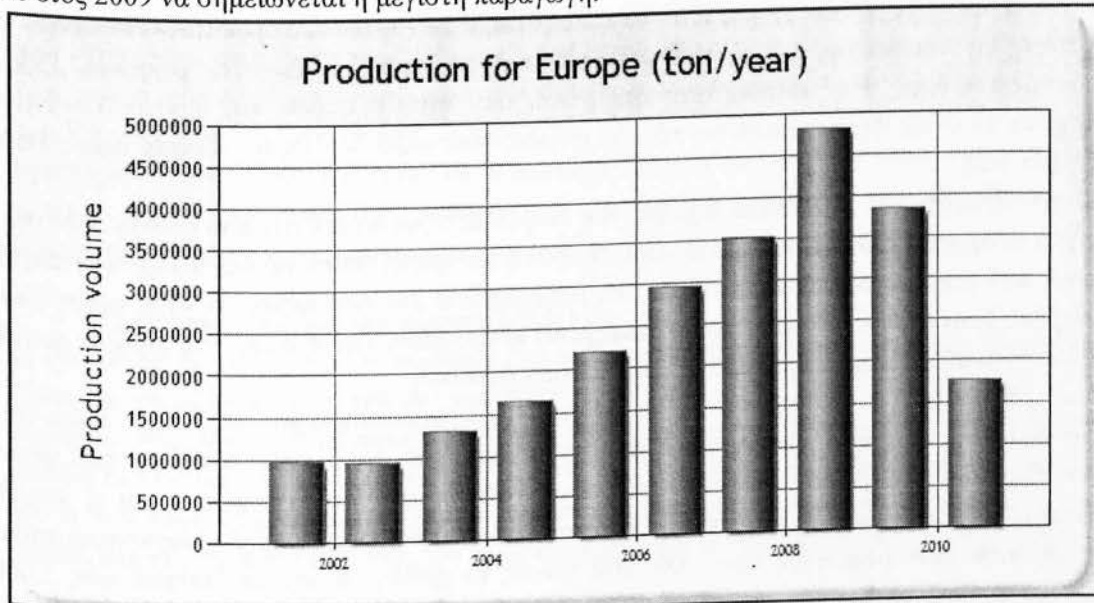
Normative

Πίνακας 2.0.

2.20 Διαγράμματα παραγωγής και κατανάλωσης pellet στην Ευρώπη

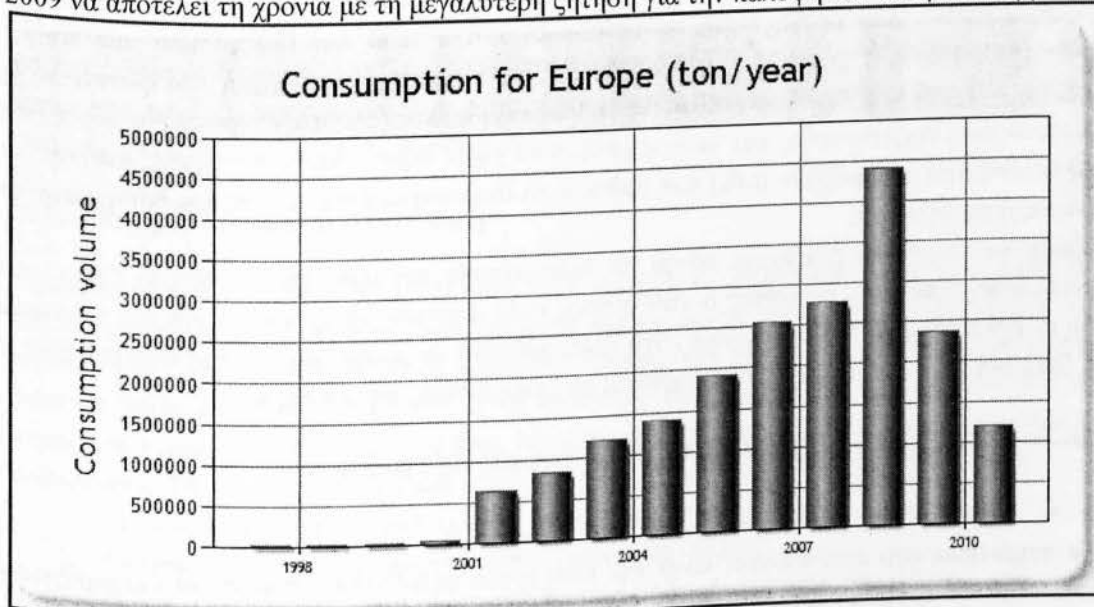
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η παραγωγή και κατανάλωση πελλετών για θέρμανση (σε τόνους το χρόνο) στην Ευρώπη, και η εξέλιξή τους από το 2002 που ξεκίνησε η παραγωγή και κατανάλωσή τους μέχρι το 2011. Όπως παρατηρούμε απ' τα διαγράμματα δεν έχουμε την παραγωγή και κατανάλωση σε pellets για κάθε χώρα λόγω κυρίως ότι δεν γνωρίζει ακόμη τόσο εξάπλωση σαν καύσιμο, με συνέπεια λίγες χώρες να παράγουν, γι' αυτό και εξετάζουμε συνολικά τι συμβαίνει στον ευρωπαϊκό χώρο.

Πιο συγκεκριμένα διαφαίνεται ότι η κύρια παραγωγή ξεκινά το 2001 με παραγωγή 1.000.000 τόνους σε όλη την Ευρώπη. Μέχρι και το 2009 σημειώνεται αυξητική τάση στην παραγωγή τους με το έτος 2009 να σημειώνεται η μέγιστη παραγωγή.



Σχήμα 2.αθ.

Όσον αφορά την κατανάλωση, παρατηρούμε μια ανάλογη αυξητική τάση στη χρήση pellet για θέρμανση, καθώς η τιμή του πετρελαίου αυξάνει συνεχώς τα τελευταία χρόνια, καθιστώντας το ασύμφορο συχνά για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Αυτό οδηγεί όπως φαίνεται και απ' το κάτωθι διάγραμμα όλο και περισσότερους να στρέφονται στη χρήση πέλλετ για θέρμανση με το 2009 να αποτελεί τη χρονιά με τη μεγαλύτερη ζήτηση για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης.



Σχήμα 2.αι.

Κεφάλαιο 3^ο : ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

3.1. Γενικά για το πετρέλαιο

Η λέξη πετρέλαιο προέρχεται από το ελληνικό πέτρα και έλαιο, και συχνά στην καθημερινή γλώσσα αποκαλείται και μαύρος χρυσός. Το πετρέλαιο όπως αποδείχθηκε από ανασκαφές χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα. Πριν από 5000 χρόνια οι Σουμέριοι, οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι χρησιμοποιούσαν μεγάλες διαρροές του Ευφράτη ενώ η χρήση τέτοιων διαρροών είναι γνωστή τόσο σε πολλά μέρη της Μεσοποταμίας όσο και σε περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου. Είναι γνωστό ότι γινόταν χρήση του στο καλαφάτισμα των πλοίων, στην κατασκευή δρόμων, στην κατασκευή αδιάβροχης ψάθας και καλαθιών και ως συγκολλητικό στα μωσαϊκά. Επίσης το χρησιμοποιούσαν στην ιατρική σαν καθαρτικό, σαν υγρό εντριβών και σαν απολυμαντικό. Οι αρχαίοι Έλληνες ήξεραν καλά τις πολλές χρήσεις του, αλλά δεν τις μετέδωσαν στους Ρωμαίους κατακτητές.

Μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα η χρήση του πετρελαίου βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο που την είχαν αφήσει οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι. Η πρώτη γεώτρηση ειδικά για την αναζήτηση πετρελαίου έγινε από τον Έντγουιν Ντέικ στην Δυτική Πενσυλβάνια τον Αύγουστο του 1859 και σε βάθος 21 μέτρων. Έτσι άνοιξε ο δρόμος για τη βιομηχανία πετρελαίου. Την ίδια περίπου περίοδο πετρελαϊκά πεδία ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη και την Άπω Ανατολή.

Τον 20^ο αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του αυτοκινήτου, η χρήση του πετρελαίου είχε προχωρήσει τόσο πολύ ώστε το επεξεργασμένο πετρέλαιο για φωτιστική χρήση έπαυε να έχει την πρώτη σημασία και η πετρελαϊκή βιομηχανία έγινε η πρώτη πηγή ενέργειας στον κόσμο. Έτσι ενώ το 1870 η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου ήταν μικρότερη από 1.000.000 τόνους το χρόνο, έφτασε να ξεπερνά τους 3.000.000 τόνους το χρόνο. Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται η παγκόσμια οικονομία.

3.2. Φυσικές Ιδιότητες

Το πετρέλαιο είναι υγρόν ελαιώδες ή παχύρευστο και εύφλεκτο, με μαύρο ή καστανό χρώμα χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, είναι αδιαλυτο στο νερό και ελαφρύτερο από αυτό. Έχει πυκνότητα από 0,73 gr/cm³ μέχρι 1,04 gr/cm³ και η θερμογόνος δύναμή του φθάνει σε 10.200 kcal/kg - 11.000 kcal/kg. Αποτελείται από υδρογονάνθρακες (ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου που σε κανονικές θερμοκρασίες και πιέσεις μπορεί να είναι αέριες, υγρές ή στερεές, ανάλογα με τη πολυπλοκότητα των μορίων τους) που βρίσκονται συγκεντρωμένοι σε διάφορα βάθη, κάτω από το έδαφος ή τη θάλασσα.

Επειδή το πετρέλαιο βρίσκεται πάντα σε θερμοκρασία ανώτερη από το σημείο ζέσης μερικών συστατικών του, είναι αδύνατος ο καθορισμός ενός σημείου ζέσης, κοινού για όλα τα συστατικά του αργού πετρελαίου. Για τον ίδιο λόγο είναι αδύνατο να μιλήσουμε και για σημείο πήξης, αφού τα διάφορα συστατικά του στερεοποιούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

3.3. Εκπομπές ρύπων κατά την καύση πετρελαίου

- Εκπομπές σωματιδίων

Τα σωματίδια που εκπέμπονται κατά την καύση του πετρελαίου μπορούν να διαχωριστούν σε σωματίδια φίλτραρίσματος και στα συμπυκνώσιμα. Ως σωματίδια φίλτραρίσματος εννοούμε

σωματίδια τα οποία μπορούν να συγκρατηθούν από ένα φίλτρο από ίνες γυαλιού. Στη περίπτωση των συμπυκνώσιμων σωματιδίων μπορούμε να πούμε ότι είναι ένας ρύπος που εκπέμπεται σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα των σωματιδίων που εκπέμπονται από την καύση πετρελαίου σε έναν λέβητα εξαρτάται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο και από τις συνθήκες λειτουργίας του λέβητα. Όταν αναφέρουμε τις συνθήκες λειτουργίας του λέβητα στην περίπτωση των σωματιδίων που εκπέμπονται αναφερόμαστε στο φορτίο λειτουργία του λέβητα. Σε χαμηλό φορτίο η εκπομπή σωματιδίων μπορεί να μειωθεί από 30 % έως 40 %.

- **Εκπομπές οξειδίων του θείου (SO_x)**

Τα οξείδια του θείου (SO_x) παράγονται κατά την καύση του πετρελαίου καθώς οξειδώνεται το θείο που περιέχεται στο καύσιμο. Οι εκπομπές οξειδίου του θείου από τη καύση συμβατικών καυσίμων κατά κύριο λόγο εμφανίζονται με τη μορφή του διοξειδίου του θείου. Κατά μέσο όρο το 95% του θείου που περιέχεται στο καύσιμο μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου κατά την καύση, περίπου 1% έως 5% του περιεχόμενου θείου μετατρέπεται σε τριοξείδιο του θείου ενώ 1% έως 3% του περιεχόμενου θείου μετατρέπεται σε σωματίδια θειικού άλατος. Το ποσό της εκπομπής των οξειδίων του θείου εξαρτάται καθαρά από τη χημική σύσταση του πετρελαίου και πιο συγκεκριμένα από τη περιεκτικότητά του σε θείο.

- **Εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x)**

Σε ότι αφορά τις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου συνήθως ένα ποσοστό από 20 έως 90% του περιεχόμενου αζώτου στο πετρέλαιο μετατρέπεται σε NO_x. Η παραγωγή των οξειδίων του αζώτου οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες καύσης και στην υψηλή θερμοκρασία των καπναερίων. Η μείωση των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου σε έναν λέβητα πετρελαίου μπορεί να μειωθεί με χρήση των παρακάτω μεθόδων: χαμηλή περίσσια αέρα, ανακυκλοφορία καυσαερίων, καύση σε στάδια, μείωση της προθέρμανσης του αέρα και χρήση καυστήρων χαμηλών εκπομπών NO_x.

- **Εκπομπές οξειδίων του άνθρακα (CO_x)**

Οι εκπομπές οξειδίων του άνθρακα που έχουμε κατά την καύση του πετρελαίου είναι το μονοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι προϊόν καύσης οποιουδήποτε υδρογονάνθρακα και είναι σημάδι καλής λειτουργίας του λέβητα. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελής καύσης του καυσίμου (έλλειψη οξυγόνου). Ως ρύπος το διοξείδιο του άνθρακα δεν επηρεάζει την υγεία του ανθρώπου αλλά επιβαρύνει την ατμόσφαιρα σε ότι αφορά το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από την άλλη το μονοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό για τον άνθρωπο λόγω της μεγάλης χημικής συγγένειας που έχει με την αιμογλοβίνη (Hb), τη χημική ουσία στα ερυθρά αιμοσφαίρια που μεταφέρει οξυγόνο από τους πνεύμονες στα κύτταρα του σώματος και CO₂ από τα κύτταρα στους πνεύμονες.

3.4. Μορφή - Χημική σύσταση

Το αργό πετρέλαιο (το ακατέργαστο) είναι υγρό ορυκτό, μίγμα υδρογονανθράκων, δηλαδή ουσιών που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο, κατά ένα μεγάλο μέρος της σειράς των αλκανίων, που όμως περιέχει και αρκετούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, και το οποίο βρίσκεται συγκεντωμένο σε διάφορα βάθη κάτω από το έδαφος ή τη θάλασσα, σε κοιλάτες πετρωμάτων στα ανώτερα στρώματα περιοχών του φλοιού της Γης. Μπορεί να ποικίλει στην εμφάνιση τη σύνθεση και την καθαρότητα. Τα κύρια συστατικά του πετρελαίου είναι τρεις ομάδες υδρογονανθράκων:

1. Οι κεκορεσμένοι υδρογονάνθρακες με δομή απλής αλυσίδας
2. Οι ναφθένες με δομή κεκορεσμένου κλειστού δακτυλίου
3. Οι αρωματικοί ακόρεστοι υδρογονάνθρακες με δομή κλειστού δακτυλίου.

Εκτός από αυτά το πετρέλαιο περιέχει σε μικρές ποσότητες οξυγόνο σε μορφή ιδίως ναφθενικών οξέων, άζωτο και θείο που βρίσκονται είτε σε ελεύθερη μορφή είτε σε συστατικό οργανικών ενώσεων. Ακόμα στα περισσότερα πετρελαια υπάρχει επίσης και χλωριούχο νάτριο.

Το αργό πετρέλαιο μπορεί να περιέχει μικρές ποσότητες από ανθεκτικά στην αποσύνθεση οργανικά υπολείμματα, όπως κομμάτια ξύλου, ρητίνες, γαιάνθρακες και λιγνίτες, καθώς και πολλά άλλα υπολείμματα πρωτόγονων μορφών ζωής.

3.5. Σύνθεση Πετρελαίου

Λαμβάνοντας υπόψη τη σύνθεση των πετρελαίων αυτά κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες. Στα:

1. Παράφινικά πετρελαια. Αυτά περιέχουν στερεή παραφίνη και κατά την απόσταξη δίνουν σημαντική αναλογία ελαφρών κλασμάτων που αποτελούνται αποκλειστικά από κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες της αλειφατικής σειράς. Τα μεν πρώτα της σειράς αυτής μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο παρατηρούνται και στα αέρια που συνοδεύουν το πετρέλαιο στην εξόρυξή του.
2. Ασφαλτικά πετρελαια. Αυτά δίνουν περισσότερο βαρέα κλάσματα όπως μαζούτ και ορυκτέλαια. Τα ελαφρά κλάσματα των πετρελαίων αυτών αποτελούνται κυρίως από κεκορεσμένους κυκλικούς υδρογονάνθρακες (ναφθένια) της πολυμεθυλικής σειράς, και
3. Ασφαλτοπαραφινικά πετρελαια. Αυτά αποτελούν μίξη των παραπάνω κατηγοριών όπου η μία σειρά δεν υπερτερεί της άλλης.

3.6. Προέλευση πετρελαίου

Η προέλευση του πετρελαίου δεν είναι εξακριβωμένη μα είναι γενικά αποδεκτό ότι το πετρέλαιο δημιουργήθηκε από την αποσύνθεση των θαλασσών, κυρίως ζώων και φυτών που θάφτηκαν κάτω από διαδοχικές στοιβάδες λάσπης πριν από 400 -500 χρόνια.

Η αρχική προϋπόθεση για μια τέτοια γένεση πετρελαίου είναι μια ρηχή θάλασσα με νερά πλούσια σε ζώα και φυτά από μικροσκοπικά μέχρι μεγάλα. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι ότι πεθαίνοντας οι οργανισμοί, βουλιάζουν στο βυθό και θάβονται σε λάσπη. Το οξυγόνο στο βυθό πρέπει να είναι περιορισμένο ώστε η αποσύνθεση των οργανισμών να είναι αργή. Με το πέρασμα του χρόνου, λάσπη και πηλός, κάθονται πάνω σε αυτές τις αποθέσεις, δημιουργώντας τεράστιες πιέσεις. Κάτω από αυτές τις συνθήκες χημικές διεργασίες, πιθανόν ανεξάρτητες από βακτηριακή δράση, μετατρέπουν τους οργανισμούς σε πετρέλαιο. Αυτό σημαίνει ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε σε θερμοκρασίες γύρω στους 250°C.

3.7. Έρευνα και εξόρυξη πετρελαίου

Η έρευνα για την ανακάλυψη του πετρελαίου περιλαμβάνει:

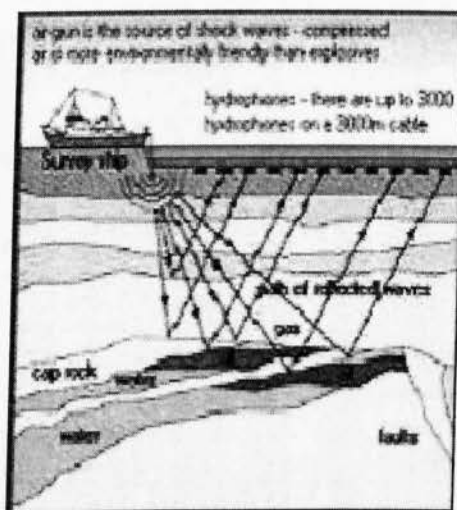
1. Τη φωτογράφιση του χώρου όπου φαίνονται καθαρά οι πιθανές τοποθεσίες για γεώτρηση.
2. Γεωλογική έρευνα, οπότε γίνεται η χαρτογράφηση των πετρωμάτων και συμπληρώνεται με παρατηρήσεις παλαιότερων γεωλόγων και με ότι άλλα στοιχεία ενδεχομένως υπάρχουν.
3. Γεωφυσική έρευνα που γίνεται με κατάλληλα όργανα με τα οποία μελετώνται ορισμένες ιδιότητες των πετρωμάτων.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό του πετρελαίου είναι η σεισμική, η σταθμική, η μαγνητική, η ηλεκτρική, η ραδιενεργή κ.α. πιο γνωστές είναι η **σεισμική**, η **σταθμική** **βαρνομετρική** μέθοδος.

Η **σεισμική μελέτη** ενός πεδίου γίνεται με μια σειρά μικρών εκρήξεων, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Σεισμόμετρα καταγράφουν τα κύματα που φτάνουν σ' αυτά με ανάκλαση, πάνω σε ορισμένα πετρώματα. Με βάση το χρόνο που έκαναν τα κύματα να διανύσουν τις αποστάσεις και τις διαφορετικές ταχύτητες με τις οποίες διαπερνούν στρώματα με διαφορετική πυκνότητα, γίνεται χαρτογράφηση του υπεδάφους.



Σχήμα 3.α



Σχήμα 3.β.

Με τη **σταθμική ή βαρυτομετρική** μελέτη μετρώνται οι μικρές μεταβολές στην ένταση της βαρύτητας στην επιφάνεια της γης, η οποία επηρεάζεται από τα πετρώματα που βρίσκονται στο υπέδαφος. Γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων και συνήθως βγαίνουν συμπεράσματα αρκετά ακριβή.

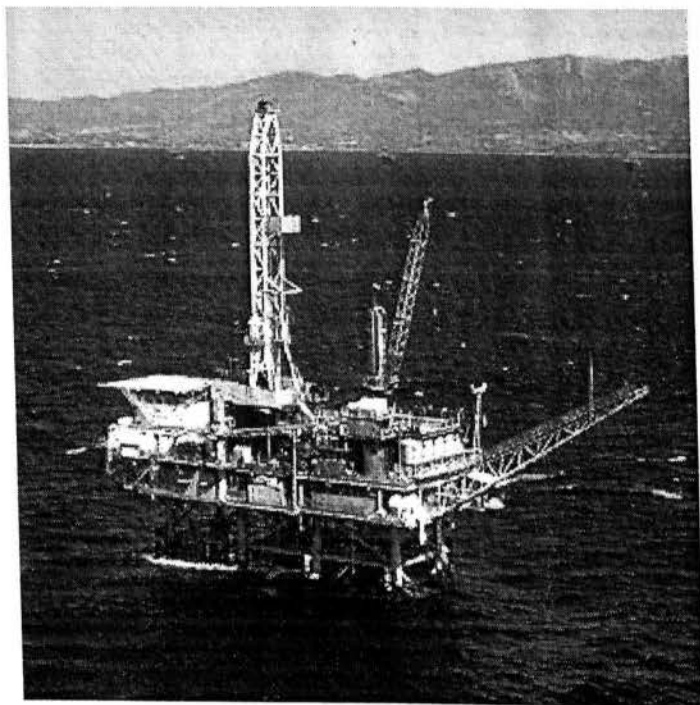
3.8. Σύγχρονοι μέθοδοι εξόρυξης πετρελαίου

Στις διανοίξεις ορυγμάτων για τη διαπίστωση της παρουσίας κοιτασμάτων πετρελαίου και στη συνέχεια για την άντληση του εφαρμόζεται κατά κανόνα η **περιστροφική γεώτρηση**. Βασική της αρχή είναι η διάρρηξη και ο θρυμματισμός των υπερκείμενων πετρωμάτων με τη βοήθεια ενός περιστροφικού γεωτρήπανου που φέρει οδοντωτούς τροχούς ή αδαμάντινες προσμίξεις, ώστε να αυξάνεται η σκαπτική του ικανότητα.

Εξέχουσα θέση στην σύγχρονη γεωτρητική τεχνική αποτελεί η διάνοξη οριζόντιων φρεατίων σε μεγάλα σχετικά βάθη, που επετεύχθηκε για πρώτη φορά το 1983. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, η γεώτρηση αρχικά προχωρεί κατακόρυφα έως το σημείο που έχει επιλεγεί για να αρχίσει η εκτροπή. Εκεί τοποθετούνται ειδικές σφήνες που προκαλούν την πλαγιοδρόμηση του τρυπανιού με μικρές στην αρχή κλίσεις ως προς την κατακόρυφο, που γίνονται βαθμιαία μεγαλύτερες όσο προσεγγίζεται η νοητή γραμμή που συνδέει την κατακόρυφο με το κοιτάσμα. Η πορεία του τρυπανιού ελέγχεται συνεχώς είτε με ειδικά καλωδιακά όργανα που προωθούνται μέσα στο όρυγμα είτε με ασύρματες συσκευές καταγραφών.

Μόλις ολοκληρωθεί η διάνοιξη της καμπύλης, το γεωτρητικό σύστημα ανασύρεται στην επιφάνεια και στο χαμηλότερο σημείο τμήμα του προσαρμόζεται ένας σταθερός και ευθύς άξονας ο οποίος φέρει το τρυπάνι, τους σωλήνες βάρους και τους δακτυλίους στήριξης. Η γεώτρηση συνεχίζεται σε οριζόντια πλέον διεύθυνση έως ότου το γεωτρήσιμο έλθει σε επαφή με το κοίτασμα.

Το εξαγόμενο πετρέλαιο ανάμεικτο με χώμα και άλλες ακαθαρσίες, συλλέγεται μαζί με το νερό σε μεγάλες δεξαμενές λάκκους ή στέρνες, όπου γίνεται το πρώτο καθάρισμα από το νερό και τα αργιλώδη ιζήματα, με μετάγγιση. Από εκεί το ακατέργαστο πετρέλαιο διοχετεύεται στα διυλιστήρια, με σωλήνες που περιέχουν ψήκτρες. Αν τα διυλιστήρια είναι πέρα από τη θάλασσα η μεταφορά γίνεται με πλωτές δεξαμενές και μόνο σε ειδικές περιπτώσεις σε υποθαλάσσιους αγωγούς.



Σχήμα 3.γ.

3.9. Διύλιση του πετρελαίου

Το αργό πετρέλαιο περιέχει εκτός από τους υδρογονάνθρακες και άλλες διάφορες ουσίες (θείο, μερκαπτάνες, νερό, οξυγόνο, άζωτο κ.α.) το καθιστούν πρακτικά άχρηστο σε ακατέργαστη μορφή. Αρχικά το αργό πετρέλαιο υφίσταται ειδική κατεργασία για την απομάκρυνση των προσμίξεων του θείου που περιέχει. Η κατεργασία αυτή ονομάζεται **αποθείωση του πετρελαίου**.

Στη αγορά εξάλλου, χρειάζονται ορισμένα πετρελαϊκά υλικά με επακριβώς καθορισμένα χαρακτηριστικά (βενζίνες, κηροζίνη, ντίζελ, μαζούτ, κ.λ.π) και για το σκοπό αυτό το πετρέλαιο διυλίζεται για να πάρουμε τα τελικά προϊόντα του.

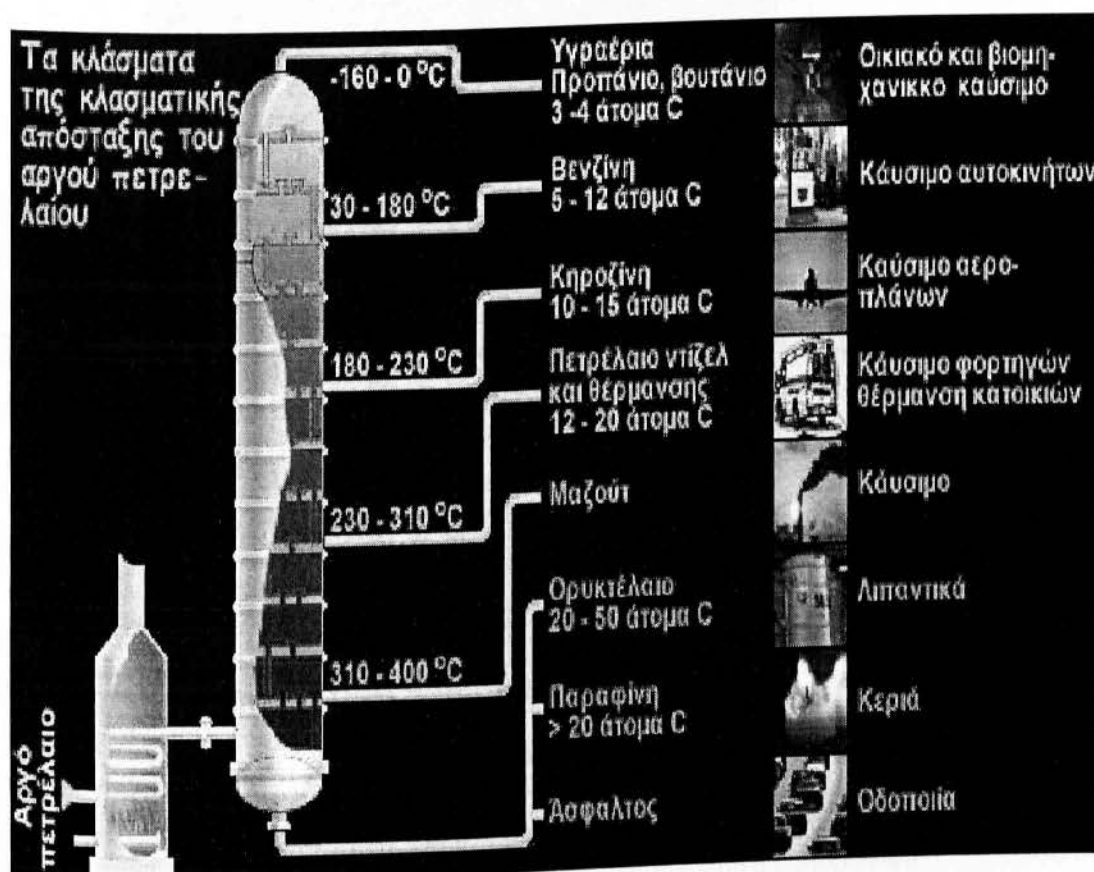
Τα τελικά προϊόντα της διύλισης διακρίνονται σε ενεργειακά (βενζίνες, καύσιμα στροβιλοαντιδραστήρων, ντίζελ, και μαζούτ οικιακής χρήσης, βαρέα μαζούτ) και σε μη ενεργειακά (άσφαλτοι, λιπαντικά).

Η θεμελιώδης διεργασία της διύλισης είναι η συνεχής **κλασματική απόσταξη** (που είναι ο διαχωρισμός στα συστατικά (υδρογονάνθρακες) με κριτήριο το σημείο βρασμού), από την οποία προκύπτει μια δεκάδα βασικών πετρελαϊκών κλασμάτων με χαρακτηριστικά που βελτιώνονται κατόπιν σε άλλες εγκαταστάσεις για τον μετασχηματισμό ή τον εξευγενισμό.

Συνοπτικά παράγει κατά φθίνουσα τάξη πτητικότητας τα εξής προϊόντα:

- Καύσιμα αέρια
- Κλάσμα προπανίου

- Κλάσμα βουτανίου
- Ελαφριά βενζίνη
- Βαριά βενζίνη
- Κηροζίνη
- Δύο ή περισσότερες ποιότητες ντίζελ
- Διάφορα αποστάγματα
- Ένα κατάλοιπο της εν κενό απόσταξης



Σχήμα 3.δ. Παρουσίαση κλασματικής απόσταξης και των προϊόντων της.

Πηγή: <http://www.slideshare.net/olympiat/petrelaio>

3.10. Στάδια διαχωρισμού

Ο διαχωρισμός του πετρελαίου στα προϊόντα του επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τριών διακεκριμένων διεργασιών:

1. Της ατμοσφαιρικής απόσταξης του αργού πετρελαίου
2. Του διαχωρισμού των αερίων και των βενζινών
3. Και της εν κενό απόσταξης του ατμοσφαιρικού υπολείμματος.

Οι τρεις αυτές διεργασίες αποτελούν συνήθως μια παραγωγική μονάδα τη λεγόμενη μονάδα διύλισης του αργού πετρελαίου.



Σχήμα 3.ε.

- Φυσικές μέθοδοι διαχωρισμού

Με αυτές τις διεργασίες τα μόρια των υδρογονανθράκων δεν αλλάζουν δομή αυτές οι φυσικές μέθοδοι είναι:

1. Απόσταξη. Είναι το πρώτο στάδιο του χωρισμού των συστατικών του αργού πετρελαίου σε ομάδες. Είναι η σημαντικότερη διαδικασία στην δύλιση η οποία στηρίζεται στη ικανότητα των συστατικών του πετρελαίου να εξατμίζονται. Αυτό συνδέεται με το μέγεθος των μορίων. Σε ενώσεις ίδιου τύπου, όσο μεγαλύτερο είναι το μόριο τόσο μικρότερη είναι η απόσταξή τους. Προϊόντα όπως η άσφαλτος χρειάζονται σχετικά μεγάλη θερμοκρασία για να υγροποιηθούν και ακόμα υψηλότερη για να εξατμιστούν. Αντίθετα η βενζίνη σε χαμηλή θερμοκρασία εξατμίζεται.
Με κατάλληλες διαδικασίες μπορούμε να χωρίσουμε τους υδρογονάνθρακες του πετρελαίου με παρόμοιο σημείο βρασμού. Αυτό γίνεται δυνατό με την εισαγωγή του αργού πετρελαίου στην βάση κατακόρυφων στύλων (υψικάμινοι), όπου παρέχεται θέρμανση. Το μεγαλύτερο μέρος εξατμίζεται και ο ατμοί ανεβαίνουν και ψύχονται. Οι πιο ελαφροί υδρογονάνθρακες παραμένουν ατμοί και συνεχίζουν το ανοδικό τους ταξίδι, ενώ οι βαρύτεροι υγροποιούνται. Κατά μήκος της υψικαμίνου υπάρχουν έξοδοι απ' όπου μπορούμε να παίρνουμε ατμούς. Όσο ψηλότερα είναι η έξοδος, τόσο ελαφρύτερα κλάσματα πετρελαίου θα πάρουμε.
2. Κρυστάλλωση. Συνίσταται στο χωρισμό ανάλογα με το μέγεθος και το τύπο των υδρογονανθράκων, χρησιμοποιώντας τη διαφορά στο σημείο τήξης και τη διαλυτότητα, σε συνδυασμό με διήθηση ή φυγοκέντριση.
3. Εκχύλιση με διαλύτη. Είναι ο διαχωρισμός ανάλογα με τον τύπο των υδρογονανθράκων. Με αυτή την μέθοδο π.χ. χωρίζονται οι παραφίνες από τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες.
4. Προσρόφηση. Χάρη στην διαφορετική δύναμη με την οποία προσκολλούνται πάνω σε πορώδη υλικά, μπορούμε να διαχωρίσουμε ορισμένες τάξεις υδρογονανθράκων.
5. Απορρόφηση. Διαχωρίζονται οι υδρογονάνθρακες ανάλογα με το μέγεθος ή το σχήμα των μορίων τους, χάρη στη διαφορά που παρουσιάζουν στη διαλυτότητα σε ορισμένα υλικά.

- Χημικές μέθοδοι

Οι διεργασίες αυτές μεταβάλλουν το μέγεθος και τη δομή των μορίων των υδρογονανθράκων και είναι σημαντικές γιατί μετατρέπουν προϊόντα που βρίσκονται σε μεγάλη ποσότητα στην φύση, σε άλλα που έχουν μεγάλη ζήτηση. Πιο συγκεκριμένα, η ανάπτυξη των μηχανών εσωτερικής καύσης έκανε απαραίτητη την παραγωγή περισσότερων ελαφρών κλασμάτων απ' όσα υπάρχουν στο πετρέλαιο. Η παραγωγή αυτών των υδρογονανθράκων γίνεται με την πυρόλυση. Οι υδρογονάνθρακες υποβληθούν σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, για μια χρονική περίοδο, μεγάλα μόρια των κλασμάτων σε σχετικά μικρότερα. Με αυτό τον τρόπο παράγονται υδρογονάνθρακες παρόμοιοι της βενζίνης. Οι συνθήκες που γίνεται αυτή η διεργασία είναι

θερμοκρασία 425-500°C και σε πίεση 2-25 kg/cm². Με συνεχείς βελτιώσεις της μεθόδου υπερδιπλασιάζεται η ποσότητα της βενζίνης που παίρνουμε από το πετρέλαιο. Παράλληλα η ποιότητά της, σε ότι αφορά την ανάφλεξη, είναι καλύτερη από την ποιότητα της βενζίνης που παίρνουμε με απόσταξη από το πετρέλαιο.

Οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν αντικατασταθεί από καταλύτες που διασπούν τα μεγάλα μόρια των υδρογονανθράκων, με καλύτερη απόδοση προς την πλευρά των οκτανίων της βενζίνης και βελτίωση της ποιότητας. το υπόλειμμα της πρώτης κλασματικής απόσταξης αποσπάζεται στη συνέχεια υπό κενό και δίνει ως προϊόντα το Απόσταγμα κενού και το υπόλειμμα κενού, που είναι η άσφαλτος.

3.11. Δίκτυο μεταφοράς πετρελαίου

Η μεταφορά πετρελαίου γίνεται με 2 τρόπους: είτε με δεξαμενόπλοια (tankers) είτε με αγωγούς, μέσω εξαιρετικά επικίνδυνων, δηλαδή τρωτών δρόμων: τα στενά του Ορμυζ στα νότια του Περσικού Κόλπου, τα στενά του Bab El Mandeb ανάμεσα στην Υεμένη και το κέρασ της Αφρικής, το κανάλι του Suez (που έκλεισε το 1956 και το 1967).

Οι αγωγοί μεταφοράς του υγρού πετρελαίου απαιτούν συστήματα αντλιών 2-10 km/h. Χωρίζονται σε:

- **αγωγούς εδάφους**, που απαιτούν σχεδιασμό βέλτιστης διαδρομής, διαπραγματεύσεις με ιδιοκτήτες γης και συχνά και διακρατικές συμφωνίες.
- **Υποθαλάσσιους αγωγούς** με σταθμούς αντλιών που λειτουργούν ανά 120-240 km.

Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς αντίστοιχα χωρίζονται στα:

- Πετρελαιοφόρα που κάνουν διακίνηση σε ανοιχτές θάλασσες με δεξαμενές χωρητικότητας από 80.000 έως 650.000 τόνους αργού πετρελαίου, με το 90% των μεταφορών να γίνεται στην Ευρώπη
- Φορτηγά πλοία που αναλαμβάνουν τις μεταφορές σε ποτάμια/κανάλια με αντίστοιχες δεξαμενές χωρητικότητας 2000-3400 τόνων.
- Βυτία που κάνουν μεταφορά αργού σε απομακρυσμένες περιοχές (οι δεξαμενές τους χωράνε 13-30 τόνους ακατέργαστου πετρελαίου)

Το δίκτυο μεταφοράς του πετρελαίου στην χώρα μας περιλαμβάνει τους σταθμούς φόρτωσης πετρελαίου στο νομό Αττικής και στο νομό Θεσσαλονίκης. Στο νομό Αττικής οι σταθμοί φόρτωσης είναι στους Αγίους Θεοδώρους, στα Μέγαρα, στην Πάχη, στον Ασπρόπυργο και στον Πειραιά. Στο νομό Θεσσαλονίκης υπάρχει ένας σταθμός φόρτωσης πετρελαίου στην Θεσσαλονίκη. Η επεξεργασία του πετρελαίου γίνεται στα διυλιστήρια της Ελευσίνας, του Ασπροπύργου, των Αγίων Θεοδώρων και της Θεσσαλονίκης.

3.12. Παραγωγή και Κατανάλωση Πετρελαίου στον Ευρώπη

Σε αυτή τη παράγραφο θα αναφερθούμε στην ετήσια παραγωγή αργού πετρελαίου και κατανάλωση σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες αλλά και τις νότιες Ευρωπαϊκές χώρες και συγκεκριμένα στις: Ελλάδα, Γαλλία, Ισπανία, Ιταλία, Κύπρος, Πορτογαλία.

| | Παραγωγή πετρελαίου (χιλιάδες βαρέλια/μέρα) | Κατανάλωση πετρελαίου (χιλιάδες βαρέλια/μέρα) |
|------------------------|---|--|
| Βέλγιο | 0 | 607,945 |
| Βουλγαρία | 1 | 110 |
| Δημοκρατία της Τσεχίας | 4,252 | 205,953 |
| Δανία | 259,981 | 166,512 |
| Γερμανία | 49,016 | 245,1 |
| Εσθονία | 0 | 30 |
| Ιρλανδία | 0 | 162,79 |
| Ελλάδα | 1,168 | 409,556 |
| Ισπανία | 2,337 | 1466,658 |
| Γαλλία | 18,151 | 1827,655 |
| Ιταλία | 82,781 | 1527,748 |
| Κύπρος | 0 | 59 |
| Λετονία | 0 | 38 |
| Λιθουανία | 2 | 73 |
| Λουξεμβούργο | 0 | 51,269 |
| Ουγγαρία | 15,92 | 155,83 |
| Ολλανδία | 25,48 | 1016,455 |
| Αυστρία | 16,318 | 270,847 |
| Πολωνία | 12,41 | 535,34 |
| Πορτογαλία | 0 | 270,622 |
| Ρουμανία | 96,534 | 208 |
| Σλοβενία | 0,005 | 62 |
| Σλοβακία | 0,2 | 79,375 |
| Φινλανδία | 0 | 202,096 |
| Σουηδία | 0 | 335,806 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 1233,187 | 1626,052 |
| Νορβηγία | 2067,425 | 218,123 |
| Ελβετία | 0 | 272,43 |
| Κροατία | 15,581 | 94 |

Πίνακας 3.α.

Στον πίνακα που παρατίθεται παραπάνω βλέπουμε την παραγωγή/κατανάλωση του πετρελαίου χιλιάδες βαρέλια ανά ημέρα για κάθε ευρωπαϊκή χώρα. Όπως φαίνεται και στον πίνακα παραγωγή πετρελαίου στις περισσότερες χώρες δεν επαρκεί να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες ημερήσιας κατανάλωσης γι' αυτό και γίνεται εισαγωγή από τις μεγάλες πετρελαιοπαραγωγικές χώρες της Μέσης Ανατολής. Στην Ευρώπη οι χώρες που έχουν αυξημένη παραγωγή είναι πρώτα η Νορβηγία, μετά το Ηνωμένο Βασίλειο και η Δανία. Στις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου δεν έχουμε κάποια αξιόλογη παραγωγή πετρελαίου την περίοδο που εξετάζουμε. Τα τελευταία χρόνια ο Κύπρος είχε ξεκινήσει την εξαγωγή πετρελαίου στη νοτιοανατολική μεσόγειο κατόπιν διακρατικών συμφωνιών και συνεργασιών. Σε αντίθεση με την παραγωγή πετρελαίου η κατανάλωση σε όλες τις χώρες είναι αυξημένη γεγονός που εξηγείται απ' τη χρήση του πετρελαίου τόσο για κίνηση οικιακή θέρμανση όσο και για την ηλεκτροπαραγωγή και λειτουργία των βιομηχανιών. Μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών αυτές που καταναλώνουν περισσότερο συγκριτικά με άλλες χώρες είναι η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιταλία και η Ισπανία.

3.13. Διαγράμματα Παραγωγής και Κατανάλωσης Πετρελαίου στον Ευρωπαϊκό Νότο

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε τα διαγράμματα παραγωγής κατανάλωσης πετρελαίου για το χρονικό διάστημα 1980- 2010.

Ελλάδα

Διαγράμματα που αφορούν την ετήσια παραγωγή και κατανάλωση πετρελαίου στην Ελλάδα.



Σχήμα 3.στ.

Στο διάγραμμα παρατηρούμε ότι τη χρονική περίοδο 1982-1991 είχαμε την μεγαλύτερη παραγωγή πετρελαίου που οφειλόταν στην εξαγωγή πετρελαίων στη Θάσο. Ύστερα απ' αυτό το διάστημα έχουμε σταθερή πτωτική τάση λόγω ότι τα αποθέματα της περιοχής μειώθηκαν και η εξόρυξη σταδιακά εγκαταλείφθηκε.



Σχήμα 3.ζ.

Η κατανάλωση αντίθετα πετρελαίου στον Ελλαδικό χώρο, παρουσιάζει σταθερά ανοδική πορεία καθώς είναι αναγκαίο τόσο για την ολοένα αυξανόμενη χρήση του για κίνηση, όσο και για θέρμανση.

Γαλλία

Η ετήσια παραγωγή και κατανάλωση πετρελαίου για την Γαλλία φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 3.η.

Η παραγωγή πετρελαίου στη Γαλλία ήταν υψηλότερη το διάστημα 1985-1995 με τα υπόλοιπα χρόνια να βαίνει μειούμενη. Αυτό εν μέρει μπορεί να αιτιολογηθεί απ το γεγονός ότι καλύπτει μέρος των ενεργειακών αναγκών απ' το πυρηνικό πρόγραμμα που διαθέτει. Ακόμη το γεγονός ότι η διαδικασία εξόρυξης είναι πιο ακριβή σε σχέση με την απευθείας προμήθεια πετρελαίου από τις αραβικές χώρες που το κόστος εξόρυξης είναι μικρό, οδηγεί στην αγορά του απ αυτές τις χώρες.



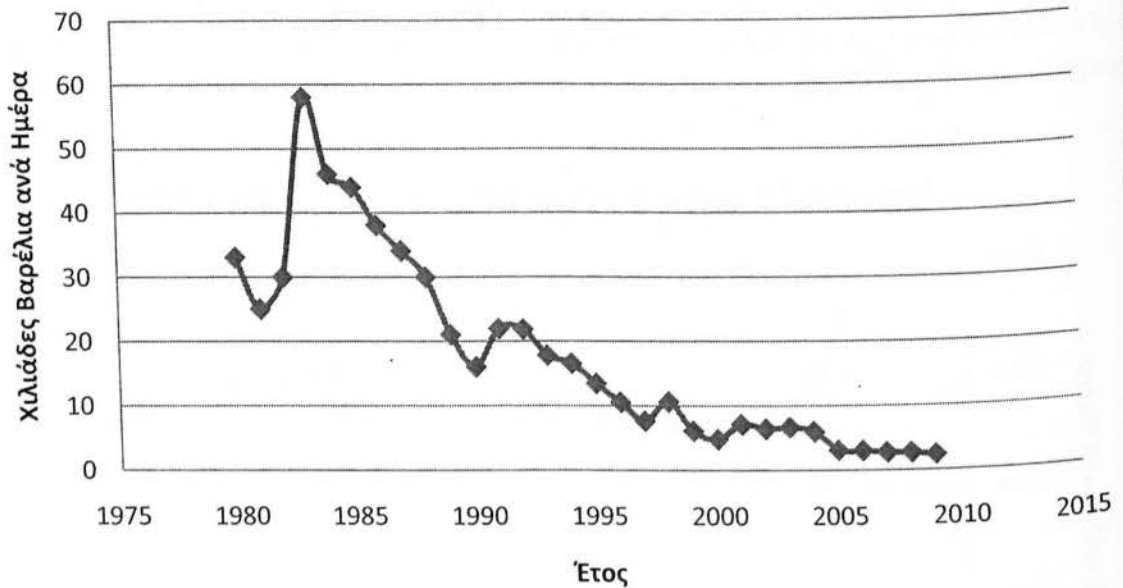
Σχήμα 3.0.

Η κατανάλωση πετρελαίου στην Γαλλία συγκριτικά με άλλες χώρες παραμένει σταθερή με μικρές διακυμάνσεις. Αυτό οφείλεται όπως είπαμε και παρακάτω ότι καλύπτει σημαντικό μέρος της ανάγκης για ενέργεια απ το εθνικό τους πυρηνικό πρόγραμμα.

Ισπανία

Η ετήσια παραγωγή και κατανάλωση πετρελαίου για την Ισπανία φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.

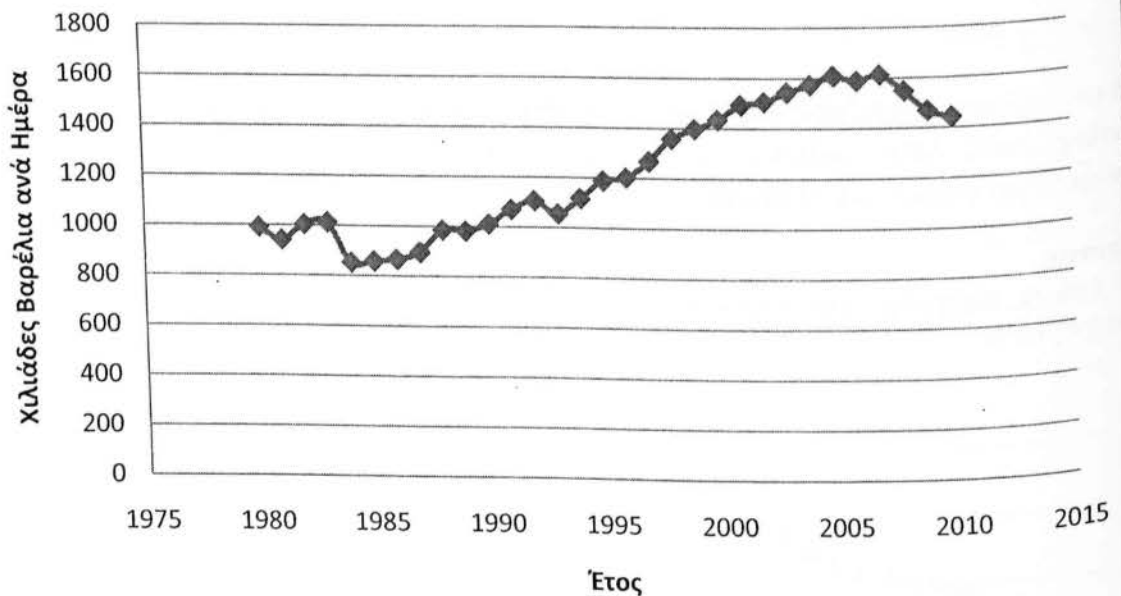
Παραγωγή Πετρελαίου στην Ισπανία



Σχήμα 3.ι.

Όπως στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες η παραγωγή πετρελαίου στην Ισπανία ήταν μικρή και με το πέρασ τον χρόνων έχει φτάσει να ναι σχεδόν μηδενική στις μηδενική σύμφωνα με το διάγραμμα. Παρατηρείται μονάχα μια μεγαλύτερη παραγωγή στο διάστημα 1983-1987.

Κατανάλωση Πετρελαίου στην Ισπανία



Σχήμα 3.κ.

Την ίδια στιγμή η κατανάλωση πετρελαίου παρουσιάζει γραμμική αύξηση καθώς παράλληλα αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις κυρίως όσον αφορά τη κίνηση και θέρμανση. Τα τελευταία χρόνια απ' το 2005 και μετά κατόπιν κρατικών συμφωνιών έχει γίνει προσπάθεια απεξάρτησης το πετρέλαιο με τη στροφή στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα με τη μικρή κάμψη στην κατανάλωση πετρελαίου το διάστημα 2005-2010.



Σχήμα 3.λ.

Όπως φαίνεται και απ' το διάγραμμα η παραγωγή του πετρελαίου είναι μικρή σε σχέση με την κατανάλωση και η παραγωγή όπως φαίνεται έχει σημαντικές διακυμάνσεις. Αυτό συμβαίνει κυρίως για την καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων πετρελαίου ώστε να υπάρχει κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση πετρελαϊκής κρίσης ή άλλων γεωπολιτικών αλλαγών των χωρών προμηθευτών.



Σχήμα 3.μ.

Η κατανάλωση πετρελαίου στην Ιταλία παραμένει σταθερή με το πέρασμα των ετών και μάλιστα από το 2000 και μετά παρουσιάζει μικρή γραμμική μείωση καθώς οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό και απ την κατανάλωση φυσικού αερίου.

Κύπρος

Η Κύπρος μέχρι πρότινος είχε μηδαμινή παραγωγή πετρελαίου γι' αυτό και δεν παρατίθεται διάγραμμα.



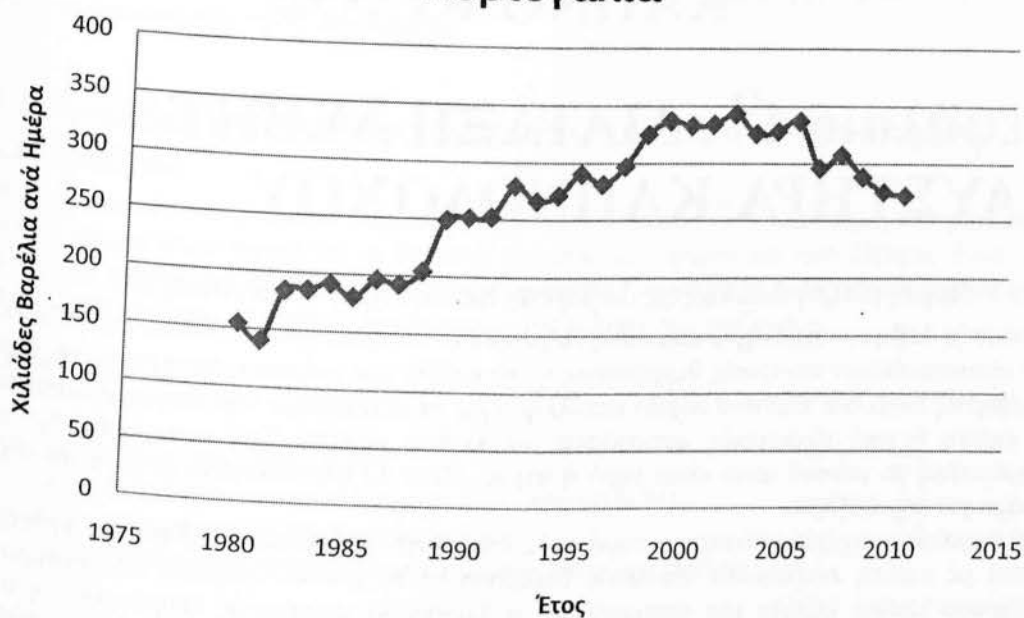
Σχήμα 3.ν.

Απ' το διάγραμμα κατανάλωσης πετρελαίου παρατηρείται η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη σε πετρέλαιο. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί απ' τη απουσία εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών σε κίνηση και θέρμανση.

Πορτογαλία

Η Πορτογαλία όπως και η Κύπρος δεν κάνει εξόρυξη αργού πετρελαίου, (δεν έχει δηλαδή παραγωγή) γι' αυτό δεν παρουσιάζεται και εδώ σχετικό διάγραμμα.

Κατανάλωση Πετρελαίου στην Πορτογαλία



Σχήμα 3.ξ.

Η κατανάλωση πετρελαίου με μικρές διακυμάνσεις παρουσιάζει και στην Πορτογαλία αυξητική τάση καθώς αυξάνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις. Όπως η Ισπανία και η Πορτογαλία μετά το 2005 εισήγαγε και άλλες πηγές παραγωγής ενέργειας πέραν του πετρελαίου όπως τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Έτσι εξηγείται αντίστοιχα η μικρή πτώση που παρατηρείται τα έτη 2005 έως 2010 που έχουμε δεδομένα.

ΛΕΒΗΤΕΣ-ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ- ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΣ

Κεφάλαιο 4^ο : ΔΙΑΤΑΞΗ ΛΕΒΗΤΑ- ΚΑΥΣΤΗΡΑ-ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΥ

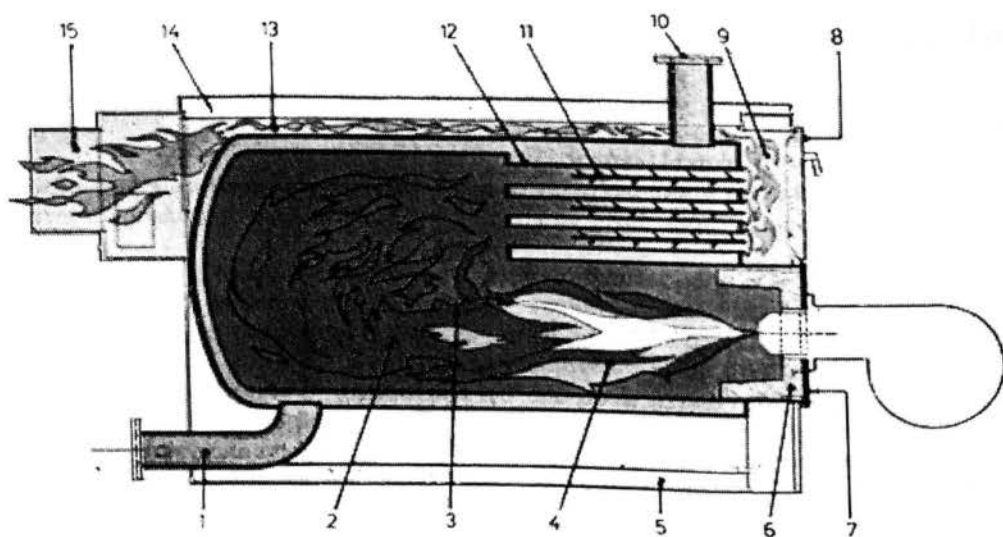
4.1. Περιγραφή Διάταξης Λέβητα- Καυστήρα-Καπνοδοχού

Η διάταξη λέβητα-καυστήρα-καπνοδόχου μέσα στο λεβητοστάσιο αποτελεί στο σύνολό σχεδόν των εγκαταστάσεων κεντρικής θερμάνσεως ή την καρδιά του τμήματος παραγωγής της θερμότητας. Ο λέβητας είναι ένα πιεστικό δοχείο κατάλληλο για να μεταβιβάζει θερμότητα, η οποία παράγεται με καύση ή από ηλεκτρικές αντιστάσεις, σε κάποιο ρευστό. Στις εφαρμογές της κεντρικής θερμάνσεως το ρευστό αυτό είναι νερό ή ατμός. Όταν το θερμαινόμενο μέσο είναι αέρας, τότε μιλάμε για αερολέβητα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η τομή ενός σύγχρονου χαλύβδινου λέβητα παραγωγής θερμού νερού με καύση πετρελαίου. Επιπλέον διακρίνονται τα βασικά τμήματα που συγκροτούν ένα σύγχρονο τυπικό λέβητα και απεικονίζεται η διαδικασία παραγωγής θερμότητας, η οποία στη συνέχεια μεταδίδεται στο θερμοφορέα δηλαδή στο νερό. Ειδικότερα φαίνεται το σημείο εισόδου του καυσίμου στον προθάλαμο καύσεως, η διαδρομή των καυσαερίων μέχρι το σημείο εξόδου τους προς την καπνοδόχο, ο χώρος κυκλοφορίας του θερμοφορέα, η σωλήνωση εξόδου του θερμού νερού προς την κατανάλωση, καθώς και η σωλήνωση επιστροφής του ψυχρού νερού στο λέβητα μετά την απόδοση της θερμότητάς του.

Ένας όρος που θα χρησιμοποιούμε καθώς θα αναφερόμαστε ξεχωριστά στις διάφορες κατηγορίες λεβήτων, είναι η θερμαντική επιφάνεια ενός λέβητα. Με τον όρο αυτό εννοούμε το σύνολο των επιφανειών ενός λέβητα, διαμέσου των οποίων γίνεται η συναλλαγή θερμότητας.

Ο καυστήρας είναι η συσκευή που παρέχει στο λέβητα το καύσιμο μίγμα, δηλαδή το μίγμα καυσίμου-αέρα στις σωστές αναλογίες, ώστε να συντηρείται η καύση. Από τη σωστή λειτουργία και ρύθμιση εξαρτάται τόσο η καλή απόδοση του λέβητα όσο και η οικονομία του καυσίμου. Τέλος, μέσα από την καπνοδόχο, τα καυσαέρια οδηγούνται από το θάλαμο καύσης στην ατμόσφαιρα. Από τη σωστή διατομή την καπνοδόχου και την καθαρότητάς της εξαρτάται ο ελκυσμός των καυσαερίων, που συντελεί στη σωστή απόδοση του λέβητα.



Σχήμα 4.α. «Τομή χαλύβδινου λέβητα»
Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

1) Επιστροφή νερού. 2) Θάλαμος καύσεως. 3) Θυρίδα ασφαλείας. 4) Προθάλαμος καύσεως. 5) Πλαίσιο βάσεως. 6) Μόνωση θυρίδας καυστήρα. 7) Θυρίδα καυστήρα. 8) Θύρα επιθεωρήσεως και καθαρισμού. 9) Θάλαμος καυσαερίων. 10) Έξοδος θερμού νερού. 11) Στροβιλιστής. 12) Δέσμη αυλών. 13) Απαγωγός καυσαερίων. 14) Μονωτικός μανδύας. 15) Έξοδος καυσαερίων προς καπνοδόχο.

4.2. Απώλειες και Αποδόσεις της Διάταξης Λέβητα-Καυστήρα-Καπνοδόχου

Στις εγκαταστάσεις κεντρικών θερμάνσεων, κατά την καύση ενός καυσίμου, δεν μεταφέρεται στο βασικό φορέα θερμότητας όλη η θερμική ενέργεια που παράγεται στο λέβητα. Έτσι, λόγω των απωλειών, αποδίδεται στους χώρους που θερμαίνονται λιγότερη θερμότητα από εκείνη που μπορεί να δώσει το καύσιμο. Ο βαθμός αποδόσεως ενός λέβητα, η_L , ορίζεται ως:

$$\eta_L = \frac{Q_L}{Q_K} = \frac{Q_L}{m_K \cdot H_u}$$

όπου: Q_L : η ισχύς του λέβητα (kW)

Q_K : η θερμότητα που αποδίδεται από το καύσιμο (kW)

m_K : η παροχή μάζας του καυσίμου (kg/s)

H_u : η κατώτερη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου (kJ/kg)

Η μεθοδολογία μετρήσεως του βαθμού αποδόσεως των λεβήτων καθορίζεται από τα πρότυπα των διάφορων χωρών (και στην Ελλάδα από τον ΕΛΟΤ). Ο ονομαστικός βαθμός αποδόσεως του λέβητα, που μετριέται σύμφωνα με τα υπάρχοντα πρότυπα, είναι μεγαλύτερος από το βαθμό αποδόσεως της λειτουργίας του συστήματος λέβητα-καυστήρα-καπνοδόχου, ο οποίος αναφέρεται σε κάποιο χρονικό διάστημα, κυρίως σε μια θερμαντική περίοδο και μας παρέχει πληροφορίες για την οικονομική λειτουργία της εγκαταστάσεως. Κι αυτό γιατί κατά τη διάρκεια λειτουργίας θα πρέπει να προστεθούν στις απώλειες του λέβητα, που ήδη αναφέραμε, και άλλες απώλειες, όπως π.χ. απώλειες αναθερμάνσεως, απώλειες διακοπτόμενης λειτουργίας του καυστήρα. Οι μέσοι βαθμοί αποδόσεως λεβήτων ανάλογα με την ισχύ τους και για καύση πετρελαίου ή αερίων κυμαίνονται μεταξύ 85% και 92%. Οι μέσοι ολικοί βαθμοί αποδόσεως της λειτουργίας του συστήματος λέβητα-καυστήρα-καπνοδόχου, κυμαίνονται αντίστοιχα μεταξύ 71% και 82%.

Κεφάλαιο 5^ο : Ο ΛΕΒΗΤΑΣ

5.1. Ορισμός, Συνοπτικές βασικές λειτουργίες

Λέβητας γενικά ή ατμολέβητας / ατμοπαραγωγός καλείται κάθε κλειστή ανθεκτική μεταλλική συσκευή (δοχείο), στην οποία μετατρέπεται το νερό σε ατμό με τη βοήθεια της θερμότητας. Οι βασικές λειτουργίες ενός λέβητα είναι η καύση του καυσίμου, με την οποία η χημική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια (θερμότητα) η μετάδοση της στο νερό και τέλος η ατμοποίηση του νερού.

5.2. Βασικά Μέρη, Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας

Τα βασικά μέρη ενός λέβητα είναι τα κάτωθι:

- **Ο θερμαντήρας.** Το μέρος ή μέρη του λέβητα που λαμβάνει χώρα η καύση και από τα οποία περνούν οι φλόγες και τα καυσαέρια πριν εισέλθουν στην καπνοδόχο.
- **Ο υδροθάλαμος.** Είναι ο χώρος του λέβητα στον οποίο βρίσκεται το νερό που ατμοποιείται.
- **Ο ατμοθάλαμος.** Σ' αυτόν συγκεντρώνεται ο παραγόμενος ατμός. Συναντάται ακριβώς πάνω από τον υδροθάλαμο και χωρίζεται από αυτόν με τη στάθμη του νερού. Συχνά υδροθάλαμος και ατμοθάλαμος χαρακτηρίζονται με κοινό όνομα ως ατμοϋδροθάλαμος.

ο Πιο συγκεκριμένα ο **θερμαντήρας** του λέβητα αποτελείται από:

a. Τον κλίβανο ή φλογοσωλήνα

Μέσα σε αυτόν τον χώρο πραγματοποιείται η καύση του καυσίμου.

b. Το φλογοθάλαμο (θάλαμο καύσης)

Είναι ο χώρος που καίγονται συμπληρωματικά όσα αέρια δεν έχουν καεί τελείως στον κλίβανο. Οι διαστάσεις του θαλάμου καύσης είναι υπεύθυνες για την επιτυχία της βέλτιστης δυνατής καύσης, εφόσον, φυσικά, παράλληλα συντηρείται και η απαραίτητη αντίθλιψη που μπορεί να προσφέρει ο καυστήρας. Η τελευταία πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από τη τριβές που δημιουργούν τα τοιχώματα του λέβητα στη ροή των καυσαερίων. Στενότερος θάλαμος καύσης επιφέρει παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων άκαυστων, μαύρων καυσαερίων που σημαίνει υπερκατανάλωση.

c. Τους φλογαυλούς

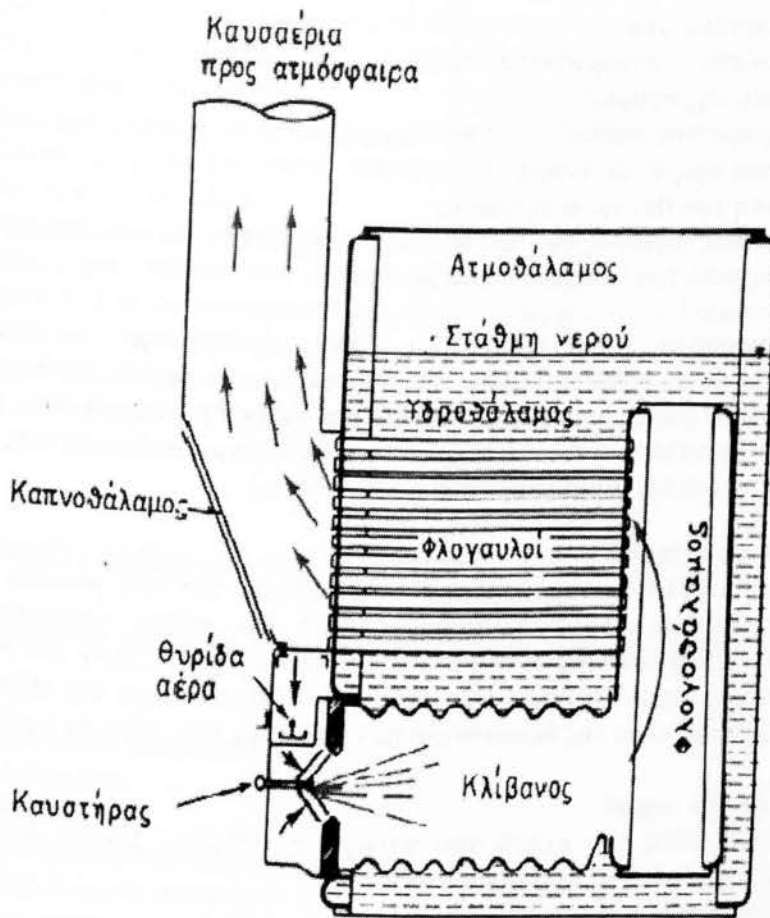
- Οι φλογαυλοί είναι σωλήνες με μεγάλο μήκος και μικρή διάμετρο, ώστε να παρουσιάζουν μεγάλη θερμαινόμενη επιφάνεια.
- Μέσα απ' αυτούς διέρχονται οι φλόγες και τα αέρια της καύσεως, πριν εισέλθουν στο καπνοθάλαμο.
- Αποτελούν και αυτοί τμήμα του θερμαντήρα και συγκεκριμένα το μεγαλύτερο μέρος του θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα.

d. Τον καπνοθάλαμο

Συνδέει το λέβητα με την καπνοδόχο

e. Και την καπνοδόχο

Που οδηγεί τα αέρια της καύσεως προς την ατμόσφαιρα.



Σχήμα 5.α.

Πηγή : Ευγενίδειο Ίδρυμα, Κινητήριες Μηχανές Ι

5.3. Γενικά Χαρακτηριστικά και προσδιοριστικά στοιχεία των λέβητων

Εκτός από τα κύρια μέρη, οι λέβητες χαρακτηρίζονται ως προς το μέγεθος και την ικανότητα τους από ορισμένα χαρακτηριστικά στοιχεία, τα οποία είναι:

Ο τύπος του λέβητα

Που προσδιορίζει την κατηγορία, στην οποία ανήκει. Συχνά είναι γνωστός με το όνομα του κατασκευαστή, συνοδευόμενο από συμβολικά ψηφία για πιο εύκολη αναγνώριση της ταυτότητας του λέβητα.

Η θερμαινόμενη επιφάνεια

Δηλαδή το σύνολο των μεταλλικών επιφανειών του λέβητα, δια των οποίων η θερμότητα μεταδίδεται στο νερό που θα ατμοποιηθεί. Αποτελεί το μέτρο της ατμοπαραγωγικής ικανότητας του λέβητα.

Η επιφάνεια της σχάρας

Σχηματίζεται από τα εσχάρια, πάνω στα οποία ρίχνουμε το γαιάνθρακα. Χαρακτηρίζεται ως *ολική* (το σύνολο της επιφάνειας που πιάνουν τα εσχάρια) και *ελεύθερη* (το άθροισμα της επιφάνειας των διακένων μεταξύ των εσχारीων). Ελεύθερη επιφάνεια σχάρας = $1/3$ ολικής. Η ελεύθερη επιφάνεια της σχάρας έχει ιδιαίτερη σημασία για την ικανότητα και την καλή λειτουργία του λέβητα, γιατί από αυτήν εξαρτάται η ποσότητα του αέρα, που θα εισέλθει στην εστία, και επομένως και η ποσότητα του γαιάνθρακα, ο οποίος μπορεί να καεί μέσα στο λέβητα.

Ο όγκος του θαλάμου καύσεως

Είναι ο όγκος του λέβητα που χρησιμεύει για την καύση του καυσίμου. Ενδιαφέρει όλους τους λέβητες, ιδιαίτερα όμως όσους καίνε υγρό καύσιμο (πετρέλαιο) ή κονιοποιημένο γαιάνθρακα.

Ο όγκος του υδροθαλάμου

Είναι ο όγκος που καταλαμβάνει το νερό μέσα στο λέβητα.

- **Ο όγκος του ατμοθαλάμου**

Είναι ο όγκος που καταλαμβάνει ο ατμός μέσα στο λέβητα.

- **Η ειδική φόρτιση της σχάρας**

Είναι ένα μέτρο που καθορίζει πόσο βάρος γαιάνθρακα μπορεί να καεί στη μονάδα της επιφάνειας της σχάρας σε 1 ώρα.

- **Η ειδική φόρτιση του θαλάμου καύσεως**

Καθορίζει πόσες θερμίδες από αυτές που παράγονται κατά την καύση αντιστοιχούν στη μονάδα του όγκου του θαλάμου καύσεως.

(* Από τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά η ειδική φόρτιση της σχάρας είναι για τους γαιαθρακολέβητες, ενώ η ειδική φόρτιση του θαλάμου καύσεως στους πετρελαιολέβητες και λέβητες κονιοποιημένου γαιάνθρακα. Και τα δύο πάντως μπορούν να αποδοθούν ή να μετρηθούν και με το βάρος του καυσίμου που αντιστοιχεί στη μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα σε 1 ώρα. Καλούνται τότε και **βαθμός καύσεως** του λέβητα.)

ο **Η ειδική ατμοποίηση**

Καθορίζει τη μάζα του ατμού που παράγει ο λέβητας, για κάθε μονάδα της θερμαινόμενης επιφάνειάς του σε μια ώρα. Σχετικός προς την ειδική ατμοποίηση είναι ο όρος **ατμοπαραγωγική ικανότητα** που καθορίζει τη μάζα του ατμού που παράγει συνολικά ο λέβητας σε μια ώρα. Τη βρίσκουμε όταν πολλαπλασιάσουμε την ειδική ατμοποίηση του λέβητα επί το εμβαδόν της θερμαινόμενης επιφάνειάς του. Έχει τη σημασία της ισχύος του λέβητα.

ο **Η ποιότητα του ατμού**

Καθορίζει το είδος του ατμού που παράγει ο λέβητας. Δείχνει δηλαδή αν ο λέβητας παράγει κεκορεσμένο ή υπέρθερμο ατμό.

ο **Η πίεση** του ατμού του λέβητα

Μετριέται σε bar ή kp/cm^2 ή p.s.i.

ο **Η θερμοκρασία** του ατμού, η οποία είναι απαραίτητη μόνο όταν ο λέβητας παράγει υπέρθερμο ατμό και μετριέται σε βαθμούς $^{\circ}\text{C}$, η βαθμούς Fahrenheit $^{\circ}\text{F}$.

5.4. Λειτουργία του Λέβητα

Η λειτουργία του λέβητα αφορά δύο κυκλώματα:

α) Το κύκλωμα **καυσίμου-αέρα-καυσαερίων** που αναφέρεται στην είσοδο του καυσίμου μέσω στην εστία και στην παράλληλη είσοδο του ατμοσφαιρικού καυσιγόνου αέρα, για την πραγματοποίηση της καύσεως.

Το πετρέλαιο (στους λέβητες πετρελαίου) εισάγεται στην εστία, μέσω του καυστήρα υπό πίεση της αντλίας πετρελαίου. Ο αέρας εισάγεται μέσω του κώνου του αέρα, ο οποίος περιβάλλει τον καυστήρα. παρόμοια γίνεται η εισαγωγή του κονιοποιημένου γαιάνθρακα στους λέβητες που χρησιμοποιούν αυτό το είδος καυσίμου.

Στην υψηλή θερμοκρασία της εστίας το καύσιμο ενώνεται χημικά με το οξυγόνο του αέρα, δηλαδή καίγεται, και παράγονται οι φλόγες και τα καυσαέρια.

Οι παραγόμενες φλόγες και τα καυσαέρια προχωρούν προς την καπνοδόχο μέσω του θερμαντήρα. Κατά την πορεία αυτή μεταδίδουν μέσω της θερμαινόμενης επιφάνειας, τη θερμότητα στο νερό που ατμοποιείται. Από την καπνοδόχο τέλος εξέρχονται τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα.

β) Το κύκλωμα **τροφοδοτικού νερού-ατμού** που αναφέρεται στην είσοδο του τροφοδοτικού νερού στο λέβητα και στην ατμοποίησή του.

Το νερό καταθλίβεται από την τροφοδοτική αντλία με πίεση μεγαλύτερη από αυτή που επικρατεί μέσα στο λέβητα και εισάγεται στον υδροθάλαμο. Εκεί θερμαίνεται μέσω της θερμαινόμενης επιφάνειας και ατμοποιείται με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται ως ατμός στον ατμοθάλαμο του λέβητα. Από κει μέσω του ατμοφράκτη, οδεύει προς τη μηχανή, από την οποία καταναλώνεται στην παραγωγή έργου.

Στα παραπάνω πρέπει να προστεθούν και τα εξής που έχουν σχέση με τη λειτουργία των λέβητων:

- 1) Το πετρέλαιο εισέρχεται στην εστία, αφού πρώτα προθερμανθεί με ατμό στον **προθερμαντήρα πετρελαίου**.
- 2) Ο αέρας είναι δυνατό να εισέρχεται στην εστία ψυχρός, δηλαδή με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ή θερμός, αφού προηγουμένως περάσει μέσα από ιδιαίτερη συσκευή, τον **προθερμαντήρα του αέρα**.
- 3) Το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται στον υδροθάλαμο, αφού πρώτα προθερμανθεί, είτε σε **προθερμαντήρα νερού**, που λειτουργεί με τη θερμότητα των εξατμίσεων των βοηθητικών μηχανημάτων είτε σε **οικονομητήρα**, που λειτουργεί με τη θερμότητα των καυσαερίων που εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα.
- 4) Ο ατμός, όταν εξέρχεται από το λέβητα, προχωρεί απ' ευθείας προς την κατανάλωση ως φυσικός ατμός (υγρός ή ξηρός κεκορεσμένος), ή περνά πρώτα από τον υπερθερμαντήρα όπου θερμαίνεται περισσότερο και γίνεται υπέρθερμος.

5.5. Κατάταξη λέβητων και ιδιότητες

Με βάση τα διάφορα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους, οι λέβητες κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Με βάση το υλικό κατασκευής:
 - 1) **Χυτοσιδηρένιοι**
 - 2) **Χαλύβδινοι**
- Με βάση το χρησιμοποιούμενο καύσιμο:
 - 3) **Λέβητες στερεών καυσίμων**
 - 4) **Λέβητες υγρών καυσίμων**
 - 5) **Λέβητες αέριων καυσίμων**
- Με βάση τη θερμοκρασία και την πίεση λειτουργίας:
 - 6) **Λέβητες χαμηλής πίεσεως**
 - 7) **Λέβητες μέσης και υψηλής πίεσεως**
- Ανάλογα με τη σχετική τοποθέτηση της εστίας και των αυλών στο λέβητα διαιρούνται σε λέβητες
 - με **εσωτερική εστία**, όταν αυτή περιβάλλεται από τον υδροθάλαμο του λέβητα.
- Οι λέβητες με εσωτερική εστία λέγονται επίσης και λέβητες με **φλογοσωλήνα**. Αν η θερμαινόμενη επιφάνειά τους αποτελείται από αεριαυλούς ή φλογαυλούς, λέγονται αντίστοιχα **αεριαυλωτοί** ή **φλογαυλωτοί**.
- Οι λέβητες με αεριαυλούς διαιρούνται σε λέβητες **επιστρεφόμενης φλόγας** και σε λέβητες **ευθείας φλόγας**.
 - με **εξωτερική εστία**, όταν αντίστροφα αυτή περιβάλλει τον υδροθάλαμο.
- Οι λέβητες με εξωτερική εστία αποτελούνται συνήθως από δέσμες υδραυλών και γι αυτό καλούνται και **υδραυλωτοί**.
 - Ανάλογα με το μέγεθος του υδροθαλάμου οι λέβητες διαιρούνται σε λέβητες:
 - με **μεγάλο υδροθάλαμο**, όπως είναι οι λέβητες με φλογοσωλήνες
 - με **μέτριο υδροθάλαμο**, όπως είναι οι λέβητες με αεριαυλούς
 - και με **μικρό υδροθάλαμο**, όπως είναι όλοι οι υδραυλωτοί λέβητες.
 - Τέλος υπάρχουν και λέβητες **χωρίς υδροθάλαμο**, οι οποίοι αποτελούν ειδική περίπτωση σύγχρονων κατασκευών της κατηγορίας των ατμογεννητριών υψίστης, και υπερκρίσιμης πίεσεως.
- Ανάλογα με την κυκλοφορία του νερού διακρίνονται σε λέβητες:
 - **φυσικής κυκλοφορίας**, όταν αυτή πραγματοποιείται μόνο με τη θέρμανση του νερού και εξαρτάται τότε πολύ και από την κλίση των αυλών
 - και **τεχνητής ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**, όταν πραγματοποιείται με τη βοήθεια ιδιαίτερης αντλίας, η οποία κυκλοφορεί το νερό μέσα στο λέβητα με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από κείνη, με την οποία ατμοποιείται.

- Ανάλογα με την πίεση λειτουργίας και τη θερμοκρασία του ατμού που παράγουν, διακρίνονται σε λέβητες:
 - **χαμηλής πίεσεως**, όταν η πίεση δεν υπερβαίνει τα 6 bar
 - **μεσαίας πίεσεως**, όταν φτάνει μέχρι 15 bar
 - **υψηλής πίεσεως**, όταν δίνουν ατμό πίεσεως μέχρι και 60 bar περίπου
 - **ύψιστης πίεσεως ή ατμογεννήτριες**, όταν παράγουν ατμό πίεσεως από 60 μέχρι και 200 bar
 - και λέβητες ή ατμογεννήτριες κρίσιμης ή υπερκρίσιμης πίεσεως δηλαδή πάνω από 221 bar, και στους οποίους το χαρακτηριστικό είναι ότι το νερό μετατρέπεται σε ατμό χωρίς να μεσολαβήσει βρασμός, δηλαδή χωρίς αισθητή μεταβολή του όγκου του νερού.
- Ανάλογα με την **ποιότητα του ατμού που παράγουν**, διακρίνονται σε λέβητες **κεκορεσμένου** και **λέβητες υπέρθερμου**. Όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι λέβητες παράγουν υπέρθερμο ατμό.
- Ανάλογα με το είδος του ελκυσμού διαίρονται σε λέβητες **φυσικού ή τεχνητού ελκυσμού**, και **καύσεως υπό πίεση**.
- Ανάλογα με το σκοπό και τη χρήση που εξυπηρετούν, τους διακρίνουμε σε λέβητες **κύριους**, όταν εξυπηρετούν την κύρια μηχανή της εγκατάστασεως, ή **βοηθητικούς**, όταν παρέχουν ατμό για τα βοηθητικά μηχανήματα ή άλλες βοηθητικές χρήσεις.

5.5.1. Χυτοσίδηροι Λέβητες

Λειτουργούν τόσο με καύση στερεών καυσίμων όσο υγρών και αέριων και η θερμαντική τους ισχύ μπορεί να φθάνουν μέχρι και 3000kW (2600000 kcal/h). Κατασκευάζονται από ανεξάρτητα ομοιόμορφα χυτοσίδηρα στοιχεία, ενωμένα μεταξύ τους ανθεκτικά και στεγανά, ώστε να αποτελούν ενιαίο σύνολο. Μόνο το πρώτο και το τελευταίο στοιχείο διαφέρουν από τα ενδιάμεσα. Το μέγεθος και ο αριθμός των στοιχείων καθορίζει το μέγεθος και τη θερμαντική ικανότητα του λέβητα.

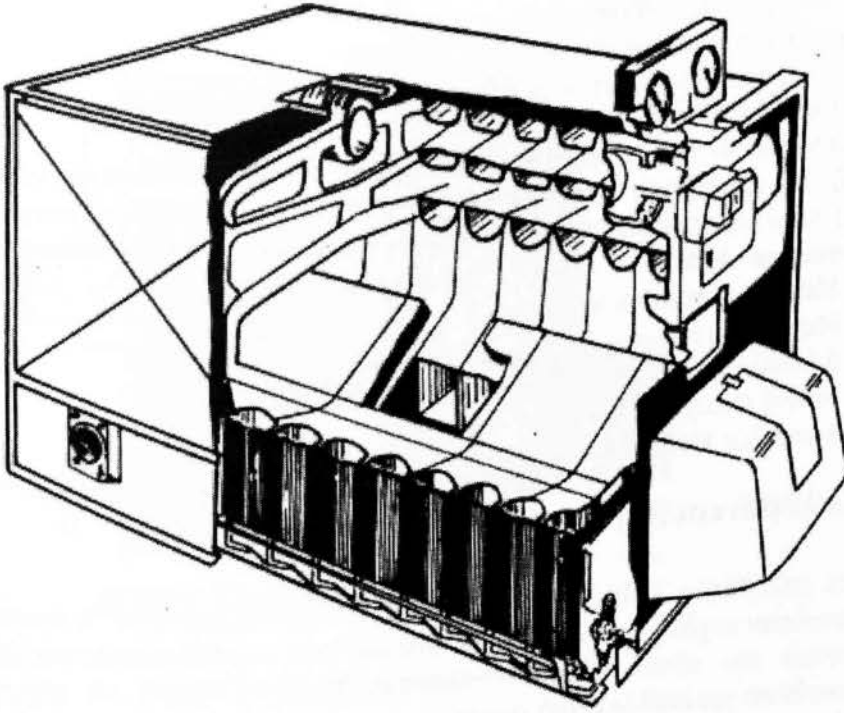
Πλεονέκτημα αυτών, αποτελεί η δυνατότητα προσθήκης ενός ή περισσότερων στοιχείων, όταν απαιτείται επαύξηση της θερμαντικής ισχύος του λέβητα, ή και αντικαταστάσεώς τους σε περίπτωση βλάβης. Τα χυτοσίδηρα στοιχεία έχουν εσωτερική κοιλότητα, όπου βρίσκεται το νερό ή ο ατμός που θερμαίνεται. Από την εξωτερική τους πλευρά περνούν τα καυσαέρια που θερμαίνουν. Στους χυτοσίδηρους λέβητες στερεών καυσίμων, με την τοποθέτηση των στοιχείων σε σειρά οριζόντια ή συννηθέστερα κάθετα, διαμορφώνονται η σχάρα, το φρεάτιο πληρώσεως για να δεχθεί το καύσιμο, οι διαδρομές των καυσαερίων, το κανάλι συμβολής των καυσαερίων και η τεφρολεκάνη. Το πρώτο στοιχείο φέρει τη θυρίδα πληρώσεως και τη θυρίδα περισυλλογής της στάχτης και το τελευταίο τη σύνδεση με τον καπναγωγό.

Χυτοσίδηροι λέβητες στερεών καυσίμων κωκ ή κάρβουνου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και για καύση πετρελαίου ή αερίου, αφού γίνουν σε αυτούς οι εξής μετατροπές:

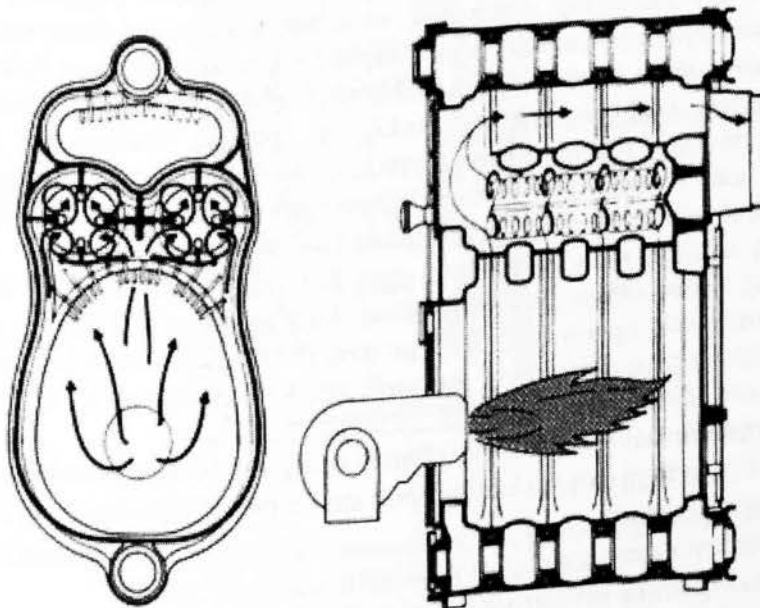
A. αντικατάσταση του μπροστινού στοιχείου που φέρει την θυρίδα της στάχτης και τη διάταξη τινάγματος της σχάρας με άλλο που θα φέρει πλάκα καυστήρα.

B. πρόσθεση επενδύσεως από πυρότουβλα ή από άλλο πυρίμαχο υλικό, για προστασία του λέβητα από τοπική υπερθέρμανση και ψύξη της φλόγας, η οποία δημιουργεί αιθάλη. Η επένδυση θα πρέπει να καλύπτει την πλάκα του καυστήρα, το πίσω και τα πλευρικά τοιχώματα του λέβητα, μέχρι μέση περίπου, και επίσης τη σχάρα.

εναλλακτικής καύσεως κατασκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην απαιτείται αλλαγή του μπροστινού στοιχείου, αλλά απλώς ενός μέρους του εξοπλισμού (σχ. 5.β.)



Σχήμα 5.β. Χυτοσιδερένιος λέβητας σε τομή
 Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις



Σχήμα 5.γ. Χυτοσιδερένιος λέβητας εναλλακτικής καύσεως
 Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

Συνοπτικά οι χυτοσίδηροι λέβητες κατασκευάζονται σε φέτες που συνδέονται μεταξύ τους. Κυκλοφορούν σε σειρές π.χ. από 20000 έως 60000 kcal/h, ή από 100000 έως 250000kcal/h με την κάθε σειρά να έχει διαφορετική σχεδίαση φέτας.

Πλεονεκτήματα:

- Αντοχή στις διαβρώσεις.
- υψηλός βαθμός απόδοσης
- Μικρή περιεκτικότητα νερού, άρα μικρή θερμική αδράνεια.
- Επειδή κατασκευάζονται σε φέτες:

- α) Μπορούν να μεταφερθούν φέτα – φέτα στο λεβητοστάσιο και να συναρμολογηθούν εκ
- β) Σε περίπτωση τρυπήματος ή σπασίματος μιας φέτας μπορεί να αντικατασταθεί
- γ) Αν ο λέβητας δεν είναι ο τελευταίος της σειράς μπορεί να επεκταθεί με προσθήκη φέτα

Μειονεκτήματα:

- Μεγάλο κόστος αγοράς.
- Μεγάλο βάρος.
- Δύσκολη επισκευή.
- Μικρή αντοχή στα θερμικά σοκ.
- Δύσκολος καθαρισμός σε ορισμένους τύπους.

5.5.2. Χαλύβδινοι Λέβητες

Αρχικά, οι χαλύβδινοι λέβητες ήταν λέβητες εγκάρσιου βρασμού ή δακτυλιάρθρωτοί και το χρησιμοποιούσαν κυρίως σε βιοτεχνίες για τις ανάγκες της παραγωγής και όπου χρειαζόταν ατμό. Πλέον, αυτού του τύπου λέβητες κατασκευάζονται σήμερα σε περιορισμένη έκταση και χρησιμοποιούνται για εναλλακτική καύση.

Για μικρές και μέτριες θερμαντικές ισχύεις οι χαλύβδινοι λέβητες μοιάζουν με σιδερένιες θερμάστρες. Στο πάνω μέρος του φλογοθάλαμου υπάρχουν σωλήνες, μέσα από τους οποίους περνάει νερό, ή κανάλια σε διάταξη κάθετη, οριζόντια ή με κλίση.

Η συνεχής εξέλιξη των χαλύβδινων λεβήτων, οι οποίοι κατασκευάζονται πάντα ως ένα τεμάχιο με καθορισμένες διαστάσεις και ισχύ, οδήγησε στην κατασκευή λεβήτων φλογοσωλήνων, οι οποίοι εξελίχθηκαν ακόμη σε λέβητες φλογοσωλήνων και αεριαυλών. (σχήματα 7,2δ και 7,2ε).

Για αύξηση της θερμαντικής επιφάνειας, οι λέβητες φλογοσωλήνων και αεριαυλών εκτός από τον φλογοσωλήνα, περιέχουν επίσης δύο ή τρεις ομάδες αεριαυλών, που βρίσκονται πίσω ή πάνω από τον φλογοθάλαμο. Τα καυσαέρια οδεύουν με μεγάλη ταχύτητα μέσα στους αεριαυλούς σε απλή, διπλή ή τριπλή διαδρομή (λέβητες απλής, διπλής ή τριπλής διαδρομής). Ο χώρος μεταστροφής αποτελεί τη σύνδεση ανάμεσα στο φλογοσωλήνα και τους αεριαυλούς και μπορεί να βρίσκεται μέσα ή έξω από το λέβητα. Για τους λέβητες αυτούς δεν απαιτείται πυρίμαχη επένδυση, αλλά απλώς μια καλή μόνωση από ορυκτοβάμβακα και επένδυση λαμαρίνας.

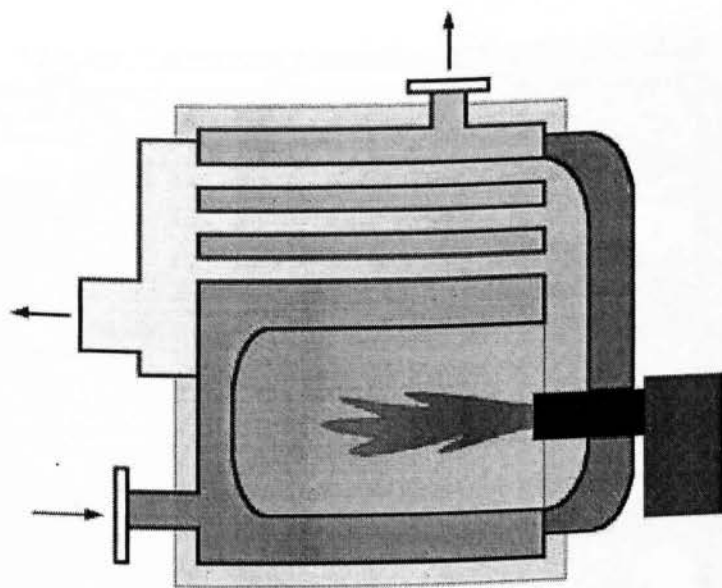
Η σύγχρονη εξέλιξη στην κατασκευή των λεβήτων έχει οδηγήσει στους λέβητες με καύση υπερπίεσεως. Στους λέβητες αυτούς έχουμε διασκορπισμό του καυσίμου από τον καυστήρα πίεση με ταυτόχρονη προσαγωγή αέρα με ανεμιστήρα. Σαν αποτέλεσμα έχουμε τη βελτίωση του βαθμού αποδόσεως, τη μείωση της διατομής της καπνοδόχου αλλά και τη σημαντική μείωση των διαστάσεων του λέβητα.

Τα **πλεονεκτήματα** των χαλύβδινων λεβήτων σε σχέση με τους χυτοσιδερένιους είναι:

- Μεγάλη αντοχή στην έλλειψη νερού και σε βίαιες καταπονήσεις
- Μικρότερο βάρος
- Δυνατότητα επισκευής με συγκόλληση
- Καταλληλότητα για υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις
- Μεγαλύτερη ειδική φόρτιση της θερμαντικής επιφάνειας
- Περισσότερες δυνατότητες διαμορφώσεως στην κατασκευή
- Μεγαλύτερες θερμαντικές ισχύεις

Τα **μειονεκτήματά** τους είναι:

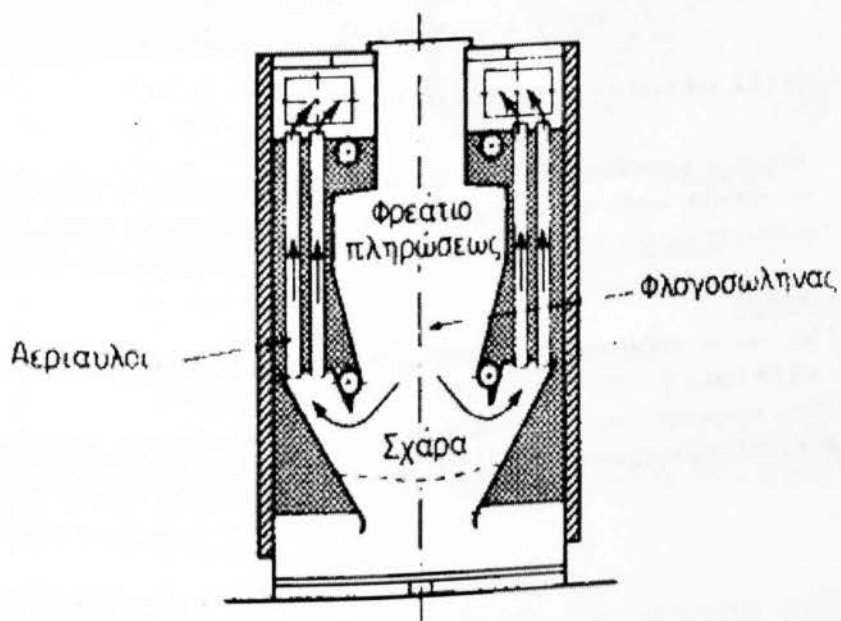
- Μεγαλύτερος κίνδυνος διαβρώσεως
- Χαμηλός βαθμός απόδοσης
- Πρόβλημα ηλεκτρόλυσης σε συνδυασμό με χαλκοσωλήνα
- Καμία δυνατότητα επεκτάσεως του λέβητα με προσθήκη στοιχείων. Οι ισχύεις χαλύβδινων λεβήτων κυμαίνονται από 50000BTU/h (14,7 kW) και πάνω.



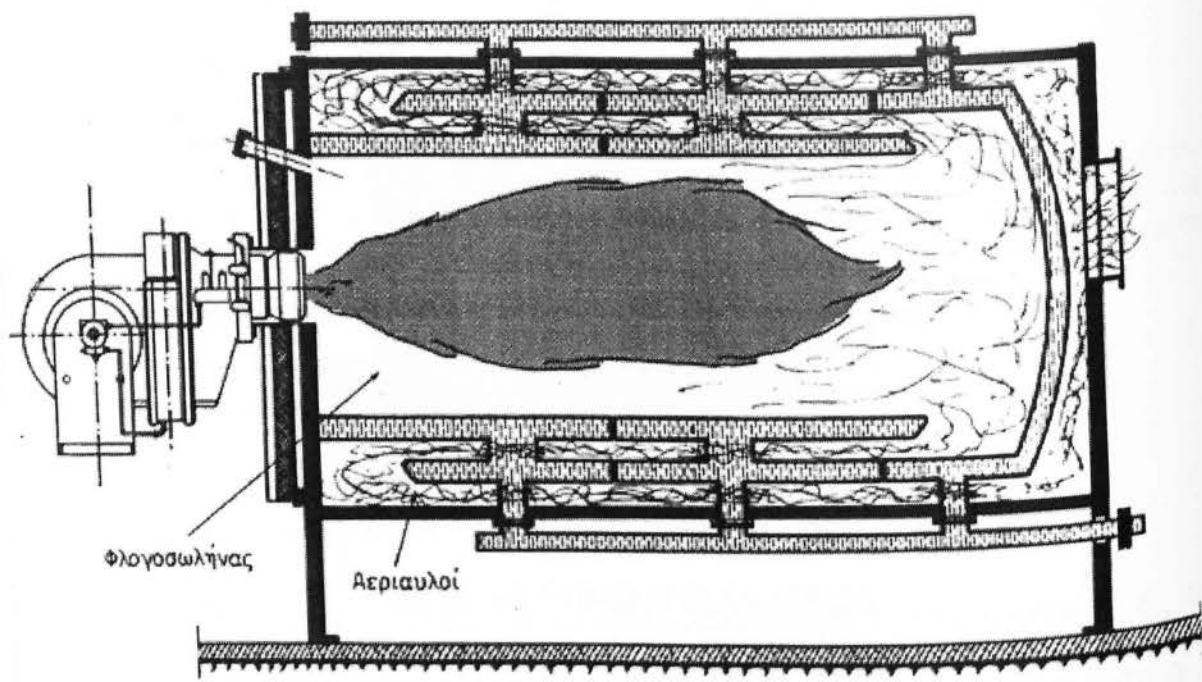
ΔΟΜΗ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Σχήμα 5.δ.

Πηγή: www.diana-skordas.gr



Σχήμα 5.ε. Χαλύβδινος λέβητας με αεριαυλούς ως μεταθερμαντική επιφάνεια
 Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θεράνσεις



Σχήμα 5.ζ. Χαλύβδινος αεριαυλωτός λέβητας πετρελαίου τριπλής διαδρομής καυσαερίων
 Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

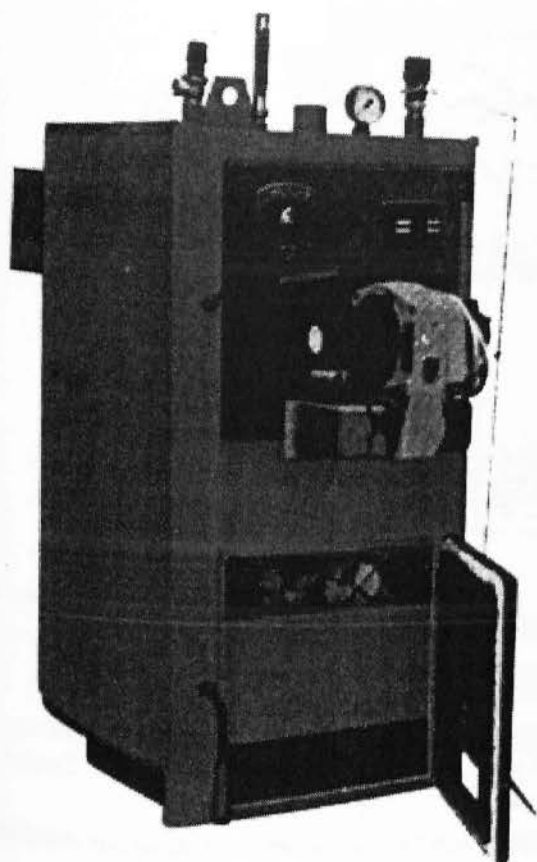
5.5.3. Λέβητες στερεών καυσίμων

Οι λέβητες στερεών καυσίμων μπορεί να είναι χυτοσιδερένιοι ή χαλύβδινοι. Είναι δυνατό να διαθέτουν είτε **σχάρα** πάνω στην οποία γίνεται η καύση του στερεού καυσίμου είτε **διάταξη μηχανικής καύσεως**, με την οποία γίνεται μεταφορά του καυσίμου στο λέβητα.

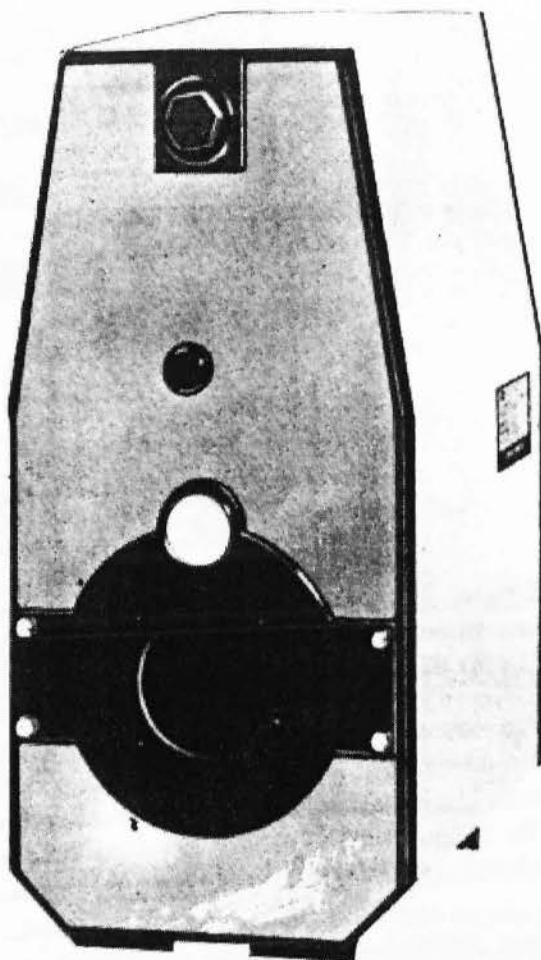
- Καύση σε σχάρα

Οι λέβητες με σχάρα, ανάλογα με την καύση διακρίνονται σε λέβητες **διαβατής καύσεως** και σε λέβητες **με κάτω καύση**.

Στους πρώτους οι φλόγες και τα καυσαέρια περνούν από όλη την επίστρωση του καυσίμου. Η τροφοδοσία γίνεται από μπροστά και η ισχύς του λέβητα είναι μεταβλητή (σχ. 7.2στ).



Σύγχρονος χαλύβδινος λέβητας
εναλλακτικής καύσεως.



Σύγχρονος χυτοσιδερένιος λέβητας
εναλλακτικής καύσεως.

Σχήμα 5.η.

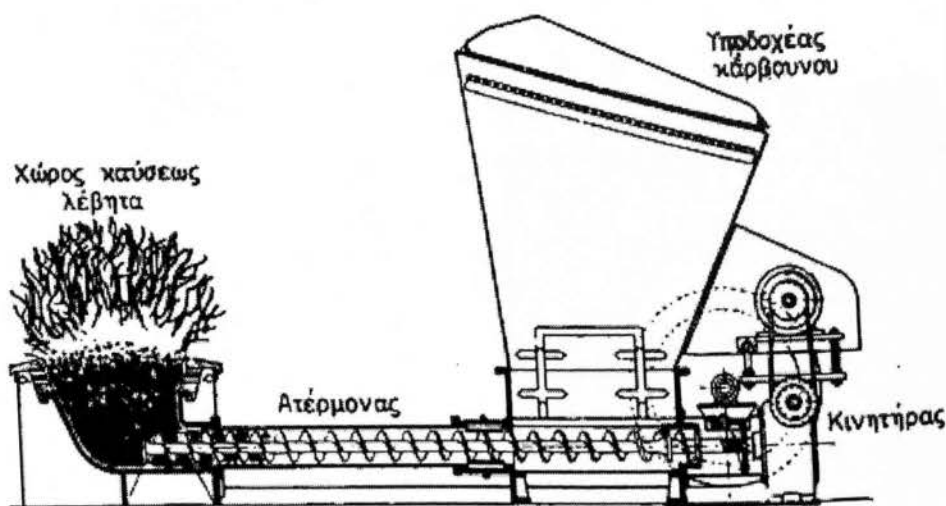
Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

Στους λέβητες με **κάτω καύση** τα καυσαέρια περνούν μέσα από πλευρικά κανάλια και οδηγούνται στο κάτω μέρος του χώρου πληρώσεως, όπου δεν συντελείται καύση. Οι λέβητες έχουν σταθερή ισχύ με ψηλό βαθμό αποδόσεως.

- Διάταξη μηχανικής καύσεως

Η αρχή λειτουργίας της καύσεως αυτής είναι η κάτωθι. Ένας κινητήρας κινεί τον ατέρμονα μεταφοράς που μεταφέρει το στερεό καύσιμο από ένα υποδοχέα στο λέβητα. Ο απαιτούμενος αέρας για την καύση, μεταφέρεται μέσα από πλευρικά ανοίγματα ταυτόχρονα, στο χώρο καύσεως από ανεμιστήρα που παίρνει κίνηση από τον ίδιο κινητήρα που κινεί τον ατέρμονα (σχ. 7.2η). Το στερεό καύσιμο είναι δυνατό να μεταφέρεται απευθείας στο λέβητα χωρίς την παρεμβολή υποδοχέα. Η απομάκρυνση της στάχτης είναι χειροκίνητη. Ένας θερμοστάτης μπορεί να δίνει εντολή για να τεθεί εντός ή εκτός ο κινητήρας του ατέρμονα και του ανεμιστήρα.

Τα πλεονεκτήματα διατάξεων μηχανικής καύσεως είναι η ελάχιστη εργασία χειρισμού, η χρησιμοποίηση λεπτοθρυμματισμένου καυσίμου και ο υψηλός βαθμός αποδόσεως. Έχουν βέβαια υψηλότερο κόστος εγκαταστάσεως.



Σχήμα 5.θ. Διάταξη μηχανικής καύσεως με μεταφορά ατέρμονα και δοχείο στερεών καυσίμων

Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

Από πλευρά καυσίμου, χρησιμοποιείται κωκ, με το οποίο είναι δυνατή η μακροχρόνια συνεχής καύση και η απλή συντήρηση, δεδομένου ότι έχουμε καύση πτωχή σε καυσαέρια. Σπουδαίο ρόλο στην καύση παίζει το σωστό μέγεθος του κόκκου του καυσίμου.

Τα τελευταία χρόνια αντί αυτού χρησιμοποιείται ευρέως ως καύσιμο η βιομάζα που μπορεί να αποτελείται παραδειγματικά από πυρηνόξυλο, πελλέτες, πριονίδι και κομμάτια ξύλου.

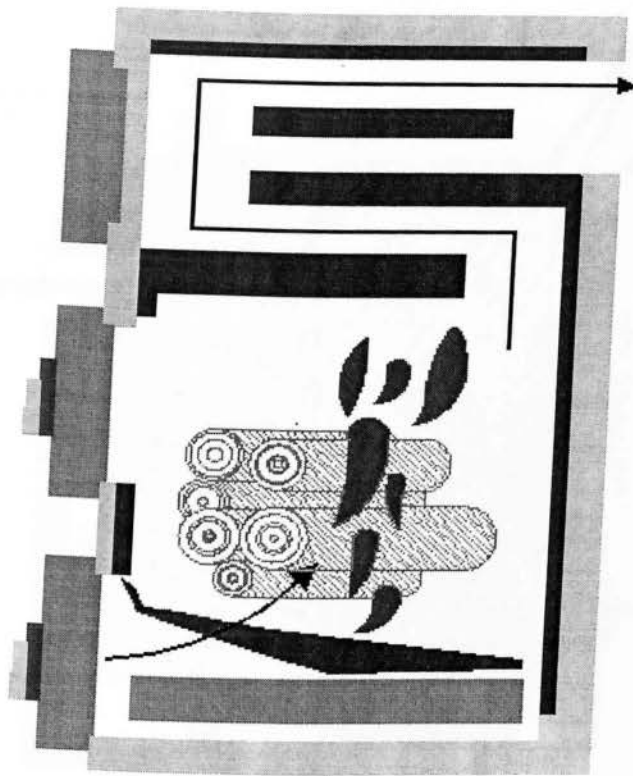
• Λέβητες ξύλων

Οι λέβητες που καίνε ξύλινους κορμούς διακρίνονται σε 3 κατηγορίες. Αυτοί είναι οι:

1. Λέβητες με διαβάθμιση αέρα
2. Λέβητες με πρωτεύοντα αέρα
3. Λέβητες καθοδικού ρεύματος

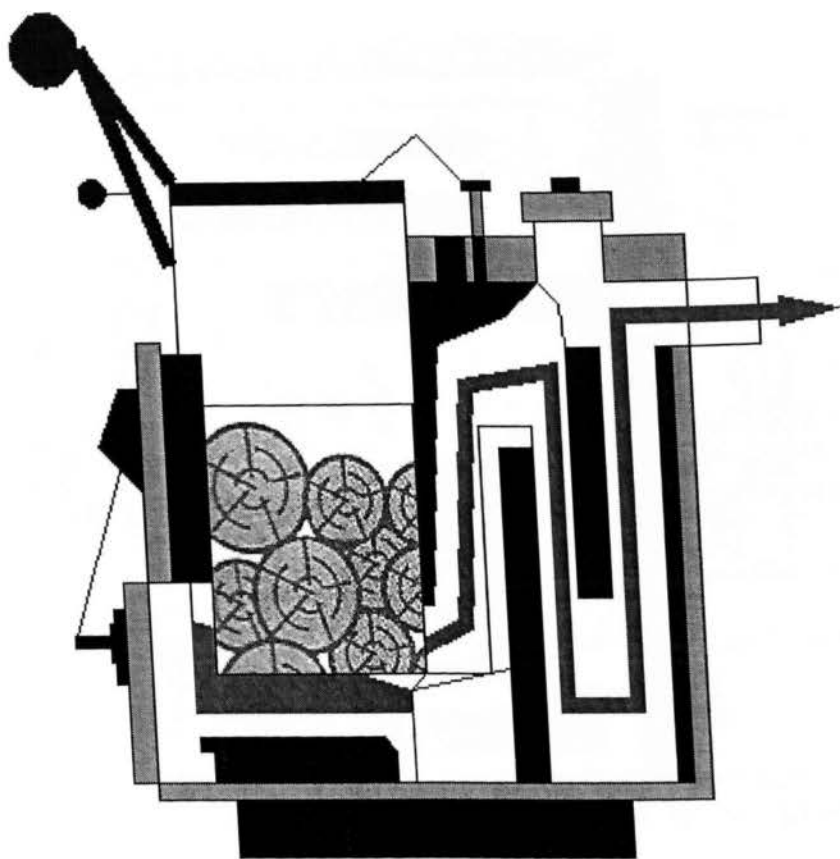
Παρακάτω θα αναφερθούμε στην κάθε κατηγορία αναλυτικότερα.

1. Οι λέβητες με διαβάθμιση αέρα είναι οι πλέον απλοί και οικονομικοί λέβητες οικιακής χρήσης, για καύση ξύλινων κορμών. Η καύση διεξάγεται ταυτόχρονα για όλη την ποσότητα του καυσίμου. Ο λέβητας είναι συνήθως εξοπλισμένος με μία είσοδο πρωτεύοντα αέρα κάτω από την εσχάρα και μία είσοδο δευτερεύοντα αέρα πάνω από το καύσιμο και μέσα στη ζώνη καύσης των αερίων. Το ξύλο τροφοδοτείται διαμέσου της άνω θύρας και η τέφρα απομακρύνεται διαμέσου της κάτω θύρας. Οι λέβητες αυτοί χρησιμοποιούν φυσική ροή αέρα. Οι εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων από λέβητες με διαβάθμιση αέρα μπορούν να φθάσουν σε υψηλά επίπεδα αν λειτουργήσουν με χαμηλά φορτία. Κάποιες φορές, οι λέβητες συνδέονται με μία δεξαμενή νερού 1-5m³. Ένας εναλλάκτης θερμότητας στη δεξαμενή αποθήκευσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμού ύδατος, το οποίο παρέχεται στο οικιακό δίκτυο. Συχνά, τοποθετούνται ηλεκτρικοί θερμαντήρες μέσα στις δεξαμενές αποθήκευσης. Με αυτό τον τρόπο, η καύση του ξύλου μπορεί να εναλλάσσεται με ηλεκτρική θέρμανση, παρέχοντας ευελιξία στη χρήση. Το Σχήμα 5.ι. δείχνει την αρχή λειτουργίας ενός τυπικού λέβητα με διαβάθμιση αέρα.



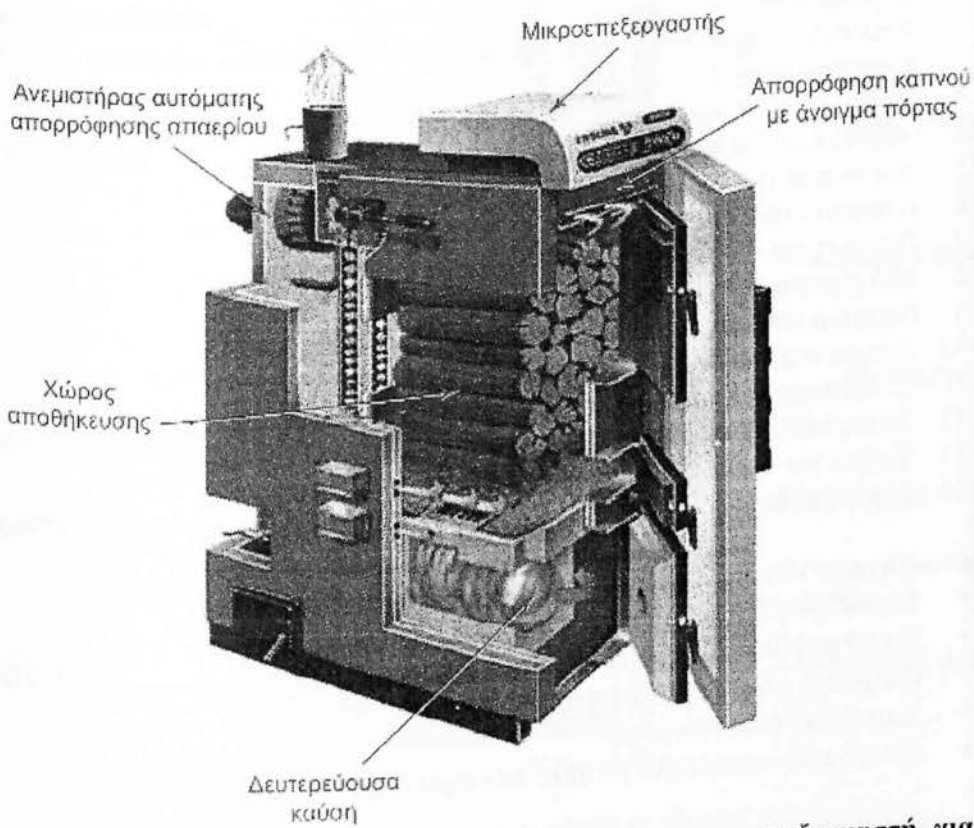
Σχήμα 5.ι. Αρχή λειτουργίας τυπικού λέβητα με διαβάθμιση αέρα

2. Στους λέβητες με πρωτεύοντα αέρα η αεριοποίηση και η μερική καύση γίνονται σε μία μικρή μόνο ποσότητα του καυσίμου, στον πυθμένα του συστήματος αποθήκευσης καυσίμου. Η τελική καύση συντελείται σε έναν ξεχωριστό θάλαμο. Η τέφρα πέφτει μέσω μίας εσχάρας σε ένα δοχείο τέφρας. Κανονικά, χρησιμοποιείται φυσική ροή αέρα, όμως μερικοί τύποι λέβητων είναι εφοδιασμένοι με ένα φουσητήρα ή ένα ανεμιστήρα απαγωγής καυσαερίων. Το κόστος της επένδυσης υπερβαίνει κατά 50% αυτό, το οποίο απαιτείται για τους λέβητες με διαβάθμιση αέρα. Η καύση είναι σταθερότερη απ' ότι στους λέβητες με διαβάθμιση αέρα, πράγμα το οποίο κανονικά οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές. Το Σχήμα 5.κ. δείχνει μία τυπική κατασκευή ενός λέβητα με πρωτεύοντα αέρα.



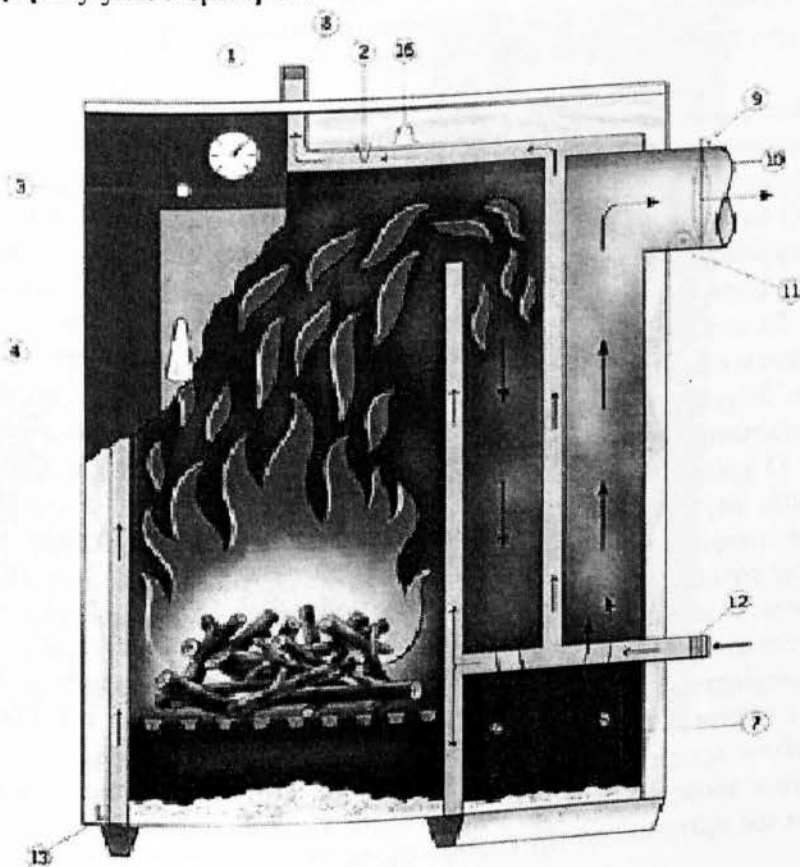
Σχήμα 5.κ. Λέβητας με πρωτεύοντα αέρα για καύση κορμών ξύλου

3. Οι νέοι τεχνολογικά από άποψη κατασκευής λέβητες για καύση ξύλινων κορμών είναι οι λέβητες καθοδικού ρεύματος. Το Σχήμα 5.λ. δείχνει τη βασική αρχή τους. Τα απαέρια οδηγούνται προς τα κάτω, διαμέσου οπών σε μία κεραμική εσχάρα. Στην εσχάρα, ή σε ένα θάλαμο δευτερεύουσας καύσης, τροφοδοτείται δευτερεύον αέρας καύσης, όπου τα απαέρια ρέουν μέσα σε κεραμικές σήραγγες. Η τελική καύση λαμβάνει χώρα σε υψηλές θερμοκρασίες. Καθότι η αντίσταση στη ροή του απαερίου είναι αρκετά υψηλή, απαιτείται ένας ανεμιστήρας για τον αέρα της καύσης ή τα απαέρια. Ο ανεμιστήρας αυτός επιτρέπει ακρίβεια στην εισαγωγή και διανομή του πρωτεύοντα και του δευτερεύοντα αέρα στο θάλαμο καύσης.
- Τα πολύ αυστηρά όρια εκπομπών, τα οποία έχουν επιβληθεί σε πολλές χώρες, οδηγούν στη χρήση των λεβήτων καθοδικής ροής. Άλλες πρόσφατες εξελίξεις είναι οι σύγχρονες συσκευές ελέγχου της καύσης, όπως οι ανιχνευτές ελέγχου «λάμδα», για την μέτρηση της περιεκτικότητας των απαερίων σε οξυγόνο και την ακριβή μέτρηση του αέρα της καύσης, καθώς και η σταδιακή καύση. Μέχρι και η εφαρμογή συστημάτων ελέγχου βασισμένα σε αρχές ασαφούς λογικής οδήγησε σε πολύ χαμηλές εκπομπές. Φυσικά, οι λέβητες καθοδικής ροής είναι ακριβότεροι από τους απλούς λέβητες με διαβάθμιση αέρα και τους λέβητες με πρωτεύοντα αέρα.
- Στην Ευρώπη είναι συνηθισμένη η ύπαρξη λεβήτων, οι οποίοι παράγουν θερμότητα μέχρι τα επίπεδα των 100kW, με την καύση μικρών ξύλινων κορμών. Σε οικολογικά συστήματα εξαιρετικής αποδοτικότητας χρησιμοποιούνται φλοιοί από κορμούς ελιάς. Σε μερικές περιπτώσεις έχει επιτευχθεί μείωση εκπομπών με την εισαγωγή ενός ανεμιστήρα περιδίνησης στον κλίβανο, ο οποίος προκαλεί τυρβώδη ροή περιδίνησης στη ζώνη καύσης.
- Η ανακυκλοφορία και η έντονη ανάμιξη των αερίων της καύσης προξενούν ομοιογενή κατανομή της θερμοκρασίας στον κλίβανο και μειώνουν αισθητά την περίσσεια αέρα, που απαιτείται κατά την διεργασία. Οι εκπομπές NO_x μειώνονται με τη φυσική διαίρεση του κλιβάνου σε ζώνες οξειδωσης και αναγωγής με διαφορετικές συνθήκες καύσης.



Σχήμα 5.λ. Λέβητας καθοδικού ρεύματος ελεγχόμενος με μικρο-επεξεργαστή για καύση κορμών ξύλου στο Frohling της Αυστρίας

Ενδεικτικός λέβητας ξύλου εμπορίου



Σχήμα 5.μ.

Επιμέρους Στοιχεία

1. Θερμόμετρο
2. Υποδοχή τοποθέτησης των αισθητηρίων του πίνακα οργάνων για τον έλεγχο του πυρηνοκαυστήρα.
3. Υποδοχή ¼" για τον θερμοστάτη του ντάμπερ αέρος
4. Χερούλι επάνω πόρτας
5. Χερούλι κάτω πόρτας
6. Πορτάκι ντάμπερ για τον έλεγχο του αέρα καύσεως
7. Πορτάκι για τον καθαρισμό της στάχτης
8. Αναχώρηση ζεστού νερού προς τα σώματα
9. Ντάμπερ ρύθμισης ελκυσμού καπνοδόχου
10. Στόμιο καμινάδας
11. Καπάκι για τον καθαρισμό της καμινάδας
12. Επιστροφή νερού από τα σώματα
13. Στόμιο για το άδειασμα του λέβητα ½"
14. Σημείο ανάρτησης του λέβητα κάτω από το επάνω κάλυμμα της μόνωσης

Πλεονεκτήματα των λεβήτων στερεών καυσίμων (ξύλου) :

- Τοπικό/φθινό καύσιμο
- Η καθημερινή χειρωνακτική φόρτωση
- Ελάχιστο, γρήγορο καθαίρισμα
- Χαμηλό κόστος ενέργειας
- Συνεργασία παράλληλα με άλλο σύστημα λέβητα

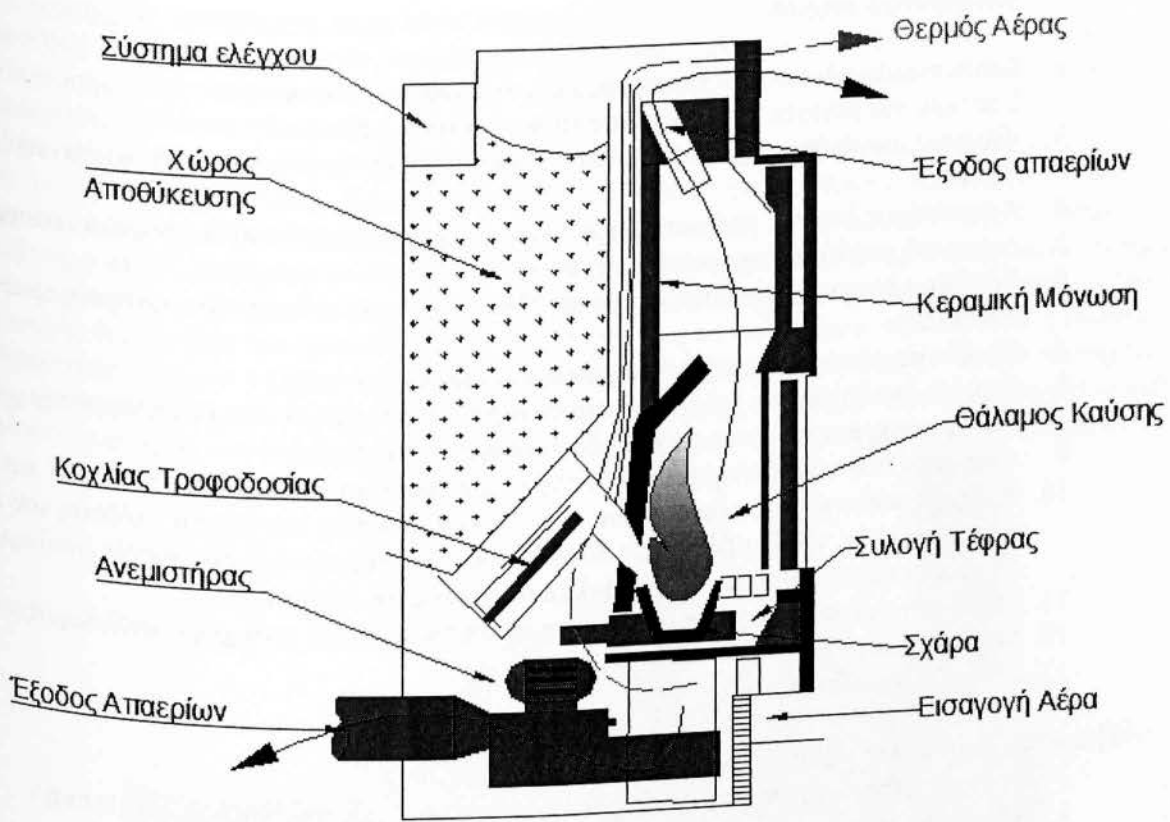
Μειονεκτήματά τους είναι:

- Η διάβρωση που εμφανίζουν
- Ο χαμηλός βαθμός απόδοσης με λειτουργία καυστήρα
- Συνεχή ενασχόληση με την παροχή στερεού καυσίμου
- Η υγρασία που ενυπάρχουν στο καύσιμο ρίχνει την απόδοση
- Ανοιχτό σύστημα με μειωμένη απόδοση

• Εστίες για συσσωματώματα ξύλου (pellets)

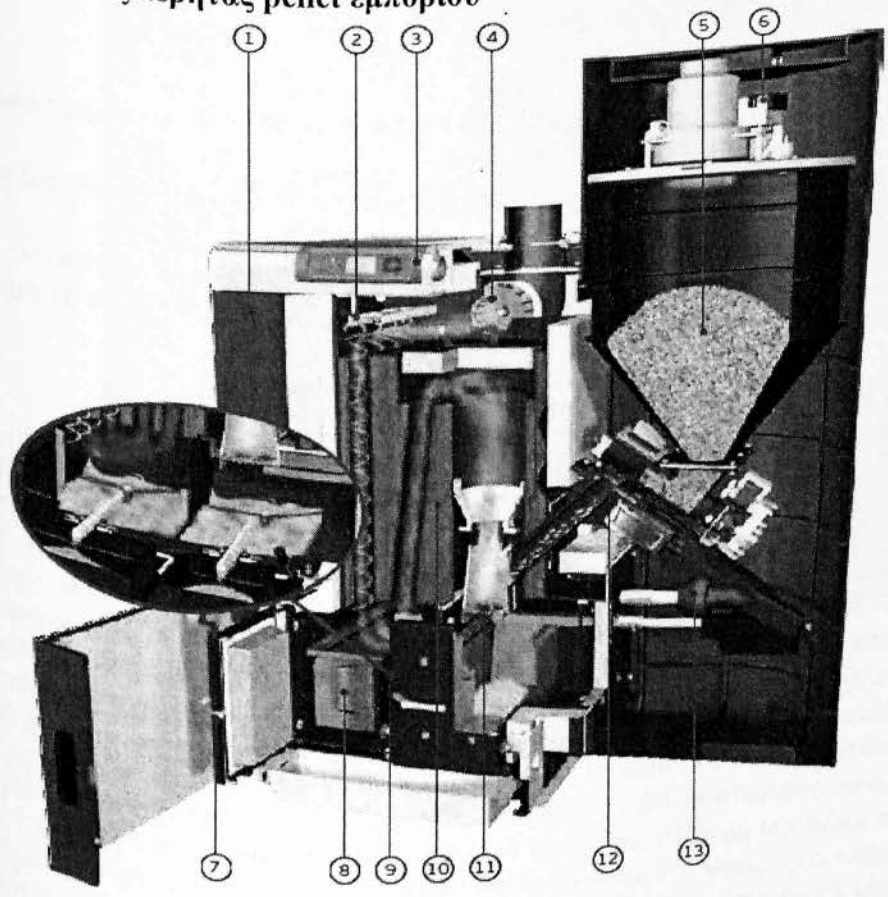
Οι εστίες για συσσωματώματα ξύλου έχουν ένα ανεμιστήρα, ο οποίος ελέγχει τη διεργασία της καύσης, αυξομειώνοντας την παροχή του αέρα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, χαμηλά επίπεδα εκπομπών CO και C_xH_y. Όμως, οι εκπομπές σωματιδιακής ύλης μπορεί να είναι αρκετά υψηλές. Οι εστίες περιλαμβάνουν συνήθως ένα μικρό σύστημα αποθήκευσης του καυσίμου, έναν τροφοδότη καυσίμου, ένα φυσητήρα για αέρα καύσης, ένα περίβλημα καυστήρα και ένα σύστημα μετρήσεων και ελέγχου. Σε αντίθεση με τις συμβατικές εστίες καύσης ξύλου, οι εστίες για καύση πελλετών ξύλου εξαρτώνται από την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, για να λειτουργήσουν.

Το Σχήμα 5.ν. δείχνει την αρχή της λειτουργίας μίας εστίας για καύση συσσωματωμάτων ξύλου, με μέγιστη ονομαστική παραγωγή θερμότητας 10kW. Το σιλό του καυσίμου γεμίζεται από την κορυφή του. Ο χρόνος, ο οποίος απαιτείται για την καύση, με τη χοάνη τροφοδοσίας σε πλήρη φόρτωση βάσει της ονομαστικής δυναμικότητας της μονάδας, είναι της τάξης των 6 ωρών. Η ταχύτητα του τροφοδότη του καυσίμου εξαρτάται από τη ζήτηση για παροχή θερμότητας. Ο καυστήρας της εστίας αποτελείται από ένα δοχείο σχήματος κελύφους, όπου τα συσσωματώματα ξύλου καίγονται. Ο αέρας της καύσης έλκεται μέσω σχισμών στο εσωτερικό τοίχωμα του κελύφους μέσω ενός ανεμιστήρα, ο οποίος λειτουργεί επίσης σαν σύστημα απαγωγής των κελύφους. Η ποσότητα παρεχόμενου αέρα καύσης ρυθμίζεται ανάλογα με τη ζήτηση για θερμότητα. Η των απαερίων γίνεται πάνω από τον καυστήρα. Τα απαέρια φεύγουν από την κορυφή του θαλάμου καύσης και ρέουν προς την καμινάδα, η οποία είναι κατασκευασμένη στο κάτω μέρος της εστίας. Καθαρός ψυχρός αέρας από το περιβάλλον εισέρχεται κάτω από τη εστία, πέρα από την κατασκευή του καυστήρα και εξάγεται από την κορυφή της εστίας.



Σχήμα 5.ν. Αρχή λειτουργίας εστίας για καύση συσσωματωμάτων ξύλου

Ενδεικτικός λέβητας pellet εμπορίου



Σχήμα 5.ξ.

Επιμέρους Στοιχεία

1. Πολυεπίπεδη μόνωση για περιορισμό των θερμικών απωλειών
2. Σύστημα για μέγιστη απόδοση και αυτόματο καθαρισμό
3. Πίνακας οργάνων τεχνολογίας τύπου "bus" και δυνατότητας ελέγχου του συντελεστή "λάμδα"
4. Ανεμιστήρας inverter ρύθμισης της καύσης για μέγιστη απόδοση και ασφαλή λειτουργία
5. Δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου (pellet)
6. Βαλβίδα ελέγχου πλήρωσης δεξαμενής (διαθέσιμος στο σύστημα με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου)
7. Θυρίδα με μόνωση (περιοχή θαλάμου υπολειμμάτων καύσης)
8. Συρτάρι υποδοχής της στάχτης με μεγάλη χωρητικότητα για ελαχιστοποίηση του χρονικού διαστήματος μεταξύ των επαναλαμβανόμενων καθαρισμών.
9. Αυτόματο σύστημα καθαρισμού της στάχτης με κοχλία (για λέβητες από 32 kW και άνω).
10. Θάλαμος καύσης τριών διαδρομών καυσαερίων εγγυάται την υψηλή απόδοση του λέβητα και παράλληλα αναλαμβάνει τον διαχωρισμό της στάχτης στα δύο δοχεία υπολειμμάτων. Σε αυτό συμβάλλει ο αγωγός του θαλάμου καύσης του λέβητα.
11. Συρόμενη σχάρα για την αυτόματη εναπόθεση της στάχτης στον χώρο υπολειμμάτων.
12. Σύστημα ελέγχου ροής καυσίμου.
13. Σύστημα αυτόματης ανάφλεξης.

Πλεονεκτήματα των λεβήτων στερεών καυσίμων (πελλέτες)

- Η εύκολη εγκατάσταση σε συνδυασμό με τη μικρή χωρητικότητα λεβητοστάσιο
- Εξοικονόμηση καυσίμου
- Μεγάλη διάρκεια αντοχής στον χρόνο
- Μικρή περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ξύλα
- Μεγάλη απόδοση λόγω του προηγούμενου
- Χαμηλές εκπομπές καυσαερίων

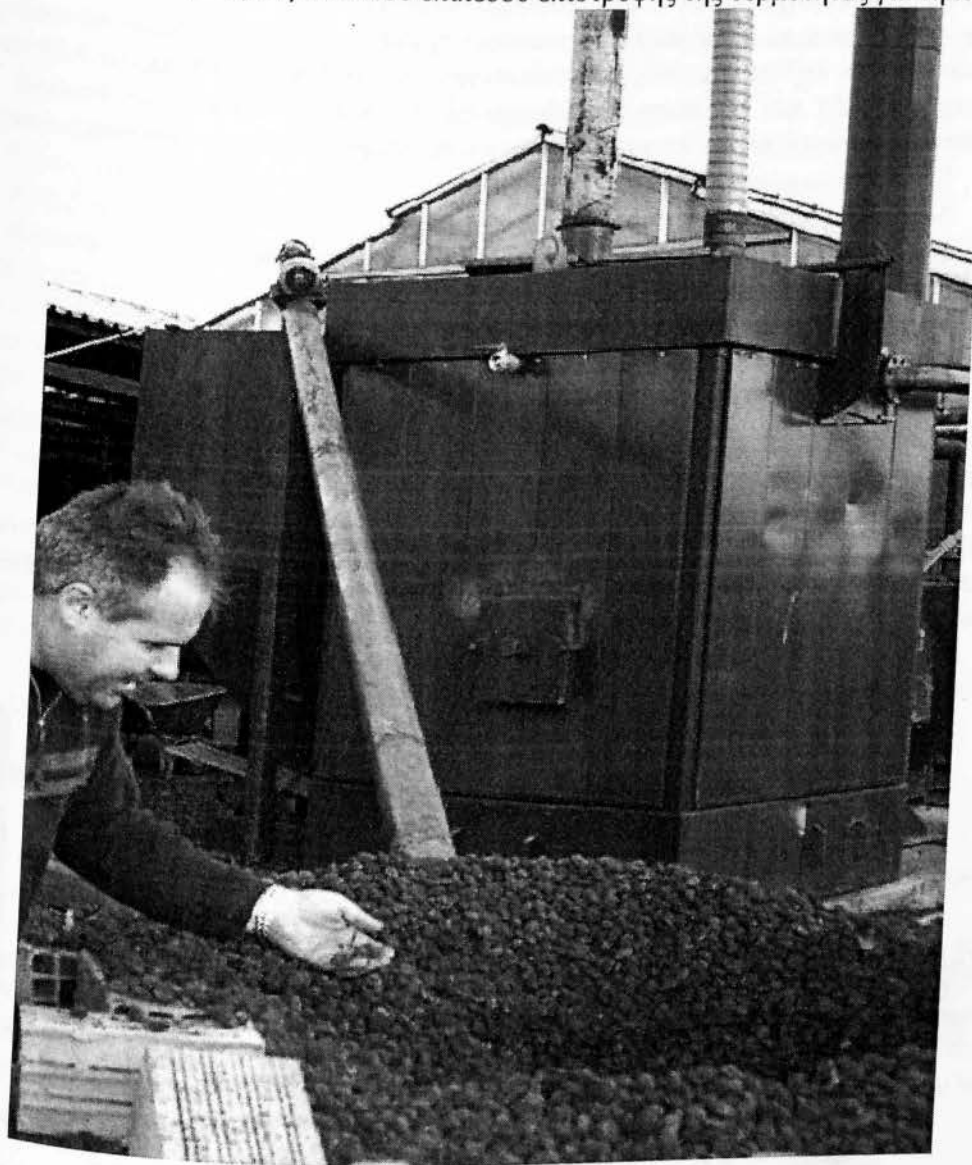
Τα κυριότερα **μειονεκτήματά** τους είναι:

- Αυξημένος όγκος και μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα
- Χρειάζονται κατάλληλοι αποθηκευτικοί χώροι
- Μεγάλη διασπορά και εποχιακή παραγωγή δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη
- Δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση λόγω του προηγούμενου
- Οι σύγχρονες τεχνολογίες μετατροπής απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού σε σχέση με τα συμβατικά

• Συσκευές για καύση θρυμμάτων ξύλου

Οι συσκευές για καύση θρυμμάτων ξύλου χρησιμοποιούνται επίσης για οικιακή θέρμανση. Είναι οι πιο συνηθισμένες στην ύπαιθρο, για θέρμανση σε μεγαλύτερες οικίες και φάρμες. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης θρυμμάτων, αντί για καυσόξυλο, είναι η αυτόματη λειτουργία και οι πολύ χαμηλότερες εκπομπές, λόγω της αρχής συνεχούς καύσης. Οι εκπομπές CO, NO_x και πτητικών υδρογονανθράκων παραμένουν σε ένα στενό εύρος. Το μειονέκτημα της χρήσης θρυμμάτων ξύλου είναι ότι η παραγωγή και αποθήκευσή τους και σε πολλές περιπτώσεις η τεχνητή του ξήρανση, απαιτεί πρόσθετες επενδύσεις σε εξοπλισμό και χώρους αποθήκευσης. Όταν τα θρύμματα προς καύση είναι αρκετά υγρά, χρησιμοποιούνται προ-καυστήρες. Αυτοί είναι καλά μονωμένοι θάλαμοι, μέσα στους οποίους γίνεται καύση ή μερική αεριοποίηση. Τα θρύμματα του ξύλου τροφοδοτούνται στο θάλαμο καύσης με έναν κοχλία και ο αέρας της καύσης τροφοδοτείται με έναν ανεμιστήρα. Μία μικρή μόνο ποσότητα καυσίμου καίγεται κατά περίπτωση. Η καύση ελέγχεται καλά και με αυτό τον τρόπο οι εκπομπές είναι χαμηλές, σε σχέση με την καύση καυσόξυλου διαλείποντος έργου. Οι προ-καυστήρες μπορούν να συνδεθούν σε έναν υφιστάμενο λέβητα, όμως τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται αν ο προ-καυστήρας και ο λέβητας είναι καλά συνδυασμένοι.

Οι λέβητες με πρωτεύοντα αέρα είναι παρόμοιοι με του λέβητες για ξύλινους κορμούς, όμως η αποθήκη του καυσίμου είναι κατασκευασμένη από καλύτερο υλικό για την αποφυγή της διάβρωσης. Στην εποχή μας, οι λέβητες με πρωτεύοντα αέρα δεν απαντώνται συχνά για χρήση με θρύμματα, γιατί αντικαθίστανται με αυτόματες μονάδες. Η βασική αρχή για αυτούς του λέβητες είναι ότι το καύσιμο τροφοδοτείται με ακρίβεια, ανάλογα με τη ζήτηση θερμότητας. Ένας ή περισσότεροι φυσητήρες εισάγουν τον αέρα καύσης. Τα παραπάνω εξασφαλίζουν πολύ αποδοτική και καθαρή καύση. Ένας θερμοστάτης στο νερού του λέβητα, ο οποίος χρησιμοποιεί μία απλή διάταξη ανοικτής ή κλειστής θέσης σε μικρούς καυστήρες, και περισσότερο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου για μεγαλύτερους καυστήρες, ελέγχουν το ρυθμό παροχής θερμότητας του καυστήρα. Αν το απαέριο ψυχθεί σε περίπου 30°C, μεγάλες ποσότητες θερμότητας μπορούν να ανακτηθούν με συμπύκνωση, αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος. Αν χρησιμοποιηθεί μία αντλία θερμότητας, η χαμηλής θερμοκρασίας θερμότητα συμπύκνωσης μπορεί να αναχθεί στη θερμοκρασία του επιπέδου επιστροφής της θερμότητας για τηλεθέρμανση.



Σχήμα 5.ο.

5.5.4. Λέβητες υγρών καυσίμων

- Οι λέβητες υγρών καυσίμων καίνε πετρέλαιο διαφόρων τύπων, όπως:
- α) Τελείως ελαφρύ, οπότε απαιτείται καυστήρας με εξατμιστή.
 - β) Ελαφρύ, οπότε δεν απαιτείται προθέρμανση για την καύση.
 - γ) Μέσο, για την καύση του οποίου απαιτείται προθέρμανση.
 - δ) Βαρύ, για την μεταφορά και την καύση του οποίου απαιτείται προθέρμανση.

Τα πετρέλαια μέσου και βαρέος τύπου χρησιμοποιούνται για ανάγκες θέρμανσης μόνο σε βιομηχανικά κτίρια, ενώ έχει απαγορευθεί εντελώς η χρήση τους για θέρμανση κατοικιών. Οι παλαιότεροι τύποι λεβήτων για καύση πετρελαίου, ήταν εναλλακτικής καύσεως, δηλαδή λέβητες στερεών καυσίμων που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για καύση πετρελαίου με ορισμένες μετατροπές.

Σε σύγκριση με την καύση στερεών καυσίμων η καύση πετρελαίου για τις ανάγκες της κεντρικής θέρμανσης έχει τα **βασικά πλεονεκτήματα**, όπως:

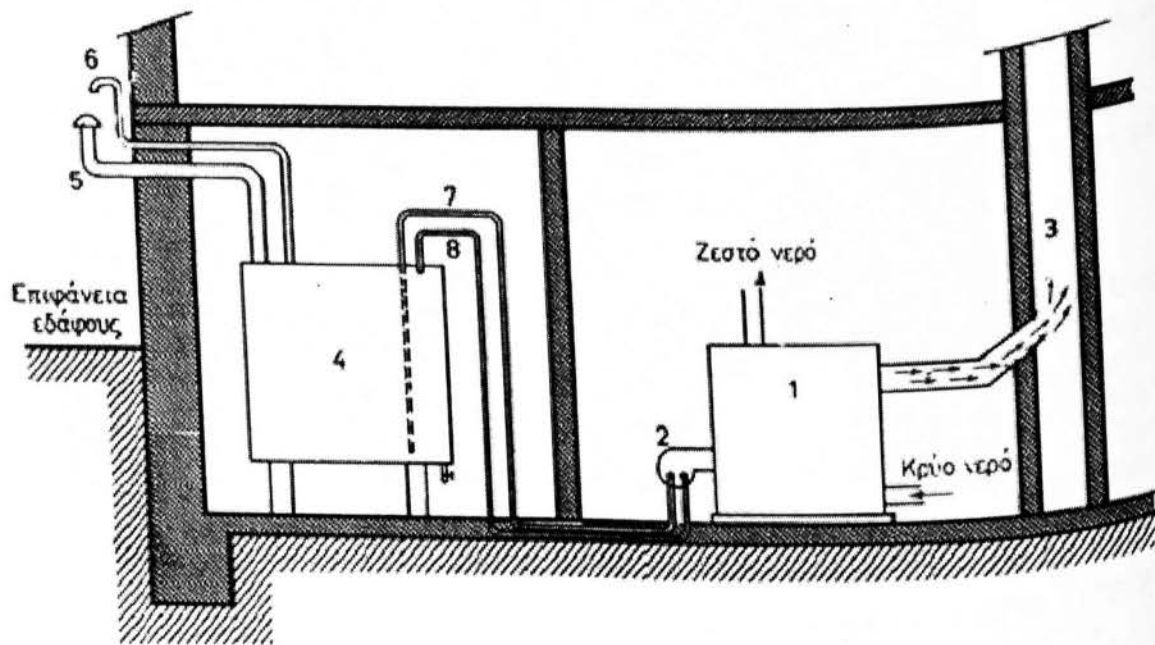
- Δυνατότητα για λεπτομερή ρύθμιση της θέρμανσης ακόμη και με προγραμματισμό - και κατά συνέπεια οικονομική λειτουργία.
- Άμεση ετοιμότητα λειτουργίας οποιαδήποτε εποχή
- Εξοικονόμηση χώρου, γιατί δεν απαιτούνται μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι όπως συμβαίνει στα στερεά καύσιμα.
- Ανυπαρξία μηχανισμών για τη μεταφορά καυσίμου

Τα πλεονεκτήματα αυτά οδήγησαν στην κατασκευή τύπων λεβήτων ειδικών για καύση πετρελαίου. Η κατασκευή των λεβήτων αυτών, χυτοσιδερίνων και χαλύβδινων (σχήματα 7.2β και 7.2θ), είναι σε συνεχή εξέλιξη και η καύση πετρελαίου εξακολουθεί να είναι διαδεδομένη. Έτσι έχουμε σημαντικές βελτιώσεις σε πολλά χαρακτηριστικά των λεβήτων πετρελαίου όπως είναι:

- Μείωση του μεγέθους
- Μείωση του βάρους
- Αύξηση της μέσης φορτίσεως της θερμαντικής επιφάνειας
- Αύξηση του βαθμού αποδόσεως
- Μείωση του χώρου καύσεως
- Έλλειψη της επενδύσεως της εστίας με πυρίμαχο υλικό
- Μείωση του κόστους

Οι λέβητες πετρελαίου που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι οι χαλύβδινοι του τύπου φλογοσωλήνων και αεριαυλών, με χώρο καύσεως διαμορφωμένο σύμφωνα με την αρχή της τριπλής διαδρομής καυσαερίων.

Σε λέβητες μέσης και μεγάλης θερμαντικής ισχύος προτιμάται συνήθως η τοποθέτηση καυστήρων υπερπίεσεως, για την επίτευξη μεγαλύτερων ταχυτήτων καυσαερίων και κατά συνέπεια μικρότερων θερμαντικών επιφανειών.



Σχήμα 5.π.
Τυπική διάταξη παραγωγής θερμότητας (Λεβητοστάσιο).

- 1) Λέβητας 2) Καυστήρας 3) Καπνοδόχος 4) Δεξαμενή καυσίμου 5) Σωλήνας πληρώσεως δεξαμενής 6) Σωλήνας εξαερισμού δεξαμενής 7) Σωλήνας τροφοδοτήσεως καυστήρα 8) Σωλήνας επιστροφής από καυστήρα.

Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

5.5.5. Λέβητες αέριων καυσίμων

Η καύση αερίου σε εγκαταστάσεις κεντρικής θερμάνσεως είναι διαδεδομένη σε περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο πόλεως για την παροχή φυσικού αερίου ή φωταερίου. Μερικά από τα **πλεονεκτήματά** τους είναι:

- Προστασία περιβάλλοντος (καθαρά καυσαέρια)
- Εξοικονόμηση χώρου λόγω ανυπαρξίας αποθήκης καυσίμων (όπως των στερεών και υγρών)
- Συνεχής και άμεση ετοιμότητα λειτουργίας
- Ευκολότερη αυτόματη ρύθμιση της καύσεως στο λέβητα και συνεπώς ευκολότερη ρύθμιση της θερμοκρασίας χώρων
- Εύκολος έλεγχος καταναλώσεως της θερμικής ενέργειας

Τα **μειονεκτήματα** που παρουσιάζουν είναι:

- Στους ατμοσφαιρικούς δεν υπάρχει δυνατότητα αλλαγής καυσίμου
- Ακριβότεροι σε σχέση με τους συμβατικούς
- Απαιτήση για ακριβότερες δεξαμενές (στην περίπτωση του υγραερίου)

Οι λέβητες αέριων καυσίμων μπορεί να είναι χυτοσιδερένιοι, χαλύβδινοι, χάλκινοι ή από ευγενή χάλυβα. Επίσης υπάρχει δυνατότητα καύσεως ενός ή περισσότερων ειδών αέριων καυσίμων, όπως φωταέριο, φυσικό αέριο κλπ.

Οι λέβητες αερίου κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο κατασκευής του καυστήρα τους. Έτσι διακρίνονται σε **λέβητες με ατμοσφαιρικούς καυστήρες ή καυστήρες φυσικού ελκυσμού και τους λέβητες με καυστήρα (φυσητήρα) ανεμιστήρα.**

Οι **λέβητες με καυστήρα ανεμιστήρα** είναι πανομοιότυποι με τους λέβητες πετρελαίου που περιγράφονται ανωτέρω και είναι βασικά λέβητες μεγάλης ισχύος.

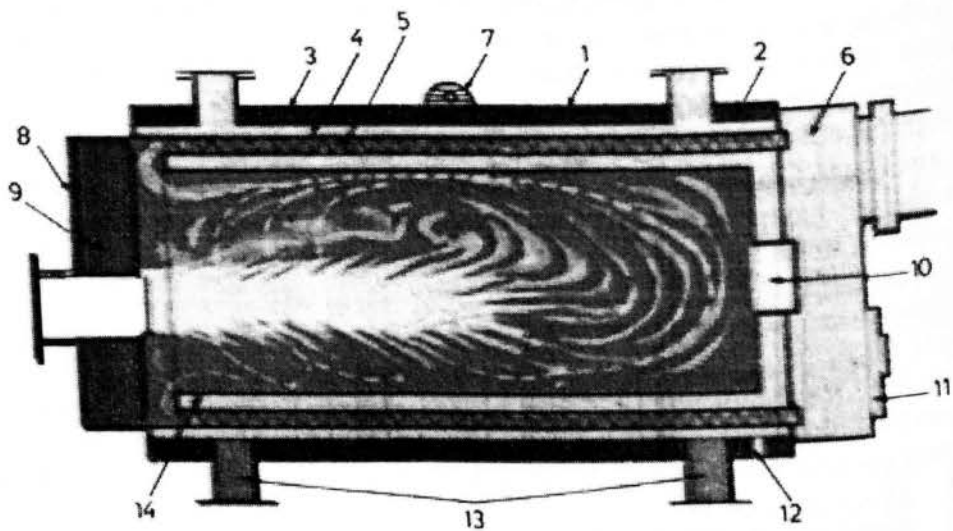
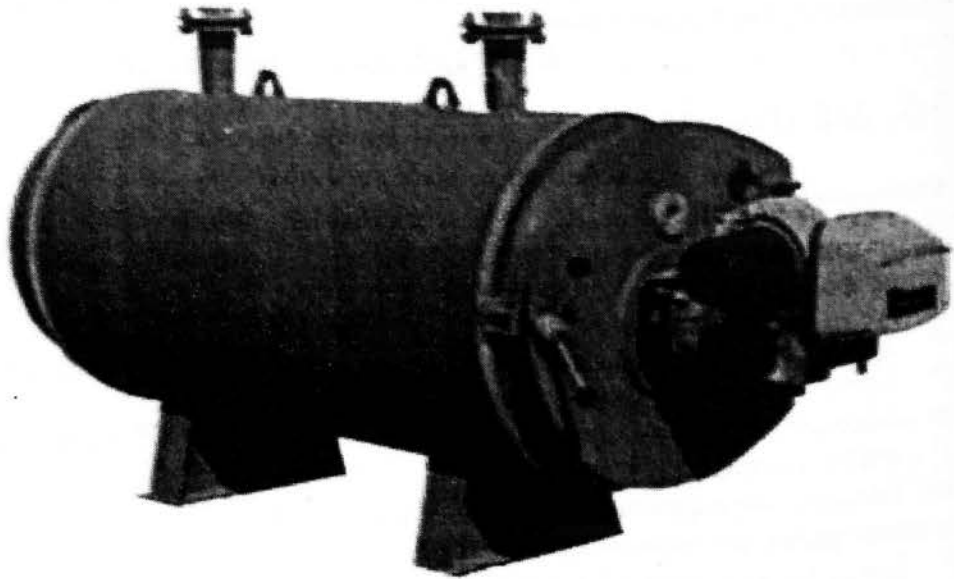
Οι **λέβητες με ατμοσφαιρικούς καυστήρες (καυστήρες φυσικού ελκυσμού)** είναι κυρίως λέβητες μικρής ισχύος (μέχρι 100 kW). Αυτοί προτιμούνται στους λέβητες μικρής θερμαντικής ισχύος, λόγω απλής κατασκευής και της χαμηλής στάθμης θορύβου κατά την λειτουργία.

Για τους λέβητες καύσεως αερίου απαιτούνται ορισμένες αναγκαίες διατάξεις ασφαλείας, για την αποφυγή δηλητηριάσεων λόγω διαρροής άκαυστου αερίου ή εκρήξεων. Αυτές είναι:

- Διακόπτης αερίου
- Ρυθμιστής αναφλέξεως (με διαρκή φλόγα ή σπινθηριστή)
- Ελεγκτής φλόγας
- Αποφρακτική διάταξη ασφαλείας που διακόπτει την προσαγωγή αερίου όταν δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα.

Εξάλλου, για λόγους οικονομικής λειτουργίας, συνίσταται πάντοτε η εγκατάσταση αυτόματης ρυθμίσεως της θερμοκρασίας χώρου, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με ποικίλους τρόπους.

Τέλος λόγω του κινδύνου που υπάρχει στην περίπτωση καύσεως αερίου να υγροποιηθούν οι υδρατμοί μέσα στην καπνοδόχο. Για το λόγο αυτό οι καπνοδόχοι πρέπει να κατασκευάζονται από θερμομονωτικά υλικά, να είναι στεγανές και να έχουν και διάταξη απαγωγής του νερού.



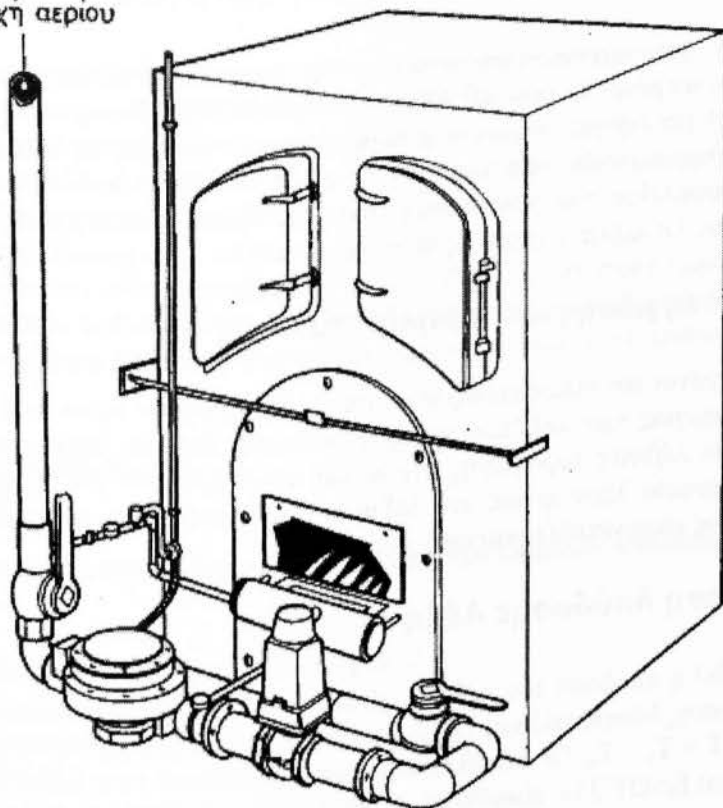
Σχήμα 5.ρ.

Χαλύβδινος λέβητας φλογοσωλήνων και αεριαυλών τριπλής διαδρομής καυσαερίων για καύση πετρελαίου.

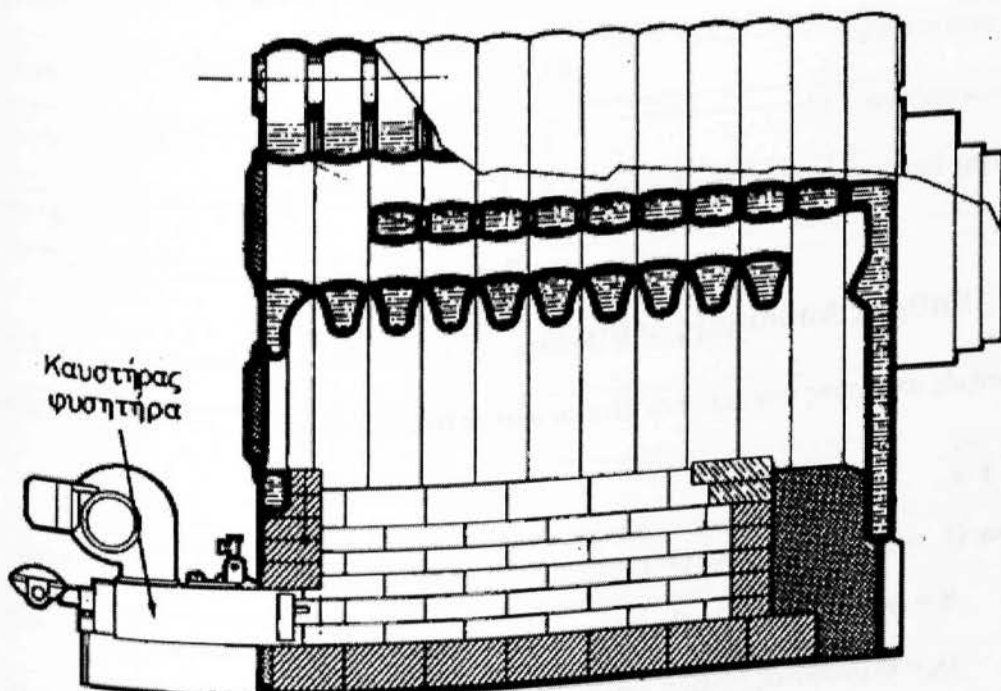
1) Λαμαρίνα εξωτερικής μονώσεως. 2) Υαλοβάμβακας. 3) Περίβλημα λέβητα. 4) Αυλοί τρίτης διαδρομής. 5) Καπνοθάλαμος. 7) Λαπάτσα αναρτήσεως λέβητα. 8) Πόρτα λέβητα. 9) Πυρίμαχη μόνωση αυλού στηρίξεως φλογοσωλήνα. 11) Θύρα καθαρισμού. 12) Στρατσώνα. 13) Βάσεις λέβητα. 14) Περίβλημα λέβητα.

Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

Παροχή αερίου



Σχήμα 5.σ. Λέβητας με ατμοσφαιρικό καυστήρα
Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις



Σχήμα 5.τ. Χυτοσιδερένιος λέβητας με καυστήρα φυσητήρα
Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

5.5.6 Λέβητες χαμηλής πίεσεως

Οι λέβητες χαμηλής πίεσεως κατασκευάζονται, σύμφωνα με τα αμερικάνικα πρότυπα, για μέγιστη πίεση λειτουργίας μέχρι 15 psi (103 kPa) προκειμένου για λέβητες παραγωγής ατμού, και μέχρι 160 psi (1103 kPa) για λέβητες παραγωγής θερμού νερού. Οι λέβητες θερμού νερού περιορίζονται και ως προς τη θερμοκρασία λειτουργίας μέχρι 121°C. Προβλέπονται αυτοματισμοί και διατάξεις (βαλβίδες) ασφαλείας για τον περιορισμό της θερμοκρασίας και πίεσεως λειτουργίας στα παραπάνω όρια. Οι λέβητες χαμηλής πίεσεως μπορεί να είναι χυτοσιδερένιοι ή χαλύβδινοι.

5.5.7 Λέβητες μέσης και υψηλής πίεσεως

Είναι σχεδιασμένοι και κατασκευάζονται για να λειτουργούν πάνω από τα όρια θερμοκρασίας και πίεσεως λειτουργίας των λεβήτων χαμηλής πίεσεως, δηλαδή πάνω από 15 psi (103 kPa) πίεση λειτουργίας για λέβητες παραγωγής ατμού και πάνω από 160 psi (1103kPa) πίεση λειτουργίας ή 121°C θερμοκρασία λειτουργίας για λέβητες παραγωγής θερμού νερού. Οι λέβητες μέσης και υψηλής πίεσεως κατασκευάζονται από χάλυβα.

5.6. Μέτρηση Απόδοσης Λέβητα

Για να μετρηθεί η απόδοση του λέβητα, γίνεται υπολογισμός των ποσοστών % του CO₂, CO, του δείκτη R_z (δείκτης Μπακαρά) και της διαφοράς της τελικής θερμοκρασίας των καυσαερίων από το περιβάλλον $\Delta T = T_e - T_o$. Οι σπουδαιότερες απαιτήσεις από τους λέβητες πετρελαίου, σύμφωνα με το DIN4702 και ΕΛΟΤ 234, είναι:

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Βαθμός απόδοσης | 80-85% |
| Απαιτήσεις ελκυσμού | 1,5 – mmH ₂ O |
| Θερμοκρασία καυσαερίων | 180°C - 350 °C |
| Περίσσεια αέρα | 20 - 50% |
| Περιεκτικότητα CO ₂ | 10,1 – 12,8% |
| Δείκτης Bacharach (δείκτης αιθάλης) | R _z < 2 |

Πίνακας 5.α

5.7. Βαθμός Απόδοσης Λεβήτων

Ο βαθμός απόδοσης των λεβήτων δίνεται από τη σχέση:

$$\eta_\lambda = \frac{Q_\lambda}{B \cdot H_u}$$

Όπου: Q_λ = ισχύς του λέβητα (W)

B = παροχή καυσίμου (kg/s για υγρό καύσιμο και Nm³/s για αέρα)

H_u = θερμογόνος δύναμη καυσίμου (kJ/kg για πετρέλαιο και kJ/Nm³ για αέριο καύσιμο)

5.8. Υπολογισμός - Εκλογή Λέβητα

Για την εκλογή του κατάλληλου λέβητα χρησιμοποιείται σαν βάση το ύψος των ολικών θερμικών απωλειών της εγκατάστασης που έχουν ήδη υπολογιστεί. Σε αυτό το μέγεθος προστίθεται και ένα ποσοστό προσαυξήσεων, προκειμένου να καλύπτεται έτσι το μέγεθος της φθοράς του λέβητα δηλαδή η μειωμένη απόδοση που θα έχει μετά από ένα διάστημα χρήσης, καθώς και τυχόν κατασκευαστικές ελλείψεις της εγκατάστασης. Το μέγεθος αυτό καλείται συντελεστής προσαύξησης λέβητα (Z_λ).

Για αναλυτικότερη και πιο ολοκληρωμένη επιλογή λέβητα, είναι σωστότερο να υπολογιστεί η απαραίτητη επιφάνεια που πρέπει να έχει ο λέβητας (επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας), έτσι ώστε να είναι ικανός να αποδώσει το απαραίτητο ποσό θερμότητας που είναι αναγκαίο για το υπ' όψη κτίριο.

α. Θερμική ικανότητα λέβητα

$$Q_\lambda = (1 + Z_\lambda) * Q_{ολ} \text{ (W)}$$

Όπου Z_λ : ο συντελεστής προσαύξησης για την κάλυψη των επιπλέον απωλειών της εγκατάστασης (Πίνακας X)

β. Επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας του λέβητα (A_λ)

$$A_\lambda = \frac{Q_\lambda}{\kappa} \text{ m}^2$$

Όπου κ : η ειδική φόρτιση του λέβητα σε (Watt/ m² ή kcal/hm²)

Στους πίνακες 5.1, 5.2, 5.3 φαίνεται η κατάταξη των λεβήτων ανάλογα με το μέγεθος, με τον τρόπο καύσης και με το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.

Τιμές του συντελεστή προσαύξησης (Z_λ) για διάφορα μεγέθη από εγκαταστάσεις

| Μέγεθος δικτύου | Z_λ |
|-----------------|-------------|
| 1. Περιορισμένο | 0,10 |
| 2. Συνηθισμένο | 0,15 |
| 3. Εκτεταμένο | 0,20 |

Πίνακας 5.β.

Κατάταξη λεβήτων ανάλογα με το μέγεθός τους (επιφάνεια συναλλαγής)

| ΜΕΓΕΘΟΣ | Επιφάνεια (m ²) | |
|--------------|-----------------------------|-------------|
| | Ευρωπαϊκοί | Ελληνικοί |
| 1. Μικροί | 0,8 - 5,0 | 1,4 - 4,5 |
| 1. Κανονικοί | 4,0 - 18,0 | 5,0 - 11,0 |
| 2. Μεσαίοι | 12,0 - 30,0 | 11,5 - 21,5 |
| 3. Μεγάλοι | 20,0 - 75,0 | 21,0 - 35,0 |

Πίνακας 5.γ.

Κατάταξη λεβήτων ανάλογα με τον τρόπο καύσης

- | |
|----------------------------|
| 1. Με ζώνη καύσης από πάνω |
| 2. Με αναστρεφόμενη φλόγα |

Πίνακας 5.δ.

Κατάταξη λεβήτων ανάλογα με το μέσο μεταφοράς θερμότητας

| | |
|-------------------------|---------------|
| 1. Νερού | |
| 2. Ατμού χαμηλής πίεσης | (0 – 0,5 bar) |
| 3. Ατμού υψηλής πίεσης | (0,5 – 7 bar) |

Πίνακας 5.ε.

Κεφάλαιο 6^ο : Ο ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ

6.1. Βασικός Ορισμός Καυστήρα

Με τον όρο καυστήρα ονομάζεται κάθε συσκευή που μπορεί και πραγματοποιεί συνεχόμενη, ασφαλή και αποτελεσματική καύση του καυσίμου. Πιο συγκεκριμένα, είναι η ηλεκτρομηχανολογική συσκευή:

- που παρέχει στο λέβητα το καύσιμο μίγμα δηλαδή το κατάλληλο μείγμα αέρα –καυσίμου για να συντηρείται η καύση
- προκαλεί την ανάφλεξή του και συμβάλλει στη σωστή καύση του, ώστε να πετυχαίνω τη μέγιστη δυνατή απόδοση του λέβητα και την καλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου.

6.2. Εξαρτήματα Καυστήρων Πετρελαίου

Ο καυστήρας αποτελείται από ένα σύνολο διαφορετικών εξαρτημάτων, καθένα από τα οποία είναι σχεδιασμένο να εκτελεί με ακρίβεια κάποια ειδική εργασία, προκειμένου να επιτυγχάνεται η εύρυθμη λειτουργία του καυστήρα. Η καλή λειτουργία καθενός, όπως και η αρμονική συνεργασία τους, είναι βασικοί παράγοντες για την ομαλή και αποτελεσματική καύση του καυσίμου. Τα εξαρτήματα κατατίθενται παρακάτω.

α) Ακροφύσιο (ΜΠΕΚ)

Από τα βασικότερα εξαρτήματα και επιφορτισμένο με τη λειτουργία διασκορπισμού του καυσίμου για την επίτευξη καλής καύσης. Από την ακρίβεια και ποιότητα κατασκευής του εξαρτάται η ποιότητα καύσης και η ασφαλής λειτουργία του καυστήρα.

Η βασική λειτουργία που εκτελεί είναι η σταγονιδιοποίηση του καυσίμου ,κατακερματίζοντάς το σε σταγονίδια με τα μικρότερα να καίγονται γρηγορότερα και ομαλότερα, ενώ τα μεγαλύτερα να καίγονται επί περισσότερο χρόνο εξασφαλίζοντας έτσι την πλήρωση του θαλάμου καύσης.

Μια δεύτερη λειτουργία του είναι ο καθορισμός παροχής του καυσίμου. Η κατασκευή του μπεκ είναι τέτοια, που επιτρέπει το διασκορπισμό ορισμένης ποσότητας καυσίμου υπό καθορισμένη πίεση. Για το λόγο αυτό υπάρχει σειρά ακροφυσίων ειδικά σχεδιασμένων, έτσι ώστε για σταθερή πίεση λ.χ. 100psi να παρέχουν διαφορετικές ποσότητες καυσίμου.

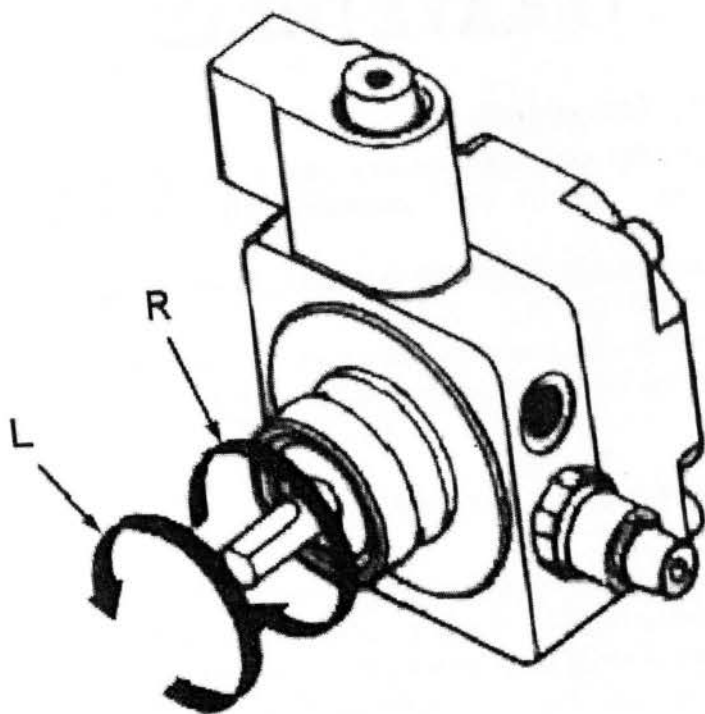
Τέλος, το μπεκ καθορίζει και τη μορφή του νέφους των σταγονιδίων του καυσίμου, ώστε αυτό να ταιριάζει με τα χαρακτηριστικά του ρεύματος αέρα και του θαλάμου καύσης. Το νέφος των σταγονιδίων μπορεί να έχει τη μορφή κούφιου ή συμπαγούς κώνου με διαφορετικές γωνίες κορυφής.

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του ακροφυσίου είναι:

- A) την παροχή σε kg/h υπό ονομαστική πίεση 100 psi.
- B) τη γωνία του κώνου διασκορπισμού (ψεκασμού)
- Γ) την κατανομή καυσίμου μέσα στον κώνο διασκορπισμού.

β) Αντλία Καυσίμου

Η αντλία έχει ως βασική λειτουργία την αναρρόφηση του καυσίμου, τη δημιουργία σταθερής πίεσης, την απελευθέρωση του καυσίμου προς τα μπεκ, καθώς και διακοπή της ροής του την κατάλληλη στιγμή. Χρησιμοποιούνται δύο ειδών αντλίες:



Σχήμα 6.α. Αντλία Πετρελαίου
(L: αριστερόστροφη, R: Δεξιόστροφη)

Πηγή: Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο "Αυτονομία κεντρικής Θέρμανσης"
Ενότητα "Καυστήρας"

β.1. Ογκομετρικές αντλίες σταθερής παροχής

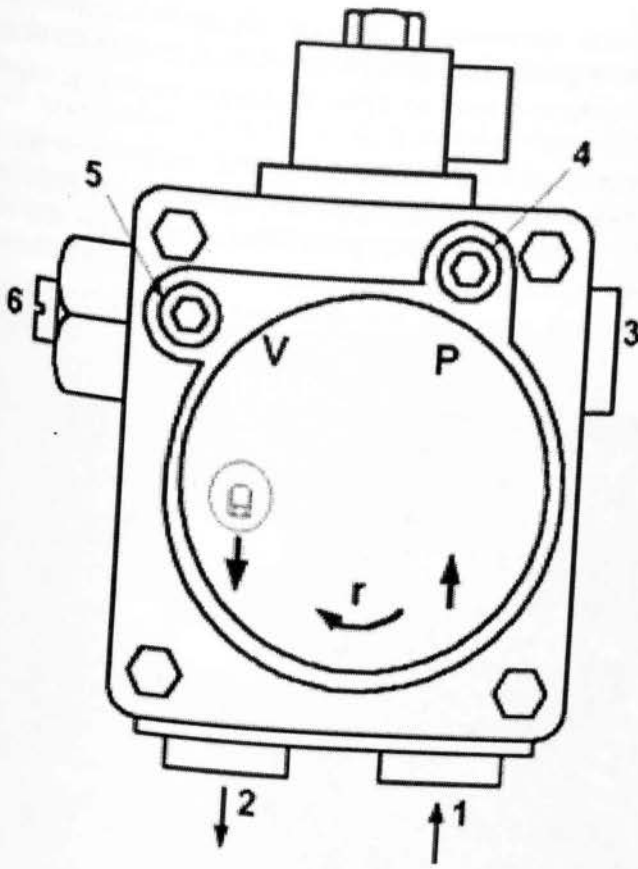
Χρησιμοποιούνται της καυστήρες υψηλής πίεσης και είναι ως επί το πλείστον αντλίες οδοντωτούς τροχούς, με εξωτερική ή εσωτερική οδόντωση. Για μεγαλύτερη ισχύ χρησιμοποιούνται οι ελικοειδείς αντλίες με ατέρμονες κοχλίες.

Της οι αντλίες καυστήρων έχουν ενσωματωμένη μια ρυθμιστική βαλβίδα πίεσης στην κατάληξη που βασίζεται σε σύστημα παράπλευρης παροχέτευσης του επιπλέον καυσίμου, ώστε διατηρείται η πίεση σταθερή. Συχνά διαθέτουν και βαλβίδα διακοπής παροχής πετρελαίου μπεκ, εφόσον δεν έχει επιτευχθεί η απαραίτητη πίεση για τέλεια καύση.

Σε κάθε αντλία είναι ενσωματωμένη μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που κλείνει τον καυστήρα σταματήσσει, για να αποφευχθεί η ροή της τα μπεκ. Της καυστήρες υψηλής πίεσης καυσίμου υπάρχει πάντα η πιθανότητα εκροής σταγόνων καυσίμου από τα μπεκ, τα οποία ανθρακοποιείται και κλείνει μερικώς την έξοδο του μπεκ με αποτέλεσμα την εκτροπή του καυσίμου από τον καυστήρα. Ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος, όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας από την άκρη του μπεκ, γιατί παγιδεύεται καύσιμο, το οποίο διαστέλλεται και εκρέει από το μπεκ. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται ειδικά μπεκ που διαθέτουν τη βαλβίδα στην έξοδό της.

Στην αναρρόφηση υπάρχει ενσωματωμένο φίλτρο, για να προστατεύσει την οδόντωση από τους λόγω σκληρών ακαθαρσιών.

Η δυνατότητα αναρρόφησης της αντλίας είναι περίπου 0,8 bar, αλλά στην πράξη κυμαίνεται μεταξύ 0,4-0,6 bar. Πρακτικά, η πίεση στην κατάθλιψη είναι 7-13 bar για Diesel και 35 bar για Μαζούτ.



Σχήμα 6.β.

1. Εισαγωγής πετρελαίου 2. Επιστροφής πετρελαίου 3. Παροχής πετρελαίου προς μπεκ 4. Υποδοχή εφαρμογής μανομέτρου 5. Υποδοχή εφαρμογής υποπίεσομέτρου 6. Ρυθμιστής πίεσης
 Πηγή: Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο "Αυτονομία κεντρικής Θέρμανσης", Ενότητα "Καυστήρας"

β.2. Ογκομετρικές αντλίες μεταβλητής παροχής

Αυτές είναι εμβολοφόρες αντλίες περιστρεφόμενου κυλίνδρου και μεταβλητής διαδρομής εμβολισμού. Χρησιμοποιούνται από τους καυστήρες χαμηλής πίεσης καυσίμου, γιατί λειτουργούν σε πιέσεις κάτω από τα 10 bar.

Με τη μεταβλητή εκκεντρότητα του οδηγού του εμβόλου επιτυγχάνεται ρύθμιση της παροχής από 0-100%, ανεξάρτητα από τη ρευστότητα του καυσίμου. Έχουν μεγάλη αξιοπιστία και σταθερότητα παροχής αλλά δεν έχουν ικανότητα αναρρόφησης σε σχέση με τις ογκομετρικές αντλίες σταθερής παροχής.

Για καυστήρες αέριου καυσίμου το σύστημα είναι απλούστερο, εφόσον αντί αντλίας υπάρχει ρυθμιστική βαλβίδα, η οποία εκτονώνει το αέριο (ΦΑ ή υγραέριο) προς το μπεκ ανάμειξης υπό πίεση περίπου 3-3,5 bar.

γ) Φίλτρο Καυσίμου

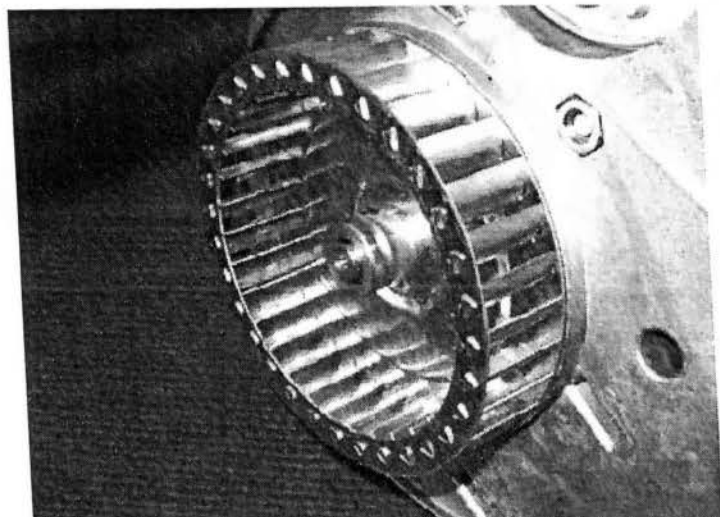
Για την καλύτερη δυνατή λειτουργία του συστήματος προώθησης καυσίμου απαιτείται πολλαπλό φιλτράρισμα του καυσίμου. Εκτός από το φίλτρο, στην αντλία καυσίμου και στην είσοδο του ακροφυσίου συνιστάται ένα κύριο φίλτρο στον αγωγό αναρρόφησης ανάμεσα στη δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου και στην αντλία του καυστήρα.

δ) Ανεμιστήρας

Καλύπτει την παροχή της απαραίτητης ποσότητας αέρα για την καύση του καυσίμου, και την απαιτούμενη πίεση για την αντιμετώπιση των τριβών του λέβητα, αποτελώντας το βασικότερο στοιχείο για την ποιότητα της καύσης.

Ο συνηθισμένος τύπος ανεμιστήρα είναι ο ακτινικός με δρομέα τύμπανου. Κατασκευάζεται στραντζαριστός από χαλύβδινα ελάσματα ή χυτός από ελαφρύ μέταλλο ή συνθετικό υλικό. Τα πτερύγια είναι ακτινικά με κλίση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 45 και 85%.

Η ποσότητα του αέρα ρυθμίζεται στην πλευρά της αναρρόφησης του ανεμιστήρα με κινητό διάφραγμα (damper) που εργάζεται με βάση τις εντολές σερβοκινητήρα. Έτσι παρέχεται κατά στιγμή ο αναγκαίος αέρας για την καύση του πετρελαίου στην επιθυμητή αναλογία και υπό την απαραίτητη πίεση, ώστε να υπερνικηθούν οι αντιστάσεις τριβών του λέβητα και του καυστήρα. Αυτό το είδος της ρύθμισης είναι εύκολο και επιτρέπει την αυτόματη διακοπή του αέρα, όταν σταματήσει ο αέρας.



(Ο ανεμιστήρας στερεώνεται πάνω στον άξονα του κινητήρα. Η φτερωτή του είναι επίστεπυτικός καυστήρες φυγοκεντρικού τύπου. Σκοπός του είναι να διοχετεύσει μέσω επίστεπυμπούκας την απαιτούμενη επίσης καύση του πετρελαίου ποσότητα αέρα. Επίσης δημιουργεί μέσσο στο θάλαμο καύσης την πίεση που χρειάζεται για την υπερνίκηση των αντιστάσεων του λέβητα. πίεση που μπορεί να σηκώσει ο ανεμιστήρας ονομάζεται κατάθλιψη του καυστήρα και πρέπει είναι κατά 20 % μεγαλύτερη από την αντίθλιψη του λέβητα.)

Σχήμα 6.γ. Ανεμιστήρας

Πηγή: Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο "Αυτονομία κεντρικής Θέρμανσης Ενότητα "Καυστήρας"

ε) Ηλεκτροκινητήρας

Κινεί μέσω γραναζιών ή ελαστικής σύνδεσης τον ανεμιστήρα και την αντλία καυσίμου. Οι μικροκαυστήρες χρησιμοποιούν ηλεκτροκινητήρες έως (300W) εναλλασσομένου ρεύματος βραχυκυκλωμένο δρομέα. Σε μεγαλύτερους χρησιμοποιούνται τριφασικοί ηλεκτροκινητήρες άμεση εκκίνηση για ισχύ έως 3 kW και μέσω συστήματος Αστέρα-Τριγώνου για μεγαλύτερους ηλεκτροκινητήρες.

στ) Αυτόματο Διάφραγμα Ολικού Φραγμού (Damper)

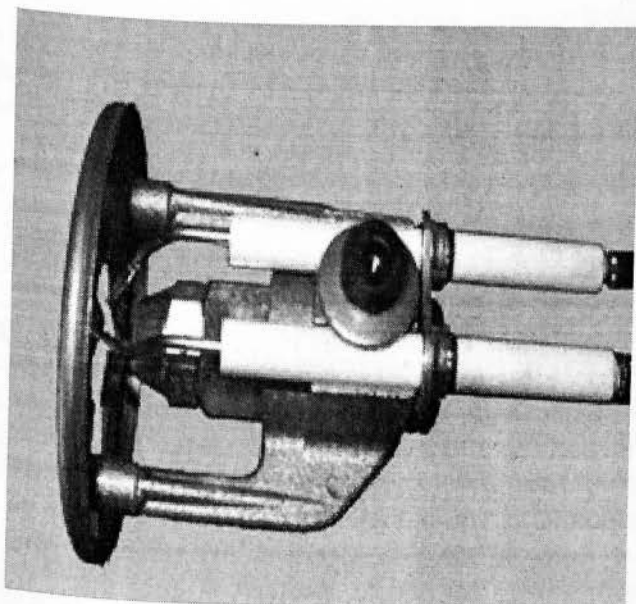
Κατά την απομάκρυνση των παραγώγων της καύσης, δηλαδή των καυσαερίων από το λέβητα παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλές απώλειες θερμότητας, με αποτέλεσμα τη μείωση του οφέλους ετήσιου βαθμού απόδοσης. Η μείωση των απωλειών οδηγεί στη χρήση του αυτόματου διαφράγματος ολικού φραγμού. Με τη χρήση του διαφράγματος, που τοποθετείται στον αγωγό από την είσοδο της καπνοδόχου, εμποδίζεται η είσοδος του αέρα στο λέβητα, λόγω ελκυσμού καπνοδόχου, μετά την παύση του.

Τέλος για την εξασφάλιση της αυτόματης και ασφαλούς λειτουργίας των καυστήρων πρέπει να υπάρχουν τα εξής:

ζ) Διάταξη Ανάμειξης

η) Διάταξη Αυτόματης Ανάφλεξης με Σπινθηριστή

Τα ηλεκτρόδια ή σπινθηριστές ή αναφλεκτήρες, είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινο σύρμα με μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία. Στηρίζονται σε μόνωση πορσελάνης που πρέπει να διατηρείται καθαρή από αιθάλη που είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Ο κάθε κατασκευαστής σχεδιάζει τα ηλεκτρόδιά του με τρόπο που, συνεργαζόμενα με τη μπούκα και το στροβιλιστή, να εξυπηρετούν την έναυση του καυσίμου.



Σχήμα 6.δ. Ηλεκτρόδια έναυσης (σύστημα ανάφλεξης)

Πηγή: Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο "Αυτονομία κεντρικής Θέρμανσης", Ενότητα "Καυστήρας"

θ) Διατάξεις Ασφαλείας που αποτελούνται από:

- Θερμικό αισθητήρα φλόγας
- Φωτοηλεκτρικό αισθητήρα φλόγας (φωτοκύτταρο), που μπορεί να ναι φωτοστοιχείο ή φωτοαντίσταση.

Το φωτοκύτταρο στηρίζει τη λειτουργία του στην ιδιότητα του θείουχου καδμίου στο φως να παρουσιάζει μικρή αντίσταση ενώ στο σκοτάδι αυτή να αυξάνεται. Τοποθετείται κατά τρόπο που να κοιτά προς τη φλόγα. Ουσιαστικά είναι ένας επιτηρητής φλόγας, με σημαντικότερη λειτουργία και γι' αυτό πρέπει να διατηρείται καθαρό και να αντικαθίσταται στη παραμικρή ένδειξη δυσλειτουργίας.



Σχήμα 6.ε. Φωτοκύτταρο

6.3. Κατηγορίες Καυστήρων

Οι καυστήρες, ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν διακρίνονται σε:

- **Καυστήρες στερεών καυσίμων**
- **Καυστήρες υγρών καυσίμων (Diesel – Μαζούτ)**
- **Καυστήρες αέριων καυσίμων (Φυσικού αερίου – υγραερίου)**

Τέλος, υπάρχουν και οι καυστήρες διπλού καυσίμου, συνήθως υγρού-αερίου. Οι καυστήρες αυτοί βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν δύο είδη καυσίμων, (υπάρχει αυτοπαραγωγή ενός καυσίμου), αλλά δεν επαρκεί για τη συνεχή λειτουργία του καυστήρα ή υπάρχει ρευστή τιμολόγηση των διαφορετικών ειδών καυσίμων.

6.3.1. Καυστήρες Στερεών Καυστήρων

- **Καυστήρες συσσωματωμάτων ξύλου**

Η χρησιμοποίηση καυστήρων οικιακής χρήσης για συσσωματώματα ξύλου είναι μία σχετικά πρόσφατη εξέλιξη. Οι καυστήρες για πελλέτες ξύλου αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά το 1980, όμως μόνο κατά το τέλος της δεκαετίας του 1990 κατέκτησαν ένα αξιόλογο μερίδιο της αγοράς σε χώρες όπως η Σουηδία, η Δανία, η Αυστρία και η ΗΠΑ. Σε άλλες χώρες, το ενδιαφέρον για καυστήρες με συσσωματώματα μόλις τώρα εμφανίζεται, και αυτό λόγω της αύξησης των τιμών του πετρελαίου. Τα pellets είναι ένα καλά καθορισμένο καύσιμο, με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, το οποίο μπορεί να τροφοδοτηθεί αυτόματα σε μια συσκευή καύσης. Με αυτό τον τρόπο, η χρήση των συσσωματωμάτων ξύλου καθιστά δυνατή τη συνεχή λειτουργία, ακόμα και μίας μικρής κλίμακας διεργασίας καύσης. Οι καυστήρες για πελλέτες έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι μπορούν να αντικαταστήσουν καυστήρες πετρελαίου σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις λέβητα.

Οι καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου, για οικιακή χρήση, κατασκευάζονται συνήθως για μία ονομαστική θερμική παραγωγή μικρότερη από 25kW. Ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας, μπορούν να προσδιορισθούν τρεις τύποι τέτοιων καυστήρων.

Ανάλογα με την κατασκευή τους, η φλόγα καίει είτε οριζόντια, είτε προς τα πάνω. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να είναι συμβατός ο καυστήρας με το λέβητα. Αν η φλόγα έρθει σε επαφή με μία ψυχρή επιφάνεια, θα έχουμε σαν αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα εκπομπών αιθάλης και υδρογονανθράκων και χαμηλή αποδοτικότητα. Επιπρόσθετα, η ροή του αερίου από έναν καυστήρα για συσσωματώματα ξύλου είναι μεγαλύτερη, από τη ροή του αερίου για έναν αντίστοιχο καυστήρα πετρελαίου και η παραγωγή θερμότητας ενός καυστήρα πελλετών θα έπρεπε να 'ναι μικρότερη.

Ο καυστήρας για συσσωματώματα ξύλου συνήθως προσαρμόζεται σε ένα σταθερό επίπεδο θερμικής παραγωγής. Καθώς η θερμοκρασία του νερού στο λέβητα πέφτει κάτω από μία ελάχιστη τιμή, ο καυστήρας θα ξεκινήσει να λειτουργεί και θα παραμείνει σε λειτουργία μέχρις ότου επιτευχθεί η ανώτερη επιτρεπτή θερμοκρασία στο λέβητα. Το καύσιμο τροφοδοτείται συνήθως με τη χρήση ενός κοχλία, αν και υπάρχουν και άλλα συστήματα τροφοδοσίας. Η ανάφλεξη επιτυγχάνεται με μία ηλεκτρική συσκευή. Εναλλακτικά, ο καυστήρας μπορεί να είναι μόνιμα σε λειτουργία σε ένα ελάχιστο επίπεδο. Ο αέρας της καύσης παρέχεται από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα με περισσότερο ή λιγότερο ξεκάθαρη κατανομή μεταξύ πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αέρα. Η τροφοδοσία του καυσίμου μπορεί να ρυθμισθεί σε διάφορα σταθερά επίπεδα φορτίου, ανάλογα με τις απαιτήσεις παραγωγής θερμότητας.

Αν ο συνδυασμός καυστήρας και λέβητα είναι καλά σχεδιασμένος, είναι επιτεύξιμα επίπεδα αποδοτικότητας πάνω από 90%, σε βάση ονομαστικής θερμικής παραγωγής. Οι καλοί καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου επιτυγχάνουν πολύ χαμηλά επίπεδα εκπομπών υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα. Όμως, οι εκπομπές NO_x τείνουν να είναι σημαντικές, παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα των συσσωματωμάτων ξύλου σε άζωτο. Πράγματι, το ποσοστό μετατροπής του αζώτου στο καύσιμο σε NO_x είναι συχνά στο 100%. Καθώς το μέγεθος, η πυκνότητα, η αντοχή, ο τύπος του υλικού των συσσωματωμάτων ξύλου και ο τύπος του εξοπλισμού της καύσης

6.3. Κατηγορίες Καυστήρων

Οι καυστήρες, ανάλογα με το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιούν διακρίνονται σε:

- **Καυστήρες στερεών καυσίμων**
- **Καυστήρες υγρών καυσίμων (Diesel – Μαζούτ)**
- **Καυστήρες αέριων καυσίμων (Φυσικού αερίου – υγραερίου)**

Τέλος, υπάρχουν και οι καυστήρες διπλού καυσίμου, συνήθως υγρού-αερίου. Οι καυστήρες αυτοί βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν δύο είδη καυσίμων, (υπάρχει αυτοπαραγωγή ενός καυσίμου), αλλά δεν επαρκεί για τη συνεχή λειτουργία του καυστήρα ή υπάρχει ρευστή τιμολόγηση των διαφορετικών ειδών καυσίμων.

6.3.1. Καυστήρες Στερεών Καυστήρων

- **Καυστήρες συσσωματωμάτων ξύλου**

Η χρησιμοποίηση καυστήρων οικιακής χρήσης για συσσωματώματα ξύλου είναι μία σχετικά πρόσφατη εξέλιξη. Οι καυστήρες για πελλέτες ξύλου αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά το 1980, όμως μόνο κατά το τέλος της δεκαετίας του 1990 κατέκτησαν ένα αξιόλογο μερίδιο της αγοράς σε χώρες όπως η Σουηδία, η Δανία, η Αυστρία και η ΗΠΑ. Σε άλλες χώρες, το ενδιαφέρον για καυστήρες με συσσωματώματα μόλις τώρα εμφανίζεται, και αυτό λόγω της αύξησης των τιμών του πετρελαίου. Τα pellets είναι ένα καλά καθορισμένο καύσιμο, με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, το οποίο μπορεί να τροφοδοτηθεί αυτόματα σε μια συσκευή καύσης. Με αυτό τον τρόπο, η χρήση των συσσωματωμάτων ξύλου καθιστά δυνατή τη συνεχή λειτουργία, ακόμα και μίας μικρής κλίμακας διεργασίας καύσης. Οι καυστήρες για πελλέτες έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι μπορούν να αντικαταστήσουν καυστήρες πετρελαίου σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις λέβητα.

Οι καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου, για οικιακή χρήση, κατασκευάζονται συνήθως για μία ονομαστική θερμική παραγωγή μικρότερη από 25kW. Ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας, μπορούν να προσδιορισθούν τρεις τύποι τέτοιων καυστήρων.

Ανάλογα με την κατασκευή τους, **η φλόγα καίει είτε οριζόντια, είτε προς τα πάνω**. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να είναι συμβατός ο καυστήρας με το λέβητα. Αν η φλόγα έρθει σε επαφή με μία ψυχρή επιφάνεια, θα έχουμε σαν αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα εκπομπών αιθάλης και υδρογονανθράκων και χαμηλή αποδοτικότητα. Επιπρόσθετα, η ροή του απαερίου από έναν καυστήρα για συσσωματώματα ξύλου είναι μεγαλύτερη, από τη ροή του απαερίου για έναν αντίστοιχο καυστήρα πετρελαίου και η παραγωγή θερμότητας ενός καυστήρα πελλετών θα έπρεπε να 'ναι μικρότερη.

Ο καυστήρας για συσσωματώματα ξύλου συνήθως προσαρμόζεται σε ένα σταθερό επίπεδο θερμικής παραγωγής. Καθώς η θερμοκρασία του νερού στο λέβητα πέφτει κάτω από μία ελάχιστη τιμή, ο καυστήρας θα ξεκινήσει να λειτουργεί και θα παραμείνει σε λειτουργία μέχρις ότου επιτευχθεί η ανώτερη επιτρεπτή θερμοκρασία στο λέβητα. Το καύσιμο τροφοδοτείται συνήθως με τη χρήση ενός κοχλία, αν και υπάρχουν και άλλα συστήματα τροφοδοσίας. Η ανάφλεξη επιτυγχάνεται με μία ηλεκτρική συσκευή. Εναλλακτικά, ο καυστήρας μπορεί να είναι μόνιμα σε λειτουργία σε ένα ελάχιστο επίπεδο. Ο αέρας της καύσης παρέχεται από έναν ηλεκτρικό ανεμιστήρα με περισσότερο ή λιγότερο ξεκάθαρη κατανομή μεταξύ πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αέρα. Η τροφοδοσία του καυσίμου μπορεί να ρυθμισθεί σε διάφορα σταθερά επίπεδα φορτίου, ανάλογα με τις απαιτήσεις παραγωγής θερμότητας.

Αν ο συνδυασμός καυστήρας και λέβητα είναι καλά σχεδιασμένος, είναι επιτεύξιμα επίπεδα αποδοτικότητας πάνω από 90%, σε βάση ονομαστικής θερμικής παραγωγής. Οι καλοί καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου επιτυγχάνουν πολύ χαμηλά επίπεδα εκπομπών υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα. Όμως, οι εκπομπές NO_x τείνουν να είναι σημαντικές, παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα των συσσωματωμάτων ξύλου σε άζωτο. Πράγματι, το ποσοστό μετατροπής του αζώτου στο καύσιμο σε NO_x είναι συχνά στο 100%. Καθώς το μέγεθος, η πυκνότητα, η αντοχή, ο τύπος του υλικού των συσσωματωμάτων ξύλου και ο τύπος του εξοπλισμού της καύσης

επιρεάζουν σημαντικά τις εκπομπές, έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες για αυτούς τους παράγοντες. Επιπλέον, οι εκπομπές σωματιδιακής ύλης από μικρής κλίμακας καύση ξύλου, μπορούν να είναι σημαντικές. Η σωματιδιακή ύλη αποτελείται από αιθάλη από ατελή καύση και σωματίδια τέφρας. Σε ένα καλοσχεδιασμένο καυστήρα για συσσωματώματα ξύλου, οι εκπομπές αιθάλης ελαχιστοποιούνται, με τις εκπομπές σωματιδιακής ύλης να εξαρτώνται σε κάποιο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της ανόργανης ύλης του καυσίμου.

Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, τα συσσωματώματα ξύλου καίγονται για την παροχή θερμότητας από ήδη υφιστάμενα συστήματα, τα οποία βασίζονται σε νερό. Όμως, στις ΗΠΑ τα συσσωματώματα ξύλου καίγονται σε εστίες και τζάκια με διαβαθμισμένη καύση.

• **Καυστήρες θρυμμάτων ξύλου**

Οι καυστήρες με εσχάρα είναι συσκευές για την αυτόματη καύση θρυμμάτων ξύλου, μέσα στο θάλαμο καύσης του λέβητα. Μοιάζουν πολύ με τους καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου. Οι καυστήρες με τροφοδοσία από κάτω, ή με οριζόντια τροφοδοσία, είναι πολύ συνηθισμένοι. Στους καυστήρες με τροφοδοσία από κάτω, η φλόγα καίει προς τα πάνω, ενώ στους καυστήρες με οριζόντια τροφοδοσία, η φλόγα καίει σε οριζόντια κατεύθυνση.

Με τη χρήση ενός κοχλία, το σύστημα διαχείρισης της τροφοδοσίας τροφοδοτεί το καύσιμο στον καυστήρα (Σχήμα 6.ζ.). Ο καυστήρας αποτελείται από χυτοσίδηρο, και έναν οριζόντιο κύλινδρο, ο οποίος είτε έχει πυρίμαχη επένδυση, είτε ψύχεται με νερό. Σε μερικούς καυστήρες, η ψύξη με νερό εξασφαλίζει την ανθεκτικότητα των υλικών του καυστήρα, και καθιστά τη μόνωσή του ευκολότερη. Η θερμοκρασία μέσα στον καυστήρα ανεβαίνει πάνω από 1000°C, όταν χρησιμοποιούνται ξηρά καύσιμα. Ο καυστήρας βρίσκεται μερικά τοποθετημένος μέσα στον κλίβανο, ενώ ένα μέρος του βρίσκεται έξω απ' αυτόν, ώστε όλος ο θάλαμος καύσης του λέβητα να συμμετέχει αποτελεσματικά στη μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία.

Οι οριζόντιοι καυστήρες με εσχάρα, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για καύση βιοκαυσίμων, είναι εμπορικά διαθέσιμοι για περίπου 20 χρόνια. Οι περισσότερες συσκευές έχουν σχεδιασθεί για ένα εύρος παραγωγής ισχύος μεταξύ 20-40kW και χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση σε απομονωμένες οικίες και φάρμες. Έχουν κατασκευασθεί και οριζόντιοι καυστήρες με εσχάρα, διαφορετικού κάπως σχεδιασμού με παραγωγή ισχύος μέχρι και 1 MW. Έχει παρατηρηθεί μία ενθαρρυντική ανάπτυξη της αγοράς σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Σουηδία, η Αυστρία και η Γερμανία. Στις Μεσογειακές χώρες, η ανεπτυγμένη τεχνική καύσης με χρήση θρυμμάτων μπορεί να προσαρμοσθεί για χρήση με υλικό, το οποίο προέρχεται από πελλετισμένους ελαιοπυρήνες. Για την αντιμετώπιση της υψηλότερης περιεκτικότητας των ελαιοπυρήνων σε τέφρα, απαιτείται τροποποίηση των συστημάτων αποθήκευσης και απομάκρυνσης της τέφρας, για να εξασφαλισθεί η συνεχής λειτουργία των καυστήρων.

(β) Καυστήρες Μηχανικού Διασκορπισμού

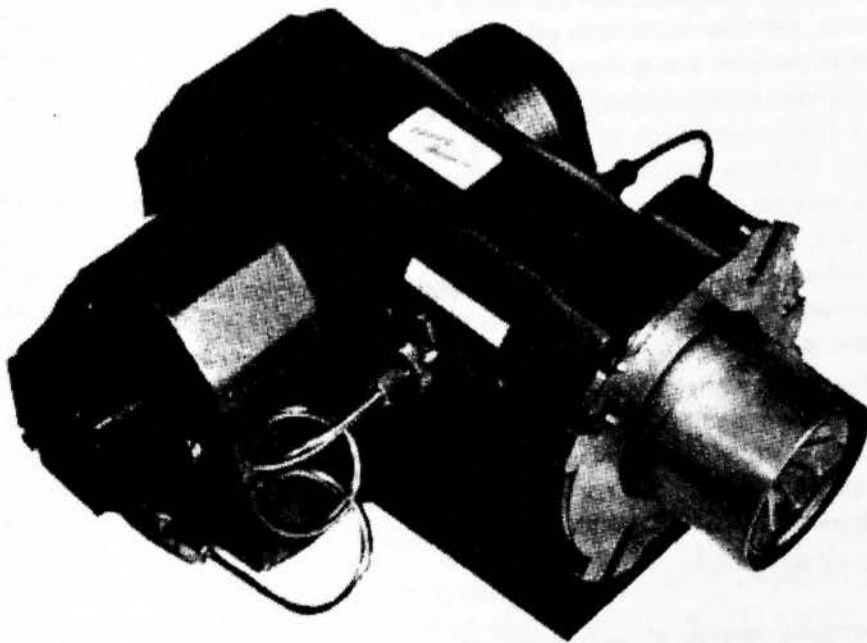
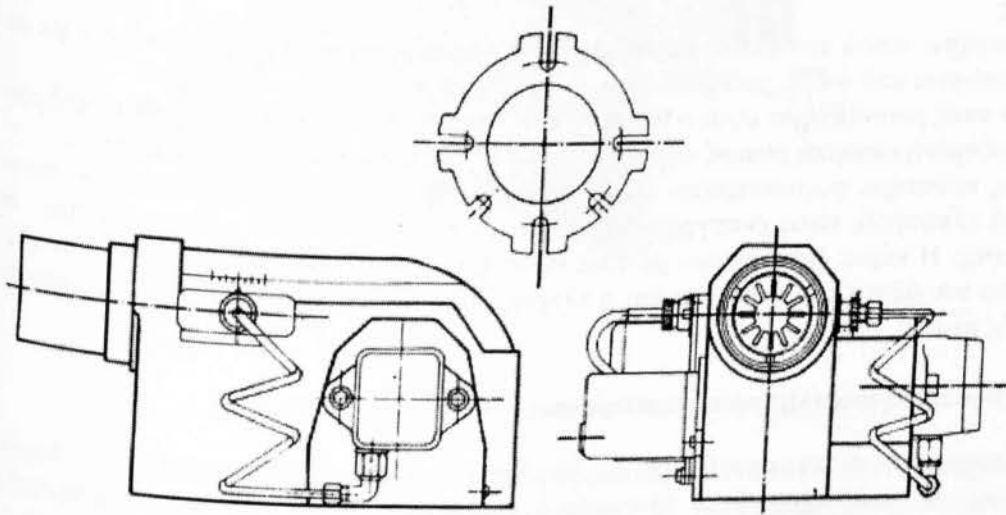
Για τελειότερη καύση απαραίτητη προϋπόθεση είναι η καλή ανάμειξη του αέρα καύσης και του καυσίμου, η οποία επιτυγχάνεται με τη μείξη του αέρα καύσης και του καυσίμου, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλου συστήματος διασκορπισμού. Σε όλα τα είδη καυστήρων μηχανικού διασκορπισμού το καύσιμο σταγονιδιοποιείται μηχανικά σε λεπτότατα σταγονίδια. Όσο μικρότερα είναι τα σταγονίδια, τόσο μεγαλύτερη είναι η συνολική επιφάνεια εξάτμισης των υδρογονανθράκων υπό την επίδραση της θερμοκρασίας της φλόγας και των τοιχωμάτων του λέβητα. Έτσι, μπορεί να πραγματοποιηθεί καλή ανάμειξη με τον αέρα καύσης.

Οι καυστήρες μηχανικού διασκορπισμού **κατατάσσονται** στις παρακάτω κατηγορίες σύμφωνα με τον τρόπο διασκορπίσης του καυσίμου και της ανάμειξής του με τον αέρα καύσης.

(β1) Καυστήρες Περιστροφικού Διασκορπισμού Καυσίμου

(β2) Καυστήρες χαμηλής πίεσης καυσίμου

(β3) Καυστήρες υψηλής πίεσης καυσίμου



Σχήμα 6.η. Σχηματική παράσταση και εξωτερική όψη καυστήρα διασκορπισμού
Πηγή: Ευγενίδειο Ίδρυμα, Θερμάνσεις

(β1) Καυστήρες Περιτροφικού Διασκορπισμού Καυσίμου

Ο τύπος καυστήρα φυγοκεντρικού διασκορπισμού βασίζεται στο γεγονός ότι το καύσιμο σταγονιδιοποιείται με την επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης. Συγκεκριμένα, το καύσιμο προθερμαίνεται σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, εφόσον αρκεί η θερμοκρασία 4-8° E. Ακολουθώντας, μέσω του κεντρικού άξονα του καυστήρα οδηγείται σε περιστρεφόμενο κύπελλο. Το κύπελλο περιστρέφεται με υψηλή ταχύτητα (3000-1000 rpm) και, σε συνδυασμό με τη γεωμετρική του κατασκευή και τη φυγόκεντρη δύναμη, εκτοξεύει ομοκεντρικά το καύσιμο με ένα ρεύμα αέρα που αποτελείται από ποσοστό 10% του αναγκαίου αέρα καύσης (πρωτεύον ρεύμα αέρα) και χρησιμεύει κύρια για το διασκορπισμό του καυσίμου σε σταγονίδια. Ο κύριος αέρας καύσης διοχετεύεται με φυσικό έλκυσμό, στην αρχή περιφερειακά προς τον άξονα του καυστήρα και στη συνέχεια συμπληρώνεται και από θυρίδα αέρα με τάμπερ πάνω στην πόρτα της εστίας (δευτερεύων ρεύμα αέρα). Η εκκίνηση των φυγοκεντρικών καυστήρων γίνεται με χρήση αέριου ή ελαφρού πετρελαίου. Ο τύπος καυστήρα φυγοκεντρικού διασκορπισμού χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές μονάδες.

Πλεονέκτημα αυτού του τύπου καυστήρα είναι η κατανάλωση βαρέων καυσίμων με ρευστότητα που κυμαίνεται από 4-8°E, με σχετικά μικρή προθέρμανση.

Βασικό τους μειονέκτημα είναι ο θόρυβος που δημιουργείται λόγω του υψηλού αριθμού στροφών και η αυξημένη εκπομπή ρύπων, κυρίως λόγω των καυσίμων που χρησιμοποιούνται. Ο τύπος καυστήρα φυγοκεντρικού διασκορπισμού σήμερα, εκτός της χρήσης του στους λέβητες φυσικού έλκυσμού, είναι εκσυγχρονισμένος στη σχεδίαση του και χρησιμοποιείται σε λέβητες αντίθλιψης. Η κύρια διαφορά του με τους καυστήρες παλαιότερης γενιάς είναι ο υψηλός αριθμός στροφών του άξονα του κυπέλλου και ο πλήρης έλεγχος του αέρα καύσης με δεύτερο ανεμιστήρα χαμηλής πίεσης.

(β2) Καυστήρες χαμηλής πίεσης καυσίμου

Ο τύπος χαμηλής πίεσης καυσίμου (~2,5 bar) έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό την ύπαρξη αναμίκτη (injector). Ο αναμίκτης είναι ένα ειδικό ακροφύσιο όπου σε αυτό συμπαρασύρεται και σταγονιδιοποιείται το καύσιμο με τη βοήθεια αέρα (1,5- 25 bar) ή ατμού. Πρωτίτερα το καύσιμο προθερμαίνεται, ώστε να αποκτήσει ρευστότητα 2,5-3,5°E. η αναγκαία ρευστότητα εξαρτάται από το είδος διασκορπισμού και η θερμοκρασία προθέρμανσης εξαρτάται από τον τύπο καυσίμου. Η ανάμειξη αυτή γίνεται στο τελευταίο σημείο του μπεκ, λίγο πριν την εκροή του καυσίμου. Η ποσότητα του πεπιεσμένου αέρα για τη σταγονιδιοποίηση δεν επαρκεί για την καύση, αφού ανέρχεται στο 10% του συνολικού αέρα καύσης. Αντίστοιχα, όταν χρησιμοποιείται ατμός πρέπει να υπολογιστεί κατανάλωση ατμού της κλίμακας 1,5-2% της συνολικής ατμοπαραγωγής. Ο κύριος όγκος του αέρα καύσης προσάγεται με τη βοήθεια κατάλληλων πτερυγίων στροβιλισμού. Η εκκίνηση γίνεται με παροχή βοηθητικού αέρα και ανάφλεξη του μίγματος από σύστημα έναυσης που αποτελείται από μετασχηματιστή και ακίδες στις οποίες εφαρμόζεται τάση 10kV. Ο τύπος χαμηλής πίεσης καυσίμου χρησιμοποιείται κυρίως σε βιομηχανικές εστίες καύσης και δεν θα μας απασχολήσει παρακάτω.

- **Κύριο πλεονέκτημά** τους είναι ότι προσφέρονται για την καύση μέσων και βαρέων καυσίμων, χωρίς τη διήθησή τους, γιατί δεν παρουσιάζουν κίνδυνο απόφραξης των ακροφυσίων.-
- **Μειονέκτημα** όμως αποτελεί ο θόρυβος που προκαλείται κατά τη λειτουργία, που προέρχεται κυρίως απ' τη φλόγα.

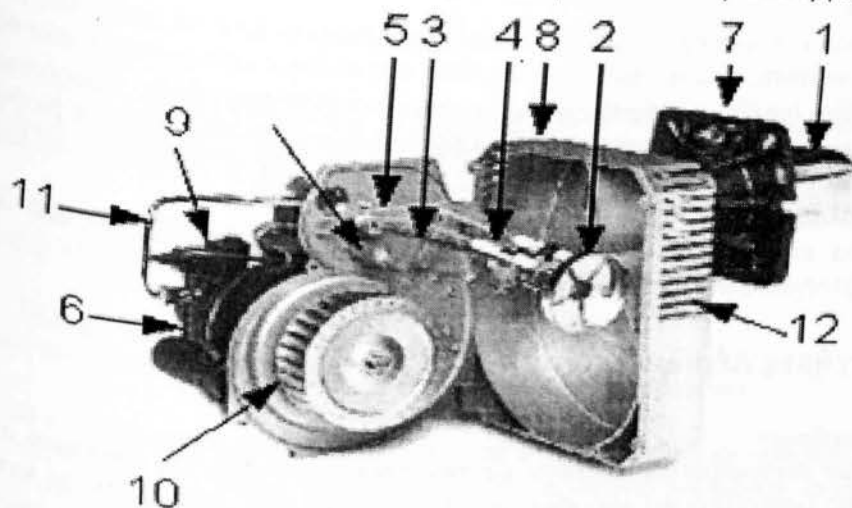
(β3) Καυστήρες υψηλής πίεσης καυσίμου

Ο τύπος υψηλής πίεσης του καυσίμου είναι σχετικά ο νεότερος τύπος καυστήρων, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στις κεντρικές θερμάνσεις. Το καύσιμο συμπιέζεται σε υψηλή αρχική πίεση 7-15 bar με χρήση γранаζωτής αντλίας και οδηγείται σε ακροφύσιο ψεκασμού (μπεκ). Η πίεση

αυτή διατηρείται ως το άκρο του μπεκ, όπου με κατάλληλη διάταξη θαλάμου στροβιλισμού και εφαπτομενικών καναλιών εκτόνωσης γίνεται η διάσπαση του καυσίμου σε σταγονίδια που εκτοξεύονται από την έξοδο του μπεκ.

Περιφερειακά του μπεκ, διοχετεύεται ρεύμα από ανεμιστήρα, το οποίο περνώντας από ειδική διάταξη (δίσκος στροβιλισμού) στροβιλίζεται. Στη συνέχεια, το ψεκαζόμενο από το μπεκ καύσιμο αναμειγνύεται με το ρεύμα αέρα και αναφλέγεται. Κατά την εκκίνηση του καυστήρα η έναυση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα και στη συνέχεια διατηρείται λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο χώρο καύσης.

Το είδος καυστήρα υψηλής πίεσης διασκορπισμού του καυσίμου παρουσιάζει τα μεγαλύτερα **πλεονεκτήματα από άποψη μηχανικής κατασκευής, χειρισμού και συντήρησης**. Παράλληλα, παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης και ασφάλεια κατά τη λειτουργία τους.



Σχήμα 6.0. Καυστήρας διασκορπισμού υψηλής πίεσης

1. Κεφαλή ή μπούκα ή φλογοσωλήνα
2. Στροβιλιστής ή αναμικτήρας
3. Ράβδος μπεκ
4. Ηλεκτρόδια ανάφλεξης
5. Καλώδια υψηλής τάσης
6. Κινητήρας
7. Φλάντζα στήριξης
8. Κορμός ή σώμα
9. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
10. Ανεμιστήρας ή φτερωτή
11. Σωληνάκι πετρελαίου
12. Αναρρόφηση αέρα

Πηγή: Ειδικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Κεφάλαιο "Αυτονομία κεντρικής Θέρμανσης", Ενότητα "Καυστήρας"

(γ) Καυστήρες φυσικού ελκυσμού

Είναι οι καυστήρες στους οποίους τα καυσαέρια απάγονται από το φυσικό ελκυσμό που δημιουργεί η καπνοδόχος. Σε αυτή την περίπτωση, ο ανεμιστήρας του καυστήρα χρησιμεύει μόνο για την αναρρόφηση του αέρα καύσης, καθώς και για τη σταθεροποίηση της καύσης, ενώ η καπνοδόχος αναλαμβάνει την υπερνίκηση των αντιστάσεων στους αγωγούς των καυσαερίων. Η απόδοσή τους κυμαίνεται σε μέτρια επίπεδα, ενώ παράλληλα έχουν μεγάλο βάρος και διαστάσεις.

(δ) Καυστήρες αντίθλιψης

Οι καυστήρες αυτοί υπερνικούν τις αντιστάσεις στη ροή των καυσαερίων με τη βοήθεια του ανεμιστήρα που διαθέτουν. Στο θάλαμο καύσης επικρατούν συνθήκες υπερπίεσης, δηλαδή πίεση μεγαλύτερη αυτής του περιβάλλοντος. Η καύση είναι ανεξάρτητη από την καπνοδόχο και η εστία μπορεί να ρυθμιστεί καλύτερα, ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης. Με την υπερπίεση μπορεί να δημιουργηθεί τυρβώδης ροή των καυσαερίων, οπότε λόγω υψηλών συντελεστών συναγωγής απαιτούνται μικρότερου μεγέθους λέβητες. Παρουσιάζεται επίσης μεγαλύτερη σταθερότητα στην καύση.

ε) Καυστήρες περιοδικής ρύθμισης

Αυτού του τύπου οι καυστήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις, αλλά και σε μικρότερες, όταν απαιτείται ακρίβεια στη ρύθμιση της κατανάλωσης του καυσίμου. Η χρήση αυτού του είδους των καυστήρων βασίζεται στην ύπαρξη συστήματος συνεχούς προσαρμογής της παροχής του καυσίμου προς το φορτίο του λέβητα.

Ο καυστήρας περιοδικής ρύθμισης είναι εξοπλισμένος με ακροφύσιο ειδικής κατασκευής που διαθέτει σύστημα επιστροφής καυσίμου. Με τη χρήση αυτού του μπεκ επιτυγχάνονται μεγάλες ρυθμίσεις στη παροχή καυσίμου, έχοντας σταθερή την πίεση της αντλίας. Η λειτουργία του είναι:

Από την αντλία καυσίμου προωθείται σταθερή ποσότητα καυσίμου προς το μπεκ, από το οποίο εξέρχεται ορισμένη ποσότητα, ενώ η υπόλοιπη οδηγείται στο σωλήνα επιστροφής. Αυτός διαθέτει ηλεκτροκίνητη βαλβίδα (σερβοκίνητηρα), η οποία ανοιγοκλείνει περιοδικά, διαφοροποιώντας ανάλογα την ποσότητα που εκτοξεύεται στο χώρο καύσεως. Όσο δηλαδή κλείνει η βαλβίδα και αυξάνεται η πίεση στο σωλήνα επιστροφής, τόσο αυξάνεται και η προωθούμενη ποσότητα καυσίμου προς τον θάλαμο καύσεως.

Η ρύθμιση του αέρα καύσης γίνεται παράλληλα, αφού το διάφραγμα κινείται από τον ίδιο σερβοκίνητηρα που ανοιγοκλείνει τη βαλβίδα επιστροφής.

6.3.3. Καυστήρες Αέριων Καυσίμων

- Είδη Καυστήρων

Οι καυστήρες αέριων διαχωρίζονται **ανάλογα με τον τρόπο προσαγωγής καυσίμου** στους **καυστήρες διάχυσης** (αποτελούνται από σύστημα σωλήνων με οπές στα άκρα), σε **καυστήρες έγχυσης** (αύξηση της ταχύτητας έγχυσης συνεπάγεται μείωση της στατικής πίεσης με επακόλουθο μερική αναρρόφηση του αέρα καύσης), και τέλος σε καυστήρες **πλήρους προανάμειξης** (έχουν δυνατότητα αναρρόφησης του αέρα καύσης).

Ανάλογα με τον τρόπο προσαγωγής του αέρα διακρίνονται σε

- **πιεστικούς** και
- **ατμοσφαιρικούς** καυστήρες.

- Πιεστικοί καυστήρες αερίου

Σε αντίθεση με τους καυστήρες αερίου φυσικού ελκυσμού, που χρησιμοποιούνται σε όλες τις μικροσυσκευές του αερίου πόλεως και είναι γνωστοί ως ατμοσφαιρικοί καυστήρες αερίου, οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται επάνω σε σύγχρονους πιεστικούς λέβητες κεντρικής θέρμανσης είναι κι αυτοί πιεστικοί καυστήρες αερίου, εφοδιασμένοι με φυσητήρα του αέρα καύσεως. Οι πιεστικοί καυστήρες έχουν μεγάλη θερμαντική ικανότητα, είναι σχεδιασμένοι για λειτουργία με υπερπίεση και χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις μεγάλης θερμικής ισχύος (μεγαλύτερης από 100kW). Διαθέτουν πληθώρα οργάνων και εξαρτημάτων ενώ διαθέτουν και μια σειρά από ασφαλιστικές διατάξεις οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε μια μπάρα που λέγεται multi-block ή gas train και η οποία προσφέρει αξιοπιστία και ασφάλεια κατά την καύση.

• Λειτουργία πιεστικού καυστήρα

Η λειτουργία του καυστήρα ξεκινά με τον ανεμιστήρα σε θέση λειτουργίας. Αφού ανάψει η φλόγα, η διάταξη επιτήρησης φλόγας δίνει σήμα κανονικής λειτουργίας. Το αέριο παρέχεται μετά το άνοιγμα αυτόματης βαλβίδας.

Η φλόγα, λόγω υψηλού στροβιλισμού του παρεχόμενου καυσίμου (τυρβώδης ροή), είναι πολύ σταθερή. Στην πλάκα ανάμειξης γίνεται η ανάμειξη αερίου/αέρα. Οι συσκευές αερίου μπορούν να λειτουργούν με ανεμιστήρα ή χωρίς, ανάλογα με το είδος του καυστήρα τους.

Όταν η συσκευή δεν έχει ανεμιστήρα, πρέπει απαραίτητα να υπάρχει μια ασφάλεια ροής μετά ακριβώς από τη συσκευή, ώστε να παρεμποδίζονται οι αρνητικές επιδράσεις της καύσης (π.χ. διαρροή αερίου, εξαγωγή του αέρα στο χώρο κ.λ.π.)

• Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Παρακάτω βλέπουμε ένα πίνακα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός τυπικού πιεστικού καυστήρα αερίου όπως τα συναντάμε στα τεχνικά φυλλάδια των εταιρειών κατασκευής.

| Τύπος | | 44T1 |
|------------------------------|--------|---|
| Θερμική ισχύς - παροχή | | 46 - 93 kW - 40.000 - 80.000 kcal/h |
| Φυσικό αέριο (2η οικογένεια) | Κ.Θ.Δ. | 8 - 12 kW/m ³ - 7.000 - 10.340 kcal/m ³ |
| | Πίεση | ελαχ. 10 mbar - μεγ. 40 mbar |
| ηλεκτρική παροχή | | Μονοφασική, 230 V ± 10% ~ 50 Hz |
| Κινητήρας | | 230 V / 0,7 A |
| Πυκνωτής | | 4 μF |
| Μετασχηματιστής έναυσης | | Πρωτεύον 230 V / 0,2A - Δευτερεύον 8 kV |
| Απορροφώμενη ηλεκτρική ισχύ | | 0,13 kW |

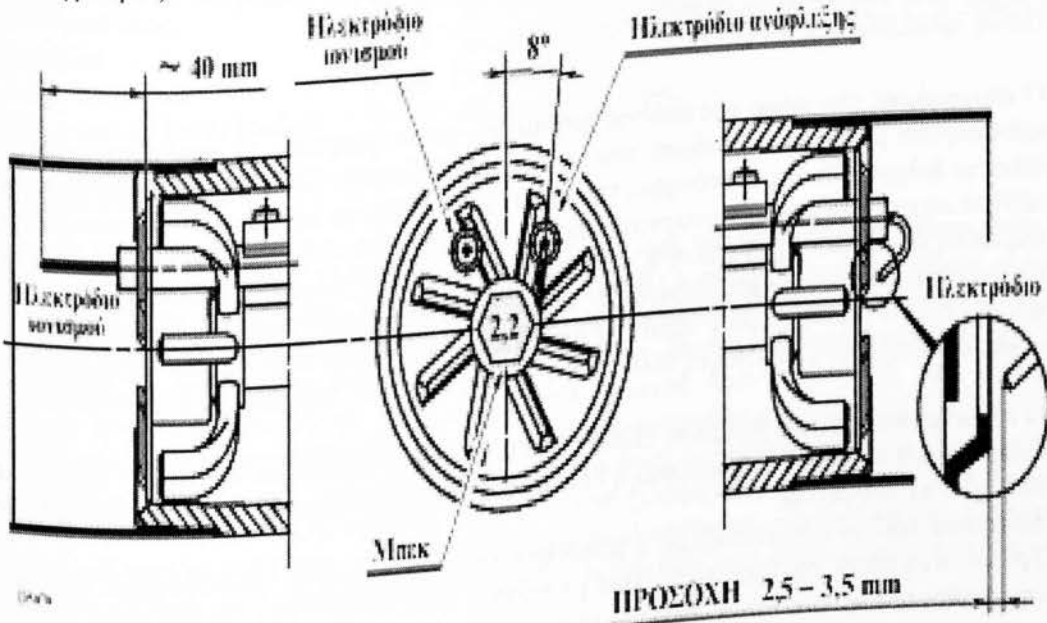
Πίνακας 6.α. Τεχνικά χαρακτηριστικά καυστήρα αερίου

Πηγή: Φυλλάδιο της RIELLO

• Τα μέρη του πιεστικού καυστήρα αερίου

Ένας πιεστικός καυστήρας αερίου αποτελείται από τα παρακάτω:

1. Η **κεφαλή καύσης** των καυστήρων αερίου μοιάζει με την κεφαλή καύσης των καυστήρων πετρελαίου. Στη θέση του μπεκ υπάρχει το ακροφύσιο του αερίου, επάνω στο οποίο υπάρχουν οι οπές εκροής του. Αυτές είναι διαφορετικές ανάλογα με το αέριο (αέριο πόλης/φυσικό αέριο/υγραέριο).

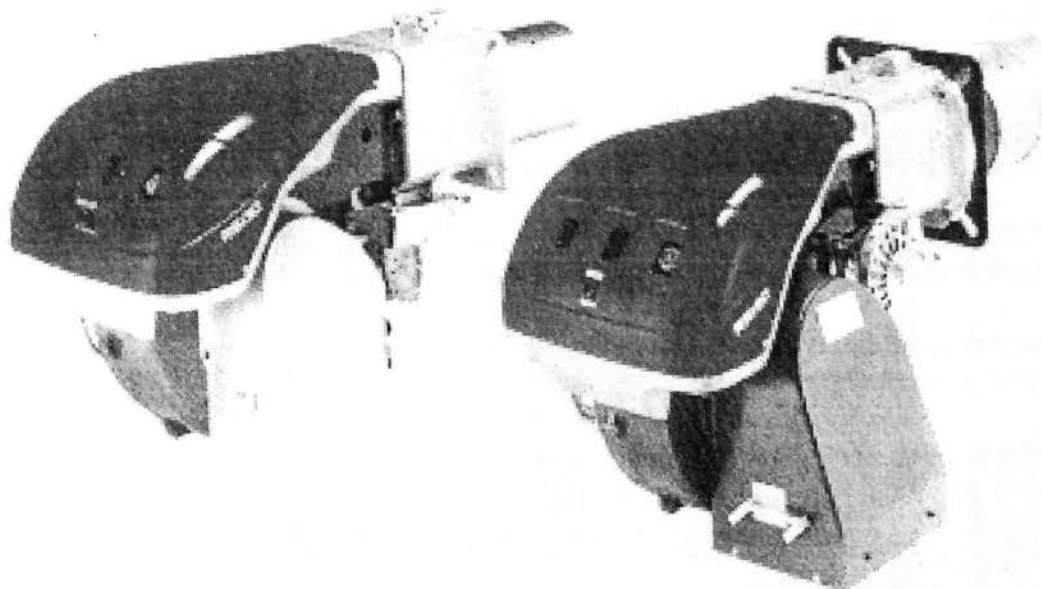


Σχήμα 6.ι. Κεφαλή καύσης σε πιεστικό καυστήρα αερίου

Πηγή: φυλλάδιο της RIELLO

Ο βαθμός απόδοσης της καύσης επηρεάζεται σημαντικά από την περίσσεια αέρα. Γι'αυτό η ρύθμιση του αέρα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και ακρίβεια. Με το κατάλληλο σύστημα ανάμειξης αέρα και καυσίμου επιτυγχάνεται ταχύτητα ροής του αέρα απόλυτα αντίστοιχη της ταχύτητας καύσης (ανάφλεξης κ.λ.π.) και προκύπτει μια " σταθερή " φλόγα. Εάν αυξηθεί η ταχύτητα ροής του αέρα της καύσης, απομακρύνεται η φλόγα από την κεφαλή του

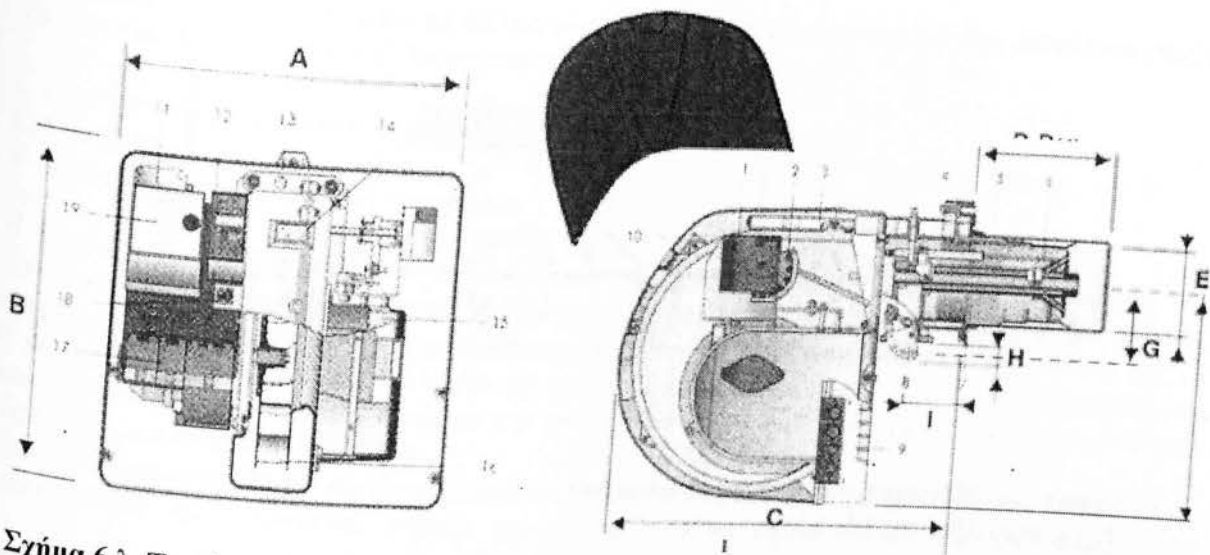
καυστήρα και μπορεί ακόμα να σβήσει. Αντίθετα αν η ταχύτητα ροής του αέρα της καύσης είναι μικρότερη από την ταχύτητα ανάφλεξης του αερίου, προκύπτει ατελής καύση, εμφανίζεται μονοξείδιο του άνθρακα και πρόωρη καταστροφή του συστήματος ανάμειξης (ιδιαίτερα του διασκορπιστήρα). Στη διαμόρφωση της κεφαλής και του ακροφυσίου ακολουθούνται δύο αρχές σχεδίασης. Με τη μία επιδιώκουμε την τέλεια προανάμειξη αέρα και αερίου και την καύση με τελείως γαλάζια φλόγα. Με την άλλη έχουμε μερική μετανάμειξη αέρα-καυσίμου, έτσι που η καύση να γίνει με λευκή ακτινοβολούσα φλόγα.



Σχήμα 6.κ. Καυστήρας αερίου

Πηγή: φυλλάδιο της RIELLO

2. Ο **φουσητήρας του αέρα** της καύσης χρησιμεύει για να υπερνικά τις αντιστάσεις ροής των καυσαερίων μέσα από τα τούμπα του λέβητα. (αντίθληψη). Κάθε κατασκευαστής καυστήρων δίδει το διάγραμμα της ικανότητας του καυστήρα. Ανάλογα με την προβλεπόμενη ισχύ του λέβητα και την αντίστοιχη αναγκαία παροχή αερίου σε Nm^3/h = ισχύς λέβητα, δίδεται η καμπύλη της μέγιστης αντίθληξης με την οποία μπορεί να εργαστεί ο καυστήρας. Οι ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται στους πιεστικούς καυστήρες αερίου είναι φυγοκεντρικοί και πρέπει να εξασφαλίζουν τόσο την απαραίτητη ποσότητα αέρα για την πλήρη καύση του αέρα, όσο και την απαραίτητη πίεση για την αντιμετώπιση των τριβών αντίθληξης του λέβητα.
3. Η **ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα** αερίου έχει πολλαπλή λειτουργία. Καταρχήν κάνει πλήρη διακοπή του αερίου όταν διακοπεί η λειτουργία του καυστήρα κανονικά από τον υδροστάτη ή από κάποια ανωμαλία. Δεύτερον, από αυτήν ρυθμίζεται η ποσότητα του αερίου που θα τροφοδοτήσει τον καυστήρα. Τρίτον, στη φάση της έναυσης ξεκινά με παροχή από 10?40% της ονομαστικής παροχής κατά την επιθυμία μας και, τέλος, έχει μια υδραυλική διάταξη επιβράδυνσης του ανοίγματός της από την παροχή έναυσης μέχρι την παροχή της κανονικής λειτουργίας όπου την ρυθμίσαμε. Αυτή η προοδευτική παροχή αερίου στο ξεκίνημα είναι πολύ σημαντική για να έχουμε ομαλή έναυση σε λέβητες αντίθληξης (πιεστικούς). Κάθε βαλβίδα πρέπει να έχει δύο θέσεις ρύθμισης, μία για την παροχή έναυσης και μία για την πλήρη παροχή



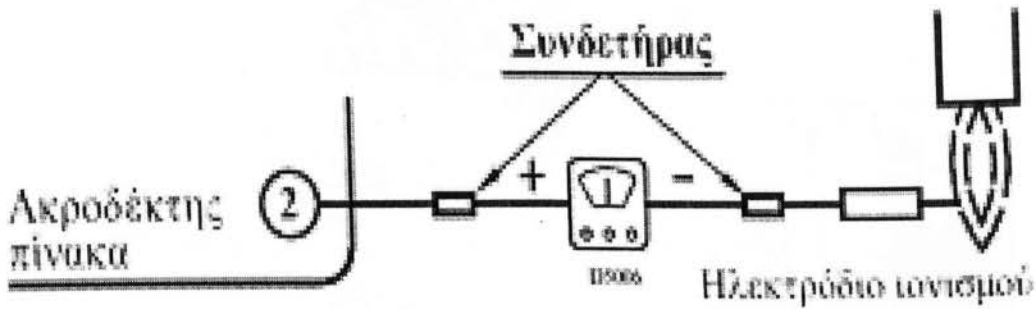
Σχήμα 6.λ. Τα μέρη ενός καυστήρα αερίου

Πηγή: φυλλάδιο της RIELLO

Επεξήγηση Σχεδίου:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. σερβοκινητήρας ελέγχου πεταλούδας αερίου και ντάμπερ αέρος. 2. ρύθμιση σχέσης αέρα - αερίου 3. μπάρες κυλίσεως σώματος καυστήρα 4. ρύθμιση κεφαλής καύσεως καυστήρα 5. κεφαλή καύσεως 6. ηλεκτρόδια 7. φλάντζα στήριξης 8. βαλβίδα αερίου (πεταλούδα) 9. είσοδος αέρα καύσεως 10. κάλυμμα καυστήρα | <ol style="list-style-type: none"> 11. πιεζοστάτης αέρα 12. πίνακας ενδεικτικών λειτουργιών (LP ή STATUS) 13. ρύθμιση κεφαλής καύσεως 14. παρατηρητήριο φλόγας 15. ντάμπερ αέρος 16. ανεμιστήρας με πτερύγια ανεστραμμένα προς τα πίσω 17. ηλεκτρικοί ταχυσύνδεσμοι 18. χειροκίνητοι διακόπτες 1ης και 2ης φλόγας και ON/OFF 19. πίνακας ελέγχου |
|--|---|

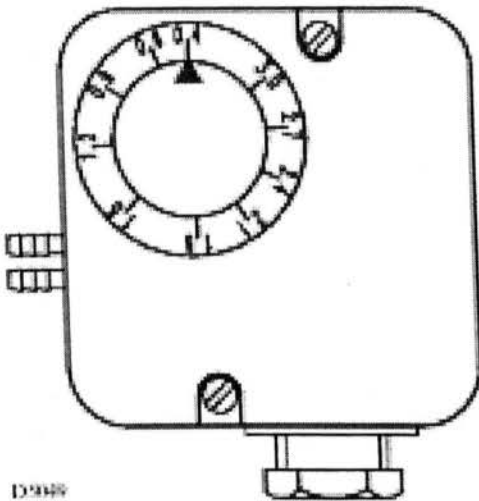
4. Η Ηλεκτρονική συσκευή ελέγχου της φλόγας δεν λειτουργεί με φωτοκύτταρο όπως γίνεται στους καυστήρες πετρελαίου. Στους καυστήρες αερίου η φλόγα δεν είναι πάντα φωτεινή και έτσι δεν μπορούμε να την ελέγξουμε με φωτοκύτταρο. Αντί για φωτοκύτταρο, έχουμε ένα ηλεκτρόδιο ιονισμού που βγαίνει μπροστά από το δίσκο σταθεροποίησης της φλόγας. Εφόσον το ηλεκτρόδιο είναι μέσα σε φλόγα, γίνεται αγώγιμο, λόγω του ιονισμού του καυσαερίου υψηλής θερμοκρασίας. Το ρεύμα που περνάει είναι της τάξης του 1 - 5mA. Εφόσον δεν υπάρχει αυτή η μικρή ροή ρεύματος, η ηλεκτρονική συσκευή διακόπτει τη λειτουργία του καυστήρα και ενεργοποιεί το κόκκινο κουμπί. Για να ξεκινήσει η καύση πρέπει να πιεστεί με το χέρι το κόκκινο κουμπί, και να αρχίσει πλήρης διαδικασία με το πρόγραμμα απόπλυσης της εστίας του λέβητα με καθαρό αέρα, πριν ανοίξει η βαλβίδα του αερίου και ο σπινθηριστής της εναύσεως.



Σχήμα 6.μ. Μέτρηση του ρεύματος ιονισμού

Πηγή: φυλλάδιο της RIELLO

5. Ο **πιεζοστάτης αερίου** ελέγχει την πίεση του αερίου πριν από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, αν η πίεση του δικτύου που είναι χαμηλή, δεν αφήνει τον καυστήρα να ξεκινήσει. Αν για κάποιο λόγο δεν ξεκινήσει ο ανεμιστήρας και ανοίξει ή βαλβίδα του αερίου, υπάρχει ο κίνδυνος να ανάψει το αέριο και η φλόγα να γυρίσει προς το λεβητοστάσιο με κίνδυνο πυρκαγιάς. Για τον λόγο αυτό υπάρχει ένας **πιεζοστάτης του αέρα** που ελέγχει τη λειτουργία του κινητήρα και διακόπτει τη διαδικασία καύσης, αν δεν έχει αρκετή πίεση ο αέρας προς την κεφαλή καύσης



Σχήμα 6.ν. Πιεζοστάτης αερίου

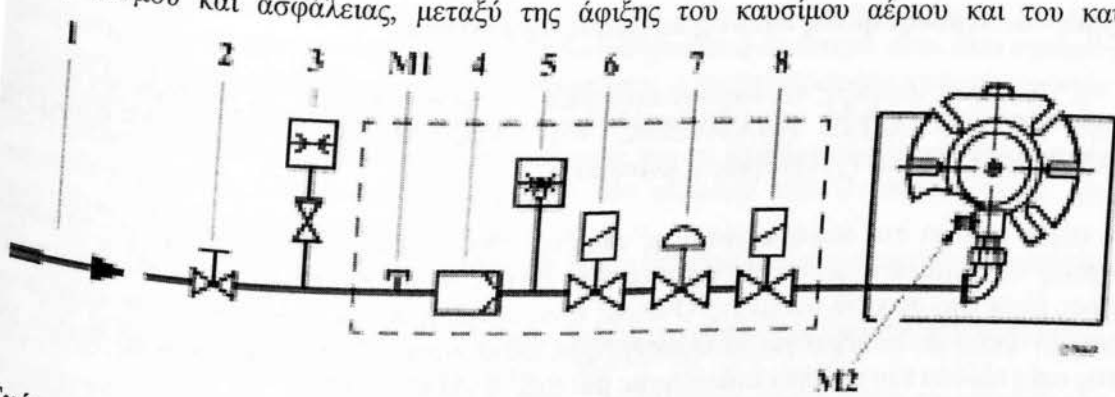
Πηγή: φυλλάδιο της RIELLO

6. Ο **Ρυθμιστής της παροχής του αέρα** στην είσοδο του ανεμιστήρα του τάμπερ ελέγχει την ποσότητα του αέρα που αναρροφά ο ανεμιστήρας, έτσι που να είναι αντίστοιχος με την ποσότητα του αερίου. Ο έλεγχος γίνεται με τη μέτρηση του CO_2 ή του O_2 στα καυσαέρια ($CO_2 = 8 - 10\%$ για το αέριο της ΕΠΑ).
7. Το **Σώμα του καυστήρα** είναι συνήθως από χυτό αλουμίνιο και διαιρούμενο έτσι ώστε να εξυπηρετείται η συντήρηση του καυστήρα εύκολα. Πρέπει να είναι εύκολη η εξαγωγή του ακροφυσίου του αερίου για την επιθεώρησή του.
8. Το **σύστημα έναυσης του αερίου** αποτελείται από το ηλεκτρόδιο Υ.Τ. και μετασχηματιστή Υ.Τ. (230/5000 V) και οδηγείται από την ηλεκτρονική συσκευή ελέγχου της φλόγας.
- **Σύνδεση καυστήρα προς το δίκτυο αερίου.**

Η σύνδεση του καυστήρα προς το δίκτυο γίνεται με γαλβανισμένο σωλήνα και μεταλλικά ρακόρ. Το σύστημα παροχής αερίου (ράμπα) αποτελείται από:

- α. Διακόπτη παροχής (κωνικό, μεταλλικό)
- β. Φίλτρο αέρα
- γ. Σταθεροποιητή της πίεσεως του αερίου.

Η σύνδεση του καυστήρα με την παροχή αερίου, γίνεται μόνο με μεταλλικούς σωλήνες, όχι εύκαμπτους, από χαλκό ή γαλβανισμένο χάλυβα. Τα ρακόρ σύνδεσης πρέπει να είναι μεταλλικής επαφής, χωρίς ελαστικά παρεμβάσματα. Όπως και ο γενικός διακόπτης της παροχής. Η παροχή περιέχει ένα ειδικό για αέριο φίλτρο και έναν σταθεροποιητή της πίεσης, έτσι ώστε οι διακυμάνσεις της πίεσης στο δίκτυο να μην επηρεάζουν την αναλογία αέρα-αερίου, την ποιότητα της καύσης και το βαθμό απόδοσης. Οι κατασκευαστές δίδουν αναλυτικά σχέδια στα οποία προτείνουν σειρά οργάνων μετρήσεων, αυτοματισμού και ασφάλειας, μεταξύ της άφιξης του καυσίμου αερίου και του καυστήρα.



Σχήμα 6.ξ. Σύστημα έναυσης του αερίου
 Πηγή: φυλλάδιο της RIELLO

Επεξήγηση Σχεδίου:

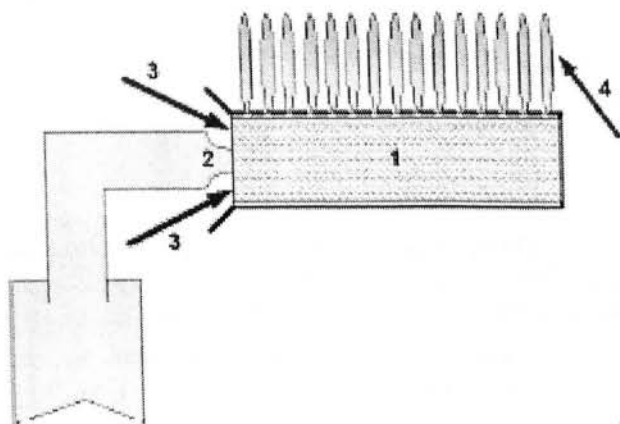
- | | |
|--|--|
| 1. Αγωγός παροχής αερίου | 6. Βαλβίδα ασφαλείας |
| 2. Χειροκίνητη βάνα (με ευθύνη του εγκαταστάτη) | 7. Σταθεροποιητής πίεσης |
| 3. Μανόμετρο πίεσης αερίου (με ευθύνη του εγκαταστάτη) | 8. Βαλβίδα ρύθμισης |
| 4. Φίλτρο | M1. Σημείο για την μέτρηση της πίεσης τροφοδοσίας |
| 5. Πιεζοστάτης αερίου | M2. σημείο για την μέτρηση της πίεσης στην κεφαλή. |

Ατμοσφαιρικοί καυστήρες αερίου

Ατμοσφαιρικοί διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο προσαγωγής του αέρα καύσης σε:

Ατμοσφαιρικούς καυστήρες αερίου (χωρίς ανεμιστήρα)

Αυτούς καυστήρες αυτούς η καύση διεξάγεται σε ένα θάλαμο καύσης στον οποίο επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση ή πολύ μικρή υποπίεση. Ο ατμοσφαιρικός αέρας για την καύση εισάγεται στο θάλαμο καύσης λόγω της θερμικής ανώσεως, που δημιουργείται από τη διάφορα βάρους των θερμών αερίων και του ατμοσφαιρικού αέρα. Χρησιμοποιούνται σε λέβητες μικρής έως μεσαίας ισχύος. Η κατασκευή στηρίζεται σε μια ενιαία λογική.



Σχήμα 6.ο. Ατμοσφαιρικός καυστήρας (χωρίς ανεμιστήρα)

1. Σωλήνας ανάμιξης 2. Ακροφύσιο αερίου 3. Πρωτεύον αέρας 4. Δευτερεύον αέρας
 Πηγή: ΟΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΕΡΙΟΥ, Παναγιώτης Φαντάκης

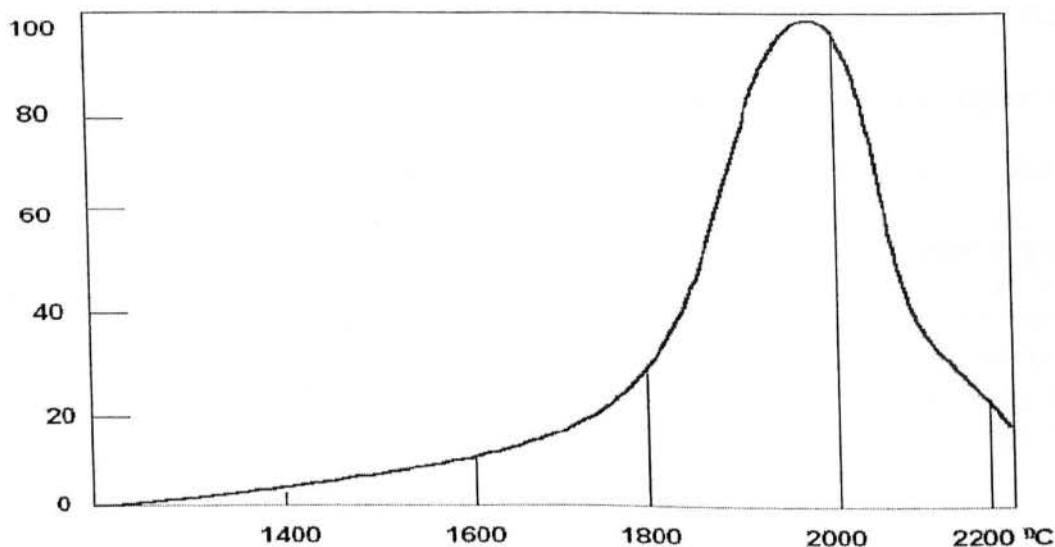
Το αέριο μπαίνει στο σωλήνα ανάμιξης από ένα ειδικά διαμορφωμένο ακροφύσιο το οποίο δίνει μεγάλη ταχύτητα στο αέριο. Η ταχύτητα που έχει το αέριο γίνεται αιτία να συμπαρασυρθεί και αέρας μέσα στο σωλήνα ανάμιξης. Ο αέρας αυτός ονομάζεται πρωτεύον αέρας και είναι αυτός που αναμειγνύεται με το αέριο για να δημιουργηθεί καυσιγόνο μίγμα. Το μίγμα αέρα-αερίου καίγεται στις οπές εξόδου του σωλήνα ανάμιξης με μια απαλή γαλάζια φλόγα.

Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με τη φλόγα δίνει το υπόλοιπο οξυγόνο που απαιτείται για να έχουμε τέλεια καύση. Ο αέρας αυτός ονομάζεται δευτερεύον αέρας.

Το μέγεθος του ακροφυσίου παροχής αερίου, καθώς και ο αριθμός και το μέγεθος των οπών του καυστήρα καθορίζονται από τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου και την ισχύ του καυστήρα.

Λόγω του γεγονότος ότι η καύση γίνεται με μορφή πολλών μικρών φλογών, έχει σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασία του πυρήνα της φλόγας να είναι σχετικά χαμηλή και έτσι η δημιουργία οξειδίων του αζώτου (NO_x) να είναι σε χαμηλά επίπεδα.

Σημαντικό πλεονέκτημα των ατμοσφαιρικών καυστήρων, είναι η εντελώς αθόρυβη λειτουργία τους, λόγω ότι δεν υπάρχουν κινητήρες ή άλλα κινούμενα μέρη. Αυτό τους κάνει ιδανικούς για συσκευές αερίου που τοποθετούνται μέσα στο σπίτι.



Διάγραμμα 6.α. Θερμοκρασία φλόγας καυστήρα (°C) - Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Παρατηρούμε ότι τη μέγιστη παραγωγή NO_x την έχουμε σε θερμοκρασίες καύσης από 1.800-2.200 °C. Αν καταφέρουμε να μειώσουμε τη θερμοκρασία του πυρήνα της φλόγας κάτω από τους 1.800°C, ή να την αυξήσουμε πάνω από τους 2.200, τα επίπεδα των NO_x γίνονται αποδεκτά.

Πηγή: ΟΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΕΡΙΟΥ, Παναγιώτης Φαντάκης

- **καυστήρες αερίου με ανεμιστήρα**

Σε αυτούς όλος ο αέρας καύσης παρέχεται από κατάλληλο ανεμιστήρα. Χρησιμοποιούνται ισχείς μεγαλύτερες από 50 kW, επειδή για μικρότερα μεγέθη είναι αντικοινομικοί, λόγω ακριβότερων οργάνων ασφαλείας και ρύθμισης. Η ύπαρξη του ανεμιστήρα καθιστά δυνατή την καλή ανάμιξη του αέρα με το καύσιμο αέριο μέσα στην κεφαλή του καυστήρα, με την ελάχιστη απαιτούμενη περίσσεια αέρα (15% σύμφωνα με διεθνή πρότυπα). Λόγω της μικρής περίσσειας αέρα, της καλής ανάμιξης και του στροβιλισμού έχουμε υψηλές πυκνότητες ενέργειας και επιθυμητό καθορισμό της μορφής της φλόγας. Επίσης έχουμε τη δυνατότητα ρύθμισης της ισχύος λόγω της δυνατότητας ρύθμισης των παροχών αερίου και αέρα. Οι καυστήρες με ανεμιστήρα είναι όλοι σχεδιασμένοι για λειτουργία με υπερπίεση. Στους λέβητες υπερπίεσης ο ανεμιστήρας του καυστήρα, εκτός από την αναρρόφηση του αέρα καύσης και την σταθεροποίηση της φλόγας, αναλαμβάνει και την υπερνίκηση των αντιστάσεων στο θάλαμο καύσης και τα κανάλια συναγωγής των καυσαερίων. Η καπνοδόχος απλώς απάγει τα καυσαέρια με τον ελκυσμό της. Οι καυστήρες με ανεμιστήρα αποτελούνται από τρεις ομάδες στοιχείων:

- i) Τον ανεμιστήρα με τον κινητήρα και τη διάταξη στραγγαλισμού για τη ρύθμιση της παροχής αέρα
- ii) Την κεφαλή ανάμιξης με το φλογοσωλήνα, τα ακροφύσια και τη διάταξη στροβιλισμού
- iii) Τις διατάξεις ρύθμισης, έναυσης και ασφαλείας

Υπάρχουν καυστήρες στους οποίους όλα τα μέρη σχηματίζουν ενιαίο σώμα και ονομάζονται καυστήρες Monoblock.

- **Είδη Ατμοσφαιρικών Καυστήρων**

Χρησιμοποιούνται στην περιοχή χαμηλών πιέσεων για οικιακές και βιοτεχνικές συσκευές. Οι καυστήρες αυτοί είναι απλοί στην κατασκευή, αθόρυβοι και η δημιουργία μίγματος καυσίμου/αέρα καύσης γίνεται με φυσικό τρόπο χωρίς κινητά μέρη. Η ρύθμιση της ισχύος γίνεται με τον στραγγαλισμό της ροής αερίου, ενώ η αναρροφούμενη ποσότητα αέρα αυτορυθμίζεται. Υπάρχουν δύο ειδών ατμοσφαιρικοί καυστήρες:

➤ **Ο καυστήρας διάχυσης**
Τους καυστήρες διάχυσης η ανάμιξη γίνεται, αφού το φυσικό αέριο εξέρχεται από το μπέκ με υψηλή ταχύτητα σε αργά κινούμενο αέρα. Χαρακτηρίζεται απ' το ότι δεν υπάρχει προανάμιξη αερίου και αέρα, αλλά ο αέρας καύσης αναρροφάται απ' το περιβάλλον με διάχυση. Δεν έχει εφαρμογή στην θέρμανση και δεν θα εχοληθούμε περαιτέρω.

➤ **Ο καυστήρας έγχυσης**
Τός ο τύπος καυστήρα, γνωστός και ως καυστήρας Bunsen, χαρακτηρίζεται από προανάμιξη αερίου/αέρα. Ο καυστήρας αναρροφά τον αέρα καύσης σε δύο στάδια. Ένα μέρος του αέρα καύσης, ο πρωτεύων αέρας, αναρροφάται από το εξερχόμενο από το ακροφύσιο αέριο (εκτόνωση) για δημιουργία υποπίεσης), ενώ το υπόλοιπο, ο δευτερεύων αέρας, αναρροφάται με διάχυση βοηθούμενη από άνωση, η οποία δημιουργείται λόγω της διαφοράς πυκνοτήτων καυσαερίων αέρα. Έτσι προκύπτει μια μικρότερη και εντονότερη φλόγα, λόγω μικρότερης περίσσειας αέρα καύσης. Συνήθως κατασκευάζονται ατμοσφαιρικοί καυστήρες ελάχιστης θερμικής ισχύος 50 W, καθώς μικρότερες φλόγες κινδυνεύουν να σβήσουν λόγω ψύξης από τις κινήσεις του αέρα. Οι καυστήρες έναυσης έχουν θερμική φόρτισης 100 ως 200 W.

6.4. Εκλογή Καυστήρα

Στην εκλογή του καυστήρα ο υπολογισμός αφορά το ύψος της παροχής καυσίμου που πρέπει να έχει αυτός και το οποίο πρέπει να είναι ικανό να παρέχει την απαραίτητη θερμότητα στον λέβητα, ώστε να γίνεται ικανός να καλύψει τις ανάγκες της εγκατάστασης.

Είναι λοιπόν αναγκαία η γνώση της κατώτερης θερμογόνου δύναμης του καυσίμου (H_u), του βαθμού απόδοσης της καύσης, καθώς και του βαθμού απόδοσης της καύσης, καθώς και του βαθμού απόδοσης της μεταφοράς θερμότητας στο νερό από τις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του λέβητα.

Οι καυστήρες επιλέγονται με βάση την ισχύ του λέβητα.

Η παροχή καυσίμου καθορίζεται για την περίπτωση του «πετρελαίου» από τη σχέση:

$$w = \frac{Q_\lambda}{n \cdot H_u} \quad \frac{kg}{h}$$

όπου w : Η ωριαία κατανάλωση καυσίμου (kcal/kg)
 n : ο ολικός βαθμός απόδοσης για το λέβητα από 0,7 – 0,9
 H_u : Η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου (kcal/kg)

Μπορεί για λόγους ευκολίας και με αρκετή ακρίβεια να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω προσεγγιστική σχέση:

$$w = \frac{Q_\lambda}{38000} \quad \frac{kg}{h}$$

όπου Q_λ : Η θερμική απόδοση του λέβητα σε (kcal/h)

Κεφάλαιο 7^ο: Υπολογιστικό Μέρος

1. Ενεργειακές απαιτήσεις

αντικατάσταση του λέβητα που θα μελετήσουμε αφορά το λέβητα πετρελαίου ενός νταπόροφου κτιρίου το οποίο βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας. Το κτίριο αυτό έχει συνολικά πέντε διαμερίσματα των οποίων η επιφάνεια και οι απαιτήσεις αναγράφονται στο παρακάτω πίνακα.

| Όροφος | Διαμέρισμα | Επιφάνεια (m ²) | Απαιτήσεις για θέρμανση σε kCal/h | Απαιτήσεις για θέρμανση σε kW |
|--------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Α | A1 | 73,19 | 6646 | 7,70936 |
| | A2 | 44,91 | 3682 | 4,27112 |
| Β | B1 | 73,19 | 6646 | 7,70936 |
| | B2 | 44,91 | 3682 | 4,27112 |
| Γ | Γ1 | 73,19 | 6646 | 7,70936 |
| | Γ2 | 44,91 | 3682 | 4,27112 |
| Δ | Δ1 | 94,41 | 8846 | 10,26136 |
| Ε | Ε1 | 63,33 | 6271 | 7,27436 |
| Σύνολο | | | 46010 | 53,47716 |

Οι απαιτήσεις του κάθε διαμερίσματος σε θερμότητα έχουν υπολογιστεί και τις έχουμε πάρει από το κατακόρυφο διάγραμμα της μελέτης θέρμανσης και από το αξονομετρικό διάγραμμα καυσίμου κτιρίου (και τα δύο διαγράμματα βρίσκονται στο παράρτημα). Έτσι σύμφωνα με τα δύο αυτά διαγράμματα συλλέξαμε πληροφορίες για την ισχύ και τη κατανάλωση καυσίμου για τον λέβητα πετρελαίου και το αντίστοιχο φυσικού αερίου.

Οι συνολικές απαιτήσεις σε θέρμανση του κτιρίου είναι:

$$Q_{0\lambda} = 46010 \text{ kcal/h} \text{ ή } Q_{0\lambda} = 53,48 \text{ kW}$$

2. Υπολογισμός παροχής καυσίμου - Επιλογή λεβήτων

Για την επιλογή λέβητα πρέπει να γίνει προσαύξηση 30% για να καλυφθούν τυχόν αστοχίες υλικού λάθι κατά τον υπολογισμό.

Επομένως, πολλαπλασιάζουμε τις συνολικές απαιτήσεις θέρμανσης του κτιρίου επί 1,3. Δηλαδή η συνολική ισχύς του λέβητα θα είναι:

$$Q_{\lambda} = 53,78 * 1,3 \Rightarrow Q_{\lambda} = 69,5 \text{ kW} \text{ ή}$$

$$Q_{\lambda} = 46010 * 1,3 \Rightarrow Q_{\lambda} = 59813 \text{ kcal/h}$$

Επομένως το κτίριο που θα μελετήσουμε για να καλύψει τις ανάγκες σε θέρμανση απαιτεί έναν λέβητα ισχύος 69,5 kW ή 59813 kcal/h πετρελαίου που επιλέξαμε βρίσκεται σε ένα τεχνικό φυλλάδιο μιας εταιρίας που παρέχει λέβητες και τμήμα αυτού φαίνεται παρακάτω.



| Μέγεθος | | 52 | 64 | 78 | 95 |
|-----------|----|------|------|------|------|
| Μεγ. ύψος | mm | 1111 | 1111 | 1111 | 1111 |
| Πλάτος | mm | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Μήκος | mm | 787 | 907 | 1027 | 1147 |
| Βάρος | Kg | 227 | 272 | 317 | 362 |

Διάμετρος μπούκας της πόρτας του G215 είναι 112 mm.
Μονο κατόπιν παραγγελίας G215-95kW 130 mm.

| | Μέγεθος | Θερμική ισχύς [kcal/h] | Στοιχεία | Κωδικός | Τιμή € |
|---|-------------------|------------------------|------------|----------|--------|
| G215 WS θεμένος* | 52 | 44.720 | 4 | 30008357 | 1.800 |
| | 64 | 55.040 | 5 | 30008358 | 2.050 |
| | 78 | 67.080 | 6 | 30008359 | 2.350 |
| | 95 | 81.700 | 7 | 30009989 | 2.600 |
| G215 WS λυμένος* | 78 | 67.080 | 6 | 30008537 | 2.300 |
| | 95 | 81.700 | 7 | 30009968 | 2.550 |
| | Περιγραφή | | Κωδικός | Τιμή € | |
| *Ο λέβητας πρέπει να ελέγχεται υποχρεωτικά με πίνακα της σειράς Logamatic | Logamatic R 2101 | | 30000739GR | 230 | |
| | Logamatic R 2109 | | 30005687 | 320 | |
| | Logamatic R 2107 | | 30005456 | 460 | |
| | Logamatic R 2107M | | 30005476 | 540 | |
| | Logamatic R 4211 | | 30006370 | 1.200 | |

Απ' το άνωθεν τεχνικό φυλλάδιο βλέπουμε τυποποιημένους λέβητες που εμπορεύεται η εταιρεία Buderous. Ο λέβητας που προέκυψε απ' τη μελέτη πρέπει να 'χει θερμική ισχύ $Q_{\Lambda} = 59813 \text{ kcal/h}$. Άρα ο τυποποιημένος λέβητας που θα επιλέξουμε είναι ο **G215 WS 78** με ισχύ $Q_{\Lambda} = 67080 \text{ kcal/h} \approx 65,5 \text{ kW}$.

Από την ίδια εταιρία θα επιλέξουμε και έναν **καυστήρα πετρελαίου**. Από το αντίστοιχο τεχνικό φυλλάδιο για **καυστήρα πετρελαίου** θα βρούμε την **ωριαία παροχή του καυσίμου**. Σύμφωνα με τη θερμική ισχύ του λέβητα που επιλέξαμε προκύπτει η **ωριαία παροχή του πετρελαίου (m_k) σε kg/h** ως εξής:

$$m_k = Q_{\Lambda} / (n * Hu_1) \Rightarrow$$

$$m_k = 67080 \text{ (kcal/h)} / (0,94 * 10200) \text{ (kcal/kg)} \Rightarrow$$

$$m_k = 67080 \text{ (kcal/h)} / 9588 \text{ (kcal/kg)} \Rightarrow$$

$$m_k = 6,9 \text{ kg/h}$$

Αν θέλουμε την **ωριαία παροχή (m_k) σε lt/h** λειτουργούμε ως εξής:

Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης είναι $Hu_1 = 10200 \text{ kcal/kg}$. Η πυκνότητα του πετρελαίου γνωρίζουμε πως είναι $\rho = 0,827 \text{ kg/lt}$. Πολλαπλασιάζοντας την πυκνότητα του πετρελαίου με τη θερμογόνο προκύπτει η θερμογόνος δύναμη ανά λίτρο:

$$Hu_2 = Hu_1 * \rho \Rightarrow$$

$$Hu_2 = 10200 \text{ (kcal/kg)} * 0,827 \text{ (kg/lt)}$$

$$Hu_2 = 8435,4 \text{ kcal/lt}$$

Απ' την αντίστοιχη θερμική ισχύς του επιλεγμένου λέβητα δια τη θερμογόνο $Hu_2 = 8435,4 \text{ kcal/lt}$ προκύπτει η **ωριαία κατανάλωση πετρελαίου (m_k) σε lt/h**:

$$m_k = Q_{\Lambda} / (n * Hu_2) \Rightarrow$$

$$m_k = 67080 \text{ (kcal/h)} / [0,94 * 8435,4 \text{ (kcal/l)}] \Rightarrow$$

$$m_k = 67080 \text{ (kcal/h)} / [7929,276 \text{ (kcal/l)}]$$

$$m_k \approx 8,5 \text{ lt/h}$$

Βuderus καυστήρας πετρελαίου Logatop LE-A



| Περιγραφή | Θερμική ισχύς [kW] | Θερμική ισχύς [kcal/h] | Εργαστ. Ρύθμιση [kW] | Παροχή [kg/h] | Μπεκ | Κωδικός | Τιμή € |
|------------------|--------------------|------------------------|----------------------|---------------|--------------|----------|--------|
| Logatop LE-A 1.0 | 22-45 | 18.920 - 38.700 | 30 | 1,8-3,8 | 0,80gph 45°H | 30007122 | 470 |
| Logatop LE-A 2.0 | 37-65 | 31.820 - 55.900 | 50 | 3,1-5,5 | 1,00gph 45°H | 30007123 | 470 |
| Logatop LE-A 3.0 | 47-120 | 40.420 - 103.200 | 105 | 7,91 | 2,50gph 60°G | 30007128 | 600 |
| Logatop LE-A 4.0 | 71-140 | 61.060 - 120.400 | 125 | 8,0-12,0 | 3,00gph 60°H | 30007129 | 650 |

ε βάση τις απαιτήσεις θέρμανσης που έχουμε ο καυστήρας που χρειαζόμαστε είναι ο **Logatop LE-A 3.0** με παροχή καυσίμου $m = 7,91 \text{ kg/h}$ και θερμική ισχύ του καυστήρα μεταξύ **40.420 - 103.200 kcal/h**. Άρα για 46010 kcal/h η κατανάλωση καυσίμου θα είναι 4,5 kg/h. Βαθμός απόδοσης του συγκεκριμένου λέβητα είναι 94% με βάση το τεχνικό φυλλάδιο.

Λέβητας φυσικού αερίου που θα επιλέξουμε απ' το τεχνικό φυλλάδιο βρήκαμε παραπάνω ότι έχει να 'χει θερμική ισχύ $Q_L = 59813 \text{ kcal/h}$. Απ' τον παρακάτω πίνακα επιλέγουμε τον Logano 34 με θερμική ισχύ (δυναμικότητα) 61060 kcal/h για να καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις. Ο συγκεκριμένος λέβητας έχει βαθμό απόδοσης 92% σύμφωνα με το τεχνικό φυλλάδιο.



Bosch Thermotechnik GmbH

Logano G334

Λέβητας με προεγκατεστημένο ατμοσφαιρικό καυστήρα φυσικού αερίου. Ο καυστήρας μπορεί να λειτουργήσει και με υγραέριο και είναι σχεδόν αθόρυβος. Ο βαθμός απόδοσης φτάνει το 92%.

| Δυναμικότητα | Διαστάσεις (mm) | Βάρος, χιλγ. | Τιμή χωρίς ΦΠΑ |
|-------------------------|---------------------|--------------|----------------|
| 61.060 kcal/h (71 kW) | 750 x 880 x 1.264 | 344 | 3.790 € |
| 77.400 kcal/h (90 kW) | 775 x 1.060 x 1.264 | 422 | 4.090 € |
| 94.600 kcal/h (110 kW) | 800 x 1.240 x 1.264 | 496 | 4.530 € |
| 111.800 kcal/h (130 kW) | 800 x 1.420 x 1.264 | 572 | 6.660 € |

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο δικός τους πίνακας ελέγχου

| Πίνακας | Περιγραφή | Τιμή χωρίς ΦΠΑ |
|-----------------|-------------------|----------------|
| Logamatic 2101 | ΜΚ, ΚΘ | 230 € |
| Logamatic 2107 | ΜΚ, ΚΘ, Μ, Α | 460 € |
| Logamatic 2109 | ΜΚ, ΚΘ, Μ | 320 € |
| Logamatic 2107M | ΜΚ, ΚΘ, Μ, Α, ΚΘΤ | 540 € |
| Logamatic 4211 | ΜΚ, ΔΚ, Μ, Α, ΚΘ | 1.200 € |

ΜΚ: Μονοβάθμιος καυστήρας, ΚΘ: Κύκλωμα θέρμανσης, Μ: Μπόιλερ, Α: Ανακυκλοφορία, ΚΘΤ: Κύκλωμα θέρμανσης με τρίοδη βάνα (για ενδοδαπέδια θέρμανση), ΔΚ: Διβάθμιος καυστήρας.

Υπάρχουν πρόσθετες πλακέτες για τους παραπάνω πίνακες

| Πλακέτα | Πίνακας | Δυνατότητες |
|---------|---------------------------------|----------------|
| FM241 | Logamatic 2107 | ΚΘΤ |
| FM242 | Logamatic 2107, Logamatic 2107M | ΔΚ |
| FM244 | Logamatic 2107, Logamatic 2107M | Ηλιακό σύστημα |
| FM442 | Logamatic 4211 | 2 ΚΘΤ |
| FM443 | Logamatic 4211 | Ηλιακό σύστημα |

Η ωριαία κατανάλωση φυσικού αερίου του επιλεγμένου λέβητα θα είναι:

$$Q = n \cdot m \cdot H_u \Rightarrow$$

$$m = Q / (n \cdot H_u) \Rightarrow$$

$$m = 71 \text{ kW} / (0,92 \cdot 11,2 \text{ kWh/m}^3) \Rightarrow$$

$$m = 6,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

όπου:

Q : η ισχύς του λέβητα $\approx 71 \text{ kW}$

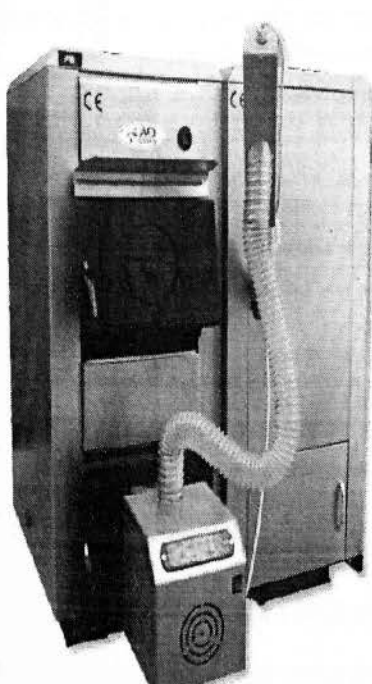
n : ο βαθμός απόδοσης = 0,92

m : κατανάλωση καυσίμου σε m^3/h

H_u : η θερμογόνοση του καυσίμου 11,2 kWh/m³

Λύνοντας ως προς τη κατανάλωση καυσίμου έχουμε **m=6,8 m³/h.**

Η κατανάλωση καυσίμου του λέβητα βιομάζας καθώς και ο λέβητας που θα χρησιμοποιηθεί υπολογιστικέ με βάση ένα τεχνικό φυλλάδιο το οποίο έχει λέβητες βιομάζας και μέρος αυτού φαίνεται παρακάτω:



ADGREEN 10-350

ΛΕΒΗΤΑΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΠΕΛΛΕΤ

| ΜΟΝΤΕΛΟ-KW | ΔΕΞ. ΚΑΥΣ. | ΤΙΜΗ B-ECO | ΤΙΜΗ-ECO | ΤΙΜΗ-SP |
|-------------|------------|------------|-----------|------------|
| ADGREEN-25 | 300 ΚΙΛΑ | 4.145,00€ | 4.885,00€ | 5.170,00€ |
| ADGREEN-35 | 300 ΚΙΛΑ | 4.286,00€ | 5.026,00€ | 5.311,00€ |
| ADGREEN-45 | 300 ΚΙΛΑ | 4.516,00€ | 5.256,00€ | 5.541,00€ |
| ADGREEN-55 | 300 ΚΙΛΑ | | 5.467,00€ | 5.752,00€ |
| ADGREEN-70 | 300 ΚΙΛΑ | | | 7.887,00€ |
| ADGREEN-90 | 300 ΚΙΛΑ | | | 8.366,00€ |
| ADGREEN-110 | 300 ΚΙΛΑ | | | 8.966,00€ |
| ADGREEN-130 | 300 ΚΙΛΑ | | | 9.245,00€ |
| ADGREEN-150 | 300 ΚΙΛΑ | | | 9.916,00€ |
| ADGREEN-200 | 300 ΚΙΛΑ | | | 16.500,00€ |
| ADGREEN-250 | 2X300 ΚΙΛΑ | | | 18.600,00€ |
| ADGREEN-350 | 2X300 ΚΙΛΑ | | | 19.150,00€ |

Ο λέβητας εμπορίου που χρησιμοποιούμε θα έχει ισχύ: $Q_{\Lambda} = 70 \text{ kW}$ ή $Q_{\Lambda} = 60200 \text{ kcal/h}$, απ' τη στιγμή που ο λέβητας που προέκυψε ότι πρέπει να 'χω απ' τη μελέτη είναι $Q_{\Lambda} = 69,5 \text{ kW}$.

Δεδομένου ότι $1 \text{ kW} = 860 \text{ Kcal/h}$ συνεπάγεται ότι η ισχύς του λέβητα pellet θα είναι:

$70 \text{ kW} = 60200 \text{ kcal/h}$.

Η παροχή του καυσίμου (pellet) στο λέβητα βιομάζας είναι:

$$Q = \eta * m * H_u \Rightarrow$$

$$m = Q / (\eta * H_u) \Rightarrow$$

$$m = 70 \text{ kW} / (0,91 * 4,9 \text{ KWh/m}^3) \Rightarrow$$

$$m \approx 15,7 \text{ kg/h}$$

όπου

Q : η ισχύς του λέβητα = 70 kW

η : ο βαθμός απόδοσης = 0.91

m : κατανάλωση καυσίμου σε Kg/h

H_u : η θερμογόνο του καυσίμου 4,9 kWh/kg

Λύνοντας ως προς τη κατανάλωση καυσίμου όπως φαίνεται πάνω έχουμε $m = 15,7 \text{ kg/h}$

7.3. Υπολογισμός κόστους καυσίμων

Για να υπολογίσουμε το κόστος του κάθε καυσίμου κάναμε τη παραδοχή ότι η εγκατάσταση θα λειτουργεί 6 μήνες το χρόνο και συνολικά 1778 ώρες το έτος. Παρακάτω φαίνονται οι μήνες και οι ώρες που θα λειτουργεί το σύστημα.

| Μήνας | Ποσοστό Μήνα % | Ώρες/ Ημέρα | Ημέρες/Μήνα | Ώρες/Μήνα |
|-------------|----------------|-------------|-------------|-----------|
| Ιανουάριος | 100 | 12 | 31 | 372 |
| Φεβρουάριος | 100 | 12 | 30 | 360 |
| Μάρτιος | 100 | 8 | 31 | 248 |
| Απρίλιος | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|-------------|-----|----|---------------|-------------|
| Μάιος | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ιούνιος | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ιούλιος | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 100 | 6 | 31 | 186 |
| Νοέμβριος | 100 | 8 | 30 | 240 |
| Δεκέμβριος | 100 | 12 | 31 | 372 |
| | | | ΣΥΝΟΛΟ | 1778 |

Σε ότι αφορά το λέβητα πετρελαίου έχουμε:

Τα κιλά πετρελαίου που καταναλώνονται ανά έτος υπολογίζονται ως εξής:

Κιλά πετρελαίου= παροχή καυσίμου* ώρες ανά έτος

Κιλά πετρελαίου= 6,9 kg/h*1778 h = **12.268,2 kg/έτος** ή

Λίτρα πετρελαίου = 8,5 lt/h*1778 h = **15.113 lt/έτος**

Εναλλακτικά, γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα του καυσίμου είναι 0,827 kg/lit επομένως:

$$0,827 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ lit}$$

$$12268,2 \text{ kg} \rightarrow x$$

$$x \approx 14834,58 \text{ lit} \Rightarrow$$

Λίτρα πετρελαίου \approx **14834,58 lit/έτος**

Το ετήσιο κόστος του πετρελαίου θέρμανσης (Κ) είναι :

$$E.K_{\text{πετρελ}} = \text{lt πετρελαίου το χρόνο} * \text{τιμή πετρελαίου } \text{€ /lt} \Rightarrow$$

$$E.K_{\text{πετρελ}} = 15.113 \text{ lt/έτος} * 1,03066 \text{ € /lt} \Rightarrow$$

$$E.K_{\text{πετρελ}} = \mathbf{15.576,36 \text{ € /έτος}}$$

Η ενέργεια που θα έχουμε καταναλώσει θα είναι: θερμογόνος καυσίμου* κιλά καυσίμου
Άρα:

Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου είναι: 10200 kcal/kg.

Η πυκνότητα του πετρελαίου είναι: 0,827 kg/lit. Απ' αυτά προκύπτει:

$$\Theta.\Delta_{\text{πετρ}} = 10200 \text{ kcal/kg} * 0,827 \text{ kg/lit} \Rightarrow \Theta.\Delta_{\text{πετρ}} = 8435,4 \text{ kcal/lit}$$

$$1 \text{ kWh} \rightarrow 859,84 \text{ kcal}$$

$$x \text{ (kWh/lit)} \rightarrow 8435,4 \text{ kcal/lit}$$

$$x = (8435,4 \text{ (kcal/lit)} / 859,84 \text{ kcal}) * 1 \text{ kWh} \Rightarrow$$

$$x = \mathbf{9,81 \text{ kWh/lit}} \text{ η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου}$$

Η ετήσια ενέργεια του πετρελαίου θέρμανσης ανά έτος προκύπτει:

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = \text{Hu} * \text{m} \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = 9,81 \text{ kWh/lit} * 15113 \text{ lt/έτος} \Rightarrow$$

$$\mathbf{\text{Ετήσια Ενέργεια} = 148.258,53 \text{ kWh/έτος}}$$

Το κόστος του πετρελαίου ανά kWh (€/ kWh) προκύπτει:

$$\text{Κόστος πετρελαίου} = 15.576,36 \text{ (€ /έτος)} / 148.258,53 \text{ (kWh/έτος)} \Rightarrow$$

$$\mathbf{\text{Κόστος πετρελαίου} \approx 0,105 \text{ € / kWh}}$$

Για τον λέβητα φυσικού αερίου

Τα κυβικά μέτρα φυσικού αερίου ανά έτος υπολογίζονται ως εξής:

Κυβικά μέτρα φυσικού αερίου = παροχή καυσίμου * ώρες ανά έτος

$$\text{Κυβικά μέτρα φυσικού} = 6,8 * 1778 \Rightarrow$$

$$\text{Κυβικά μέτρα φυσικού} = 12090,4 \text{ m}^3/\text{έτος}$$

Η ενέργεια που θα έχουμε καταναλώσει σε ένα χρόνο θα είναι:

Ετήσια Ενέργεια = θερμογόνος φυσικού αερίου * κυβικά μέτρα καυσίμου

Η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου είναι: **11,145 kWh/m³**. Άρα προκύπτει:

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = 12090,4 \text{ m}^3/\text{έτος} * 11,145 \text{ kWh/m}^3 \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = 134747,508 \text{ kWh/έτος}$$

Το κόστος €/ kWh προκύπτει με βάση το τιμολόγιο της εταιρεία παροχής αερίου και είναι 0,07684 €/ kWh.

Το ετήσιο κόστος του καυσίμου είναι:

$$\text{Ε.Κ.} = 134747,508 \text{ kWh/έτος} * 0,07684 \text{ €/ kWh} \Rightarrow$$

$$\text{Ε.Κ.Φ.Α} = 10353,99 \text{ €/έτος}$$

Το μήνα με βάση την εγκατεστημένη ισχύ πρέπει να πληρώνουμε ένα πάγιο το οποίο στη περίπτωση μας είναι:

$$11,38 \text{ €/διμήνο} = 68,28\text{€ το χρόνο πάγιο}$$

Συνολικά για αέριο πρέπει να πληρώνουμε:

$$\Sigma.\text{Κ.} = 10353,99 + 68,28 \Rightarrow$$

$$\Sigma.\text{Κ.Φ.Α} = 10422,28 \text{ €/ έτος}$$

Τελικά το κόστος του φυσικού αερίου ανά kWh (€/kWh) προκύπτει:

$$\text{Κόστος Φ.Α.} = 8038,86 \text{ €/}104619,3 \text{ kWh} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος Φ.Α.} = 0,07741 \text{ €/kWh.}$$

Για τον λέβητα pellet

Η ποσότητα των πέλλετ σε κιλά υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ετήσια Ποσότητα} = \text{Παροχή pellet την ώρα} * \text{ώρες λειτουργίας} \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ποσότητα} = 15,7 \text{ kg/h} * 1778 \text{ h} \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ποσότητα} = 27914,6 \text{ Kg πέλλετ το χρόνο.}$$

Η ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται ανά έτος ή αλλιώς το ενεργειακό περιεχόμενο της ποσότητας που καταναλώνεται είναι:

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = \text{κιλά πέλλετ το χρόνο} * \text{θερμογόνος δύναμη pellet} \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = \text{kg/έτος} * \text{Hu} \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = 27914,6 \text{ kg/έτος} * 4,8 \text{ kWh/kg} \Rightarrow$$

$$\text{Ετήσια Ενέργεια} = 133990,08 \text{ kWh/έτος}$$

Το κόστος των πέλλετ ανά έτος είναι:

$$\text{Ε.Κ.}_{\text{πέλλετ}} = \text{kg pellet το χρόνο} * \text{τιμή pellet €/kg} \Rightarrow$$

$$\text{Ε.Κ.}_{\text{πέλλετ}} = 27914,6 \text{ kg/έτος} * 0,22 \text{ €/kg} \Rightarrow$$

$$\text{Ε.Κ.}_{\text{πέλλετ}} = 6141,212 \text{ €/έτος}$$

Τελικά το κόστος των pellet ανά kWh (€/kWh) προκύπτει:

Κόστος pellet = 6141,212 (€/έτος) / 104619,3 (kWh/έτος)=>

Κόστος pellet = 0,04583 €/kWh

Όλα τα παραπάνω έχουν ομαδοποιηθεί στους παρακάτω πίνακες:

| Καύσιμο | Κατανάλωση καυσίμου/ώρα | Ισχύς λέβητα εμπορίου σε kCal/h | Ισχύς λέβητα εμπορίου σε kW |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Πετρέλαιο | 8,5 lt/h | 67080 | 65,5 |
| Φυσικό αέριο | 6,8 m ³ /h | 61060 | 71 |
| Pellet | 15,7 kg/h | 60200 | 70 |

| ΚΑΥΣΙΜΟ | ΩΡΕΣ/ΕΤΟΣ | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΩΡΑ | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΕΤΟΣ | |
|--------------|-----------|-----------------------|------------------------|------------|
| ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 1778 | 8,5 lt/h | 12268,2 kg | 14135,1 lt |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 1778 | 6,8 m ³ /h | 12090,4 m ³ | |
| PELLET | 1778 | 15,7 kg/h | 27914,6 kg | |

| ΚΑΥΣΙΜΟ | Ποσότητα/Ετος | Κόστος Καυσίμου | Πάγιο € | Κόστος €/Ετος | Θερμογόνος Δύναμη | Ετήσια Ενέργεια (kWh/ετος) | Κόστος €/kWh |
|--------------|------------------------|-----------------|---------|---------------|---------------------------|----------------------------|--------------|
| ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 15113 lt | 1,03066 €/lt | 0 | 15576,365 | 9,81 kWh/lt | 148258,53 | 0,105 |
| ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ | 12090,4 m ³ | 0,07684 €/kWh | 68,28 | 10422,279 | 11,145 kWh/m ³ | 134747,508 | 0,077 |
| PELLET | 27914,6 kg | 0,22 €/kg | 0 | 6141,212 | 4,8 kWh/kg | 133990,08 | 0,046 |

7.4. Εκπομπές ρύπων

Οι εκπομπές ρύπων για τα τρία καύσιμα που εξετάζουμε αποδίδονται σε γραμμάρια ανά kWh και είναι οι παρακάτω:

| Ρύπος gr/kWh | Πετρέλαιο | Φυσικό Αέριο | Πελλέτες ξύλου |
|--------------|---------------|---------------|----------------|
| CO 2 | 3,509 | 2,599 | 0,39 |
| SO 2 | 339,351 | 1,805 | 0 |
| CO | 0,054 - 0,108 | 0,054 - 0,072 | 0,18 - 10,83 |
| NO x | 0,271 | 0,18 - 0,361 | 0,469 - 1,083 |

Αν πολλαπλασιάσουμε αυτές τις εκπομπές με τις kWh δηλαδή την ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται για κάθε καύσιμο, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τις ετήσιες εκπομπές ρύπων:

| Καύσιμο | Ετήσια Ενέργεια (kWh/έτος) | CO 2 (kg) | SO 2 (kg) | CO (kg) | NO x (kg) |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Πετρέλαιο | 148258,53 | 520,2391818 | 50311,68041 | 12,00894093 | 40,17806163 |
| Φυσικό αέριο | 134747,508 | 350,2087733 | 243,2192519 | 8,489093004 | 36,44920091 |
| Pellet | 133990,08 | 52,2561312 | 0 | 737,6153904 | 103,9763021 |

7.5. Κόστος επένδυσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωμένα οι ισχύεις των λέβητων εμπορίου που επιλέξαμε σύμφωνα με τη μελέτη για το υφιστάμενο κτίριο όσο και το κόστος του λέβητα-καυστήρα-πίνακα ελέγχου για σύστημα καύσης πετρελαίου, φυσικού αερίου και πέλλετ. Όπου δεν εμφανίζεται τιμή είναι γιατί το κόστος, μαζί με το τμήμα του συστήματος θέρμανσης είναι ενσωματωμένο στον αντίστοιχο λέβητα. Ακόμη, παρουσιάζεται και το ετήσιο κόστος του κάθε καυσίμου.

| Καύσιμο | Ισχύς λέβητα σε KW | Ισχύς λέβητα σε kcal/h | Λέβητας € | Καυστήρας € | πίνακας ελέγχου € | Συνολικό Κόστος λέβητα (€) | Κόστος καυσίμου €/Ετος |
|--------------|--------------------|------------------------|-----------|-------------|-------------------|----------------------------|------------------------|
| Πετρέλαιο | 65,5 | 67080 | 2350 | 600 | 230 | 3180 | 15576,364 |
| Φυσικό αέριο | 71 | 61060 | 3790 | | 230 | 4020 | 10422,278 |
| Pellet | 55 | 60200 | 7887 | | - | 7887 | 6141,212 |

7.6. Απόσβεση επένδυσης - Χρόνος Αποπληρωμής

1) Για να υπολογίσουμε το **χρόνο απόσβεσης** για τη περίπτωση του **λέβητα φυσικού αερίου** όταν αντικαταστήσουμε το λέβητα πετρελαίου με αυτό λειτουργούμε ως φαίνεται παρακάτω.

Το κόστος του νέου λέβητα φυσικού αερίου προκύπτει ότι είναι: $K_A = 4020$ € μαζί με τον πίνακα ελέγχου.

Η ετήσια εξοικονόμηση που έχω απ' την αλλαγή του λέβητα πετρελαίου σε φυσικού αερίου, είναι τα χρήματα που κερδίζω απ' τη διαφορά της αγοράς των καυσίμων. Δηλαδή:

Ετήσια Εξοικονόμηση = κόστος αγοράς πετρελαίου πετρελαίου - κόστος αγοράς φ.α. =>

Ετήσια Εξοικονόμηση = 15576,364 (€/έτος) - 10422,278 (€/έτος) =>

Ετήσια Εξοικονόμηση = 5154,086 €/έτος

Για να βρούμε σε πόσο διάστημα θα γίνει η αποπληρωμή θα διαιρέσουμε το συνολικό κόστος λέβητα/ ετήσια εξοικονόμηση του καυσίμου. Στην πράξη θα 'χω:

Χρόνος αποπληρωμής = Κόστος λέβητα Φ.Α / Ετήσια Εξοικονόμηση

Χρόνος αποπληρωμής = Κόστος λέβητα Φ.Α / (Κόστος αγοράς πετρ/έτος - Κόστος αγοράς Φ.Α/έτος) =>

Χρόνος αποπληρωμής = 4020 € / 5154,086 (€/έτος) =>

Χρόνος αποπληρωμής (Φ.Α) ~ 0,779 έτη

Πιο αναλυτικά ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης θα είναι:

Χρόνος αποπληρωμής σε μήνες = 0,779 έτη * 12 μήνες/έτος =>

Χρόνος αποπληρωμής σε μήνες (Φ.Α) ~ 9,36 μήνες

2) Για να υπολογίσουμε τώρα και το **χρόνο απόσβεσης** για την περίπτωση αντικατάστασης λέβητα πετρελαίου με **λέβητα pellet** λειτουργούμε όπως φαίνεται κάτωθι.

Το κόστος του λέβητα pellet που θα εγκαταστήσουμε είναι: $K_A = 7887$ €

Ετήσια Εξοικονόμηση = κόστος αγοράς πετρελαίου - κόστος αγοράς pellet =>

Ετήσια Εξοικονόμηση = 15576,364 (€/έτος) – 6141,212 (€/έτος) =>

Ετήσια Εξοικονόμηση = 9435,152 €/έτος

Για να βρούμε σε πόσο διάστημα θα γίνει η αποπληρωμή θα διαιρέσουμε το συνολικό κόστος λέβητα/ ετήσια εξοικονόμηση του καυσίμου. Στην πράξη θα 'χω:

Χρόνος αποπληρωμής = Κόστος λέβητα pellet / Ετήσια Εξοικονόμηση

Χρόνος αποπληρωμής = Κόστος λέβητα pellet / (Κόστος αγοράς πετρ/έτος - Κόστος αγοράς pellet/έτος)=>

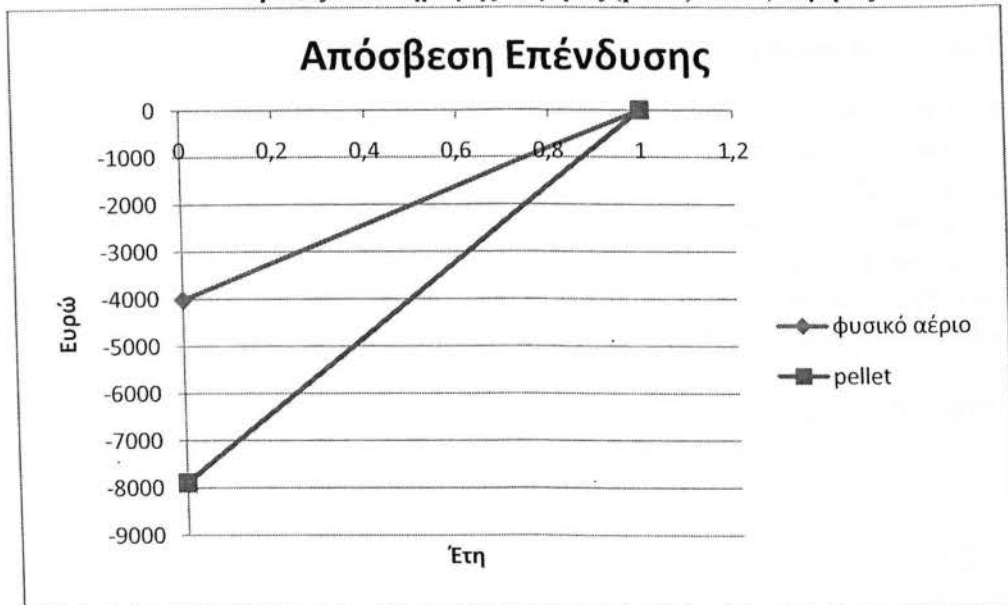
Χρόνος αποπληρωμής = 7887 € / 9435,152 (€/έτος) =>

Χρόνος αποπληρωμής (pellet) ~ 0,836 έτη

Πιο αναλυτικά ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης θα είναι:

Χρόνος αποπληρωμής σε μήνες = 0,836 έτη * 12 μήνες/έτος =>

Χρόνος αποπληρωμής σε μήνες (pellet) ~ 10,03 μήνες



Στο γράφημα που παρατηρούμε παρουσιάζεται ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, αν αντικαταστήσουμε το λέβητα πετρελαίου που έχουμε και τοποθετήσουμε φυσικού αερίου και pellet αντίστοιχα. Στον άξονα y έχουμε το αρχικό κόστος (I₀) της επένδυσης που δεν είναι άλλο από το κόστος του λέβητα-καυστήρα-πίνακα ελέγχου ανάλογα την περίπτωση. Στον άξονα x έχω τα έτη αποπληρωμής. Απ' το διάγραμμα ο χρόνος αποπληρωμής είναι το σημείο μηδενισμού του κόστους (η ευθεία τέμνει τον άξονα x). Συγκρίνοντας το κόστος του πετρελαίου που πληρώνουμε κάθε χρόνο για θέρμανση, με το αντίστοιχο της αγοράς ενός λέβητα φυσικού αερίου και ύστερα pellet συν το κόστος της αγοράς του καυσίμου που επιλέγω σε κάθε περίπτωση, βλέπω ότι με συμφέρει να αλλάξω και στις 2 περιπτώσεις καθώς η αποπληρωμή γίνεται σε λιγότερο από χρόνο. Πιο συγκεκριμένα, το **κόστος αγοράς πετρελαίου** είναι **15576,364 €/έτος**. Για το **φυσικό αέριο** η αντίστοιχη τιμή είναι **10422,278 €/έτος** (συνυπολογίζονται τα ετήσια πάγια) και για το **pellet** **6141,212 €/έτος** για την κάλυψη των ίδιων ενεργειακών απαιτήσεων. Η **ετήσια εξοικονόμηση** που πετυχαίνω απ' την αλλαγή του καυσίμου σε **φυσικό αέριο** είναι **5154,086 €/έτος** και η **εξοικονόμηση για pellet** **9435,152 €/έτος**. Ο χρόνος αποπληρωμής για το **φυσικό αέριο** είναι **9,36 μήνες** και για **pellet** **10,03 μήνες**.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1 - ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

1.6.3. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Βορείου Ελλάδος

- **Θέση – Όρια**

Το Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Βόρειου Ελλάδος είναι εγκατεστημένο στην περιοχή της Νέας Μεσήμβριας Θεσσαλονίκης. Η περιοχή ευθύνης του εκτείνεται από το σταθμό Καρπερής Σερρών έως και το σταθμό ξεστροπαγίδας του Πλαταμώνα Πιερίας. Στην περιοχή αυτή περιλαμβάνονται οι κλάδοι υψηλής πίεσης ΕΚΟ, Ασβεστοχωρίου και Πλατέος.

- **Λειτουργικές εγκαταστάσεις**

Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου Λειτουργίας & Συντήρησης περιλαμβάνουν 66 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 36", 92 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 30", 32,5 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24" και 10,5 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10".

Κατά μήκος των ανωτέρω αγωγών είναι εγκατεστημένοι οκτώ (8) σταθμοί ξεστροπαγίδων, έξι (6) βαλβιδοστάσια, δύο (2) σταθμοί τηλεπικοινωνιών (REM) και επτά (7) σταθμοί μέτρησης ή / και ρύθμισης.

Στις εγκαταστάσεις της Νέας Μεσήμβριας Θεσσαλονίκης είναι εγκατεστημένο επίσης το Εφεδρικό Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς.

- **Αντικείμενο**

Η λειτουργία και συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου με στόχο την ομαλή λειτουργία του συστήματος και την αδιάλειπτη μεταφορά και παροχή αερίου στους καταναλωτές.

1.6.4. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Κεντρικής Ελλάδος

- **Θέση – Όρια**

Το Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Κεντρικής Ελλάδος είναι εγκατεστημένο στην περιοχή Αμπελιάς Φαρσάλων. Η περιοχή ευθύνης του εκτείνεται από την έξοδο του σταθμού ξεστροπαγίδας Πλαταμώνα Πιερίας έως και την είσοδο του σταθμού ξεστροπαγίδας Μαυρονερίου Βοιωτίας. Στην περιοχή αυτή περιλαμβάνονται οι κλάδοι υψηλής πίεσης Βόλου και Τρικάλων.

- **Λειτουργικές εγκαταστάσεις**

Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου Λειτουργίας & Συντήρησης περιλαμβάνουν 206 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 30", 40,388 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10" του κλάδου Βόλου και 71,941 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10" του κλάδου Καρδίτσας-Τρικάλων.

Κατά μήκος των ανωτέρω αγωγών είναι εγκατεστημένοι πέντε (5) σταθμοί ξεστροπαγίδων, δεκατέσσερα (14) βαλβιδοστάσια, οκτώ (8) σταθμοί μέτρησης ή/και ρύθμισης και πέντε (5) σταθμοί τηλεπικοινωνιών (REM).

- **Αντικείμενο**

Η λειτουργία και συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου με στόχο την ομαλή λειτουργία του συστήματος και την αδιάλειπτη μεταφορά και παροχή αερίου στους καταναλωτές.

1.6.5. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Ανατολικής Ελλάδος

- Θέση – Όρια

Το Κέντρο Λειτουργίας και Συντήρησης Ανατολικής Ελλάδος βρίσκεται σε απόσταση 5 χλμ. από την πόλη της Ξάνθης, στο 2^ο χλμ. Διομήδειας - Λεύκης. Η περιοχή ευθύνης του εκτείνεται από το βαλβιδοστάσιο Παλαιοχωρίου έως τον Μετρητικό Σταθμό Συνόρων Κήπων Έβρου, στα σύνορα Ελλάδας – Τουρκίας.

- Λειτουργικές Εγκαταστάσεις

Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου Λειτουργίας & Συντήρησης περιλαμβάνουν 86,80 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 36" και 147 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24". Κατά μήκος του ανωτέρω αγωγού είναι εγκατεστημένοι επτά (7) σταθμοί μέτρησης ή / και ρύθμισης, δέκα πέντε (15) βαλβιδοστάσια, δύο (2) σταθμοί τηλεπικοινωνιών REM και έξι (6) ξεστροπαγίδες.

- Αντικείμενο

Η λειτουργία και συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου με στόχο την ομαλή λειτουργία του συστήματος και την αδιάλειπτη μεταφορά και παροχή αερίου στους καταναλωτές.

1.6.6. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Νοτίου Ελλάδος

- Θέση – Όρια

Το Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Νοτίου Ελλάδος είναι εγκατεστημένο στην περιοχή Πατήματος Μαγούλας. Η περιοχή ευθύνης του εκτείνεται από το σταθμό ξεστροπαγίδας Μαυρονερίου Βοιωτίας έως το σταθμό ξεστροπαγίδας ΥΦΑ στη Νήσο Ρεβυθούσα. Επίσης περιλαμβάνει τους κλάδους Αντικύρων, Λαυρίου, Κερατσινίου, Αγ. Θεοδώρων, Οινόφυτων, ΗΡΩΝΑ και Θίσβης.

- Λειτουργικές εγκαταστάσεις

Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου Λειτουργίας & Συντήρησης περιλαμβάνουν 278 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 30", 6 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24", 54 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 20" και 20 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10".

Κατά μήκος των ανωτέρω αγωγών είναι εγκατεστημένοι είκοσι τρεις (23) σταθμοί ξεστροπαγίδων, δεκαεννέα (19) βαλβιδοστάσια, δεκαοκτώ (18) σταθμοί μέτρησης ή/και ρύθμισης και τέσσερις (4) σταθμοί τηλεπικοινωνιών (REM).

Στις εγκαταστάσεις Πατήματος Ελευσίνας είναι εγκατεστημένο επίσης το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου του Συστήματος Μεταφοράς.

- Αντικείμενο

Η λειτουργία και συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου με στόχο την ομαλή λειτουργία του συστήματος και την αδιάλειπτη μεταφορά και παροχή αερίου στους καταναλωτές.

1.6.7. Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου

- Θέση – Όρια

Το Κέντρο Λειτουργίας & Συντήρησης Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου είναι εγκατεστημένο στην περιοχή του Δήμου Σιντικής, δίπλα στην πόλη του Σιδηροκάστρου, σε απόσταση 12 χλμ. από τα σύνορα Ελλάδας – Βουλγαρίας. Η περιοχή ευθύνης του εκτείνεται από το σταθμό ξεστροπαγίδας του Προμαχώνα στα σύνορα Ελλάδας – Βουλγαρίας μέχρι τον σταθμό της Καρπερής Σερρών. Επίσης στην περιοχή ευθύνης του εντάσσεται και τμήμα του κλάδου Κομοτηνής/Κήπων, από το σταθμό ξεστροπαγίδας της Καρπερής μέχρι το βαλβιδοστάσιο του Φωτολίβου Δράμας.

- Λειτουργικές εγκαταστάσεις

Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου Λειτουργίας & Συντήρησης περιλαμβάνουν 33,3 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 36" και 70,4 χλμ. αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24".

Κατά μήκος των ανωτέρω αγωγών είναι εγκατεστημένοι πέντε (5) σταθμοί ξεστροπαγίδων, τέσσερα (4) βαλβιδοστάσια, δύο (2) σταθμοί τηλεπικοινωνιών (REM) και δύο (2) σταθμοί μέτρησης ή/και ρύθμισης.

Επίσης στην ευθύνη του Κέντρου Λειτουργίας & Συντήρησης περιλαμβάνεται η λειτουργία και συντήρηση του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου.

- Αντικείμενο

Η λειτουργία και συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του Κέντρου με στόχο την ομαλή λειτουργία του συστήματος και την αδιάλειπτη μεταφορά και παροχή αερίου στους καταναλωτές.

1.6.8. Σταθμοί Μέτρησης-Ρύθμισης

Οι σταθμοί μέτρησης και ρύθμισης υποβιβάζουν και ελέγχουν την πίεση των συστημάτων που τροφοδοτούν, μετρούν την ποσότητα της ενέργειας που διοχετεύεται από το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου στα δίκτυα μέσης πίεσης ή σε καταναλωτές απευθείας συνδεδεμένους με το σύστημα μεταφοράς και προσδίδουν στο αέριο χαρακτηριστική οσμή (όταν κάτι τέτοιο απαιτείται από διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς) για την έγκαιρη διαπίστωση τυχόν διαρροών. Για το λόγο αυτόν είναι εξοπλισμένοι με:

- ρυθμιστικές βαλβίδες, οι οποίες επιτηρούν και ρυθμίζουν σε συνεχή βάση την πίεση λειτουργίας των δικτύων διανομής,
- βαλβίδες άμεσης διακοπής για την προστασία των συστημάτων που τροφοδοτούν από τυχόν παραβίαση των ορίων της πίεσης λειτουργίας αυτών (π.χ. λόγω βλάβης της ρυθμιστικής βαλβίδας),
- σύγχρονα μετρητικά συστήματα για τη συνεχή μέτρηση της παροχής και της ποιότητας του φυσικού αερίου που διοχετεύεται μέσω των σταθμών,
- σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού, τηλεέλεγχου/τηλεχειρισμού και τιμολόγησης, και
- εγκαταστάσεις προσθήκης χαρακτηριστικής οσμής.

Το εθνικό δίκτυο έχει δύο τέτοιους σταθμούς οι οποίοι είναι ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Σιδηροκάστρου και Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Κήπων Έβρου.

ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Σιδηροκάστρου

- Θέση

Ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Σιδηροκάστρου βρίσκεται σε απόσταση 12 χλμ. από τα

σύνορα Ελλάδας – Βουλγαρίας, στο Δήμο Σιντικής, σε κοντινή απόσταση από την πόλη του Σιδηροκάστρου.

- **Αντικείμενο**

Το κύριο αντικείμενο του σταθμού είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο προσδιορισμός της ποιότητας του εισαγόμενου φυσικού αερίου από τη Βουλγαρία. Επιπρόσθετα, ο σταθμός εφαρμόζει τις ακόλουθες απλές φυσικές διεργασίες στο Φ.Α.:

- απομάκρυνση στερεών και υγρών με φίλτρα στην είσοδο του Σταθμού,
- θέρμανση με εναλλάκτες θερμότητας με ζεστό νερό (όποτε είναι απαραίτητο), και
- ρύθμιση της παροχής προς το Ελληνικό δίκτυο με βάση τον προγραμματισμό του Κέντρου Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου (Dispatching Center).

Ο σταθμός λειτουργεί σε 24-ωρη βάση με απογευματινή και νυκτερινή βάρδια πέραν του ημερήσιου προσωπικού.

- **Εξοπλισμός**

Η παρακολούθηση της λειτουργίας του σταθμού και όλοι οι σημαντικοί χειρισμοί γίνονται από τον τοπικό Θάλαμο Ελέγχου μέσω Συστήματος Κατανεμημένου Ελέγχου (Distributed Control System - DCS). Η μέτρηση της ποσότητας Φ.Α. γίνεται σε πέντε (5) παράλληλες Μετρητικές Γραμμές με Oriflce, η κάθε μια από τις οποίες είναι εξοπλισμένη με δύο ανεξάρτητα Ηλεκτρονικά Μετρητικά Συστήματα και ένα επιπρόσθετο ανεξάρτητο Μηχανικό Σύστημα.

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας του Φ.Α. υπάρχουν εγκατεστημένοι Χρωματογράφοι και Αναλυτές, έτσι ώστε να ελέγχεται συνεχώς η σύσταση, η πυκνότητα, η περιεκτικότητα σε θειούχα, καθώς και τα σημεία δρόσου νερού (WDP) και υδρογοναθράκων (HDP). Με βάση τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται παράγωγα μεγέθη (θερμογόνος δύναμη, πυκνότητα, συντελεστής συμπίεστότητας κτλ).

ο **Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Κήπων Έβρου**

- **Θέση**

Ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Κήπων Έβρου βρίσκεται σε απόσταση 3,5 χλμ. από τα σύνορα Ελλάδος – Τουρκίας, στο Δήμο Φερρών, δίπλα στο συνοικισμό Πέπλο.

- **Αντικείμενο**

Το κύριο αντικείμενο του σταθμού είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο προσδιορισμός της ποιότητας του εισαγόμενου φυσικού αερίου από τη Τουρκία. Επιπρόσθετα, ο σταθμός εφαρμόζει τις ακόλουθες απλές φυσικές διεργασίες στο Φ.Α.:

- απομάκρυνση στερεών και υγρών με φίλτρα στην είσοδο του Σταθμού, και
- ρύθμιση της παροχής προς το Ελληνικό δίκτυο (3 ρυθμιστικές γραμμές) με βάση τον προγραμματισμό του Κέντρου Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου (Dispatching Center).

Ο Σταθμός λειτουργεί σε 24-ωρη βάση χωρίς επάνδρωση προσωπικού.

- **Εξοπλισμός**

Η παρακολούθηση της λειτουργίας του σταθμού και όλοι οι σημαντικοί χειρισμοί γίνονται απομακρυσμένα από το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου (μέσω του συστήματος SCADA) που ευρίσκεται στο Πάτημα Μαγούλας. Η μέτρηση της ποσότητας Φ.Α. γίνεται σε τρεις (3) παράλληλες μετρητικές γραμμές που είναι εξοπλισμένες με τουρμπινόμετρα και μετρητές αερίου τύπου υπερήχων (ultrasonic).

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας του Φ.Α. υπάρχουν εγκατεστημένοι χρωματογράφοι και αναλυτές, έτσι ώστε να ελέγχεται συνεχώς η σύσταση, η πυκνότητα, η περιεκτικότητα σε θειούχα καθώς και τα σημεία δρόσου νερού (WDP) και υδρογοναθράκων (HDP). Με βάση τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται παράγωγα μεγέθη (θερμογόνος δύναμη, πυκνότητα, συντελεστής συμπίεστότητας κτλ).

1.6.10. Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου Ρεβυθούσας

Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (Υ.Φ.Α) Ρεβυθούσας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της χώρας μας. Συγκαταλέγεται στους δεκατρείς (13) αντίστοιχους σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου, που λειτουργούν σήμερα σε όλο το χώρο της Μεσογείου και της Ευρώπης. Ο Σταθμός είναι εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα, 500 μέτρα περίπου από την ακτή της Αγίας Τριάδας, στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45 χλμ. δυτικά της Αθήνας.

Ο Σταθμός Υ.Φ.Α σχεδιάστηκε και λειτουργεί, σύμφωνα με τις αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας τόσο για τους εργαζομένους στο νησί όσο και για τους κατοίκους των γύρω περιοχών. Η τεχνολογία επεξεργασίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται είναι φιλική προς το περιβάλλον και τηρείται αυστηρά η Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η διατήρηση των υψηλών προδιαγραφών ασφαλείας και σεβασμού προς το περιβάλλον ελέγχονται και πιστοποιούνται διαρκώς από ανεξάρτητους φορείς, καθώς ο Σταθμός είναι πιστοποιημένος κατά τα πρότυπα OHSAS 18001 και ISO 14001.

Στα δέκα χρόνια λειτουργίας του έχουν παραληφθεί πάνω από 300 φορτία υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ), που φθάνουν στη χώρα μας με δεξαμενόπλοια και αποθηκεύονται προσωρινά στις δύο δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 130.000 m³ Υ.Φ.Α και στη συνέχεια, στις ειδικές εγκαταστάσεις αεριοποίησης του Σταθμού, το Υ.Φ.Α μετατρέπεται ξανά σε αέριο και τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου.

Σκοπός του σταθμού αυτού είναι να παρέχει ασφάλεια ενεργειακής τροφοδοσίας, η λειτουργική ευελιξία στο σύστημα μεταφοράς και η αυξανόμενη δυνατότητα κάλυψης αιχμακτών απαιτήσεων της αγοράς Φ.Α.

Ο τερματικός σταθμός για να φτάσει στην τελική του μορφή-δυναμικότητα θα περάσει από δύο φάσεις αναβάθμισης. Τον Οκτώβριο του 2007, ο ΔΕΣΦΑ πραγματοποίησε μια από τις σημαντικότερες επενδύσεις για την ενεργειακή υποδομή της χώρας μας, ολοκληρώνοντας την αναβάθμιση του Τερματικού Σταθμού Υ.Φ.Α Ρεβυθούσας (1η φάση αναβάθμισης), αυξάνοντας τη δυναμικότητα παραλαβής φορτίων αλλά και τη δυνατότητα αεριοποίησής του.

Ο Σταθμός μπορεί πλέον να υποδέχεται μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια και να παραλαμβάνει γρήγορα και αποτελεσματικά διπλάσιες ποσότητες αερίου. Η αδιάλειπτη δυναμικότητα αεριοποίησης τριπλασιάστηκε από 271 m³ Υ.Φ.Α την ώρα πριν την αναβάθμισή του, σε 1.000 m³ παρέχοντας του τη δυνατότητα να επεξεργάζεται τριπλάσιες ποσότητες υγροποιημένου ΦΑ και να τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς με 5,2 – 5,3 δις. m³ Φ.Α. ετησίως.

Τον Απρίλιο του 2009, ο στρατηγικός ρόλος του Σταθμού ΥΦΑ ενισχύθηκε ακόμη περισσότερο με το πέρας των εργασιών εγκατάστασης και λειτουργίας της Μονάδας Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ).

Η μονάδα ΣΗΘΥΑ με καύσιμο φυσικό αέριο, εξασφαλίζει ηλεκτρική αυτονομία και επάρκεια 13MW στο Σταθμό ΥΦΑ. Επίσης, η δυνατότητα ανάκτησης θερμικής ενέργειας 14MW και η χρήση της στη διεργασία αεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου αυξάνει το βαθμό απόδοσης της μονάδας περίπου κατά 89%, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος, παρέχοντας σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Ο ΔΕΣΦΑ συμμετέχει στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, με την πώληση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στο Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), αποφέροντας στην εταιρεία επιπλέον έσοδα.

Εν όψη της 2^{ης} Φάσης Αναβάθμισης του Σταθμού Υ.Φ.Α Ρεβυθούσας ο ΔΕΣΦΑ ολοκλήρωσε τη μελέτη σκοπιμότητας για την κατασκευή της 3^{ης} δεξαμενής αποθήκευσης Υ.Φ.Α με παράλληλη αύξηση της δυναμικότητας αεριοποίησης. Η τρίτη δεξαμενή θα έχει χωρητικότητα 95.000 m³ Υ.Φ.Α. και θα αυξήσει τη συνολική αποθηκευτική ικανότητα του Σταθμού σε 225.000 m³ Υ.Φ.Α. από 130.000 m³ Υ.Φ.Α που είναι σήμερα. Η δυναμικότητα αεριοποίησης θα αυξηθεί σε 1.400 m³ Υ.Φ.Α την ώρα από 1.000 m³ που είναι σήμερα.

1.6.11. Σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών

Το σύστημα τηλεέγχου και τηλεπικοινωνιών (Remote Control and Communications – RCC) έχει ως πρωτεύοντα στόχο την εξασφάλιση ότι το σύστημα μεταφοράς Φ.Α. θα τροφοδοτεί την αγορά Φ.Α. με επαρκείς ποσότητες κάτω από όλες τις προβλέψιμες συνθήκες, κανονικές και έκτακτες. Και ως δευτερεύοντες στόχους την τηλεποπτεία των σταθμών Φ.Α., την διαχείριση των συναγερμών και την παροχή τεχνικών και στατιστικών δεδομένων στις υπηρεσίες του ΔΕΣΦΑ έτσι ώστε η μεταφορά Φ.Α. να γίνεται συνεχώς κατά τρόπο ασφαλή, αξιόπιστο και οικονομικό.

Αποτελείται από τα ακόλουθα υποσυστήματα:

- καλώδιο οπτικών, το οποίο είναι εγκατεστημένο παράλληλα με τον αγωγό φυσικού αερίου υψηλής πίεσης και αποτελεί τον φορέα των κάθε είδους εσωτερικών επικοινωνιών (φωνής και δεδομένων) του ΔΕΣΦΑ,
- σύστημα πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiplexing – TDM), εγκατεστημένου σε κάθε σταθμό του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου, με το οποίο επιτυγχάνεται η μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσα από το καλώδιο αττικών ιών,
- σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA) με το οποίο επιτυγχάνεται η τηλεποπτεία και τηλεχειρισμός όλων των μετρητικών ή/και ρυθμιστικών σταθμών, των σταθμών βαλβιδοστασιών και των σταθμών τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς από τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου,
- δίκτυο τηλεφωνικών κέντρων PABX εγκατεστημένων στα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης, στο σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας, καθώς και στους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου, και
- ιδιόκτητο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών, το οποίο επιτρέπει την ασύρματη φωνητική επικοινωνία μεταξύ χειριστών φυσικού αερίου που κινούνται στο πεδίο αλλά και με χειριστές βάρδιας των Κέντρων Ελέγχου Λειτουργίας και Κατανομής Φορτίου σε μία ζώνη ασύρματης κάλυψης 10 χλμ. δεξιά και αριστερά του αγωγού Φ.Α. υψηλής πίεσης.



Υψιλον Συστήματα

 Υδραυλικά & Προγραμματισμοί

 Διεύθ. Οδ.

 Τηλέ. Χάρτες Δικτύων & Βαθών

 Ημερομηνία: 10/1/2012

Λειτουργικός Τομέας 93

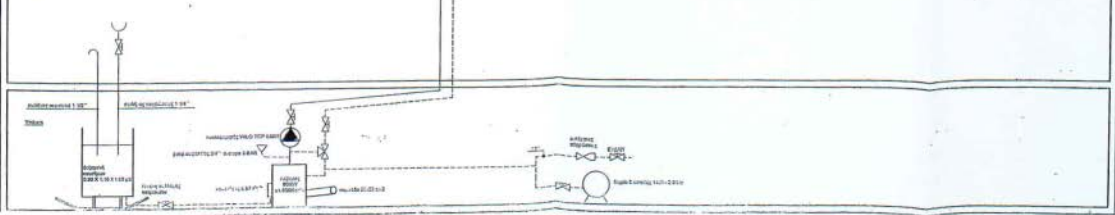
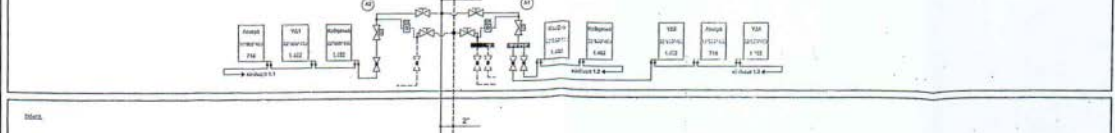
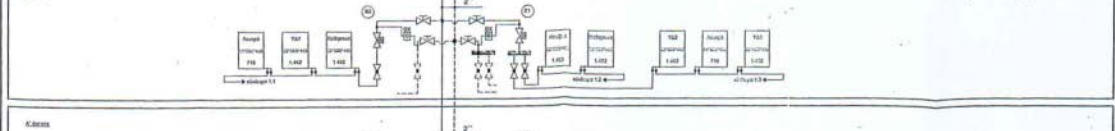
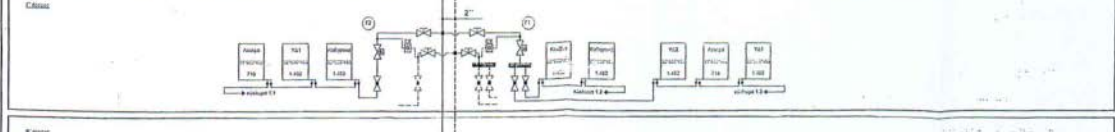
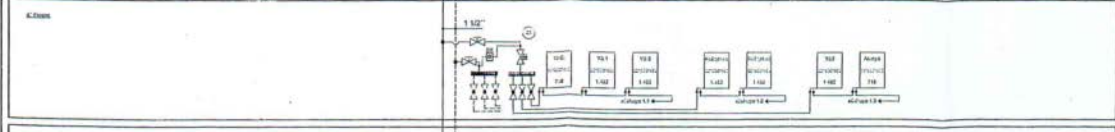
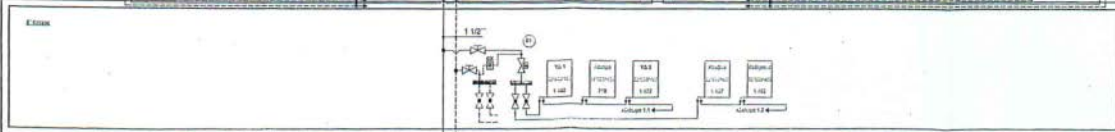
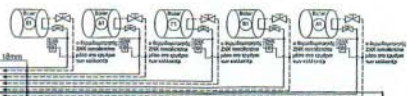
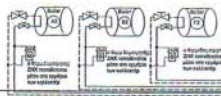
Επεξεργασία: Ελένη Αγγελίδου
 Έλεγχος: Παναγιώτα Νίσιου
 Έγκριση: Σπασίλης Χρήστου



Υπόμνημα

| | | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|
| Σταθμοί MR | Βάνες χαμηλής πίεσης | Loop Τοπία |
| Πύλη Λειτουργίας | Τύπος Βάνης | Μέση Πίεση |
| 150kV | Branch Valve | Χαμηλή Πίεση Zbentar |
| 100kV | InterConnection Valve | Ορεινός Αδριακός |
| 800 | Loop Feeding Valve(MR) | Ορεινός Α. Τυφλών |
| Σταθμοί MRS | Loop Valve | Service Valve |

Ηλεκτ. Αδριακός - Ε.Π.Α. Ε.Σ.Υ.Ε. - Κρατικός



ΠΗΓΕΣ

❖ Βιβλιογραφία

1. ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Ι, Γ.Φ. Δανιήλ, Ίδρυμα Ευγενίδου, 1954
2. ΘΕΡΜΑΝΣΕΙΣ, Δημ. Ι. Ιωαννίδη - Μαν. Ι. Γεωργακάκη, Ίδρυμα Ευγενίδου, 1954
3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ, Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης
4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ, Κωνσταντίνος Γ. Πασπαλάς, Έκδοση Συλλόγου Μηχανολόγων-ηλεκτρολόγων Β. Ελλάδος
5. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΓΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ, Θεοδώρου Δημ. Τερζόπουλου, Σύνδεσμος Εγκαταστατών Υδραυλικών Αθήνας (ΣΕΥΑ) Γραφείο Φυσικού Αερίου
6. ΒΙΟΜΑΖΑ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, Δέσποινα Βαμβούκα, Εκδόσεις Τζιόλα, 2009
7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

❖ Ιστότοποι

1. http://www.klimatika.gr/files/LOGIN/PROSPECTUS/lebites/stereakausima/froling_p4_pellet.pdf
2. <http://www.pellessatlas.info>
3. <http://www.ccs-net.gr/PDM/marnellos3.pdf>
4. <http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EKETA-CD-101-02-DYNATOTHTES-by-KITTAS-in-ENERG-KALLIERG-HMERIDA-KARDITSA-15-DEC-2007-PPT-39.pdf>
5. <http://www.hellabiom.gr/files/01022010.pdf>
6. http://eprints.teikoz.gr/125/1/D31_2009.pdf
7. <http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi325.html>
8. <http://www.iene.gr/energyB2B/articlefiles/biomaza/kakaras.pdf>
9. <http://www.iene.gr/energyB2B/articlefiles/biomaza/papamixail.pdf>
10. <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass?page=2>
11. <http://www.buderus.gr/>
12. <http://www.api.org/>