

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ) ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΑΘΑΝΑΣΑΚΟΣ ΠΑΤΑΠΙΟΣ
ΑΨΟΜΩΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ
ΠΑΤΡΑ 2012**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αποφοιτώντας από το τμήμα Μηχανολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΑΤΕΙ Πατρών νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας βοήθησαν στην διάρκεια των σπουδών μας. Τα τέσσερα αυτά χρόνια των σπουδών μας περάσαμε και καλές και κακές στιγμές οι οποίες θα μείνουν για πάντα στην μνήμη μας. Ευχαριστούμε τους καθηγητές μας για την βοήθεια τους και τις πολύτιμες γνώσεις που μας προσέφεραν.

Όσον αναφορά την πτυχιακή μας εργασία ευχαριστούμε θερμά τον Δρ. Διονύσιο Παναγιωτάρα για το αξιόλογο θέμα της εργασίας μας και που ήταν κοντά μας σε όλη την πορεία μέχρι και την ολοκλήρωση της. Η βοήθεια του υπήρξε καθοριστική σε όλα τα στάδια προετοιμασίας.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας οι οποίοι ήταν πάντοτε δίπλα μας σε κάθε μας δυσκολία, αποδεικνύοντας τους ότι οι κόπτοι τους έπιασαν τόπο.

Τέλος ευχαριστούμε τους φίλους μας που ήταν κ αυτοί δίπλα μας κ τους ευχόμαστε με την σειρά μας καλή σταδιοδρομία και καλή επιτυχία.

Αψόμωτος Δημήτριος(ΑΜ 5392) – Αθανασάκος Πατάπιος(Α.Μ. 5374)

Πάτρα 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ζήτηση Ενεργειακών Πηγών αυξάνεται συνεχώς στις μέρες μας, παράλληλα με τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών απαιτήσεων. Αυτός οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό στον τομέα μεταφορών και στον οικιακό /τριτογενή τομέα. Εφόσον η κατανάλωση του φυσικού αερίου περιορίζεται στο επίπεδο των υπάρχουσων συμβάσεων προμήθειας, το πετρέλαιο διατηρείται ως το κύριο καύσιμο με ολοένα και αυξημένη κατανάλωση.

Οι Βιομηχανίες Διαχείρισης Αργού πετρελαίου στη χώρα μας, θα πρέπει να ανταπεξέλθουν, στο αυξημένο ποσοστό ενεργειακής ζήτησης του πετρελαίου. Για να διαχειριστούν οι μονάδες αυτές την πρωτογενή αυτή πηγή ενέργειας, υιοθέτησαν και ανέπτυξαν τις Τεχνολογίες Διαχείρισης Πετρελαίου, οι οποίες αναπτύσσονται συνεχώς, ώστε να πληρούν τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές Προστασίας του Περιβάλλοντος και της Ενεργειακής Απόδοσης των καυσίμων.

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία με θέμα: “Τεχνολογίες Διαχείρισης Πετρελαίου και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις”, αναλύονται οι διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας του Αργού Πετρελαίου (χημικής, φυσικής, θερμικής, βιολογικής κ.λπ.) ώστε να έρθει το προϊόν στην επιθυμητή του μορφή, αναλύεται ο Μηχανολογικός Εξοπλισμός που απαιτείται για την λειτουργία των βιομηχανιών διύλισης, καθώς και οι Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των διεργασιών του διυλιστηρίου.

Αρχικά παρουσιάζεται το πετρέλαιο σαν ορυκτό και αναλύεται η δημιουργία του. Αναφέρονται οι φυσικές του ιδιότητες, τα χημικά χαρακτηριστικά του, οι προϋποθέσεις εντοπισμού του και οι μέθοδοι εξόρυξής του. Μετά την εξόρυξη του αργού πετρελαίου ακολουθεί η διύλιση στις βιομηχανικές μονάδες των διυλιστηρίων. Εκεί το πετρέλαιο διαχωρίζεται σε διάφορα προϊόντα με φυσικές διαδικασίες, ή παρασκευάζονται προϊόντα με χημικές διαδικασίες. Τα προϊόντα που παράγονται από τη διύλιση του πετρελαίου είναι υγραέρια, βενζίνες, καύσιμα αεριωθούμενων, φωτιστικό πετρέλαιο, ντίζελ, μαζούτ, άσφαλτος και θειάφι.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η αναλυτική παρουσίαση και η εκτενής ανάλυση του Μηχανολογικού Εξοπλισμού, που απαιτείται για την εξόρυξη, την μεταφορά, την διύλιση και γενικά τη διαχείριση του αργού πετρελαίου στα διυλιστήρια. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει: Αντλίες, Συμπιεστές, Ατμοστρόβιλους, Αεριοστρόβιλους, Έδρανα, Μετάδοση κίνησης, Φούρνους, Λέβητες και Εναλλάκτες.

Ύστερα αναφέρονται οι Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τη λειτουργία των Βιομηχανικών Μονάδων των Διυλιστηρίων. Οι διεργασίες αυτής της λειτουργίας συνοδεύονται και από την παραγωγή Αερίων, Υγρών και Στερεών αποβλήτων, τα οποία διαχειρίζονται με βέλτιστο τρόπο, προκειμένου να ελαχιστοποιείται η επιβάρυνση προς το φυσικό περιβάλλον.

Στο τελευταίο μέρος, γίνεται επεξήγηση όρων που συμβάλουν στην ρύθμιση του Νομοθετικού Πλαισίου και ερμηνεύοντας έννοιες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την νομική κάλυψη των Διυλιστηρίων, αλλά **κυρίως** για την προστασία από ουσίες ή παρασκευάσματα που είναι απειλητικές για τον άνθρωπο, όλα τα έμβια όντα, καθώς και το φυσικό περιβάλλον. Στο τέλος, προκύπτουν τα τελικά συμπεράσματα που καταλήγουμε, μέσα από την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά.....4

2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ,ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΥΛΙΣΗ

2.1 Δημιουργία πετρελαίου.....	10
2.1.1 Ιστορία της χρήσης του πετρελαίου.....	10
2.1.2 Φυσικές ιδιότητες.....	11
2.1.3 Χημικά χαρακτηριστικά.....	12
2.1.4 Έρευνα για το πετρέλαιο.....	12
2.2 Εξόρυξη και διύλιση	14
2.2.1 Άντληση αργού πετρελαίου.....	14
2.2.2 Διύλιση αργού πετρελαίου.....	18

3. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ

3.1 Αντλίες.....	28
3.1.1 Αντλίες Δυναμικού Τύπου –Φυγοκεντρικές Αντλίες.....	28
3.1.2 Αντλίες Εκτοπίσεως (Παλινδρομικές-Περιστροφικές).....	39
3.1.2.1 Παλινδρομικές Αντλίες.....	40
Α. Στροφαλοφόρες (εμβολοφόρες) αντλίες.....	40
Β. Αντλίες Διαφράγματος.....	43
Γ. Ιππάρια.....	44
3.1.2.2 Περιστροφικές αντλίες.....	45
Α. Κοχλιωτές αντλίες.....	46
Β. Γραναζωτές αντλίες.....	49
Γ. Αντλίες με λοβούς.....	50
Δ. Αντλίες με Πτερύγια-Μετρητές.....	50
3.1.3 Ειδικές Μορφές Αντλιών.....	51
Α. Εκχυτήρες (Τζιφάρια).....	51
Β. Αντλίες περιστρεφόμενου εσωτερικού κελύφους.....	52
3.2 Συμπιεστές.....	53
3.2.1 Συμπιεστές Δυναμικού Τύπου.....	54
3.2.1.1 Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές.....	60
Α. Στρεφόμενα τμήματα.....	61
Β. Στατικά τμήματα.....	62
3.2.1.2 Αξονικοί Συμπιεστές.....	66

3.2.2 Συμπιεστές Εκτοπίσεως.....	68
3.2.2.1 Παλινδρομικοί Συμπιεστές.....	68
3.2.2.2 Περιστροφικοί Συμπιεστές.....	76
Α. Κοχλιωτοί Συμπιεστές.....	76
Β. Συμπιεστές με λοβούς.....	79
3.3 Ατμοστρόβιλοι.....	80
3.4 Αεριοστρόβιλοι.....	83
Α. Αεριοστρόβιλοι ενιαίου άξονα.....	86
Β. Αεριοστρόβιλοι ξεχωριστών αξόνων.....	86
Γ. Αεριοστρόβιλοι ξεχωριστών αξόνων με συμπιεστή και στρόβιλο δυο τμημάτων.....	87
3.5. Έδρανα.....	89
3.5.1 Ακτινικά Έδρανα.....	89
3.5.1.1 Έδρανα Κύλισης (ρουλεμάν).....	90
3.5.1.2 Έδρανα ολίσθησης (κουζινέτα).....	90
3.5.2 Αξονικά (ωστικά έδρανα).....	91
3.5.2.1 Ρουλεμάν.....	91
3.5.2.2 Αξονικά έδρανα με αυλάκια	91
3.5.2.3 Αξονικά έδρανα με πλινθία.....	92
3.6 Μετάδοση Κίνησης.....	92
3.6.1 Σύνδεσμοι σταθερής σχέσης μετάδοσης	92
3.6.1.1 Άκαμπτοι σύνδεσμοι.....	92
3.6.1.2 Εύκαμπτοι σύνδεσμοι.....	92
3.7 Φούρνοι.....	95
3.7.1 Λειτουργία Φούρνων.....	97
3.7.1.1 Οπτική παρακολούθηση του φούρνου από τις θυρίδες παρακολούθησης.....	97
3.7.1.2 Οπτική <u>παρακολούθηση</u> του καυστήρα από κάτω <u>από</u> το φούρνο.....	98
3.7.1.3 Οπτικός έλεγχος του Damper	98
3.7.1.4 Έλεγχος των καυσαερίων του φούρνου από την καπνοδόχο.....	98
3.7.1.5 Έλεγχος θερμοκρασίας καυσαερίων.....	98
3.7.1.6 Έλεγχος πίεσεως καυσίμου (υγρού η αερίου).....	99
3.7.1.7 Διαφορική πίεση ατμού διασποράς.....	99
3.7.1.8 Υγρασία ατμού διασποράς.....	99
3.7.1.9 Θερμοκρασία προθερμάνσεως υγρού καυσίμου...99	
3.7.1.10 Θερμοκρασίες εξόδου πάσων από το φούρνο...99	
3.7.1.11 Θερμοκρασίες μετάλλου ούλων.....	99
3.7.1.12 Πτώση πίεσεως του θερμαινόμενου ρευστού στο φούρνο.....	99
3.7.1.13 Έλεγχος Ελκυσμού.....	99
3.7.1.14 Περίσσεια αέρα καύσης.....	100
3.7.1.15 Απόδοση φούρνου.....	102
3.7.2 Απώλειες Θερμότητας.....	102
3.7.2.1 Απώλειες καύσεως.....	102
3.7.2.2 Θερμικές απώλειες στο περιβάλλον.....	103
3.8 Λέβητες.....	103
3.8.1 Βασικά μέρη Λέβητα.....	103
3.8.2 Διαδρομή Νερού-Ατμού στο Λέβητα.....	104

3.9	Εναλλάκτες θερμότητας.....	105
3.9.1	Βασικές μορφές εναλλακτών.....	106
3.9.2	Κατηγορίες εναλλακτών.....	108

4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ

4.1	Απόβλητα από διυλιστηρια.....	112
4.1.1	Αέριοι Ρύποι.....	112
4.1.2	Υγρά Απόβλητα.....	114
4.1.3	Στερεά Απόβλητα.....	115
4.2	Τρόποι αντιμετώπισης ρύπανσης.....	116
4.2.1	Διαχείριση υγρών αποβλήτων.....	116
4.2.2	Διαχείριση αέριων αποβλήτων.....	119
4.2.3	Διαχείριση στερεών αποβλήτων.....	120

5. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

5.1	Επεξήγηση ορών.....	122
5.2	Νομοθετικό Πλαίσιο.....	124
5.2.1	Ευρωπαϊκή νομοθεσία – νέες τάσεις.....	125
5.2.2	Νομοθεσία στην Ελληνική Επικρατεία.....	134
5.2.3	Σχετική Νομοθεσία για όρια ρύπων-κανονισμούς.....	135

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1	Συμπεράσματα.....	138
6.2	Βιβλιογραφία.....	139

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς και η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας αυξάνονται συνεχώς, ακολουθώντας τους ρυθμούς αύξησης του πληθυσμού της γης και τη σχετική βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων της. Η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας εκτιμάται ότι το 2020 θα είναι κατά 50% υψηλότερη αυτής του 1995, εξυπηρετώντας την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας η οποία εκτιμάται κατά 65% μεγαλύτερη σε σχέση με το 1995. Συνεχίζεται, διεθνώς, η αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και της ενέργειας που καταναλώνεται στον τομέα των μεταφορών ο οποίος αναπτύσσεται έντονα. Παρατηρείται σημαντική άνοδος της κατανάλωσης ενέργειας στις βιομηχανικές διεργασίες κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες η οποία καλύπτεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της από τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Η εικόνα στη χώρα μας είναι μεν ανάλογη όμως, παρά το γεγονός ότι οι ρυθμοί κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας είναι διαχρονικά φθίνοντες, παραμένουν πολλαπλάσιοι (2 έως 4 φορές) των αντιστοίχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε απόλυτα μεγέθη, η ενεργειακή κατανάλωση έχει υπερδιπλασιαστεί από τις αρχές της δεκαετίας του '70. Η διαφοροποίηση αυτή, αντανακλά κυρίως την απουσία συνεκτικής και πολυδιάστατης ενεργειακής πολιτικής με στόχο την εξοικονόμηση και την ορθολογική χρήση ενέργειας.

Η κατανομή της ζήτησης ενέργειας στους τομείς τελικής χρήσης συναρτάται σε μεγάλο βαθμό με τη διάρθρωση και το επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας. Στην περίοδο μετά το 1973 σημειώθηκε μια δομική αλλαγή, με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό την αύξηση της συμμετοχής του τομέα των μεταφορών, ο οποίος υπερδιπλασίασε την απαίτησή του σε κατανάλωση ενέργειας. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να αξιολογηθεί σε συνδυασμό και με την αύξηση στους άλλους τομείς κατανάλωσης και ιδιαίτερα αυτού της βιομηχανίας, όπου η αύξηση δεν υπερβαίνει το 15% για το ίδιο χρονικό διάστημα. Ταυτόχρονα, να επισημανθεί ότι ο τομέας των μεταφορών καλύπτεται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από παράγωγα πετρελαίου.

Εξετάζοντας τη μελλοντική εξέλιξη του ενεργειακού μας τομέα εκτιμάται, με ορίζοντα το 2020, ότι η ζήτηση ενέργειας θα είναι κατά 80% υψηλότερη αυτής του 1995 με σημαντική αύξηση (σε απόλυτα μεγέθη) της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών (88%) και στον οικιακό/τριτογενή τομέα (85%). Το πετρέλαιο παραμένει κύρια πηγή πρωτογενούς ενέργειας.

Εφόσον η κατανάλωση του φυσικού αερίου περιορίζεται στο επίπεδο των υπάρχουσών συμβάσεων προμήθειας, το πετρέλαιο διατηρείται ως το κύριο καύσιμο, με συμμετοχή άνω του 50% στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας το 2020. Μάλιστα, η ετήσια κατανάλωση πετρελαίου εκτιμάται ότι το 2020 θα είναι κατά 55% μεγαλύτερη αυτής του 1995, έντονα υπέρ των καυσίμων μεταφορών. Θέμα τίθεται και για την ήδη εγκατεστημένη στη χώρα μας διύλιστική ικανότητα, η οποία φαίνεται να είναι οριακή από το 2003 και μετά, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει και σε εισαγωγή προϊόντων πετρελαίου με σοβαρή συναλλαγματική εκροή. Πρέπει να ληφθεί υπόψη

ότι οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί οδηγούν ολοένα και περισσότερο στην κυριαρχία περισσότερο ακριβών «λευκών» προϊόντων πετρελαίου (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1: Προϊόντα πετρελαίου (www.petrol-group.com)

Είναι, επομένως, σαφές ότι οι υδρογονάνθρακες (πετρέλαιο και φυσικό αέριο) παραμένουν βασική ενεργειακή πηγή του σήμερα αλλά και του αύριο. Η αντίληψη του πεπερασμένου των κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου θα πρέπει πάντα να εξετάζεται υπό το πρίσμα της διαθέσιμης σήμερα τεχνολογίας, της δυναμικής της ανάπτυξης τα επόμενα χρόνια και της διαμόρφωση των τιμών του πετρελαίου στη διεθνή αγορά. Ταυτόχρονα, οι εξελίξεις των τελευταίων ημερών για ανακαλύψεις τεράστιων κοιτασμάτων πετρελαίου στην εγγύς Ανατολή και για συμφωνίες και προσεγγίσεις χωρών και φορέων αλλάζουν σημαντικά τον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη και δημιουργούν νέα γεωπολιτικά δεδομένα.

Η προοπτική της συμμετοχής και άλλων ενεργειακών πόρων, με έμφαση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), θα συμβάλει τελικά σε πολύ μικρό βαθμό στη μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας μας, δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλη δυσκολία στην αξιοποίηση, σε εμπορική κλίμακα, νέων μορφών και τεχνολογιών ΑΠΕ. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι, παρά τη διεθνή εμπειρία και πρακτική, μόλις το 8% μπορεί να φθάσει η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με ΑΠΕ στα επόμενα χρόνια, να εξασφαλίσουν το 12 % των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια και να αντικαταστήσουν σε ποσοστό 2 % τα καύσιμα κίνησης. Στο τομέα αυτό θα πρέπει να περάσουμε από τη φάση των μελετών και των επιδεικτικών προγραμμάτων στη φάση των συστηματικών δράσεων μεγάλου εύρους.

Το ερώτημα που πλανάται εδώ και πολλά χρόνια αφορά στο εάν η χώρα μας διαθέτει κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου, η εκμετάλλευση των οποίων μπορεί να συμβάλει στη μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησής της. Εύλογο το ερώτημα, όταν η γειτονική Ιταλία και Αλβανία, διαθέτουν και εκμεταλλεύονται

κοιτάσματα υδρογονανθράκων και οι χώρες αυτές θεωρούνται ότι εντάσσονται στην ευρύτερη περιοχή με συναφή γεωλογικά χαρακτηριστικά.

Μια ιστορική διαδρομή στον τομέα της έρευνας υδρογονανθράκων στη Ελλάδα καταγράφει ότι τέτοιες ερευνητικές δραστηριότητες απαντώνται από την αρχή του 20^{ου} αιώνα (1903). Η προσπάθεια αυτή, μέχρι το 1960, ήταν ευκαιριακή και περιορισμένη σε χερσαίες περιοχές. Το 1960 το Υπουργείο Βιομηχανίας σε συνεργασία με το ΙΓΜΕ αναλαμβάνουν ένα εκτεταμένο πρόγραμμα έρευνας κυρίως στην Ήπειρο, στα Ιόνια νησιά, στην Κεντρική Μακεδονία και στην Ευρυτανία. Με σύμβουλο το Γαλλικό Ινστιτούτο Πετρελαίων πραγματοποιήθηκαν 17 γεωτρήσεις οι μισές όμως από αυτές σε πολύ μικρά βάθη (<1000 μέτρων). Την ίδια περίοδο δραστηριοποιούνται και γνωστές εταιρείες όπως η BP, ESSO, Hunt, Rap-Illos, Safor με παραχωρήσεις στο Ιόνιο, στη Δυτική Πελοπόννησο, τα Δωδεκάνησα, την Αιτωλ/νία και τη Θράκη. Από το 1969 η έρευνα επεκτάθηκε και σε θαλάσσιες περιοχές και δόθηκαν παραχωρήσεις σε εταιρείες όπως η Texaco, Chevron, C+K Petroleum, Ada Oil, An-Car Oil, L.V.O, Calvin και Oceanic οι οποίες κάλυπταν παραχωρήσεις και στην περιοχή του Αιγαίου κοντά στα νησιά Χίος, Μυτιλήνη, Λέσβος Κως και Ρόδος. Από τις ξένες εταιρείες πραγματοποιήθηκαν συνολικά 69 γεωτρήσεις εκ των οποίων οι 17 αφορούν στην περιοχή του Πρίνου. Το 1975 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου (ΔΕΠ) η οποία αναλαμβάνει αποκλειστικά την ανάπτυξη όλων των φάσεων της πετρελαϊκής έρευνας στον Ελλαδικό χώρο. Στη δεκαπενταετία που η ΔΕΠ έδρασε στον τομέα αυτό, πραγματοποιεί 72 γεωτρήσεις (57 χερσαίες και 15 υποθαλάσσιες) καθώς και 2 γεωτρήσεις για γεωθερμική έρευνα. Από το 1990 και μετά η δραστηριότητα της ΔΕΠ πρακτικά σταματά στον τομέα της έρευνας υδρογονανθράκων ενώ δρομολογούνται νέα σχήματα και πλαίσια δραστηριοτήτων. Το 1995 θεσπίζεται ο νέος Νόμος περί Αναζήτησης, Έρευνας και Εκμετάλλευσης Υδρογονανθράκων (Νόμος 2289/95) με τον οποίο δίδεται η δυνατότητα ανάπτυξης δραστηριοτήτων στον ιδιωτικό τομέα, η προσέλκυση ξένων επενδυτών οι οποίοι αναλαμβάνουν το οικονομικό ρίσκο της έρευνας με παράλληλη συμμετοχή του κράτους στην περίπτωση ανακάλυψης οικονομικά εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος.

Το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας δραστηριότητας ήταν η ανακάλυψη των υποθαλάσσιων κοιτασμάτων, φυσικού αερίου Ν. Καβάλας και πετρελαίου του Πρίνου και Β. Πρίνου τα οποία τέθηκαν σε παραγωγή, καθώς και του χερσαίου κοιτάσματος φυσικού αερίου της Επανομής και του υποθαλάσσιου κοιτάσματος πετρελαίου/φυσικού αερίου του Δυτικού Κατάκωλου τα οποία δεν προχώρησαν στο στάδιο της ανάπτυξης και της εκμετάλλευσης.

Το κοιτάσμα του Πρίνου τέθηκε σε παραγωγή το 1981 υπό την Εταιρεία NAPC και έως σήμερα έχουν παραχθεί 108 εκατ. βαρέλια πετρέλαιο αθροιστικά με το κοιτάσμα του Β. Πρίνου, το οποίο τέθηκε σε παραγωγή το 1996. Η παραγωγή του Πρίνου κάλυπτε, σε ετήσια βάση, περίπου το 8% των αναγκών σε αργό πετρέλαιο. Από το κοιτάσμα φυσικού αερίου Ν. Καβάλας παρήχθησαν 650 εκατ. μ³ αέριο και 0.6 εκατ. βαρέλια υγρό συμπύκνωμα. Το 1999 διακόπτεται η σύμβαση της NAPC και τα κοιτάσματα αυτά παραχωρούνται στη κοινοπραξία KAVALA OIL. Παρά το γεγονός ότι τα κοιτάσματα βρίσκονται πλέον στη τελική φάση παραγωγής, οι σημερινές διαμορφούμενες συνθήκες με την τιμή του πετρελαίου δίδουν τη δυνατότητα μιας σχετικά μικρής ακόμη αύξησης της ανάκτησης πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η μελέτη του Ελλαδικού χώρου που έχει πραγματοποιηθεί, με τα μέχρι σήμερα δεδομένα όλων των φάσεων της έρευνας (γεωλογική, γεωφυσική και

γεωτρητική), έχει καταδείξει την ύπαρξη ιζηματογενών λεκανών μεγάλου ενδιαφέροντος. Το μεγαλύτερο μέρος τους είναι υποθαλάσσιες και μάλιστα σε βάθη θάλασσας που υπερβαίνουν τα 200 μέτρα. Οι συνθήκες αυτές αυξάνουν το κόστος της έρευνας και της εκμετάλλευσης σε σχέση με τις χερσαίες περιοχές. Η διαθέσιμη τεχνολογία παρέχει σήμερα δυνατότητες που τις καθιστούν απόλυτα εφικτές τεχνικά και οικονομικά συγκρίσιμες, πάντα βέβαια σε συνάρτηση και με τις ισχύουσες τιμές του πετρελαίου στη διεθνή αγορά (σήμερα επιτυγχάνεται όρυξη γεωτρήσεων σε βάθη θάλασσας 2800 μέτρων). Σε κάθε περίπτωση, οι συνθήκες του Ελλαδικού χώρου εντάσσονται στις συμβατικές συνθήκες όπου εφαρμόζονται τεχνολογίες έρευνας και εκμετάλλευσης ακόμη και όταν συζητούμε για πιθανότητα ύπαρξης μικρών σχετικά και διάσπαρτων κοιτασμάτων.

Πριν απ'όλα, θα πρέπει να είναι απολύτως σαφές ότι η έρευνα υδρογονανθράκων είναι μια δαπανηρή και υψηλού επιχειρηματικού κινδύνου δραστηριότητα. Απαιτούνται, επομένως, μεγάλες επενδύσεις και εξειδικευμένο προσωπικό. Απαιτείται όμως σχεδιασμός και μεθοδολογία της έρευνας με δυνατότητα συνδυαστικής ανάλυσης και επεξεργασίας όλων των δεδομένων και των πληροφοριών που συλλέγονται. Οι απαιτήσεις αυτές δεν μπορεί να θεωρήσει κανείς ότι ικανοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια της προαναφερθείσας περιόδου. Σήμερα, αναμένονται τα αποτελέσματα των ερευνών που πραγματοποιούνται στις παραχωρήσεις της Δυτικής Ελλάδας. Το πλαίσιο του Νόμου 2289/95 λειτουργεί και δοκιμάζεται στην πράξη.

Τα δεδομένα και οι προβλέψεις για το ρόλο του πετρελαίου στον ενεργειακό χάρτη της χώρας, όπως πολύ συνοπτικά επιχειρήθηκε να παρουσιαστούν στο κείμενο αυτό, επιβάλλουν την άσκηση μιας πολυδιάστατης και συνεκτικής ενεργειακής πολιτικής που θα στοχεύει στον περιορισμό της αβεβαιότητας στον ενεργειακό ανεφοδιασμό. Ένας τέτοιος στόχος σημαίνει και ολόπλευρη ανάπτυξη των εγχώριων ενεργειακών πόρων.



Εικόνα 1.2 : Ελληνικά πετρέλαια (www.elpe.gr)

Τα «Ελληνικά Πετρέλαια», (εικόνα 1.2) θα πρέπει να ενισχύσουν το ρόλο τους στην προώθηση της έρευνας υδρογονανθράκων στον ελλαδικό χώρο με μορφές που

Αθανασάκος Πατάπιος – Αψόμωτος Δημήτριος Σελίδα 7

μπορούν να καλύπτουν και αυτοδύναμες δραστηριότητες αλλά και δραστηριότητες μέσω σχημάτων Κοινοπραξίας Εταιρειών. Η τεχνογνωσία που έχει αποκτηθεί και η επένδυση σε εξειδίκευση προσωπικού που έχει γίνει όλα αυτά τα χρόνια μπορεί και πρέπει να αποδώσει. Ταυτόχρονα, η προώθηση σχημάτων συνεργασιών και επιχειρηματικών δράσεων στο εξωτερικό, δράσεις οι οποίες εξελίσσονται, μπορούν να συμβάλλουν και στην εξασφάλιση ιδίων πόρων. Ο έλεγχος της εκτέλεσης των Συμβάσεων Παραχώρησης καθώς και η επεξεργασία όλων των στοιχείων για το σχεδιασμό και την ιεράρχηση των ερευνών τόσο από πλευράς περιοχών που θα επιλεγούν όσο και από πλευράς σχημάτων/φορέων που θα αναλάβουν και διαδικασιών που θα ακολουθηθούν, αποτελεί σοβαρό στοιχείο της δραστηριότητας του Εθνικού φορέα.

Είναι ευθύνη, τέλος, της πολιτείας η ανάληψη πρωτοβουλιών απέναντι στην κοινωνία για σοβαρή και τεκμηριωμένη ενημέρωση σχετικά με την κοινωνική διάσταση και τις επιπτώσεις των ενεργειών που σχετίζονται με την ανάπτυξη των εγχώριων ενεργειακών πηγών. Τα ανταγωνιστικά συμφέροντα που αναπτύσσονται μεταξύ διαφορετικών ενεργειακών πόρων εμπλέκουν πολλές φορές και την κοινωνία από άγνοια αλλά και από δυσπιστία απέναντι σε θεσμούς της πολιτείας. Τι πιο οξύμωρο όταν ο ήλιος και ο άνεμος φαίνεται να πλήττονται ανταγωνιστικά από το φυσικό αέριο ;

Σημαντική ευθύνη αποτελεί και η εκπαίδευση των νέων επιστημόνων στις ενεργειακές τεχνολογίες, επιστήμονες οι οποίοι θα κληθούν να διαδραματίσουν σοβαρό ρόλο στις εξελίξεις που αναμένονται στον ευρωπαϊκό ενεργειακό χάρτη. Συμβολή στην προετοιμασία αυτού του επιστημονικού δυναμικού αποτελεί και το αντικείμενο της Μηχανικής Πετρελαίου.

Σκοπός της είναι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή των τεχνικών για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου σε εμπορεύσιμες ποσότητες. Η τεχνολογία που απαιτείται για την επίτευξη του στόχου αυτού βασίζεται σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων όπως γεωλογία, μαθηματικά, φυσική, χημεία, οικονομία, γεωστατιστική και φυσικά μηχανική.

Η ιδιαιτερότητα και η δυσκολία της Μηχανικής Πετρελαίου ως κλάδου μηχανικής έγκειται στο ότι ο σχεδιασμός βασίζεται στην παρατηρούμενη παραγωγική συμπεριφορά του ταμιευτήρα και στην αντιπροσωπευτικότητα του ταμιευτήρα από το μικρό δείγμα πληροφοριών που είναι διαθέσιμο. Σε αντίθεση με τα αντικείμενα άλλων κλάδων μηχανικής, οι ταμιευτήρες δεν μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να ικανοποιήσουν ένα συγκεκριμένο στόχο. Περισσότερο επιβάλλεται σε αυτούς να παράγουν ένα μικρό μόνο ποσοστό από το περιεχόμενό τους σε υδρογονάνθρακες, για όσο διάστημα αυτό θεωρείται ελκυστικό από οικονομική και εμπορική άποψη. Με το πέρασμα του χρόνου παραγωγής του ταμιευτήρα, περισσότερες πληροφορίες συγκεντρώνονται για τη φύση του και η μεθοδολογία παραγωγής μπορεί να αλλάξει.

Η Μηχανική Πετρελαίου, με άλλα λόγια, μπορεί να θεωρηθεί μια άσκηση εφαρμογής της "αοριστίας" στο σχεδιασμό. Η ορολογία που χρησιμοποιείται στη θεώρηση των επιτόπου και των ανακτήσιμων αποθεμάτων βασίζεται σε μεταβαλλόμενα "διαστήματα εμπιστοσύνης" και σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα πληροφοριών και την ύπαρξη τεχνολογίας που επιτρέπει την εκμετάλλευση υδρογονανθράκων με ελκυστικούς εμπορικά όρους. Τα οικονομικά των διεργασιών ανάκτησης υδρογονανθράκων είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το ρόλο του μηχανικού πετρελαίου. Σε κάθε περίπτωση ο μηχανικός καλείται να καταθέσει προτάσεις που είναι τεχνικά αλλά και οικονομικά ελκυστικές.

Στις σημερινές συνθήκες της ολοένα αυξανόμενης εκμετάλλευσης υποθαλάσσιων κοιτασμάτων αλλά και της έρευνας σε όλο και μεγαλύτερα βάθη, το κόστος παραγωγής είναι σημαντικό. Για παράδειγμα, ο λόγος του κόστους παραγωγής από ένα χερσαίο πηγάδι σε βάθος 2000 μέτρων προς το κόστος παραγωγής ενός υποθαλάσσιου πηγαδιού σε βάθος 3000 μέτρων είναι περίπου 1/10. Η έρευνα προσανατολίζεται σε περισσότερο ιδιόμορφους μηχανισμούς παγίδευσης και μικρότερες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων.

Η περαιτέρω παραγωγή από ταμειυτήρες που πλησιάζουν το τέλος του παραγωγικού κύκλου με συμβατικές μεθόδους, απαιτεί την εφαρμογή διεργασιών επαυξημένης ή βελτιωμένης ανάκτησης πετρελαίου (EOR και IHR αντίστοιχα). Η εκμετάλλευση κοιτασμάτων βαρέως τύπου πετρελαίου (πυκνότητα $API < 20^\circ$) και αερίων συμπυκνωμάτων ή πτητικού πετρελαίου (πυκνότητα $API > 45^\circ$) απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια από την πλευρά του μηχανικού πετρελαίου, ιδιαίτερα σε ταμειυτήρες που επικρατούν υψηλές πιέσεις ή είναι υποθαλάσσιοι. Η τεχνολογική εξέλιξη στην παραγωγή υδρογονανθράκων από πετρελαιούχους άμμους (sands) και σχιστόλιθους (shales) απαιτεί το συνδυασμό μεθόδων μηχανικής πετρελαίου, χημικής μηχανικής και μεταλλευτικής.

Οι οικονομικές συνθήκες σήμερα, ιδιαίτερα στη ΒΔ Ευρώπη, οδηγούν στη διεύρυνση της αντίληψης των μηχανικών πετρελαίου σε θέματα οικονομίας και πολιτικής. Η τιμή του πετρελαίου στις παγκόσμιες αγορές ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό από συμφωνίες μεταξύ των παραγωγών χωρών. Οι διακυμάνσεις των τιμών έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην πολιτική των εταιρειών παραγωγής. Η ανάπτυξη ενός ταμειυτήρα απαιτεί την άντληση μεγάλων χρηματικών ποσών μέσω δανείων με όρους αποπληρωμής που συνδέονται με την αβεβαιότητα για την παραγωγική δυνατότητα του ταμειυτήρα. Για παράδειγμα, η επένδυση για την ανάπτυξη και την εκμετάλλευση ενός υποθαλάσσιου κοιτάσματος πετρελαίου στην Βρετανική υφαλοκρηπίδα, με περίπου 75 εκατομμύρια βαρέλια ανακτήσιμα αποθέματα, ξεπέρασε τα 500 εκατομμύρια λίρες ή τα 600 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (με τιμές του 1985). Είναι επίσης προφανές ότι μεγάλο ποσοστό των κεφαλαίων δεσμεύεται τουλάχιστον πέντε χρόνια πριν αρχίσουν τα έσοδα από την παραγωγή. Το γεγονός αυτό και μόνο οδηγεί στο σχεδιασμό μιας τακτικής με πολύ γρήγορους αρχικούς ρυθμούς παραγωγής, προκειμένου να μειωθούν οι χρόνοι αποπληρωμής. Η ανάπτυξη κοιτασμάτων με λιγότερο από 100 εκατομμύρια βαρέλια ανακτήσιμων αποθεμάτων στην ίδια περιοχή, αποτελεί σήμερα μεγαλύτερη πρόκληση για τον μηχανικό πετρελαίου από ότι στο τέλος του 1983, όπου για τα περισσότερα κοιτάσματα τα ανακτήσιμα αποθέματα ήταν της τάξης των 400 εκατομμυρίων βαρελιών.

Ελπίζουμε ότι η κατανόηση των θεμάτων που εκτίθενται στα Κεφάλαια που ακολουθούν παρέχει τη θεωρητική και την πρακτική θωράκιση των νέων μηχανικών και τους καθιστούν ικανούς να προσεγγίζουν τα προβλήματα που θα αντιμετωπίσουν

σε ενδεχόμενη επαγγελματική δραστηριότητά τους στον ενεργειακό χώρο, να γνωρίσουν και να χρησιμοποιήσουν τον μηχανολογικό εξοπλισμό που απαιτείται, για τη λειτουργία των μονάδων παράγωγης ενέργειας, και να τους εφοδιάσουν με αίσθημα ευθύνης για το περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΥΛΗΣΗ

2.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

2.1.1 Ιστορία της χρήσης του πετρελαίου

Η λέξη πετρέλαιο προέρχεται από την ελληνική λέξη *πέτρα* και την λατινική *oleum* που σημαίνει «λάδι» και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό ορυκτολόγο Agricola, το 1556. η πρώτη μνεία χρησιμοποίησης του γίνεται στη Βίβλο, όπου αναφέρεται ότι ο Νώε πραγματοποίησε επάλειψη της Κιβωτού, πριν από τον κατακλυσμό με κάποιο υλικό ασφαλτικής σύστασης. Ο Ηρόδοτος επίσης αναφέρει ότι στη Ζάκυνθο υπήρχε ένα πηγάδι με άσφαλτο. Πριν από 5.000 τουλάχιστον χρόνια, οι Σουμέριοι, οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι χρησιμοποίησαν τις μεγάλες επιφανειακές διαρροές πετρελαίου στο Χιτ του Ευφράτη ποταμού, ενώ χρήση παρόμοιων διαρροών είναι γνωστή σε πολλά μέρη της Μεσοποταμίας και των γειτονικών περιοχών που περιβάλλουν την ανατολική Μεσόγειο. Στην αρχαιότητα η Νεκρά Θάλασσα ήταν γνωστή με την ονομασία Ασφαλίτις Λίμνη, λόγω του ημιστερεού πετρελαίου που έβγαινε στις ακτές της από υποβρύχιες διαρροές.

Οι ανασκαφές στα Σούσα του Ιράν και στην Ουρ του Ιράκ αποκάλυψαν ότι οι κάτοικοι ανακάλυψαν στερεά παράγωγα του πετρελαίου με άμμο και ινώδη υλικά για την κατασκευή αρδευτικών τάφρων.

Είναι γνωστό ότι γινόταν χρήση του πετρελαίου 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. Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς έχουν περιγράψει φυσικές εμφανίσεις πετρελαίου και αερίων, ιδιαίτερα στην περιοχή του Μπακού, στη σημερινή ΕΣΣΔ.

Στους πρώτους χριστιανικούς χρόνους, οι Άραβες και οι Πέρσες ενδιαφέρθηκαν για το αργό πετρέλαιο και τη διύλισή του σε φωτιστικό πετρέλαιο. Είναι πιθανόν αυτές οι γνώσεις να μεταφέρθηκαν από τους Άραβες στη δυτική Ευρώπη κατά τον 12^ο αιώνα. Επίσης το «υγρό πυρ» των Βυζαντινών είχε κατά πάσα πιθανότητα ως βάση το πετρέλαιο.

Μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα η χρήση του φωτιστικού πετρελαίου στις ΗΠΑ 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 Ντρέικ στην δυτική Πενσυλβάνια τον Αύγουστο του 1859 και σε βάθος 21 μέτρων, έτσι άνοιξε τον δρόμο στη βιομηχανία πετρελαίου. Την ίδια περίπου περίοδο πετρελαϊκά πεδία ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη και την Άπω Ανατολή.

Με την αρχή του 20^{ου} αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση, που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του αυτοκινήτου, είχε προχωρήσει τόσο πολύ ώστε το επεξεργασμένο πετρέλαιο για φωτιστική χρήση έπαιε 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 στα χρόνια έφτασε να ξεπερνά τους 3.000.000.000 τόνους.

Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται το παρόν και το μέλλον της παγκόσμιας οικονομίας.

2.1.2 Φυσικές ιδιότητες

Συνήθως ως πετρέλαιο εννοούμε τα υγρά αποθέματα που περιλαμβάνουν το αργό πετρέλαιο, αέρια (φυσικά αέρια) και στερεά (άσφαλτο ή πίσσα).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι το πετρέλαιο δημιουργήθηκε με την αποσύνθεση θαλασσίων, κυρίως, ζώων και φυτών, που θάφτηκαν κάτω από διαδοχικές στιβάδες λάσπης, πριν από 400-500 εκατομμύρια 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 παθαίνοντας 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 σ' αυτές τις αποθέσεις, δημιουργώντας τεράστιες πιέσεις. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες, χημικές διεργασίες μετατρέπουν τους οργανισμούς σε πετρέλαιο και αέριο.

Το πετρέλαιο είναι υγρό ελαιώδες ή παχύρρευστο, με καστανό χρώμα, χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, αδιάλυτο στο νερό και ελαφρότερο απ' αυτό. Έχει πυκνότητα από 0,73gr/cm³ μέχρι 1,04gr/cm³ και η θερμαντική ικανότητά του φτάνει σε 10.400kcal/gr –11.000kcal/gr. Αποτελείται από υδρογονάνθρακες (ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου που σε κανονικές θερμοκρασίες και πιέσεις μπορεί να είναι αέριες, υγρές ή στερεές, ανάλογα με την 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.

2.1.3 Χημικά χαρακτηριστικά

Τα κύρια συστατικά του πετρελαίου είναι οι τρεις ομάδες υδρογονανθράκων, δηλαδή α) οι κεκορεσμένοι με δομή απλής αλυσίδας του τύπου C_nH_{2n+2} , β) οι ναφθένες με δομή κεκορεσμένου κλειστού δακτυλίου της πολυμεθυλενικής σειράς C_nH_{2n} γ) οι αρωματικοί ακόρεστοι υδρογονάνθρακες με δομή κλειστού δακτυλίου του τύπου C_nH_{2n-6} . Εκτός απ' αυτά το πετρέλαιο περιέχει σε μικρές ποσότητες οξυγόνο, σε μορφή ιδίως ναφθενικών οξέων, άζωτο ενωμένο σε διάφορες βάσεις και θείο που βρίσκεται είτε σε ελεύθερη μορφή, είτε σαν συστατικό οργανικών ενώσεων. Στα περισσότερα πετρέλαια υπάρχει επίσης και χλωριούχο νάτριο.

Τα περισσότερα πετρέλαια είναι μίγματα παραφινέλαιων, ναφθέλαιων και αρωματικών σε διαφορετικές αναλογίες και κανένα πετρέλαιο δεν έχει την ίδια σύσταση με άλλο, αν προέρχονται από διαφορετικά κοιτάσματα. Οι πιο κοινοί υδρογονάνθρακες τόσο στο αργό πετρέλαιο όσο και στο φυσικό αέριο είναι οι παραφίνες.

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

2.1.4 Έρευνα για πετρέλαιο

Η αναζήτηση κοιτασμάτων πετρελαίου απαιτεί ειδικές γεωλογικές και γεωφυσικές μελέτες, οι οποίες εντοπίζουν περιοχές με μεγάλη πιθανότητα παρουσίας πετρελαιοφόρου κοιτάσματος. Η πιθανότητα βέβαια να βρεθεί πετρέλαιο μετά από γεώτρηση είναι 1 προς 10Η έρευνα για πετρέλαιο διενεργείται σε δύο φάσεις : η πρώτη αποτελείται από τις γεωλογικές και γεωφυσικές μελέτες και η δεύτερη περιλαμβάνει μία ή περισσότερες ερευνητικές γεωτρήσεις.

Το πετρέλαιο και τα αέρια μπορούν να συγκεντρωθούν σε κοιτάσματα αν υπάρχουν ορισμένες γεωλογικές συνθήκες.

1) Η παρουσία ενός βράχου που χρησιμεύει ως αποθήκη και έχει πόρους συνδεδεμένους μεταξύ τους ή ρωγμές και κενά.

2) Η παρουσία πάνω από τη βραχο-αποθήκη ενός σχηματισμού αδιάβροχου (που συχνά λέγεται καπέλο)

3) Η ύπαρξη ενός «κλεισίματος», δηλαδή ενός γεωλογικού σχηματισμού που εμποδίζει τη διαφυγή υγρών και αερίων.

Συνήθως τα αποθέματα βρίσκονται σε αντίκλινα ή σε σημεία όπου π.χ. εξαιτίας μιας καθίζησης υπάρχει ασυνέχεια στα πετρώματα.

Η έρευνα για την ανακάλυψη του πετρελαίου περιλαμβάνει : α) φωτογράφιση του χώρου, όπου φαίνονται καθαρά οι πιθανές τοποθεσίες για γεώτρηση, β) γεωλογική έρευνα, οπότε γίνεται χαρτογράφηση των πετρωμάτων και γ) γεωφυσική έρευνα. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η σεισμική, η σταθμική, η μαγνητική, η ηλεκτρική κ.α.

Η πιο γνωστή και η πιο χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η σεισμική. 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.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους ερευνητές παρουσιάζουν οι περιθωριακές ημίκλειστες θάλασσες, όπως η Βόρεια Θάλασσα, ο Περσικός κόλπος, η Θάλασσα της Ιρλανδίας, ο Κόλπος του Χάντσον, ο Κόλπος του Αγίου Λαυρεντίου, ο Εύξεινος Πόντος, η Κασπία, η ερυθρά Θάλασσα, η Αδριατική και η Θάλασσα των Βαλεαρίδων. Όλες αυτές οι θάλασσες παρουσιάζουν κατάλληλες ιζηματοδομές για την παγίδευση του πετρελαίου και έχουν σχετικά μικρά βάθη. Η περιορισμένη τους τοπογραφία ευνοεί τη συγκέντρωση και διατήρηση του οργανικού υλικού των πετρελαίων και αναμένεται η παρουσία ευνοϊκών δομών αποθήκευσης. Τα περιβάλλοντα είναι επίσης ευνοϊκά για απόθεση εβαπορίτων και σε μερικές από αυτές έχουν ήδη χαρτογραφηθεί διαπυρικές δομές αλατιού και αργιλικών σχιστόλιθων, ενώ και άλλες περιθωριακές λεκάνες χαρακτηρίζονται από την συνέχιση των πτυχώσεων των γειτονικών χέρσων.

Το σκηνικό λοιπόν της έρευνας για πετρέλαιο μεταφέρεται στα υποθαλάσσια ηπειρωτικά περιθώρια και στις εσωτερικές θάλασσες που αναμένεται να δώσουν μεγάλο αριθμό νέων παραγωγικών πετρελαιοφόρων περιοχών τα επόμενα χρόνια.

2.2 ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΥΛΙΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

2.2.1 Άντληση αργού πετρελαίου

Ο εντοπισμός ενός κοιτάσματος πετρελαίου (εικόνα 2.1), είναι το πρώτο εμπόδιο που πρέπει να υπερνικηθεί ώστε να ακολουθήσει η άντληση του πετρελαίου.. Στα πρώιμα χρόνια χρησιμοποιήθηκαν 'θειικές ράβδοι' σχήματος Υ και άλλα υπερφυσικά εργαλεία αλλά χωρίς αποτέλεσμα. Οι σύγχρονοι γεωλόγοι και μηχανικοί πετρελαίου χρησιμοποιούν δοκιμασμένες και ακριβείς μεθόδους. Μηχανήματα τα οποία χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση των κοιτασμάτων πετρελαίου είναι τα γεώφωνα (ηχητικές μετρήσεις), όργανα μέτρησης της έντασης της γήινης βαρύτητας, μαγνητόμετρα (μέτρηση του γήινου μαγνητικού πεδίου). Παρόλα αυτά κάποιος πρέπει τελικά να σκάψει ένα πηγάδι ώστε να επιβεβαιωθεί ότι υπάρχει πετρέλαιο. Η επιτυχία συνοδεύεται από ένα πίδακα πετρελαίου αλλά τώρα το ταπώνουν μόλις αυτό συμβεί. Έπειτα, μετά τον εντοπισμό του κοιτάσματος πετρελαίου , θα πρέπει να αντλήσουμε το ορυκτό με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων.



Εικόνα 2.1: Κοίτασμα πετρελαίου (www.offshore-technology.com)

Η άντληση του πετρελαίου γίνεται από ειδικές πυργωτές εγκαταστάσεις, που εγκαθίστανται πάνω στις λεγόμενες πετρελαιοπηγές. Το πετρέλαιο λαμβάνεται μετά από διάτρηση του εδάφους, τη λεγόμενη γεώτρηση με τη μορφή αρτεσιανού φρέατος όπου το πετρέλαιο, σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω των υφιστάμενων πιέσεων, αναβλύζει υπό μορφή πίδακα ύψους πολλών μέτρων. Συνηθέστερα όμως εξάγεται με απάντληση κατόπιν προκαλούμενης πίεσης, στην αρχή, νερού επί του οποίου και επιπλέει το προς εξόρυξη πετρέλαιο. Συνεπώς, υπάρχουν πολλές μέθοδοι αύξησης της παραγωγής πετρελαίου από τις πηγές όπως με εξακόντιση νιτρογλυκερίνης ή με εισαγωγή, υπό πίεση, υδροχλωρικού οξέος ή ακόμα μετά από διαβίβαση αερίων υπό πίεση.

Γενικά το πετρέλαιο από τις πετρελαιοπηγές φέρεται αναμεμιγμένο με αέρια, νερό καθώς και με μικρές ποσότητες άμμου. Τα μεν αέρια αποχωρίζονται μέσω ενός διαχωριστή και χρησιμοποιούνται είτε προς επανεισαγωγή εντός των πηγών (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) είτε οδηγούνται προς το εμπόριο ως φυσικά αέρια, είτε, τέλος, διαβιβάζονται μέσα σε απορροφητικού έλαιο, το δε νερό αποχωρίζεται από το πετρέλαιο με παραμονή του σε δεξαμενές, οπότε και αποχωρίζεται και η άμμος (με καθίζηση). Αν, όμως, έχει αναμιχθεί το πετρέλαιο με το νερό ως γαλάκτωμα, τότε είναι απαραίτητο να ακολουθήσουν ιδιαίτερες διεργασίες θέρμανσης, καθώς και χημικές ή ηλεκτρικές μέθοδοι αποχωρισμού του νερού. Το καθαρό πλέον ακατέργαστο πετρέλαιο συλλέγεται σε δοχεία ορισμένης χωρητικότητας από τα οποία και οδηγείται σε μεγάλες δεξαμενές από τις οποίες και θα ακολουθήσει η περαιτέρω κατεργασία του, δηλαδή η διύλιση του (κλασματική απόσταξη).

Σήμερα υπάρχουν τρεις μέθοδοι εξόρυξης πετρελαίου: με **συρματόσχοινο** (εικόνα 2.2), με **περιστροφικό εξοπλισμό** (εικόνα 2.3) και η **θαλάσσια** (εικόνα 2.4). Στη μέθοδο με το συρματόσχοινο, ένα σφυρί-πρέσσα βυθίζει μια δαγκάνα που ανοίγει το έδαφος και βγάζει τα χώματα. Ο περιστροφικός εξοπλισμός χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερα βάθη και αποτελείται από ένα σωλήνα με ένα τρυπάνι. Το τρυπάνι μαζί με τον σωλήνα βυθίζεται στο έδαφος και καθώς περιστρέφεται βγάζει έξω τα χώματα. Στις θαλάσσιες εξορύξεις απαιτείται μια ημιβυθισμένη εξέδρα απ' όπου εφαρμόζεται η μέθοδος με τον περιστροφικό εξοπλισμό.



Εικόνα 2.2: Εξόρυξη με συρματοσχοίνο (www.offshore.com)



Εικόνα 2.3: Εξόρυξη με περιστροφικό εξοπλισμό (www.offshore.com)



Εικόνα 2.4:Θαλάσσια εξόρυξη πετρελαίου (www.offshore.com)

Κάθε κοίτασμα αργού πετρελαίου περιέχει ποσότητα μεθανίου ή άλλων αερίων διαλυμένων σ' αυτό. Μόλις το γεωτρύπανο χτυπήσει το πετρέλαιο, η πίεση απελευθερώνεται στο υπόγειο κοίτασμα. Τα αέρια σπρώχνουν το αργό πετρέλαιο στην επιφάνεια. Τα διαλυμένα αέρια επιτρέπουν μια ανάκτηση του πετρελαίου περίπου 20%. Η εισαγωγή νερού στο κοίτασμα επιτρέπει ανάκτηση πετρελαίου περίπου 50%. Τασιενεργά πρόσθετα χρησιμοποιούνται για ακόμα μεγαλύτερη ανάκτηση πετρελαίου. Παρόλα αυτά είναι αδύνατο να εξορυχτεί όλο πετρέλαιο.

Σήμερα χρησιμοποιείται η περιστροφική μέθοδος. Σ' αυτή τη μέθοδο, το βάρος, αντί να κινείται πάνω κάτω, συνδέεται με τη βάση ενός συστήματος ατσάλινων σωλήνων. Ο κεντρικός σωλήνας, γεωτρύπανο, περιστρέφεται με τη βοήθεια μιας μηχανής που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Η ταχύτητα περιστροφής του εργαλείου μπορεί να κυμαίνεται από 30 μέχρι και 500 στροφές ανά λεπτό και η ταχύτητα διεύθυνσης από λίγα εκατοστά μέχρι και πολλά μέτρα ανά ώρα, ανάλογα με την σκληρότητα των διαπερωμένων πετρωμάτων. Τα βάθη γεώτρησης υπερβαίνουν μερικές φορές τα 10.000 μέτρα, αλλά συνήθως όμως κυμαίνονται μεταξύ 1.500 και 3.500 μέτρων. Οι ίδιες τεχνικές χρησιμοποιούνται στη θάλασσα, μόνο που οι χειρισμοί γίνονται από εξέδρα, υπερυψωμένη από την επιφάνεια της θάλασσας.

2.2.2 Διύλιση αργού πετρελαίου

Μετά την εξερεύνηση και άντλησή του το φυσικό πετρέλαιο "αργό πετρέλαιο" μεταφέρεται σε διυλιστήριο (εικόνα 2.5) ,όπου υποβάλλεται σε διύλιση.



Εικόνα 2.5: Διυλιστήριο Αργού πετρελαίου (www.moh.gr)

Με τον όρο διύλιση εννοούμε :

1. Τον διαχωρισμό του πετρελαίου σε διάφορα προϊόντα(με φυσικές διεργασίες διαχωρισμού π.χ. απόσταξη) ή την παρασκευή προϊόντων (με χημικές διεργασίες π.χ. κατάλυση).
2. Τον εξευγενισμό των προϊόντων (π.χ. αποθείωση).
3. Την ετοιμασία του τελικού προϊόντος (που μπορεί να απαιτεί δευτερεύοντες κατεργασίες όπως ανάμιξη ,προσθήκη προσθέτων κλπ).

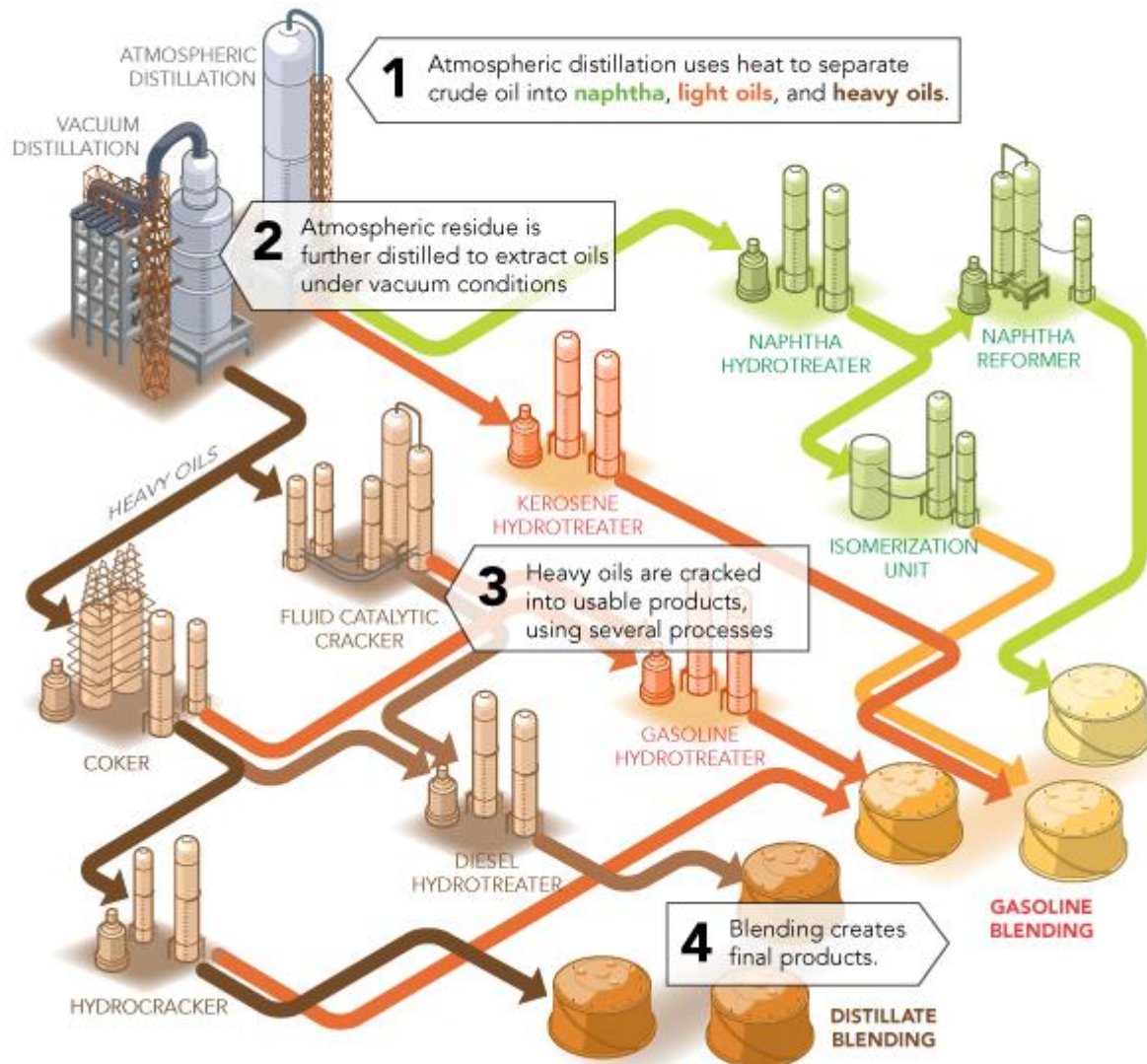
Ένα τυπικό διυλιστήριο περιλαμβάνει τις πιο κάτω μονάδες (σχήμα 2.1):

- **στήλη ατμοσφαιρικής απόσταξης** (distillation atmospheric unit)-σκοπός της μονάδας είναι να διαχωρίσει το αργό πετρέλαιο σε κλάσματα σύμφωνα με το σημείο ζέσεως.
- **στήλη απόσταξης σε κενό** (vacuum distillation unit)-η μονάδα αυτή χρησιμοποιείται επειδή οι υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για να διαχωριστούν τα βαρύτερα κλάσματα σε ατμοσφαιρική πίεση ,προκαλούν

πυροδιάσπαση των ενώσεων με αποτέλεσμα την παραγωγή ελαφρών αερίων (απώλειες), τον αποχρωματισμό των προϊόντων και την ρύπανση του εξοπλισμού λόγω σχηματισμού κωκ .

- **μονάδα καταλυτικής αναμόρφωσης** (reforming unit)-γίνεται μια καταλυτική μετατροπή των παραφινικών ή ναφθениκών υδρογονανθράκων σε αρωματικούς παρουσία υδρογόνου
- **μονάδα αλκυλίωσης** (alkylation unit)-έχει σκοπό να παράγει βενζίνη από ελαφρά και χαμηλής αξίας προϊόντα κατεργασίας του πετρελαίου όπως είναι τα πεντάνια ,βουτάνια και ελαφρύτεροι υδρογονάνθρακες .γενικά με τον όρο αλκυλίωση εννοούμε μία αντίδραση δύο μορίων υδρογονανθράκων χαμηλού μοριακού βάρους προς έναν υδρογονάνθρακα με σημείο βρασμού στην περιοχή της βενζίνης.
- **μονάδα υδρογόνο- αποθείωσης** (hydro-desulphurisation unit)-σκοπός της μονάδας είναι η απομάκρυνση του θείου από τις ενώσεις του πετρελαίου για την παραγωγή των προϊόντων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.
- **μονάδα καταλυτικής πυρόλυσης** (fluid catalytic cracking)-με την καταλυτική πυρόλυση βαριά κλάσματα μικρής σχετικά αξίας διασπώνται καταλυτικά σε ελαφρά κλάσματα μεγαλύτερης αξίας και παράγεται βενζίνη υψηλού αριθμού οκτανίου.
- **Μονάδα πυρόλυσης παρουσίας υδρογόνου** (hydro cracker)-χρησιμοποιείται μαζί με την καταλυτική πυρόλυση για την μετατροπή κλασμάτων μέσης απόσταξης σε βενζίνη και ντίζελ(diesel).Γίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση και υπάρχει υψηλή απόδοση προϊόντος κατ' όγκον.

Crude Oil Refining

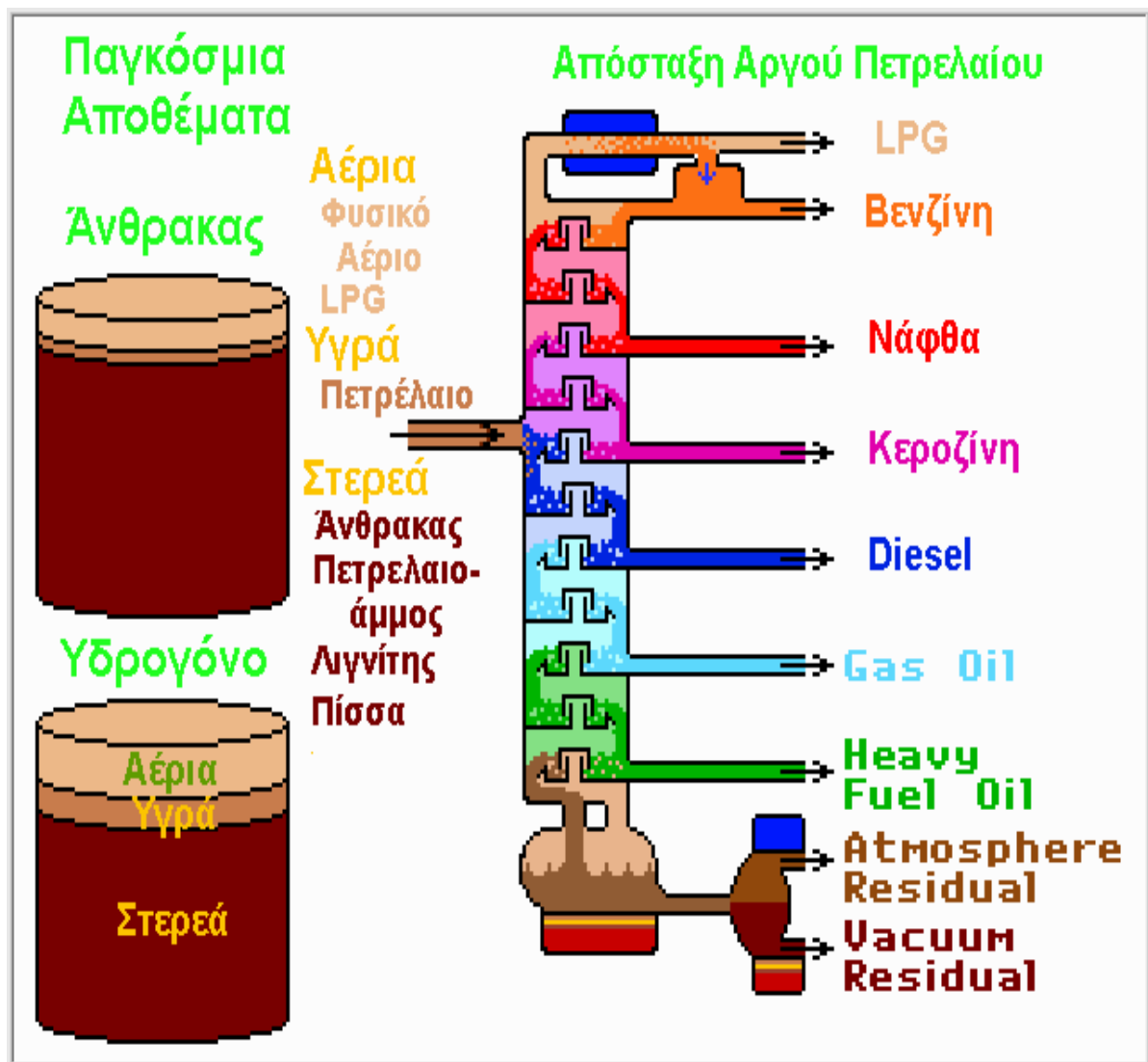


Σχήμα 2.1: Μονάδες Διυλιστηρίου (www.engineering.catalysis.gr)

Το διυλιστήριο διυλίζει αργό πετρέλαιο, παραλαμβάνει και κατεργάζεται τα λαμβανόμενα απ' αυτό προϊόντα (από τα αέρια συστατικά έως τα βαρέα προϊόντα και την ασφαλτο), αποθηκεύει την πρώτη ύλη, τα ενδιάμεσα και τα τελικά προϊόντα.

Τα προϊόντα που παράγει δίδονται παρακάτω (σχήμα 2.2) :

- ü Υγραέρια
- ü Βενζίνες
- ü Καύσιμα αεριοποιημένων
- ü Φωτιστικό Πετρέλαιο
- ü Diesel
- ü Μαζούτ
- ü Ασφαλτος
- ü Θειάφι



Σχήμα 2.2: Παραγωγή πετρελαίου (www.engineering.catalysis.gr)

Οι εγκαταστάσεις των Διυλιστηρίων (εικόνες 2.6 και 2.7) αποτελούνται από επί μέρους μονάδες κάθε μία από τις οποίες είναι αυτοτελής, ως προς τον εξοπλισμό και συνδεδεμένη με άλλες όσον αφορά την πρώτη ύλη και τα προϊόντα. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν και τις μονάδες παραγωγής των βοηθητικών παροχών για το Διυλιστήριο (όπως νερό, ατμός, καύσιμα κλπ.), τα συστήματα ασφαλείας των πυρσών και τους αποθηκευτικούς χώρους τόσο του αργού πετρελαίου όσο και των ενδιαμέσων και των τελικών προϊόντων.



Εικόνα 2.6: Εγκαταστάσεις Διυλιστηρίου (www.moh.gr)

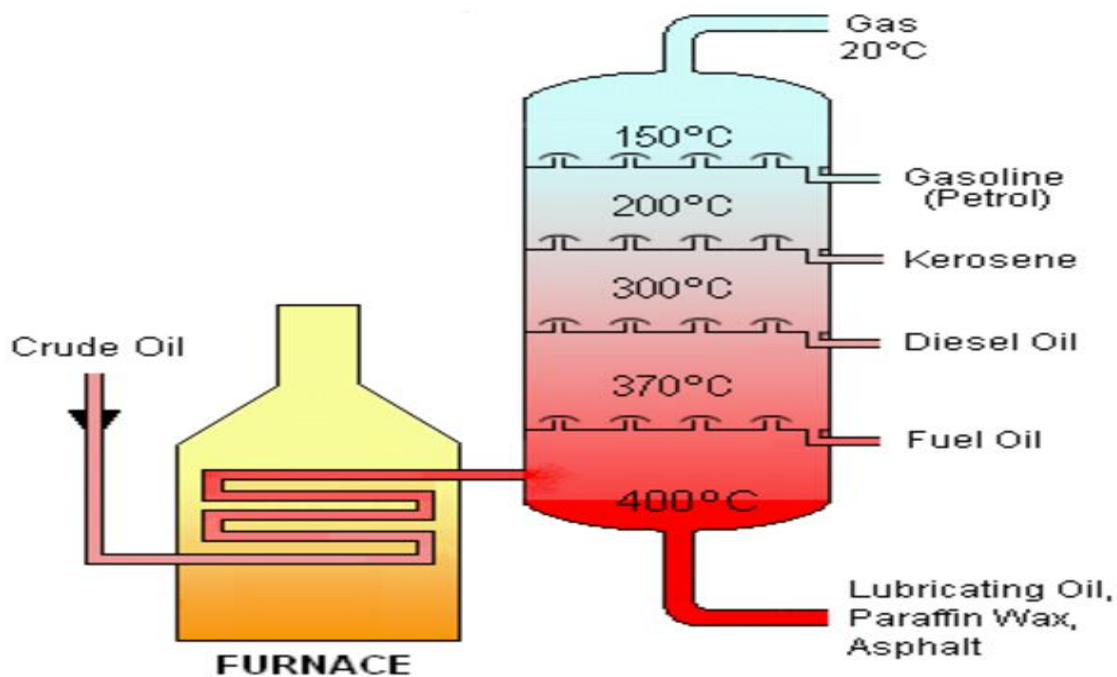


Εικόνα 2.7: Εγκαταστάσεις Διυλιστηρίου (www.moh.gr)

Στις αποστακτικές στήλες (distillation column, still) του αργού πετρελαίου γίνονται οι κυριότερες διεργασίες σ' ένα διυλιστήριο. Οι στήλες αυτές χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό του αργού πετρελαίου σε κλάσματα ανάλογα του σημείου βρασμού τους (Πίνακας 2.1), ώστε οι διεργασίες που ακολουθούν να έχουν τροφοδοσία που να ικανοποιεί τις ιδιαίτερες προδιαγραφές της περαιτέρω διεργασίας.

Απόδοση και οικονομία επιτυγχάνονται αν η απόσταξη του αργού πετρελαίου γίνει σε δύο στάδια. Πρώτα η απόσταξη του συνόλου του αργού πετρελαίου γίνεται πρακτικά σε ατμοσφαιρική πίεση και έπειτα, το κλάσμα πυθμένος της ατμοσφαιρικής στήλης - ρεύμα με υψηλό σημείο βρασμού, τροφοδοτεί μια δεύτερη στήλη που λειτουργεί σε υψηλό κενό (χαμηλή πίεση).

Η στήλη κενού απαιτείται διότι ο θερμικός διαχωρισμός (σχήμα 2.3) των βαρέων κλασμάτων σε ατμοσφαιρική πίεση απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες όπου γίνεται παράλληλα και θερμική διάσπαση των κλασμάτων αυτών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των προϊόντων, απώλεια υδρογονανθράκων και απόθεση "μάκας" στον εξοπλισμό λόγω σχηματισμού κωκ. Ως γνωστόν, η θερμοκρασία βρασμού (σημείο βρασμού) ελαττώνεται με την ελάττωση της (συνολικής ή μερικής) πίεσης. Έτσι τα βαρύτερα κλάσματα στη στήλη κενού, βράζουν σε μικρότερη θερμοκρασία και αποφεύγεται η θερμική τους διάσπαση. Όμοια δράση έχει, όπως θα δούμε, και η προσθήκη ατμού στη στήλη.



Σχήμα 2.3: Θερμικός Διαχωρισμό (www.engineering.catalysis.gr)

Πίνακας 2.1: Θερμοκρασίες Βρασμού (Α.Γκίνης και άλλοι, 2005)

Διύλιση Αργού Πετρελαίου		
Απόσταγμα / Κλάσμα	Θερμ. Βρ. (°C)	Άτομα C ανά Μόριο
Αέρια	< 30	1-4
Βενζίνη	30-210	5-12
Νάφθα	100-200	8-12
Κεροζίνη & Jet Fuel	150-250	11-13
Diesel & Fuel Oil	160-400	13-17
Atmospheric Gas Oil	220-345	
Heavy Fuel Oil	315-540	20-45
Atmospheric Residue	> 450	> 30
Vacuum Residue	> 615	> 60

Προθέρμανση Αργού Πετρελαίου

Το αργό πετρέλαιο πριν εισέλθει στην ατμοσφαιρική στήλη προθερμαίνεται σε μια σειρά από εναλλάκτες θερμότητας στους 550 °F περίπου με θερμική εναλλαγή με τα προϊόντα και τα ρεύματα επαναρροής της στήλης. Έπειτα, το αργό πετρέλαιο θερμαίνεται σε φούρνο/κλίβανο (direct-fire-furnace) στους 650 - 750 °F και στη συνέχεια τροφοδοτεί την ατμοσφαιρική στήλη. Η θερμοκρασία εξόδου του αργού πετρελαίου από τον φούρνο είναι αρκετά υψηλή ώστε να έχουν ατμοποιηθεί όλα τα προϊόντα που αφαιρούνται πάνω από το δίσκο τροφοδοσίας και ένα 10-20% επιπλέον από τα προϊόντα πυθμένος. Αυτό το 10-20% "επιπλέον" επιτρέπει την κλασμάτωση ακριβώς πάνω από το δίσκο της τροφοδοσίας και να παρέχει εσωτερική επαναρροή σε περίσσεια των πλευρικών ρευμάτων που αφαιρούνται.

Είναι σκόπιμο να τοποθετηθεί ένα δοχείο διαχωρισμού (flash drum) μεταξύ των εναλλακτών θερμότητας προθέρμανσης και του φούρνου θέρμανσης. Τα κλάσματα χαμηλού σημείου βρασμού που ατμοποιούνται με την προθέρμανση στους εναλλάκτες διαχωρίζονται στο δοχείο διαχωρισμού και οδηγούνται κατ' ευθείαν στο δίσκο τροφοδοσίας της ατμοσφαιρικής στήλης (Σχήμα 2.4). Το υγρό ρεύμα από το δοχείο διαχωρισμού αντλείται μέσω του φούρνου στην αποστακτική στήλη. Έτσι απαιτούνται μικρότεροι και φθηνότεροι φούρνοι για τη θέρμανση της τροφοδοσίας της ατμοσφαιρικής στήλης.

Ατμοσφαιρική Στήλη Αργού Πετρελαίου

Η επαναροή της στήλης επιτυγχάνεται με την συμπύκνωση των ατμών της κορυφής (overhead vapor) και με την επιστροφή τμήματος του υγρού ρεύματος στην κορυφή της στήλης. Πλάγια υγρά ρεύματα αφαιρούνται από τη στήλη. Αυτά τα ρεύματα είναι πλούσια σε συστατικά χαμηλού σημείου βρασμού. Αυτά τα "ελαφρά" (light ends) απογυμνώνονται σε μικρές στήλες (side strippers) με 4 έως 10 δίσκους με ατμό που εισάγεται κάτω από τον δίσκο πυθμένος. Ο ατμός και τα "ελαφρά" επανεισάγονται στην ατμοσφαιρική στήλη σε μια θέση πάνω από το σημείο λήψης του υγρού ρεύματος.

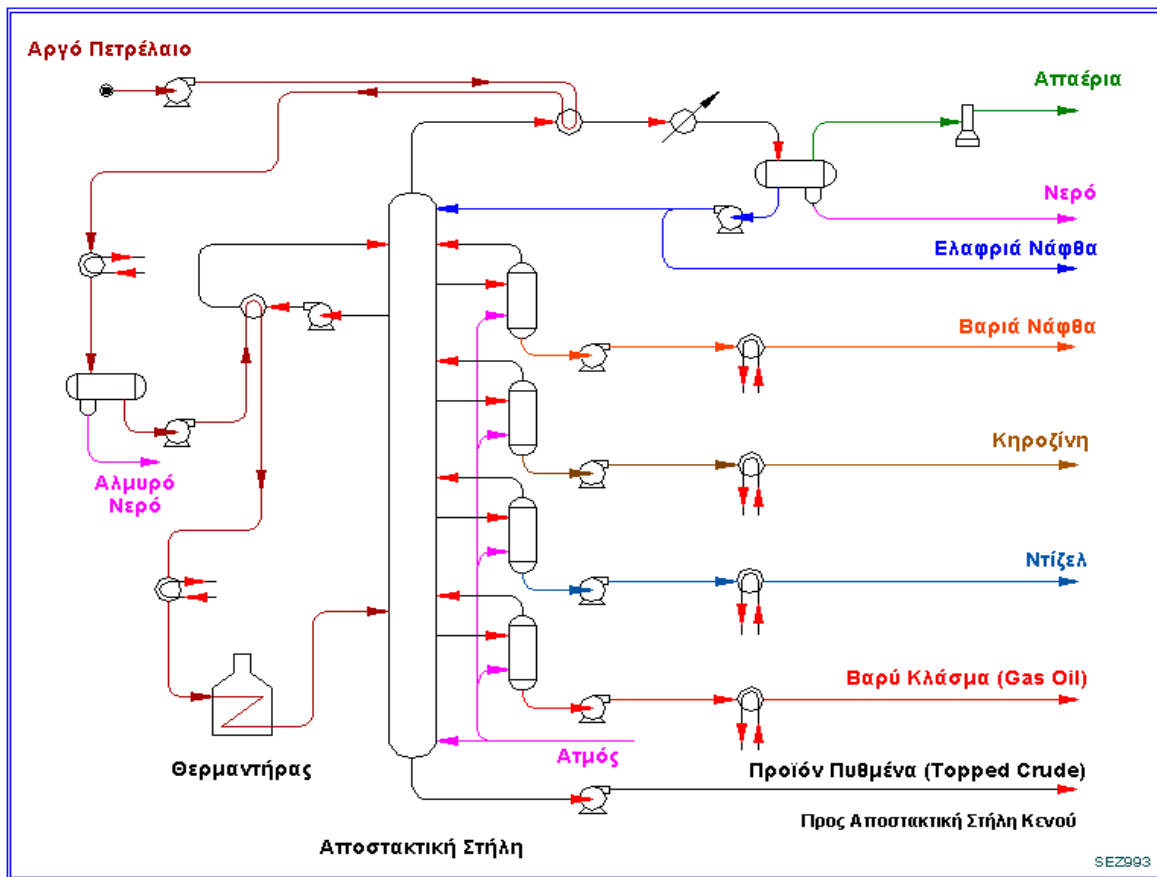
Κάθε ένα από τα πλευρικά ρεύματα προϊόντων ελαττώνει την επαναροή κάτω από το σημείο της υγρής λήψης. Μέγιστη επαναροή και κλασμάτωση επιτυγχάνεται με την ολική αφαίρεση της θερμότητας (πλήρης συμπύκνωση) στην κορυφή της στήλης. Αυτό όμως οδηγεί σε "κωνικού τύπου" υγρή φόρτωση της στήλης που απαιτεί πολύ μεγάλη διάμετρο στήλης στην κορυφή. Για να ελαττωθεί η διάμετρος στην κορυφή της στήλης και η υγρή φόρτωση καθ' ύψος της στήλης χρησιμοποιούνται πλάγια ρεύματα επαναροής για αφαίρεση θερμότητας και δημιουργία ικανοποιητικής επαναροής κάτω από τα σημεία υγρής λήψης των απογυμνωτών. Έτσι υγρό ρεύμα αφαιρείται από τη στήλη, ψύχεται σε εναλλάκτη θερμότητας και επιστρέφει στη στήλη. Αυτό το ψυχρό ρεύμα υγροποιεί περισσότερους ατμούς τώρα και αυξάνει την επαναροή στη στήλη κάτω από το σημείο της επιστροφής του σ' αυτήν. Επίσης αυξάνει και η ενεργειακή απόδοση της στήλης με αυτές τις βοηθητικές επαναροές (rump-arounds). Αν η ικανοποιητική επαναροή παραγόταν στην κορυφή της στήλης, όλη η θερμότητα θα έπρεπε να εξαχθεί στο σημείο φυσαλίδας (bubble-point) του προϊόντος κορυφής (overhead vapor). Με τις βοηθητικές επαναροές σε χαμηλότερα σημεία της στήλης, οι θερμοκρασίες εναλλαγής είναι υψηλότερες και ένα μεγαλύτερο κλάσμα της θερμικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Συνήθως οι ατμοσφαιρικές στήλες αργού πετρελαίου δεν χρησιμοποιούν αναβραστήρα (rectifying column), λειτουργούν δηλαδή σαν πύργοι απορρόφησης με συμπυκνωτήρα (refluxed absorber). Αντί αναβραστήρα λοιπόν, προστίθενται μερικοί δίσκοι κάτω από το δίσκο τροφοδοσίας και ατμός εισέρχεται κάτω από τον τελευταίο δίσκο. Οι ατμοσφαιρικές στήλες περιέχουν 30 έως 50 δίσκους, ενώ ένας απογυμνωτής (side-stripper) 4 έως 10 δίσκους. Στον συμπυκνωτήρα της κορυφής της στήλης υγροποιούνται το πεντάνιο και τα βαρύτερα. Αυτή είναι η "ελαφριά" βενζίνη (LSR gasoline) και περιέχει προπάνιο και βουτάνια. Αυτό το ρεύμα τροφοδοτεί ένα σταθεροποιητή (stabilizer column) στο τμήμα επεξεργασίας αερίων (gas plant) του διυλιστηρίου, όπου αφαιρούνται βουτάνια και προπάνιο από την "ελαφριά" βενζίνη (LSR-Light Straight Run).

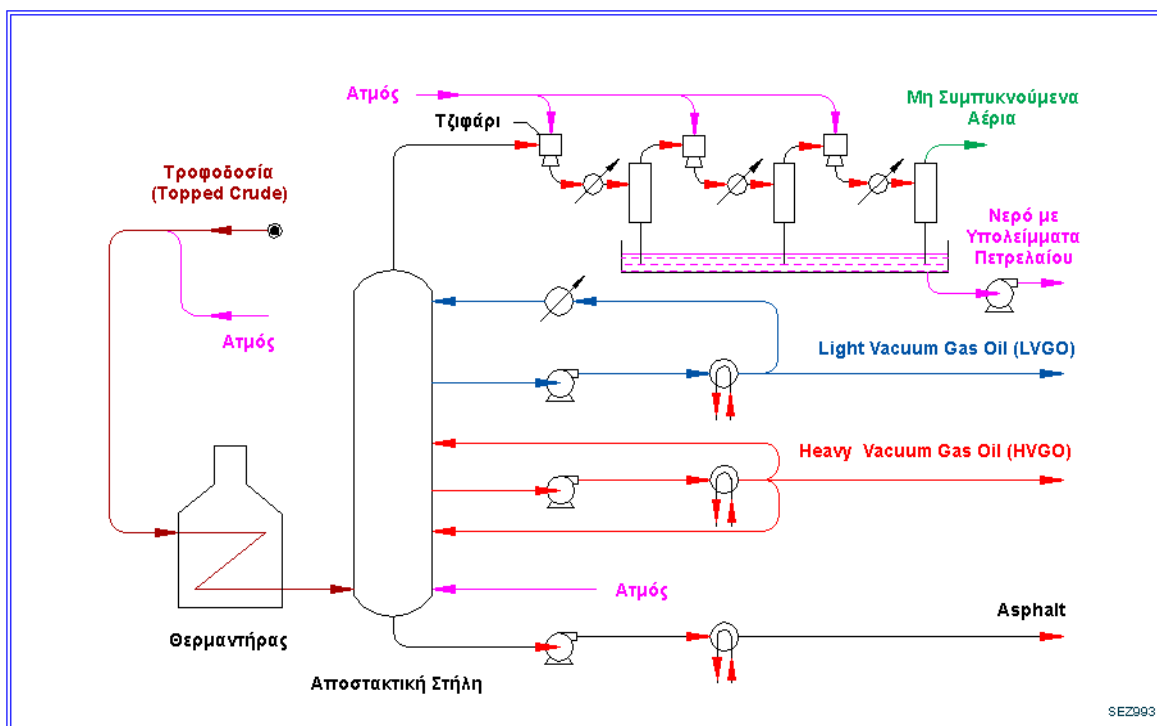
Στήλη Κενού Αργού Πετρελαίου

Όπως είδαμε, λόγω της θερμικής διάσπασης της τροφοδοσίας σε υψηλή θερμοκρασία χρησιμοποιείται αποστακτική στήλη σε κενό. 25 με 40 mmHg είναι η πίεση λειτουργίας της στήλης κενού. Με την εισαγωγή ατμού η πίεση ελαττώνεται ακόμα περισσότερο 10 mmHg ή ακόμα χαμηλότερα και έτσι διευκολύνεται η ατμοποίηση της τροφοδοσίας. Η εισαγωγή του ατμού στην είσοδο του φούρνου θέρμανσης της τροφοδοσίας της στήλης κενού (σχήμα 2.5), αυξάνει την ταχύτητα της τροφοδοσίας στους αυλούς του φούρνου και έτσι ελαχιστοποιείται η απόθεση κωκ στο φούρνο. Τυπική αναλογία προστιθέμενου ατμού είναι 10 έως 50 lb/bbl τροφοδοσίας, ενώ τυπική θερμοκρασία εξόδου από το φούρνο είναι 730 - 850 °F. Η πτώση πίεσης στις γραμμές της κορυφής της στήλης, στον συμπυκνωτήρα και σ' όλον τον εξοπλισμό μεταξύ εξοπλισμού δημιουργίας κενού και στήλης είναι ένας καθοριστικός παράγοντας κόστους. Η ελάχιστη πτώση πίεσης οδηγεί και σε σημαντική ελάττωση του λειτουργικού κόστους της στήλης.

Η ελαττωμένη πίεση οδηγεί όμως σε αυξημένες ογκομετρικές ροές των ατμών στη στήλη και κατά συνέπεια απαιτεί διάμετρο στήλης πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της ατμοσφαιρικής στήλης. Έχουν κατασκευαστεί και στήλες κενού με διάμετρο 12 m. Η λειτουργική πίεση επιτυγχάνεται με εκβολείς ατμού ("τζιφάρια") και ατμοσφαιρικούς συμπυκνωτές ή αντλίες κενού και επιφανειακούς συμπυκνωτές. Ο αριθμός των βαθμίδων και το μέγεθος των εκβολέων καθορίζουν την τελική πίεση και την ποιότητα των ατμών. Για στήλες σε 25 mmHg, τρεις εκβολείς αρκούν. Η πρώτη βαθμίδα συμπυκνώνει τον ατμό και συμπιέζει τα μη συμπυκνωμένα αέρια. Η δεύτερη και η τρίτη βαθμίδα απομακρύνουν τα μη συμπυκνούμενα αέρια από τους συμπυκνωτές. Το κενό όμως που επιτυγχάνεται περιορίζεται από την μερική πίεση των υδρατμών στους συμπυκνωτήρες. Όσο πιο ψυχρό είναι το νερό ψύξης στους συμπυκνωτήρες, τόσο χαμηλότερη είναι και η πίεση της στήλης. Τελευταία επιδιώκεται η χρήση αντλιών κενού με επιφανειακούς συμπυκνωτήρες, ώστε να ελαχιστοποιείται η ρύπανση του νερού με τα παράγωγα του πετρελαίου.



Σχήμα 2.4: Ατμοσφαιρική στήλη (Δ.Παναγιωτάρας 2010)



Σχήμα 2.5: Στήλη Κενού (Δ.Παναγιωτάρας 2010)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ

Για την εξόρυξη, την μεταφορά, την διύλιση και γενικά τη διαχείριση του αργού πετρελαίου, είναι απαραίτητη η χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει :

- § Αντλίες (pumps),
- § Συμπιεστές (compressors),
- § Ατμοστρόβιλους (steam turbines),
- § Αεριοστρόβιλους (gas turbines),
- § Έδρανα (Bearings),
- § Μετάδοση κίνησης (Συνδέσμους Couplings),
- § Φούρνους (combustion furnaces),
- § Λέβητες (steam boilers),
- § Εναλλακτες θερμότητας (heat exchangers).

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο μηχανολογικός εξοπλισμός.

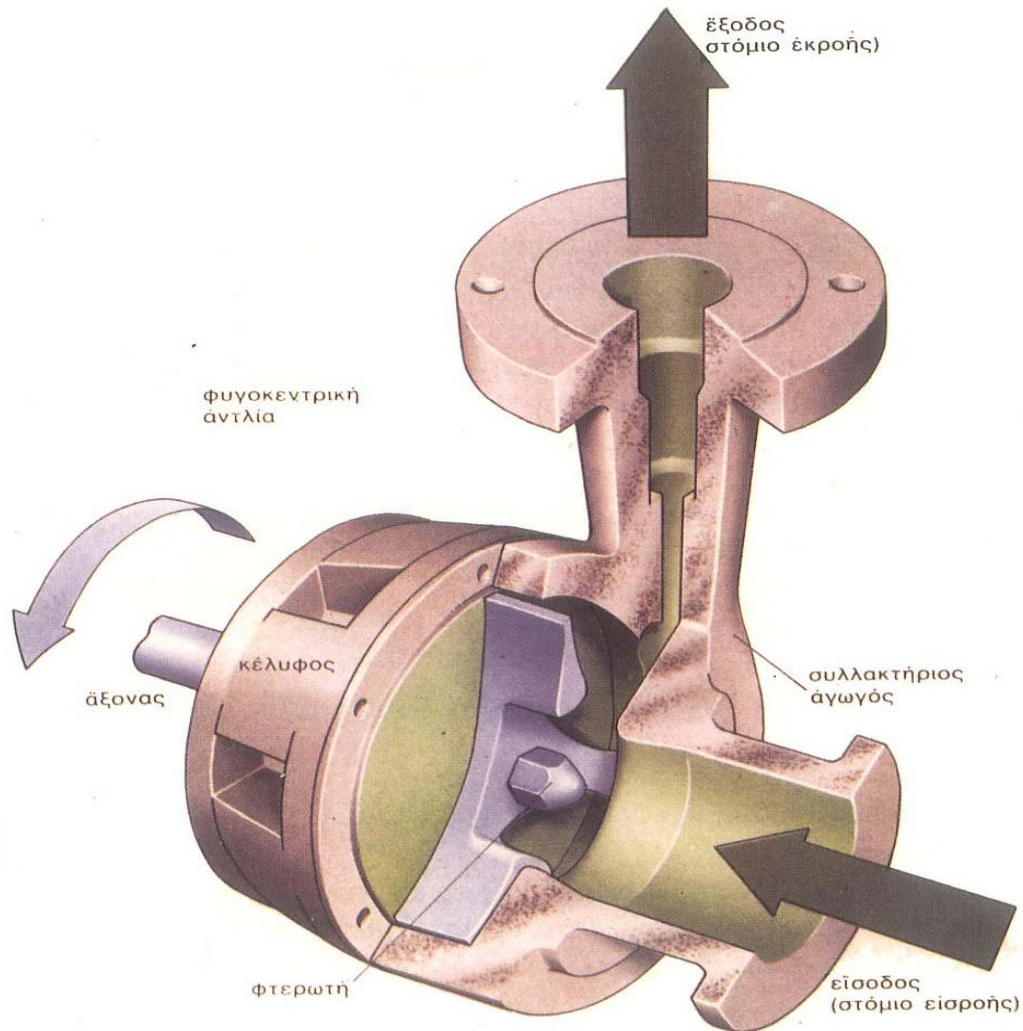
3.1 ΑΝΤΛΙΕΣ (PUMPS)

Αντλίες είναι οι μηχανισμοί με τους οποίους γίνεται η διακίνηση των ρευστών (και κυρίως των υγρών). Η διακίνηση επιτυγχάνεται προσδίδοντας ενέργεια στο ρευστό με την αντλία. Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο προσδίδεται η ενέργεια οι αντλίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις αντλίες δυναμικού τύπου και τις αντλίες εκτοπίσεως.

3.1.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ- ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι αντλίες αυτές δίνουν ενέργεια συνεχώς στο σύστημα επιταχύνοντας το υγρό με την περιστροφή μίας ή περισσότερων φτερωτών. Το υγρό εισέρχεται κάθετα στο επίπεδο της φτερωτής και εξέρχεται στην διεύθυνση της ακτίνας της φτερωτής (εικόνα 3.1). Λόγω της περιστροφής ασκείται φυγόκεντρος δύναμη η οποία επιταχύνει το υγρό δημιουργώντας αύξηση της πίεσης. Στη συνέχεια αυτό επιβραδύνεται στο κέλυφος της αντλίας σε μία πιο ανεκτή ταχύτητα παράγοντας επί πλέον αύξηση της πίεσης στο επιθυμητό επίπεδο. Ουσιαστικά δηλαδή μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του υγρού σε στατική πίεση.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες (centrifugal pumps) αποτελούν περίπου το 90% του συνολικού αριθμού των αντλιών που χρησιμοποιούνται στα Διυλιστήρια. Έχει αποδειχθεί ότι έχουν την οικονομικότερη λειτουργία και απαιτούν την λιγότερη συντήρηση από άλλους τύπους αντλιών.



Εικόνα 3.1: Φυγοκεντρική αντλία (Κοκκώνης Σ. και άλλοι,2005)

Περιγραφή Φυγοκεντρικής Αντλίας

Τα κυριότερα μέρη μίας απλής φυγοκεντρικής αντλίας είναι τα ακόλουθα:

Η ΦΤΕΡΩΤΗ (Impeller)

Με την περιστροφή της οποίας επιτυγχάνεται η αύξηση της ταχύτητας του υγρού δια της φυγόκεντρης δύναμης. Ανάλογα με την εφαρμογή υπάρχουν διάφοροι τύποι φτερωτών.

Ο πλέον συνηθισμένος τύπος φτερωτής σε διυλιστήρια και χημικές βιομηχανίες είναι ο τύπος κλειστής φτερωτής. Χρησιμοποιείται σε καθαρά υγρά (διότι σε παχύρρευστα και κολλώδη υγρά, καθώς και σε υγρά που μεταφέρουν στερεά σωματίδια ενδέχεται να φράξει). Επίσης παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι με αυτόν τον τύπο φτερωτής χρησιμοποιούνται δακτύλιοι στεγανότητας (wearing rings), τα οποία κατασκευάζονται από μαλακά υλικά. Έτσι τυχόν επαφή με την φτερωτή, σε περίπτωση φθοράς, δεν παράγει σπινθήρες που μπορεί να αναφλέξουν εύφλεκτα υγρά.

Οι φτερωτές ανοικτού και ημιανοικτού τύπου, χρησιμοποιούνται σε όλες τις υπόλοιπες εφαρμογές και δεν επιτρέπουν την χρήση δακτυλίων στεγανότητας. Τυχόν φθορά θα προκαλέσει επαφή της φτερωτής με το κέλυφος. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι φθηνότερες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με βρώμικα υγρά.

ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Το οποίο έχει τριπλό σκοπό:

- Σε αυτό μειώνεται η ταχύτητα του υγρού, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την πίεση.
- Συλλέγει το υγρό που διέρχεται από την φτερωτή και το καθοδηγεί στον σωλήνα κατάθλιψης.
- Είναι ο σκελετός πάνω στον οποίο στηρίζονται τα υπόλοιπα στοιχεία της αντλίας.

ΟΙ ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ (Wearing Rings)

Ανάμεσα στην φτερωτή και στο κέλυφος υπάρχει ένα πολύ μικρό και προσεκτικά υπολογισμένο διάκενο ώστε να επιτρέπει την περιστροφή της φτερωτής χωρίς αυτή να βρίσκει πάνω στο κέλυφος και επί πλέον αυτό το διάκενο πρέπει να μην επιτρέπει την απώλεια πίεσης (με επιστροφή μέρους του υγρού).

Λόγω της συνεχούς διέλευσης του υγρού μέσω του διακένου προκαλείται φθορά και αύξηση του διακένου ώστε τελικά καθίσταται αντιοικονομική η λειτουργία της αντλίας και να απαιτείται αποκατάσταση του διακένου στα αρχικά επίπεδα. Για τον λόγο αυτό σε πολλές αντλίες χρησιμοποιούνται δακτύλιοι στεγανότητας, οι οποίοι αντικαθίστανται όταν φθαρούν. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η αντικατάσταση της φτερωτής ή του κελύφους.

ΤΑ ΕΔΡΑΝΑ (BEARINGS)

Με τα έδρανα επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα. Χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι εδράνων, τα ακτινικά και τα αξονικά (ωστικά) έδρανα. Τα έδρανα που παραλαμβάνουν ακτινικά φορτία (στην διεύθυνση της ακτίνας του άξονα) λέγονται ακτινικά, ενώ αυτά που παραλαμβάνουν αξονικά φορτία (στην διεύθυνση του άξονα) λέγονται αξονικά ή ωστικά.

Αναλυτική περιγραφή όλων των τύπων γίνεται στο ειδικό κεφάλαιο περί εδράνων.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ,

Με το οποίο αποφεύγεται η διαρροή του υγρού στο σημείο όπου ο άξονας εισέρχεται στο κέλυφος της αντλίας.

Κοινή σαλαμάστρα (packing)

Σε απλές εφαρμογές (πχ νερό) αρκεί η εφαρμογή κοινής σαλαμάστρας όπου ένα στεγανοποιητικό υλικό εφαρμόζεται και συμπιέζεται στον άξονα.

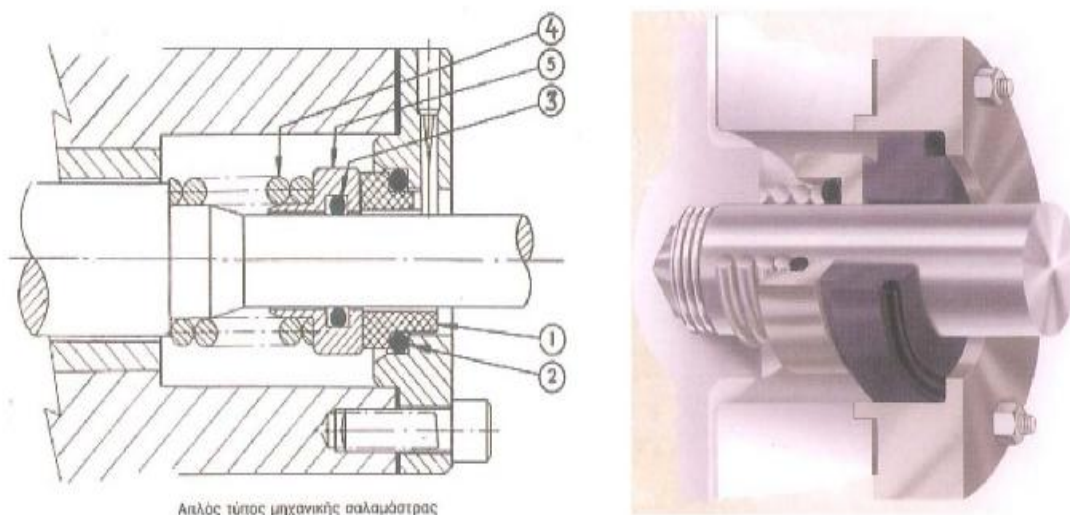
Η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται με την συμπίεση του στεγανοποιητικού υλικού (παρεμβύσματος) από τον στυπιοθλίπτη.

Μηχανική σαλαμάστρα (Mechanical Seal)

Στις περισσότερες εφαρμογές Διυλιστηρίου αυτός ο τύπος δεν επαρκεί και εφαρμόζεται στεγανοποίηση με μηχανική σαλαμάστρα (Mechanical Seal).

Σε αυτόν τον τύπο στεγανοποίησης εφαρμόζεται επί του κελύφους ένας σταθερός δακτύλιος και επί του άξονα ένας άλλος δακτύλιος ο οποίος περιστρέφεται με τον άξονα. Οι δύο δακτύλιοι πιέζονται μεταξύ τους με ένα ή περισσότερα ελατήρια και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η στεγανοποίηση. Μεταξύ των δακτυλίων υπάρχει ένα πολύ λεπτό στρώμα υγρού, το οποίο εμποδίζει την άμεση επαφή των δακτυλίων, αποτρέποντας έτσι την πρόωρη φθορά τους. Για τον λόγο αυτό οι αντλίες δεν πρέπει να λειτουργούν χωρίς υγρό, διότι αυτό θα είχε ως άμεση συνέπεια την καταστροφή του συστήματος στεγανοποίησης.

Απλό mechanical seal φαίνεται παρακάτω: (Εικόνα 3.2):



Εικόνα 3.2: Μηχανική Σαλαμάστρα (www.Veltitech.com)

Τα κύρια εξαρτήματα μιας μηχανικής σαλαμάστρας (σύμφωνα με το ανωτέρω σχέδιο) είναι τα ακόλουθα:

- Σταθερός δακτύλιος στεγανότητας (No 1)

- Περιστρεφόμενος δακτύλιος στεγανότητας (No 5)
- Ελαστικός δακτύλιος στεγανότητας του σταθερού δακτυλίου (No 2)
- Ελαστικός δακτύλιος στεγανότητας περιστρεφόμενου δακτυλίου (No 3)
- Ελατήριο (No 4)

Έτσι σε ένα σύστημα μηχανικής σαλαμάστρας έχουμε τρία σημεία στεγανοποίησης;

- Μεταξύ περιστρεφόμενου δακτυλίου και άξονα,
- Μεταξύ σταθερού δακτυλίου και κελύφους αντλίας,
- Μεταξύ σταθερού και περιστρεφόμενου δακτυλίου.

Ανάλογα με την εφαρμογή και την επικινδυνότητα του υγρού υπάρχουν διαφορών τύπων mechanical seals (διπλά, με αδρανές αέριο ή άλλου ειδικού τύπου).

Η ψύξη της μηχανικής σαλαμάστρας είναι απαραίτητη για την ικανοποιητική διάρκεια ζωής της, λόγοι της θερμότητας που παράγεται στις τριβόμενες επιφάνειες και η οποία εάν δεν απομακρυνθεί θα προκαλέσει την γρήγορη καταστροφή της σαλαμάστρας.

Εκτός από την ψύξη, το υγρό που κυκλοφορεί μέσα από την σαλαμάστρα απομακρύνει κάθε είδους ξένα σώματα (στερεά, πολυμερή κλπ), τα οποία είναι επιζήμια για την λειτουργία της. Συνήθως το υγρό ψύξης το παίρνουμε από την κατάθλιψη της αντλίας ή εάν αυτό δεν είναι δυνατόν χρησιμοποιούμε ένα ανεξάρτητο σύστημα.

Πέρα από το υγρό ψύξης μπορεί να έχουμε και κυκλοφορία ενός μέσου φραγής (QUENCH), που σκοπό έχει να εμποδίσει την διαφυγή προς το περιβάλλον έστω και μικρής ποσότητας υγρού που προέρχεται από πιθανή διαρροή.

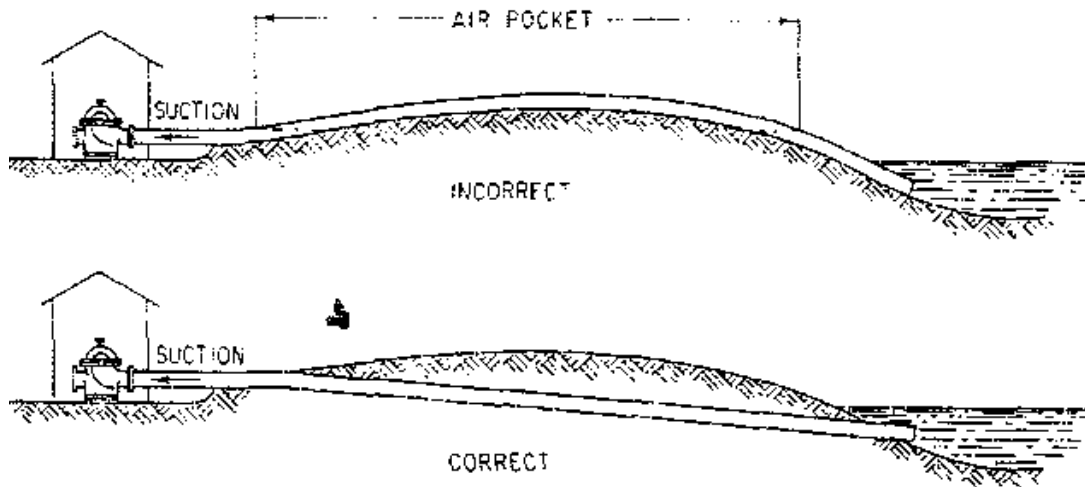
Είδη Φυγοκεντρικών Αντλιών

Οριζόντιες και κάθετες Φυγοκεντρικές αντλίες

Ανάλογα με την διεύθυνση του άξονα οι αντλίες χαρακτηρίζονται ως οριζόντιες ή κάθετες. Εδώ επισημαίνεται ότι κατά την εκκίνηση των φυγοκεντρικών αντλιών ο σωλήνας αναρρόφησης θα πρέπει να είναι γεμάτος υγρό διότι αυτός ο τύπος αντλιών δεν μπορεί να αναρροφήσει τον αέρα που υπάρχει σε έναν άδειο σωλήνα με αποτέλεσμα η αντλία να λειτουργήσει χωρίς υγρό και να υπερθερμανθεί και στην συνέχεια να καταστραφεί. Θα πρέπει λοιπόν κατά την εκκίνηση οι φτερωτές να βρίσκονται μέσα στο υγρό.

Για τον ίδιο λόγο ο σωλήνας αναρρόφησης δεν θα πρέπει σε κανένα σημείο του να ξεπερνάει σε ύψος το επίπεδο της αντλίας. Αλλιώς δημιουργούνται θύλακες με αέρα και η αντλία ξεπιάνει με κίνδυνο πρόωρης φθοράς της.

Στην επόμενη εικόνα (3.3) στο επάνω τμήμα δείχνεται ο λάθος τρόπος όδευσης του σωλήνα αναρρόφησης και στο κάτω τμήμα ο σωστός.



Εικόνα 3.3: Σωστος (Κάτω) & Λάθος (Επάνω) τρόπος όδευσης του σωληνα αναρρόφησης. (www.athenshydrodynamic.gr)

Όταν θέλουμε να αντλήσουμε υγρά από μικρό βάθος (πχ από κάποιο σημείο περισυλλογής νερών ή κάποια γεώτρηση μικρού βάθους), χρησιμοποιούμε κάθετες αντλίες. Με την τοποθέτηση της κάθετης αντλίας εξασφαλίζουμε ότι οι φτερωτές είναι μέσα στο υγρό. Αυτή είναι η πιο σίγουρη λύση. Εάν χρησιμοποιήσουμε οριζόντια αντλία θα πρέπει να υπάρχει κάποιο σύστημα που να γεμίζει τον σωλήνα της αναρρόφησης πριν την εκκίνηση της αντλίας. Εάν η άντληση γίνεται από μεγάλο βάθος πρέπει να χρησιμοποιηθεί βυθιζόμενη αντλία.:

Πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες

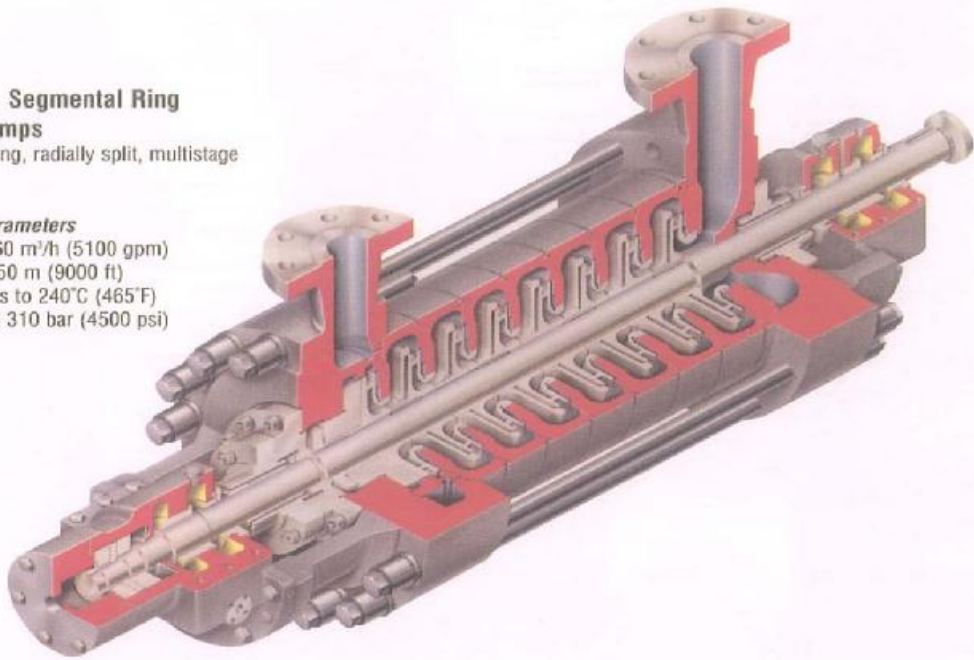
Όταν η απαιτούμενη αύξηση της πίεσης δεν είναι δυνατόν να παραχθεί από μία φτερωτή, χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερες φτερωτές, όπου η κάθε φτερωτή αναρροφά από την κατάθλιψη της προηγούμενης. Αυτές οι αντλίες χαρακτηρίζονται ως πολυβάθμιες (εικόνες 3.4 & 3.5).

Multistage, Segmental Ring Diffuser Pumps

Between bearing, radially split, multistage designs

Operating Parameters

- Flows to 1160 m³/h (5100 gpm)
- Heads to 2750 m (9000 ft)
- Temperatures to 240°C (465°F)
- Pressures to 310 bar (4500 psi)

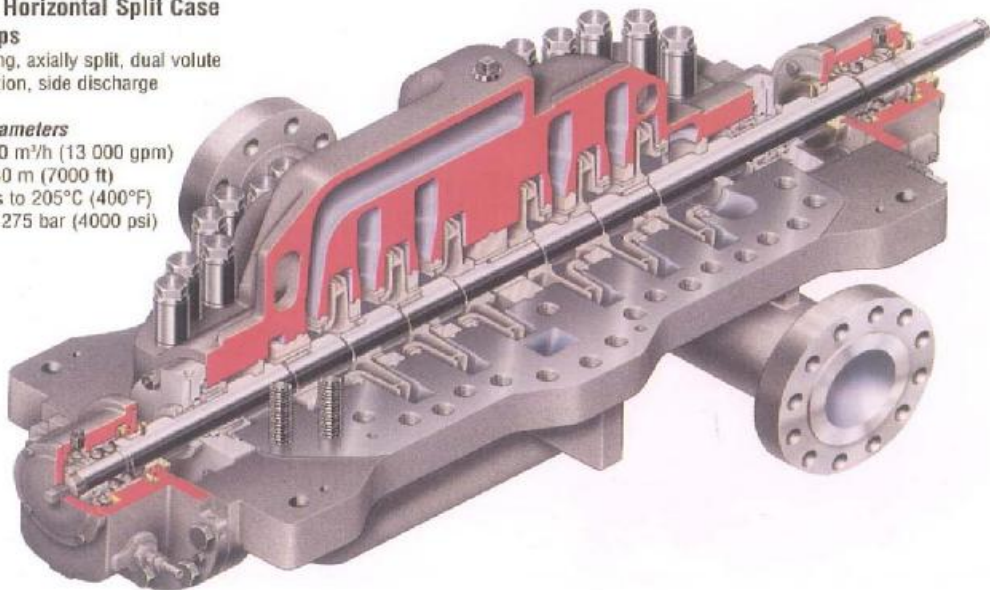


Multistage, Horizontal Split Case Volute Pumps

Between bearing, axially split, dual volute case, side suction, side discharge

Operating Parameters

- Flows to 2950 m³/h (13 000 gpm)
- Heads to 2130 m (7000 ft)
- Temperatures to 205°C (400°F)
- Pressures to 275 bar (4000 psi)



Εικόνες 3.4 & 3.5 : Πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες (www.veltitech.com)

Λειτουργία Φυγοκεντρικών Αντλιών

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η φυγοκεντρική αντλία επιταχύνει το υγρό δια της φυγοκέντρου δύναμεις στην φτερωτή και στην συνέχεια το επιβραδύνει στο

κέλυφος και με τον τρόπο αυτό δημιουργεί αύξηση της πίεσης στο επιθυμητό επίπεδο. Μετατρέπει δηλαδή την κινητική ενέργεια σε στατική πίεση.

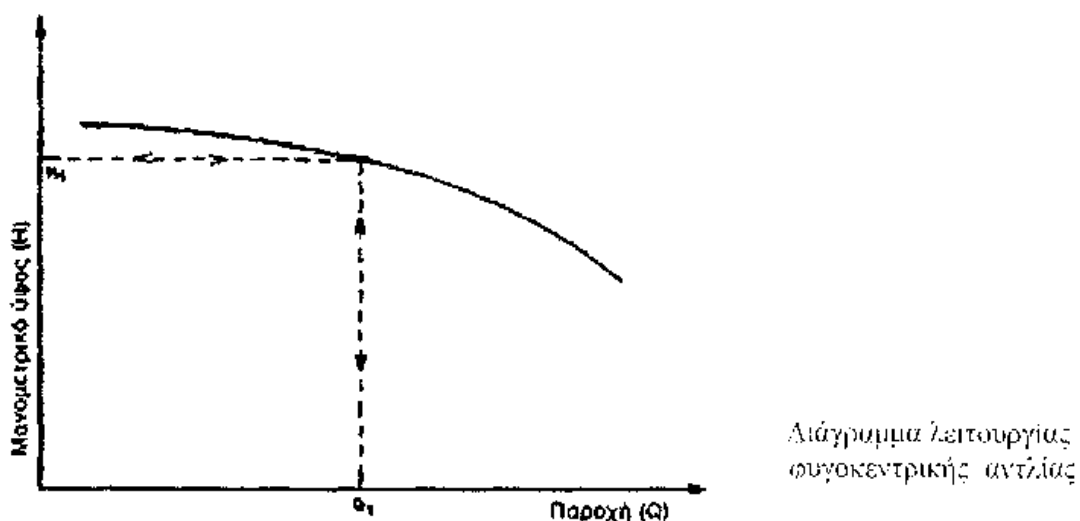
Εδώ διευκρινίζεται ότι η στατική πίεση είναι η πίεση που μετράται με ένα μανόμετρο στο τοίχωμα ενός αγωγού. Η ολική πίεση ενός υγρού σε κίνηση είναι το άθροισμα της στατικής πίεσης και της δυναμικής πίεσης που εξαρτάται από την ταχύτητα της ροής. Η ολική πίεση είναι η πίεση που εξασκείται σε ένα αντικείμενο όταν ξαφνικά τοποθετηθεί μπροστά στο κινούμενο υγρό (πχ όταν κλείσει απότομα μία βάννα), δηλαδή η δυναμική πίεση μετατρέπεται σε στατική πίεση. Σε όλες σχεδόν τις εφαρμογές θέλουμε υψηλές πιέσεις σε χαμηλές ταχύτητες για να αποφεύγονται οι φθορές του εξοπλισμού. Αυτή η μετατροπή μέρους της δυναμικής πίεσης σε στατική πίεση γίνεται ομαλά στο κέλυφος της αντλίας.

Η φυγοκεντρική αντλία συνεπώς προσδίδει ενέργεια στο σύστημα αυξάνοντας την πίεση ως αποτέλεσμα της μεταβολής της ταχύτητας του υγρού μέσα στην αντλία. (Για τον λόγο αυτό χαρακτηρίζεται ως δυναμικού τύπου).

Η στατική πίεση μπορεί να θεωρηθεί ως η πίεση που ασκείται στον πυθμένα μίας στήλης που περιέχει υγρό, όταν η στάθμη του υγρού βρίσκεται σε ένα ορισμένο επίπεδο. Το πόση είναι αυτή η πίεση εξαρτάται από το ύψος του υγρού στην υποτιθέμενη στήλη. Η στατική πίεση λοιπόν μπορεί να εκφρασθεί ως το ύψος μίας στήλης υγρού. Αυτή είναι η έννοια του μανομετρικού της αντλίας, δηλαδή το ύψος μίας στήλης υγρού, στον πυθμένα της οποίας ασκείται στατική πίεση ίση με την αύξηση της πίεσης που δημιουργεί η αντλία.

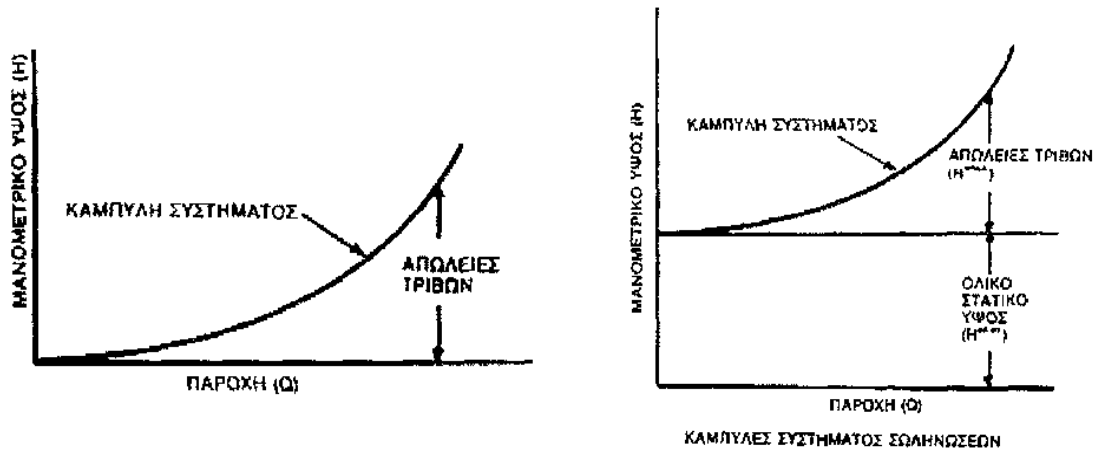
Επειδή η την αύξηση της πίεσης σχετίζεται άμεσα με την ενέργεια που απαιτείται, το μανομετρικό της αντλίας αντιπροσωπεύει την ενέργεια που μπορεί να δώσει μία αντλία στο σύστημα.

Όσο αυξάνεται η ποσότητα του υγρού που πρέπει να διακινηθεί (δηλαδή η παροχή της αντλίας), τόσο μειώνεται η ικανότητα της αντλίας να δώσει ενέργεια στο σύστημα (δηλαδή το μανομετρικό). Αυτό απεικονίζεται στην καμπύλη λειτουργίας της φυγοκεντρικής αντλίας 3.1.



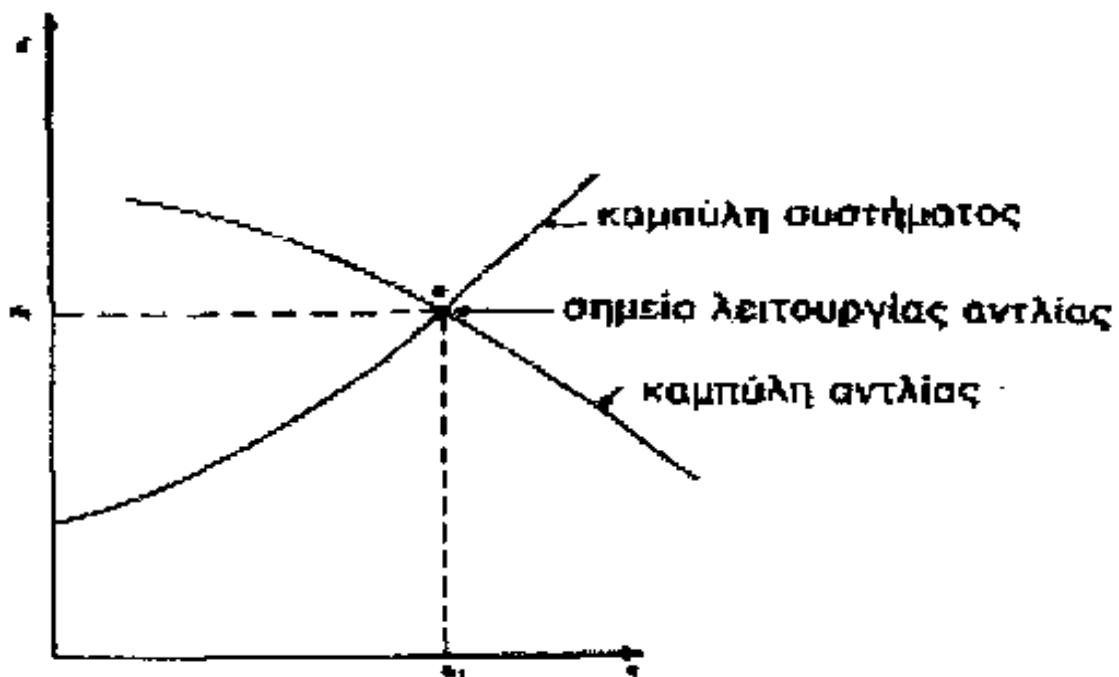
Σχήμα 3.1: Λειτουργία φυγοκεντρικής αντλίας (Κοκκώνης Σ.2005)

Αντίθετα οι απαιτήσεις του συστήματος σε ενέργεια αυξάνονται όσο αυξάνεται η παροχή, διότι για να διακινηθούν μεγάλες ποσότητες απαιτείται περισσότερη ενέργεια. Αυτό απεικονίζεται στη γραφική παράσταση του συστήματος (σχήμα 3.2). (Αριστερά απεικονίζεται καμπύλη ενός συστήματος μόνο με απώλειες τριβών και δεξιά η καμπύλη ενός συστήματος με απώλειες τριβών και υψομετρική διαφορά).



Σχήμα 3.2: Καμπύλες συστημάτων, με ή χωρίς υψομετρική διαφορά. (Κοκκώνης Σ.2005)

Το σημείο τομής των δύο καμπυλών (αντλίας και συστήματος), είναι το σημείο λειτουργίας της αντλίας (σχήμα 3.3), όπου φαίνεται ότι η συγκεκριμένη αντλία στο συγκεκριμένο σύστημα, για ορισμένη παροχή έχει ορισμένο μονομετρικό (ενέργεια ή αύξηση της πίεσης που μπορεί να δώσει στο σύστημα).



Σχήμα 3.3: Σημείο λειτουργίας φυγοκεντρικής αντλίας (Κοκκώνης Σ.2005)

Λειτουργώντας η φυγοκεντρική αντλία στο σημείο λειτουργίας δημιουργεί μία αύξηση πίεσης. Συνεπώς αναρροφά σε χαμηλή πίεση και καταθλίβει σε υψηλότερη. Οι αντλίες κατασκευάζονται για να αποδώσουν μία ορισμένη πίεση (μανομετρικό) σε μία συγκεκριμένη παροχή. Από το διάγραμμα της αντλίας βλέπουμε τι πίεση αντιστοιχεί σε δεδομένη παροχή.

Σπηλαίωση

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται όμως και στην πίεση αναρρόφησης (χαμηλή πίεση). Διότι εάν μειωθεί αρκετά η πίεση αναρρόφησης επέρχεται ατμοποίηση του υγρού και σχηματίζονται φυσαλίδες, οι οποίες στην συνέχεια υγροποιούνται στην φτερωτή με αποτέλεσμα ισχυρές τοπικές κρούσεις και αυτό έχει ως συνέπεια την καταστροφή του μετάλλου. Το φαινόμενο αυτό λέγεται σπηλαίωση και οφείλεται στις συνθήκες αναρρόφησης. Για να αποφευχθεί θα πρέπει η πίεση της αναρρόφησης να είναι μεγαλύτερη πάνω από ένα ελάχιστο όριο, ώστε να εξασφαλίζεται ότι το ενεργειακό επίπεδο του υγρού είναι πάνω από το όριο ατμοποίησης.

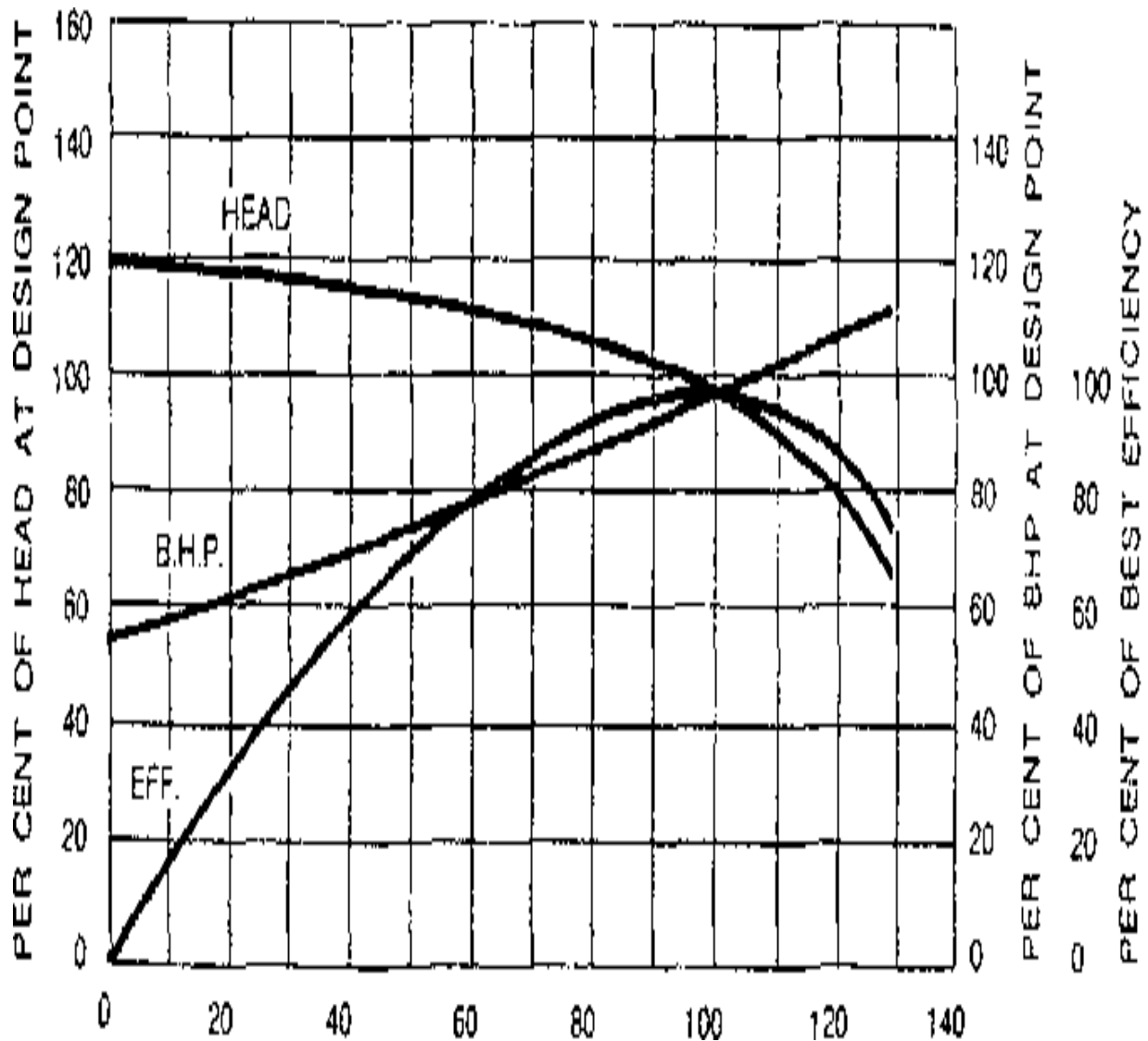
Δηλαδή πρέπει να αποφευχθεί ότι προκαλεί σημαντική πτώση πίεσης στην αναρρόφηση. Πτώση πίεσης προκαλεί οτιδήποτε δυσκολεύει την ροή (διότι απαιτεί ενέργεια για να ξεπερασθεί). Για να μειωθεί ο αριθμός των εμποδίων στην ροή οι σωλήνες αναρροφήσεως έχουν μικρό μήκος. Επίσης οι αναρροφήσεις έχουν μεγαλύτερη διάμετρο από τις καταθλίψεις, διότι οι σωλήνες μικρής διαμέτρου δυσκολεύουν την ροή περισσότερο τους σωλήνες μεγαλύτερης διαμέτρου.

Οι πτώσεις πίεσης στους σωλήνες καταθλίψεως προβλέπονται κατά τον υπολογισμό του μανομετρικού της αντλίας.

Βέλτιστο Σημείο Λειτουργίας

Στο κατωτέρω σχήμα (3.4) δείχνονται οι επί τοις εκατό (%) μεταβολές του μανομετρικού (Head), της απόδοσης (Efficiency) και της ισχύος (BHP) σε σχέση με την παροχή (Flow). Στο σημείο σχεδιασμού της αντλίας θεωρούμε ότι έχουμε το 100% των ανωτέρω μεγεθών (δηλαδή όσο προβλέπεται από τον σχεδιασμό). Η αντλία θα λειτουργήσει όμως στο σημείο λειτουργίας (σύμφωνα με τα ανωτέρω διαγράμματα).

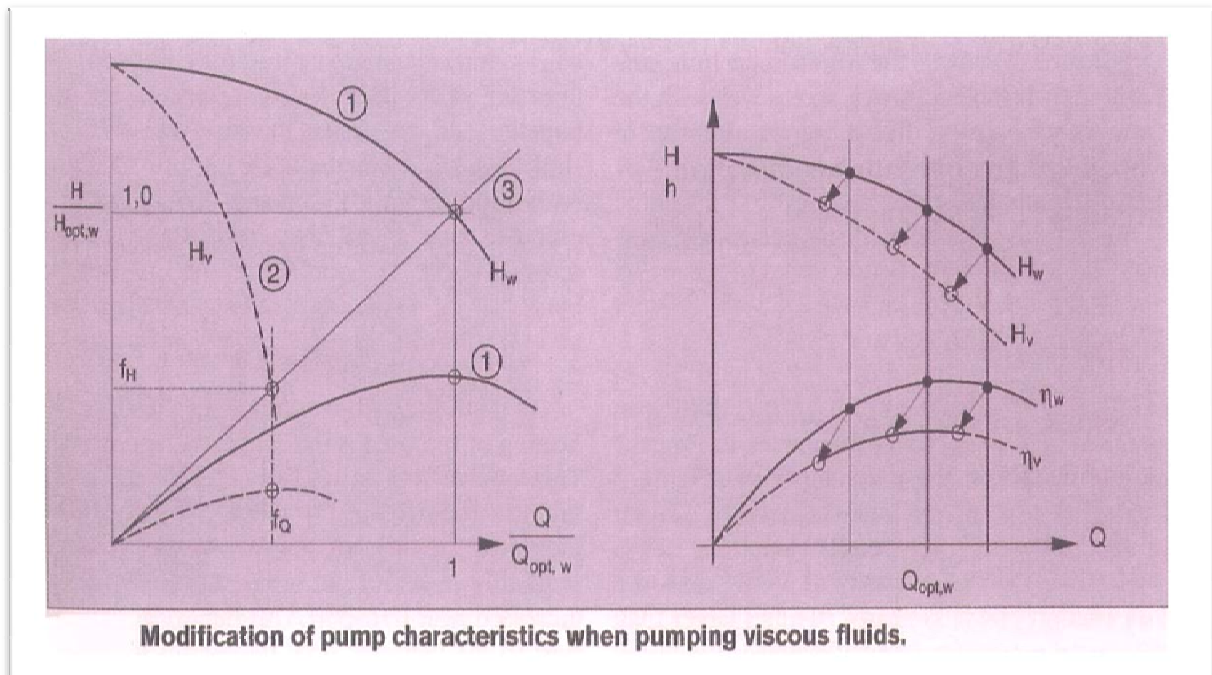
Με το σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε αμέσως τις αποκλίσεις από το βέλτιστο.



Σχήμα 3.4: Μεταβολές μανομετρικού-απόδοσης-ισχύος σε σχέση με την παροχή. (Κοκκώνης Σ.2005)

Λειτουργία φυγοκεντρικής αντλίας με παχύρρευστα υγρά

Η ικανότητα της φυγοκεντρικής αντλίας να λειτουργήσει αποδοτικά μειώνεται με την αύξηση του ιξώδους του ρευστού (δηλαδή όσο πιο παχύρρευστο γίνεται το ρευστό) και μετά από κάποιο σημείο γίνεται εντελώς αδύνατη. Αυτή η σταδιακή μείωση της ικανότητας απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα (3.5), όπου φαίνεται η μετατόπιση των χαρακτηριστικών καμπυλών της αντλίας. Το μανομετρικό μετατοπίζεται από το αρχικό $H_w(\text{water})$ στο τελικό $H_v(\text{viscous})$ που αντιστοιχεί στο υγρό με το μεγαλύτερο ιξώδες και η απόδοση από την αρχική η_w στην τελική η_v που και πάλι αντιστοιχεί στο υγρό με το μεγαλύτερο ιξώδες. Για την άντληση ρευστών με μεγάλο ιξώδες χρησιμοποιούνται οι περιστροφικές αντλίες, όπως αναφέρεται παρακάτω.



Σχήμα 3.5: Μεταβολή ιξώδους-απόδοσης αντλίας.(Νανούσης Δ., Χρήστος Β. Σταμόπουλος ,2009)

3.1.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ (ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ - ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ)

Οι αντλίες εκτοπίσεως (positive displacement pumps) προσδίδουν ενέργεια στο σύστημα αναρροφώντας ορισμένη ποσότητα ρευστού, συμπιέζοντάς το στην πίεση κατάθλιψης και στην συνέχεια σπρώχνοντάς το (εκτοπίζοντας το) στην κατάθλιψη. Μία αντλία εκτοπίσεως δεν εξαρτάται συνεπώς από μεταβολές στην ταχύτητα του ρευστού για να αυξήσει την πίεση όπως οι φυγοκεντρικές.

Αυτό αποτελεί και το κύριο χαρακτηριστικό των αντλιών εκτοπίσεως, ότι σε κάθε περιστροφή του άξονα εκτοπίζεται ένα συγκεκριμένο ποσό ρευστού. Δηλαδή η παροχή τους ανά περιστροφή του άξονα είναι σταθερή. Αυτό δεν ισχύει στις φυγοκεντρικές όπου η παροχή τους δεν εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά της αντλίας αλλά και από αυτά του συστήματος (καμπύλη του συστήματος).

Οι αντλίες εκτοπίσεως χρησιμοποιούνται κυρίως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Σε εφαρμογές χαμηλής παροχής και υψηλής πίεσης συχνά πέραν των ορίων εφαρμογής των φυγοκεντρικών. Σε μερικές από αυτές τις εφαρμογές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν φυγοκεντρικές αλλά με αυξημένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, δηλαδή η λειτουργία των φυγοκεντρικών θα ήταν αντιοικονομική.
- Επειδή οι αντλίες εκτοπίσεως επιτυγχάνουν υψηλές πιέσεις σε χαμηλές ταχύτητες ροής χρησιμοποιούνται σε ρευστά με υψηλό ιξώδες (παχύρρευστα).

- Ειδικοί τύποι αντλιών εκτοπίσεως χρησιμοποιούνται σε παχύρρευστα ρευστά που μπορεί να περιέχουν στερεά σωματίδια ικανά να καταστρέψουν οποιοδήποτε άλλο τύπο αντλίας.

Όσον αφορά τις συνθήκες αναρρόφησης ισχύουν όσα αναφέρθηκαν και για τις φυγοκεντρικές αντλίες . Θα πρέπει δηλαδή η πίεση της αναρρόφησης να είναι μεγαλύτερη πάνω από ένα ελάχιστο όριο, ώστε να εξασφαλίζεται ότι το ενεργειακό επίπεδο του υγρού είναι πάνω από το όριο ατμοποίησης. Εάν αυτή η συνθήκη δεν εξασφαλίζεται, επέρχεται ατμοποίηση του υγρού και σχηματίζονται φυσαλίδες, οι οποίες στην συνέχεια υγροποιούνται σε περιοχές υψηλής πίεσης της αντλίας με αποτέλεσμα ισχυρές τοπικές κρούσεις και αυτό έχει ως συνέπεια την καταστροφή του μετάλλου (σπηλαίωση). Αυτό το φαινόμενο μπορεί επίσης να οδηγήσει σε σπάσιμο κυλίνδρου ή στροφαλοφόρου άξονα.

Οι αντλίες εκτοπίσεως χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος κίνησης των κινούμενων μερών:

- τις παλινδρομικές (reciprocating pumps) και
- τις περιστροφικές (rotary pumps).

3.1.2.1 Παλινδρομικές αντλίες

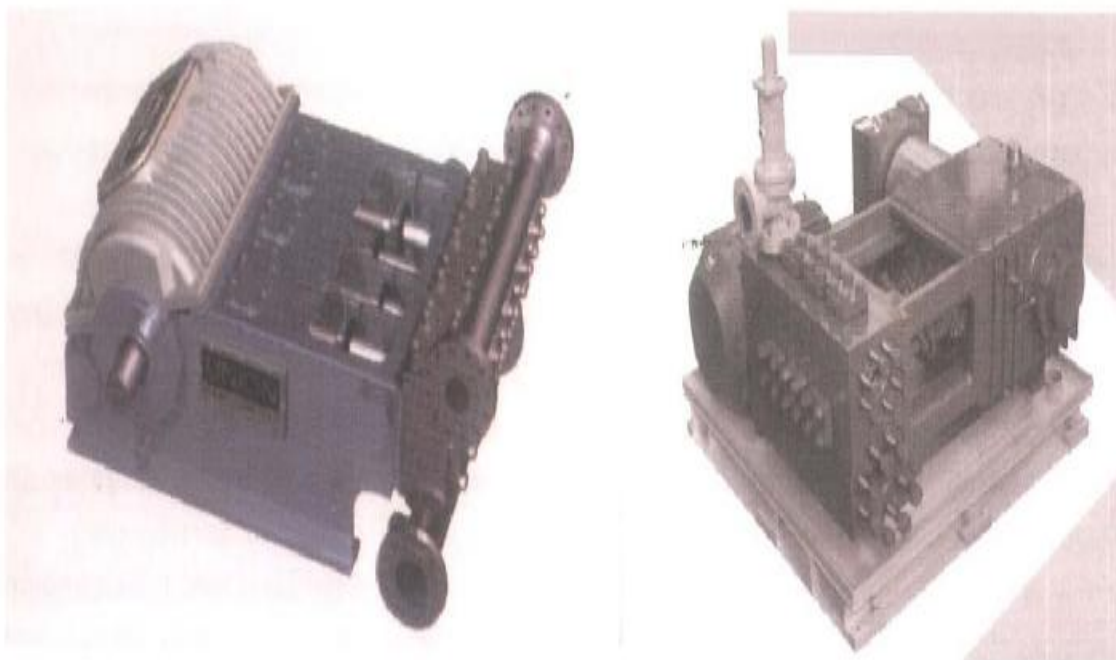
Παλινδρομική (reciprocating pump) είναι η αντλία η οποία προσδίδει ενέργεια στο σύστημα συμπιέζοντας το ρευστό με ένα έμβολο ή διάφραγμα. Δηλαδή με κάθε κίνηση του εμβόλου ή του διαφράγματος εκτοπίζεται ένας ορισμένος όγκος ρευστού.

Για να είναι δυνατή η συνεχής διακίνηση ρευστού μέσω μίας παλινδρομικής αντλίας πρέπει να υπάρχουν βαλβίδες στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη. Οι βαλβίδες αυτές ανοίγουν και κλείνουν ανάλογα με την πίεση.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των παλινδρομικών αντλιών είναι ότι η πίεση στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη δεν είναι ομαλή αλλά παρουσιάζει διακυμάνσεις που οφείλονται στην παλινδρομική κίνηση των κινούμενων μερών. Συχνά αυτό δεν είναι επιθυμητό και για τον λόγο αυτό τοποθετούνται αποσβεστήρες των διακυμάνσεων της πίεσης (pulsation dampeners). Αυτά είναι δοχεία που εσωτερικά έχουν ένα διάφραγμα ίο οποίο από την μία πλευρά είναι σε επαφή με το ρευστό και από την άλλη είναι σε επαφή με αέρα ή άζωτο υπό πίεση (περίπου το 70% της πίεσης του κυκλώματος). Οι διακυμάνσεις της πίεσης της ροής απορροφώνται από το διάφραγμα και έτσι εξομαλύνεται η ροή.

Ανάλογα με το είδος των κινούμενων μερών οι παλινδρομικές αντλίες χωρίζονται σε στροφαλοφόρες (ή εμβολοφόρες) και αντλίες διαφράγματος.

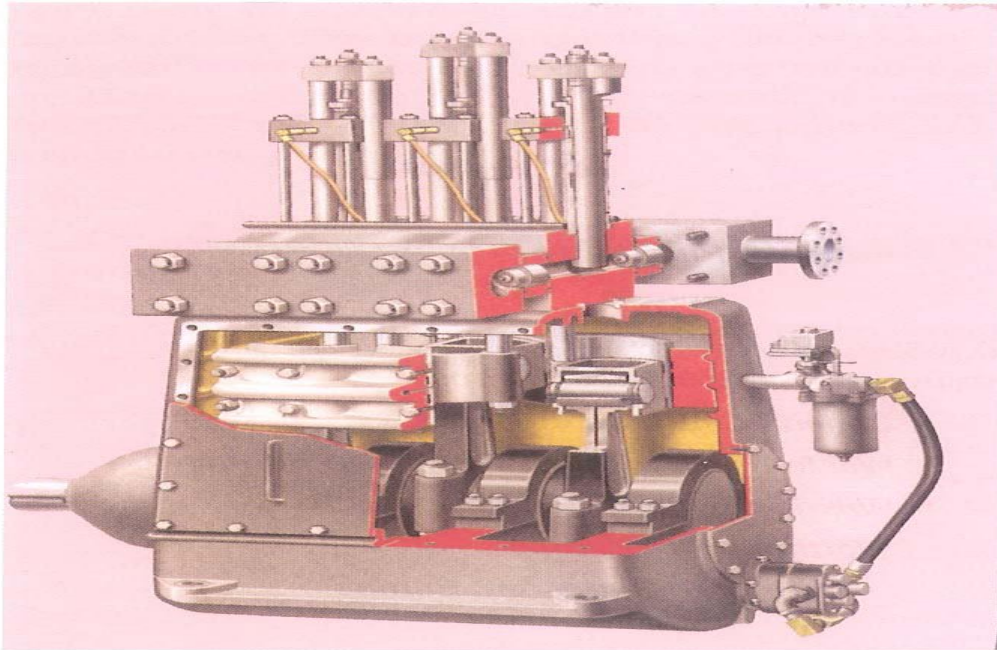
A) Στροφαλοφόρες (εμβολοφόρες) αντλίες



Εικόνα 3.6: Εξωτερική μορφή οριζόντιων παλινδρομικών αντλιών (Κοκκώνης Σ, Νικολού Π,2005)

Είναι οι αντλίες που προσδίδουν ενέργεια στο σύστημα με την παλινδρομική κίνηση ενός ή περισσοτέρων εμβόλων. Σε κάθε κίνηση του εμβόλου αναρροφάται, συμπιέζεται και εκτοπίζεται ορισμένη ποσότητα ρευστού.

Οι εμβολοφόρες αντλίες μπορεί να είναι οριζόντιες ή κάθετες. Στις συνήθεις εφαρμογές χρησιμοποιούνται οριζόντιες αντλίες (εικόνα 3.6). Σε ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτούνται πολύ μεγάλες πιέσεις και μεγάλες παροχές χρησιμοποιούνται κάθετες εμβολοφόρες αντλίες (εικόνα 3.7).

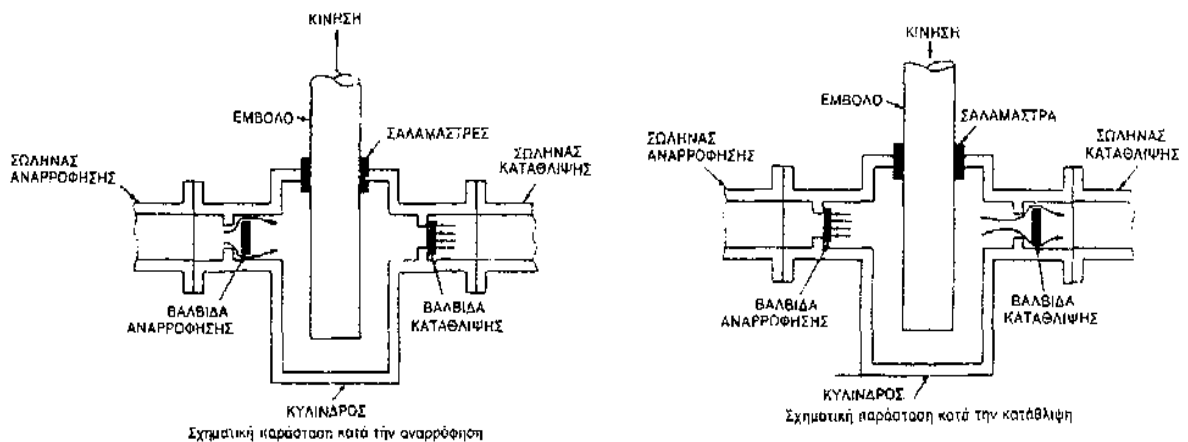


Εικόνα 3.7: Τομή μιας κάθετης εμβολοφόρας αντλίας παροχών μέχρι 1650m³/h και πιέσεων μέχρι 2100bar. (Νανούσης Δ., Χρήστος Β. Σταμόπουλος ,2009)

Περιγραφή λειτουργίας Στροφαλοφόρου Αντλίας

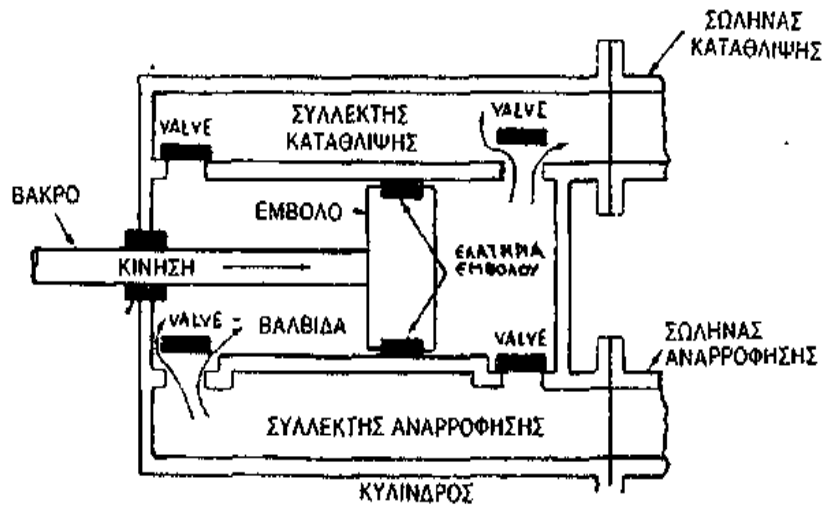
Το έμβολο κινείται μέσα σε έναν κύλινδρο δημιουργώντας την απαιτούμενη αύξηση της πίεσης.

Η ροή του ρευστού γίνεται μέσω βαλβίδων. Όταν το έμβολο είναι στην φάση αναρρόφησης ανοίγει η βαλβίδα αναρρόφησης και κλείνει η βαλβίδα κατάθλιψης. Όταν το έμβολο είναι στην φάση κατάθλιψης οι βαλβίδες λειτουργούν αντίστροφα. (σχήμα 3.6) Η κινητήριος δύναμη της κίνησης των βαλβίδων είναι η πίεση (δεν υπάρχει εκκεντροφόρος άξονας όπως στις μηχανές εσωτερικής καύσης).



Σχήμα 3.6: Λειτουργία βαλβίδων Αναρρόφησης-Κατάθλιψης. (Π.Νικολού, 2005)

Το έμβολο μπορεί να έχει την μορφή ενός άξονα (όπως στα ανωτέρω σχήματα), ή την μορφή πιστονιού. Σε υψηλές πιέσεις χρησιμοποιούνται έμβολα σε μορφή άξονα (plunger), ενώ σε χαμηλότερες χρησιμοποιούνται συνήθως έμβολα σε μορφή πιστονιών (piston). Στην τελευταία περίπτωση είναι δυνατόν να έχουμε διπλή ενέργεια, δηλαδή ενώ η μία πλευρά αναρροφά, η άλλη καταθλίβει όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα (3.7).



Σχηματική παράσταση εμβόλου διπλής ενέργειας

Εμβολο διπλής ενέργειας

Σχήμα 3.7: Έμβολο διπλής ενεργείας (Π.Νικολού, 2005)

Οι εμβολοφόρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτείται υψηλή πίεση και μικρή παροχή. Τυπικές εφαρμογές εμβολοφόρου αντλίας είναι οι αντλίες σε μηχανές πλύσης με νερό υψηλής πίεσης, στις αντλίες πίεσης για υδραυλικές δοκιμές και στις αντλίες υπερυψηλής πίεσης για κοπή μετάλλου με νερό (υδροκοπή). Στα Διυλιστήρια χρησιμοποιούνται εμβολοφόρες αντλίες σε διάφορες εφαρμογές υψηλής πίεσης και μικρής παροχής, όπως η παροχή ΜΕΚ, καυστικής σόδας, χημικών προσθέτων κλπ.

Σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται στροφαλοφόρες αντλίες μεγάλης παροχής και πολύ υψηλής πίεσης, (κριτήριο εφαρμογής είναι η υψηλή πίεση).

B) Αντλίες διαφράγματος

Οι αντλίες διαφράγματος είναι αντλίες στροφαλοφόροι άπου όμως το τμήμα υγρού χωρίζεται από την υπόλοιπη αντλία με ένα διάφραγμα. Συνεπώς τα υπόλοιπα μέρη δεν έρχονται σε επαφή με το υγρό. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για την διακίνηση αναφλέξιμων, τοξικών και πολύ διαβρωτικών υγρών.

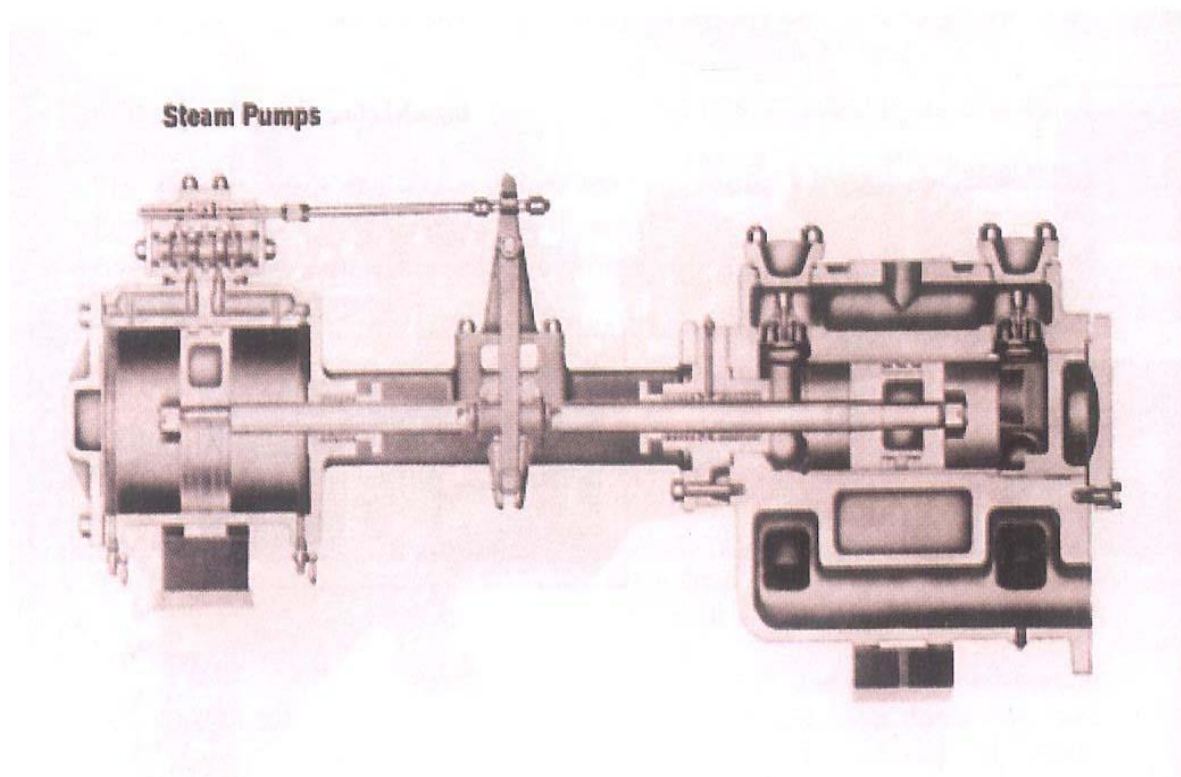
Το έμβολο εκτελεί παλινδρομική κίνηση μεταδίδοντας την κίνηση στο διάφραγμα, το οποίο δημιουργεί διαδοχικά συνθήκες πίεσης και υποπίεσης στον θάλαμο του υγρού ωθώντας ανάλογα τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Επειδή η διαδρομή του εμβόλου μπορεί να ρυθμίζεται με ακρίβεια και σε κάθε κίνηση του εμβόλου εκτοπίζεται συγκεκριμένη ποσότητα υγρού, αυτός ο τύπος αντλίας χρησιμοποιείται και ως δοσομετρική. Στο Διυλιστήριο χρησιμοποιείται ως δοσομετρική αντλία για την παροχή χημικών προσθέτων, φουρφουράλης, κινιζαρίνης, υδραζίνης, χρωμάτων για καύσιμα κλπ. Στο ανωτέρω σχέδιο παρουσιάζεται τύπος δοσομετρικής αντλίας σε τομή. Η περιστροφική κίνηση του ηλεκτροκινητήρα μετατρέπεται σε παλινδρομική, η οποία ρυθμίζεται από τον ρυθμιστή και μεταδίδεται στην δοσομετρική κεφαλή.

Οι αντλίες διαφράγματος χρησιμοποιούνται επίσης για την άντληση νερών με αναφλέξιμα πετρελαιοειδή. Για λόγους ασφαλείας η αντλία κινείται με αέρα υπό πίεση (αεραντλία). Η λειτουργία της βασίζεται στην διαδοχική τροφοδότηση με αέρα δύο διαφραγμάτων έτσι ώστε το ένα να ευρίσκεται στην φάση αναρρόφησης και το άλλο στην φάση κατάθλιψης.

Γ) Ιππάρια (Steam Pumps)

Ένα ιδιαίτερο είδος παλινδρομικής αντλίας είναι τα ιππάρια (εικόνα 3.8), τα οποία αποτελούνται αφενός από την παλινδρομική αντλία (τμήμα υγρού) και αφετέρου από την κινητήριος μηχανή, που στην περίπτωση αυτή είναι μία παλινδρομική μηχανή ατμού (τμήμα ισχύος) που δρα κατευθείαν πάνω στο έμβολο της αντλίας. Η αντλία μπορεί να λειτουργήσει με πεπιεσμένο αέρα ή κάποιο άλλο αέριο.



Εικόνα 3.8: Ιππάρια σε τομή (Σ.Κοκκώνης,2005)

Στην ανωτέρω εικόνα, το δεξί τμήμα είναι η παλινδρομική αντλία και το αριστερό τμήμα είναι η κινητήριος μηχανή. Σε αυτήν υπάρχει ένας κύλινδρος μέσα

Αθανασάκος Πατάπιος – Αψόμωτος Δημήτριος Σελίδα 44

στον οποίο παλινδρομεί ένα έμβολο το οποίο τροφοδοτείται διαδοχικά με ατμό από την κάθε πλευρά του. Το έμβολο κινείται με φορά που καθορίζεται από ποια πλευρά τροφοδοτείται με ατμό και μεταδίδει την κίνηση στο έμβολο της αντλίας (στο δεξί τμήμα). Η ροή του ατμού καθορίζεται από έναν ατμοσύρτη, ο οποίος ευρίσκεται στην είσοδο ατμού του κυλίνδρου της κινητήριας μηχανής και παίρνει κίνηση από τον άξονα που συνδέει τα δύο έμβολα.

3.1.2.2 Περιστροφικές αντλίες

Περιστροφικές (rotary pumps) είναι οι αντλίες οι οποίες προσδίδουν ενέργεια στο σύστημα αναρροφώντας, συμπιέζοντας και εκτοπίζοντας ορισμένη ποσότητα ρευστού ως αποτέλεσμα της περιστροφικής των κινούμενων μερών.

Ως κατηγορία των αντλιών εκτοπίσεως έχουν και αυτές το κύριο χαρακτηριστικό ότι εκτοπίζουν συγκεκριμένη ποσότητα ρευστού σε κάθε περιστροφή.

Ένα επί πλέον χαρακτηριστικό τους είναι ότι υπάρχει συνεχής ροή του ρευστού λόγω της ομαλής περιστροφικής κίνησης (σε αντίθεση με τις παλινδρομικές), για αυτό δεν χρειάζονται βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής.

Οι περιστροφικές αντλίες χρησιμοποιούνται συνήθως για την αύξηση της πίεσης σε ρευστά που έχουν μεγαλύτερο ιξώδες (είναι πιο παχύρρευστα) από αυτά που διακινούν οι φυγοκεντρικές αντλίες.

Τα ανώτερα όρια ιξώδους που μπορούν να διακινήσουν οι διάφοροι τύποι αντλιών είναι τα κάτωθι:

- φυγοκεντρικές αντλίες: μέχρι 3.000 SSU ($6,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)
- παλινδρομικές αντλίες: μέχρι 5.000 SSU ($11 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)
- περιστροφικές αντλίες: μέχρι 2.000.000 SSU ($44 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)

Ως γενικός κανόνας ισχύει ότι στις περιστροφικές αντλίες μειώνεται η ταχύτητα περιστροφής και η απόδοση όσο αυξάνεται το ιξώδες.

Οι περισσότερες περιστροφικές αντλίες μπορούν να γεμίσουν από μόνες τους έναν άδειο σωλήνα αναρρόφησης (self priming). Αλλά εάν λειτουργήσουν για ώρα χωρίς ρευστό θα καταστραφεί το σύστημα στεγανότητας και οι ανοχές μεταξύ των κινούμενων μερών. Δηλαδή λειτουργία χωρίς ρευστό είναι δυνατόν να καταστρέψει την αντλία.

Οι τρεις κυριότεροι τύποι περιστροφικών αντλιών είναι οι ακόλουθες:

- οι κοχλιωτές αντλίες (screw pumps).
- οι γραναζωτές αντλίες (gear pumps),
- οι αντλίες με λοβούς (lobe pumps).

Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφονται αναλυτικά οι ανωτέρω τύποι αντλιών.

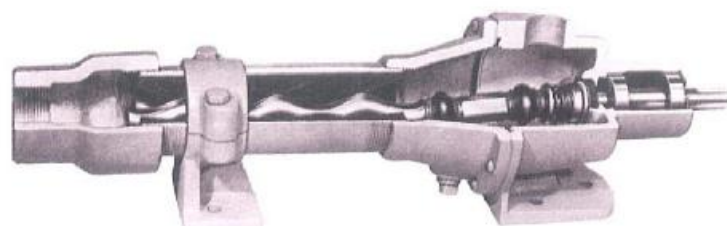
A) Κοχλιωτές αντλίες (Screw Pumps)

Είναι οι περιστροφικές αντλίες οι οποίες προσδίδουν ενέργεια στο ρευστό αναρροφώντας, συμπιέζοντας και εκτοπίζοντάς το με την περιστροφή ατέρμονων κοχλιών (Εικόνες 3.9 & 3.10) Δηλαδή το ρευστό προωθείται διερχόμενο ανάμεσα από τις σπείρες των κοχλιών.



Εικόνες 3.9 & 3.10 : Ατέρμονες Κοχλίες (Σ.Κοκκώνης,Π.Νικολού,2005)

Οι κοχλίες μπορεί να είναι δύο ή τρεις. (Υπάρχουν αντλίες ειδικών εφαρμογών με ένα κοχλία).



Single-rotor pump. (Robbins-Meyers)

Εικόνα 3.11:Λειτουργία Κοχλιωτής Αντλίας (Σ.Κοκκώνης,Π.Νικολού,2005)

Στην εικόνα που προηγήθηκε (εικόνα 3.11), στα αριστερά δείχνεται η αρχή λειτουργίας της κοχλιωτής αντλίας με έναν κοχλία και στην επάνω φωτογραφία η τομή της. Χρησιμοποιείται για την άντληση ιδιαίτερα παχύρρευστων υγρών, όπως

είναι η λάσπη με τα υπολείμματα των πετρελαιοειδών που κατακάθονται στους πυθμένες των δεξαμενών με βαριά προϊόντα.

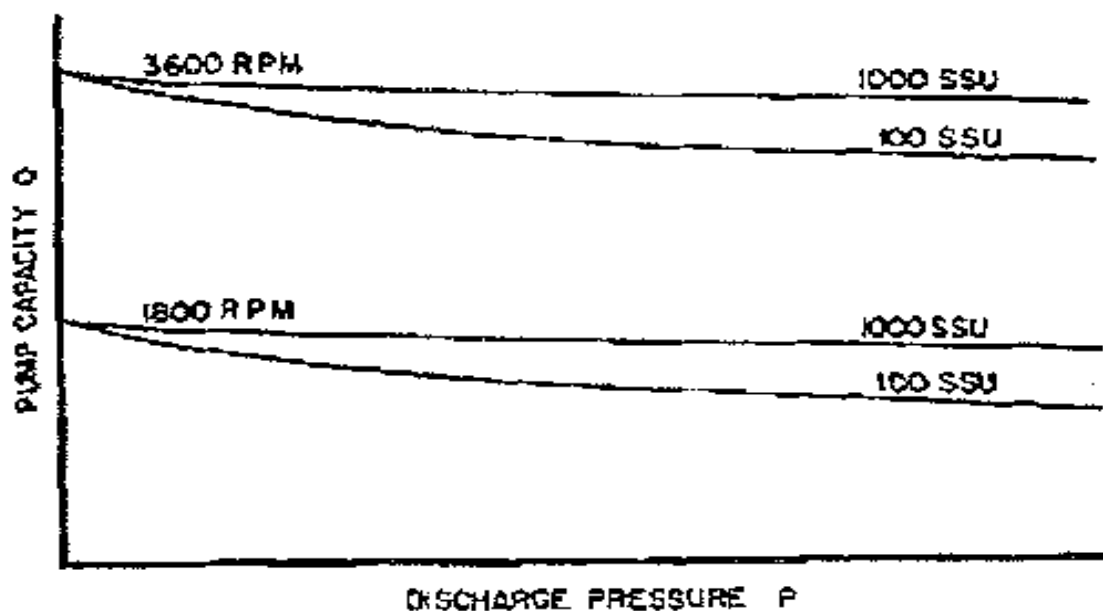
Οι αντλίες με περισσότερους κοχλίες μπορεί να είναι μίας διαδρομής (single end), όπου το ρευστό εισέρχεται από την μία πλευρά των κοχλιών και εξέρχεται από την άλλη ή διπλής διαδρομής (double end), που στην ουσία είναι δύο αντλίες απλής διαδρομής τοποθετημένες αντίθετα.

Πλεονέκτημα των κοχλιωτών αντλιών απλής διαδρομής είναι ότι επιτυγχάνουν υψηλές πιέσεις, αλλά απαιτούν πρόσθετες διατάξεις για να αντισταθμισθούν οι αξονικές δυνάμεις που εμφανίζονται (διότι η ροή είναι κατά μήκος του άξονα σε μία διεύθυνση).

Ως συστήματα στεγανότητας χρησιμοποιούνται mechanical seals ή packing ανάλογα με αυτά των φυγοκεντρικών αντλιών (διακρίνονται στις ανωτέρω φωτογραφίες).

Οι κοχλιωτές αντλίες μπορούν να διαχειρισθούν ένα μεγάλο εύρος ρευστών από παχύρρευστα έως λεπτόρρευστα. Μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλες πιέσεις και να περιστραφούν σε πολύ υψηλές στροφές (λόγω μικρής αδράνειας των κινούμενων μερών), σε σχέση με άλλες περιστροφικές ή παλινδρομικές αντλίες.

Έχουν όμως υψηλό κόστος λόγω της ακρίβειας που απαιτείται κατά την κατασκευή για να επιτευχθούν πολύ μικρές ανοχές ανάμεσα στα κινούμενα μέρη. Επί πλέον η απόδοση τους εξαρτάται από το ιξώδες του ρευστού (πόσο παχύρρευστο είναι το ρευστό).



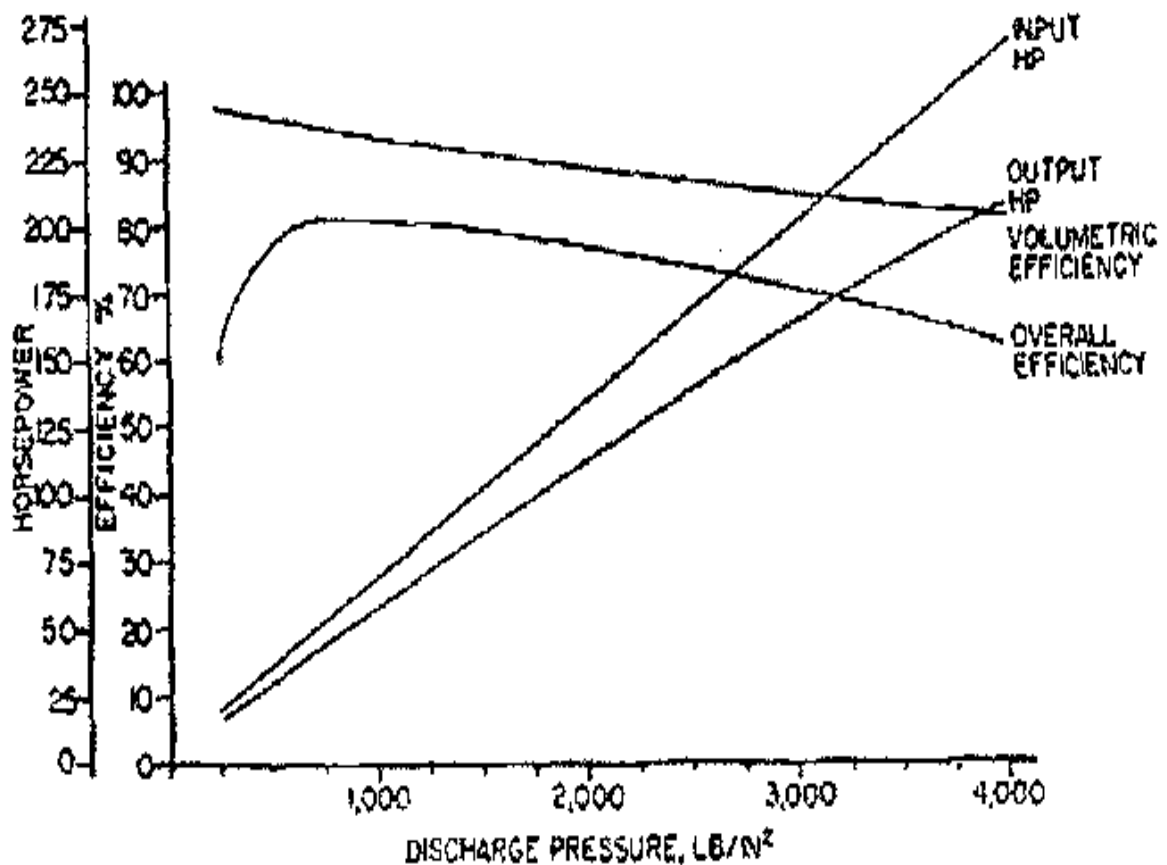
Head-capacity performance curve with viscosity as parameter

Σχήμα 3.7: Παροχή σε σχέση με την πίεση κατάθλιψης (Νανούσης Δ., Χρήστος Β. Σταμόπουλος, 2009)

Όπως διακρίνουμε παραπάνω (Σχήμα 3.7), απεικονίζεται η παροχή (Pump Capacity) ως προς την πίεση κατάθλιψης (Discharge Pressure) για δύο ταχύτητες λειτουργίας (3600 RPM και 1800 RPM) και δύο διαφορετικά ιξώδη (1000 SSU και 100 SSU). Τέτοιες σχηματικές απεικονήσεις είναι χρήσιμες διότι απεικονίζουν την συμπεριφορά της αντλίας σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας (χαμηλό ιξώδες) και

κατά την κρύα εκκίνηση (υψηλό ιξώδες). Κατά την εκκίνηση η παροχή και η πίεση είναι μεγαλύτερες. Ο λόγος είναι ότι όσο λειτουργεί η αντλία το ρευστό καθώς διέρχεται από αυτήν ζεσταίνεται με συνέπεια να γίνεται πιο λεπτόρρευστο και μέρος του υγρού να γλιστράει ανάμεσα από τις σπείρες των κοχλιών. Συνεπώς οι κοχλιωτές αντλίες επιλέγονται με βάση την παροχή για κανονικές συνθήκες λειτουργίας και την πίεση για τις συνθήκες εκκίνησης. (Εάν η πίεση κατά την εκκίνηση είναι μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη θα υπάρξουν προβλήματα όπως θόρυβος, ταλαντώσεις της αντλίας, υπερφόρτωση του κινητήρα και δυσκολία στην αναρρόφηση).

Η σχέση της ισχύος (Horsepower) και της απόδοσης (Efficiency) ως προς την πίεση κατάθλιψης (Discharge Pressure) δείχνεται παρακάτω (Σχήμα 3.8).



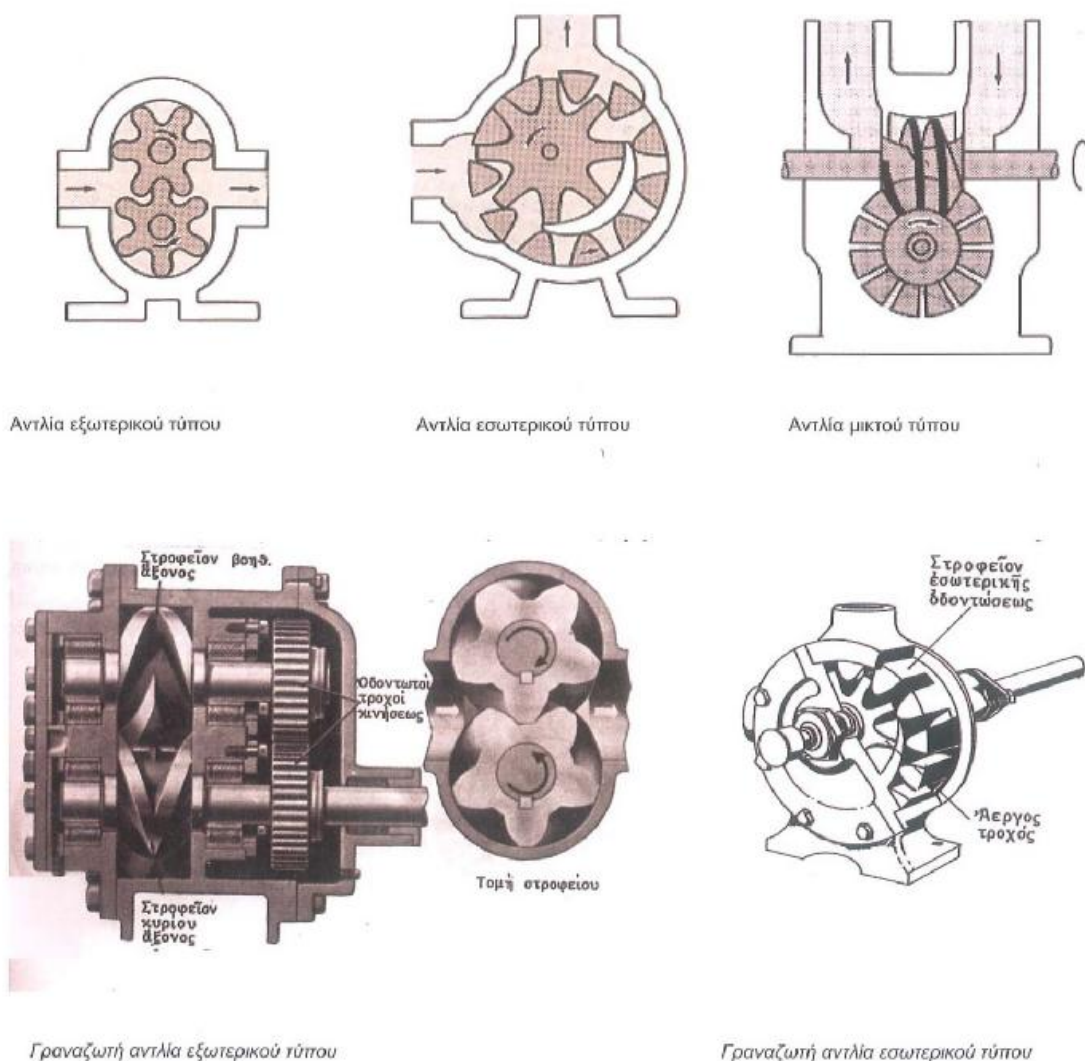
Typical overall efficiency curves.

Σχήμα 3.8: Σχέση ισχύος και απόδοσης ως προς την πίεση κατάθλιψης.(Σ.Κοκκώνης,Π.Νικολού,2005)

B) Γραναζωτές αντλίες (Gear Pumps)

Είναι οι περιστροφικές αντλίες οι οποίες προσδίδουν ενέργεια στο ρευστό αναρροφώντας, συμπιέζοντας και εκτοπίζοντάς το με την περιστροφή γραναζιών. Δηλαδή το ρευστό προωθείται διερχόμενο ανάμεσα από τα αυλάκια των οδοντώσεων των γραναζιών (Εικόνα 3.12).

Ως συστήματα στεγανοποίησης μπορούν να έχουν απλές σαλαμάστρες (packing) ή μηχανικές σαλαμάστρες (mechanical seals) ή cartridge seal που είναι παραλλαγή της μηχανικής σαλαμάστρας ένα ενιαίο σετ.



Εικόνα 3.12:Γραναζωτές αντλίες διάφορων τύπων(Κοκκώνης Σ,Νικολού Π,2005)

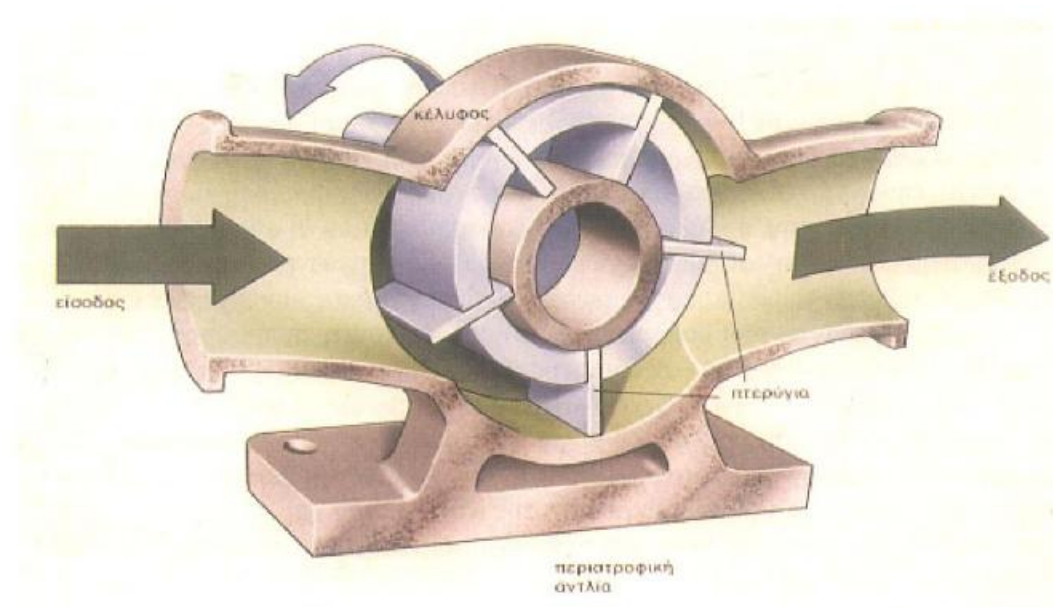
Οι γραναζωτές αντλίες στα Διυλιστήρια χρησιμοποιούνται κυρίως ως αντλίες λίπανσης άλλων μηχανημάτων.

Γ) Αντλίες με λοβούς (Lobe Pumps)

Είναι οι περιστροφικές αντλίες οι οποίες προσδίδουν ενέργεια στο ρευστό αναρροφώντας, συμπιέζοντας και εκτοπίζοντάς το με την περιστροφή λοβών.

Οι αντλίες με λοβούς στα Διυλιστήρια χρησιμοποιούνται κυρίως ως αντλίες λίπανσης άλλων μηχανημάτων. Μεγάλη χρήση έχουν στην βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και χρωμάτων.

Δ) Αντλίες με Πτερύγια – Μετρητές



Εικόνα 3.13: Περιστροφική αντλία με πτερύγια (Γ.Φ.Δανιήλ, 1954)

Ένας ειδικός τύπος περιστροφικής αντλίας είναι οι αντλίες με πτερύγια. Αυτές αποτελούνται από έναν ρότορα τοποθετημένο παράκεντρα στο κέλυφος, ο οποίος φέρει πτερύγια τα οποία κινούνται στην διεύθυνση της ακτίνας του άξονα. Κατά την περιστροφή του ο ρότορας εγκλωβίζει συγκεκριμένη ποσότητα ρευστού ανάμεσα στα πτερύγια (εικόνα 3.13).

3.1.3 ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

A) Εκχυτήρες (Τζιφάρια) - Jet Pumps

Οι εκχυτήρες (τζιφάρια από το όνομα του Γάλλου μηχανικού Giffard που τα επινόησε), είναι ένα είδος αντλίας και χρησιμοποιούνται για την διακίνηση των ρευστών. Η βασική διαφορά από τις άλλες αντλίες είναι ότι τα τζιφάρια δεν έχουν κινούμενα μέρη. Για την λειτουργία του τζιφαριού χρειάζεται ένα κινητήριο ρευστό που με την ενέργειά του παρασύρει το διακινούμενο ή αναρροφούμενο ρευστό.

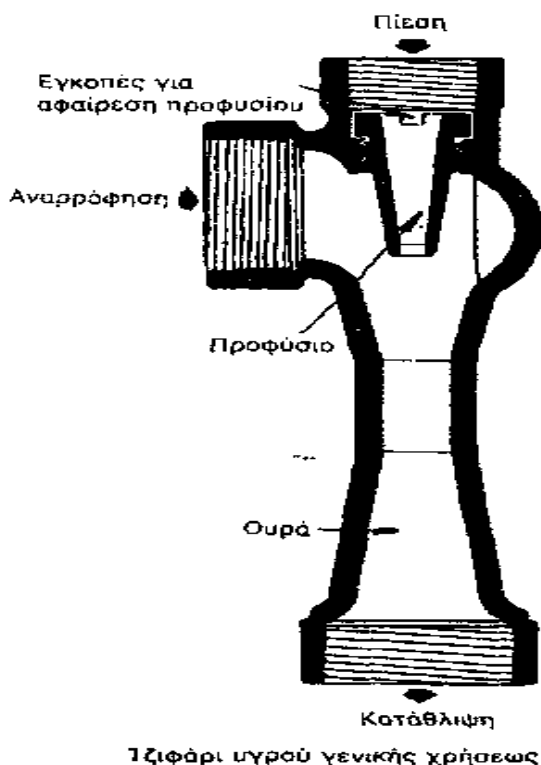
Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην αρχή λειτουργίας του ακροφυσίου (ή προφυσίου), το οποίο παρουσιάζει μία στένωση στην διατομή η οποία επιταχύνει το ρευστό και μειώνει την πίεση. Λόγω της δημιουργούμενης πτώσης της πίεσης, αναρροφάται το διακινούμενο ρευστό και παρασύρεται σε ροή μαζί με το κινητήριο. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι να μην επηρεάζεται η διαδικασία από την ανάμιξη των δύο ρευστών.

Η πλέον συνηθισμένη εφαρμογή στην βιομηχανία είναι για δημιουργία υποπίεσης, όπου ως κινητήριο ρευστό χρησιμοποιείται ατμός και ως αναρροφούμενο ο αέρας του χώρου που πρέπει να αντληθεί για να δημιουργηθεί η υποπίεση (πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής).

Άλλη εφαρμογή είναι στις βαφές, όπου ως κινητήριο ρευστό χρησιμοποιείται συμπιεσμένος αέρας και ως αναρροφούμενο ρευστό το χρώμα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται για άντληση υγρών, όπου ως κινητήριο ρευστό χρησιμοποιείται συμπιεσμένος αέρας και ως αναρροφούμενο ρευστό το προς άντληση υγρό.

Στο κατωτέρω σχήμα (σχήμα 3.9) φαίνεται η αρχή λειτουργίας του ακροφυσίου και η τομή με τα λειτουργικά μέρη του πλέον συνηθισμένου τύπου τζιφαριού.



Σχήμα 3.9: Τομή τζιφαριού (Κοκκώνης Σ., Νικολού Π. και άλλοι, 2005)

B) Αντλίες περιστρεφόμενου εσωτερικού κελύφους (Rotating Casing Pumps)

Ένας ειδικός τύπος αντλίας είναι η αντλία περιστρεφόμενου εσωτερικού κελύφους, η οποία χρησιμοποιείται σε εφαρμογές χαμηλής παροχής και υψηλού μανομετρικού. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό περιστρεφόμενο κέλυφος το οποίο περιέχει έναν σταθερό σωλήνα στο κέντρο του. Όλη αυτή η κατασκευή περικλείεται σε ένα σταθερό εξωτερικό κέλυφος.

Το υγρό εισέρχεται στο κέλυφος από το κέντρο κατά την φορά του άξονα και η φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται λόγω της περιστροφής του κελύφους, αυξάνει την πίεση και την ταχύτητα του υγρού στην περιφέρεια του κελύφους. Ο συλλεκτήριος σωλήνας έχει άνοιγμα το οποίο βλέπει αντίθετα με την φορά περιστροφής του κελύφους και είναι τοποθετημένο κοντά στην περιφέρεια του κελύφους. Μέσω του ανοίγματος ο αγωγός αναρροφά το υγρό και μετατρέπει το μεγαλύτερο μέρος της κινητικής ενέργειάς του σε στατική πίεση. Το υγρό στην συνέχεια ρέει μέσω του αγωγού προς την κατάθλιψη της αντλίας, η οποία επίσης είναι τοποθετημένη στο κέντρο της αντλίας.

Οι αποδόσεις αυτών των αντλιών είναι συνήθως χαμηλότερες από 40%.

Αυτός ο τύπος αντλίας παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι έχει μικρότερο μέγεθος και χαμηλότερο κόστος από τις αντίστοιχες αντλίες θετικής εκτοπίσεως και τις αντίστοιχες πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες, για παρόμοιες συνθήκες

λειτουργίας. Επίσης δεν κινδυνεύει να κολλήσει και να καταστραφεί εάν λειτουργήσει χωρίς υγρό, καθώς δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη σε επαφή στην ροή του υγρού.

Λόγω όμως των μεγάλων ταχυτήτων του υγρού που δημιουργούνται στο εσωτερικό της αντλίας, αυτός ο τύπος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε διάβρωση λόγω της ταχύτητας ροής (erosion), στην περίπτωση που υπάρχουν στο υγρό παρασυρόμενα στερεά σωματίδια.

Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η πιθανότητα εγκλωβισμού αερίου στην αντλία. Αυτό είναι δυνατόν να συμβεί διότι το αέριο συγκεντρώνεται στο χώρο χαμηλής πίεσης της αντλίας, που είναι το κέντρο του κελύφους. Επειδή η ποσότητα του υγρού που αντλείται είναι μικρή συγκρινόμενη με την ποσότητα που περιέχεται στο κέλυφος, πιθανή συγκέντρωση αερίου δεν είναι εύκολο να απομακρυνθεί.

3.2 ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (COMPRESSORS)

Συμπιεστές είναι οι μηχανισμοί με τους οποίους γίνεται η διακίνηση των αερίων. Η διακίνηση επιτυγχάνεται προσδίδοντας ενέργεια στο ρευστό με τον συμπιεστή. Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο προσδίδεται η ενέργεια οι συμπιεστές χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους συμπιεστές δυναμικού τύπου (turbo) και τους συμπιεστές εκτοπίσεως. Αυτοί με τη σειρά τους περιλαμβάνουν άλλες κατηγορίες (σχήμα 3.10), και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.



Σχήμα 3.10: Κατηγορίες Συμπιεστών(Ι.Γιαννάκης,Α.Κρουστάλλη,2005).

α) Συμπιεστές δυναμικού τύπου, οι οποίοι δίνουν ενέργεια συνεχώς στο σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με αύξηση της πίεσης η οποία δημιουργείται από περιστρεφόμενα πτερύγια σε υψηλές ταχύτητες. Αυτή η αύξηση της πίεσης είναι η κινητήρια δύναμη που απαιτείται για την διακίνηση του αερίου. Οι κυριότεροι τύποι συμπιεστών δυναμικού τύπου είναι οι κάτωθι:

- § Οι *φυγοκεντρικοί*, όπου η ροή του αερίου γίνεται κάθετα προς τον άξονα του συμπιεστή και η αύξηση της πίεσης γίνεται λόγω περιστροφής του αερίου στην φτερωτή,
- § Οι *αξονικοί*, όπου η ροή του αερίου γίνεται παράλληλα προς τον άξονα του συμπιεστή.

β Συμπιεστές εκτοπίσεως, οι οποίοι δίνουν ενέργεια στο σύστημα περιοδικά με την εφαρμογή δύναμης ως αποτέλεσμα κίνησης ενός ή περισσότερων κινητών μερών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απευθείας αύξηση της πίεσης στα επιθυμητά επίπεδα. Δηλαδή εκτοπίζουν ορισμένη ποσότητα αερίου σε κάθε διαδρομή των κινουμένων μερών. Οι συμπιεστές εκτοπίσεως περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος της κίνησης των κινουμένων μερών :

- § Τους *παλινδρομικούς συμπιεστές*, (στους οποίους η δύναμη εφαρμόζεται ως αποτέλεσμα παλινδρομικής κίνησης ενός ή περισσότερων εμβόλων).
- § Τους *περιστροφικούς συμπιεστές*, (στους οποίους η δύναμη εφαρμόζεται ως αποτέλεσμα περιστροφικής κίνησης κοχλιών ή λοβών ή τυμπάνου με πτερύγια, χαρακτηρίζοντας αντιστοίχως τους περιστροφικούς συμπιεστές ως κοχλιωτούς, συμπιεστές με λοβούς ή συμπιεστές με πτερύγια).

Μία επιπλέον διάκριση γίνεται ανάλογα με την χρήση των συμπιεστών ως ακολούθως:

- § Συμπιεστές (Compressors) - γενικός όρος για όλες τις κλάσεις των μηχανών διακίνησης αερίων
- § Φυσητήρες (Blowers) - όταν η πίεση κατάθλιψης είναι λιγότερη από μία ατμόσφαιρα (άνω της ατμοσφαιρικής)
- § Επανασυμπιεστές (Recompressors) - όταν η πίεση αναρρόφησης είναι μεγαλύτερη από μία ατμόσφαιρα (άνω της ατμοσφαιρικής).

Το κυριότερο λειτουργικό χαρακτηριστικό των συμπιεστών, που τους διαφοροποιεί από τις αντλίες υγρών, είναι ότι η αύξηση της πίεσης των αερίων έχει ως άμεση συνέπεια την συμπίεσή τους (δηλαδή την μείωση του όγκου τους) και την αύξηση της θερμοκρασίας τους. Συνεπώς ο συμπιεστής κατά την λειτουργία του αυξάνει την πίεση του αερίου συμπιέζοντάς το (απ' όπου προέρχεται και η ονομασία του) και θερμαίνοντάς το. Εάν η αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου δεν είναι επιθυμητή απαιτείται ενδιάμεση ψύξη του αερίου (intercooling), η οποία μπορεί να γίνεται μεταξύ των σταδίων του συμπιεστή ή μετά τον συμπιεστή και πριν την επόμενη διεργασία του συστήματος.

3.2.1 ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

Οι συμπιεστές δυναμικού τύπου (Turbocompressors) μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια του άξονα σε πίεση προσδίδοντας ενέργεια στο αέριο μέσω συνεχούς περιστροφικής κίνησης. Αυτό πετυχαίνεται με τον συνδυασμό της δράσης

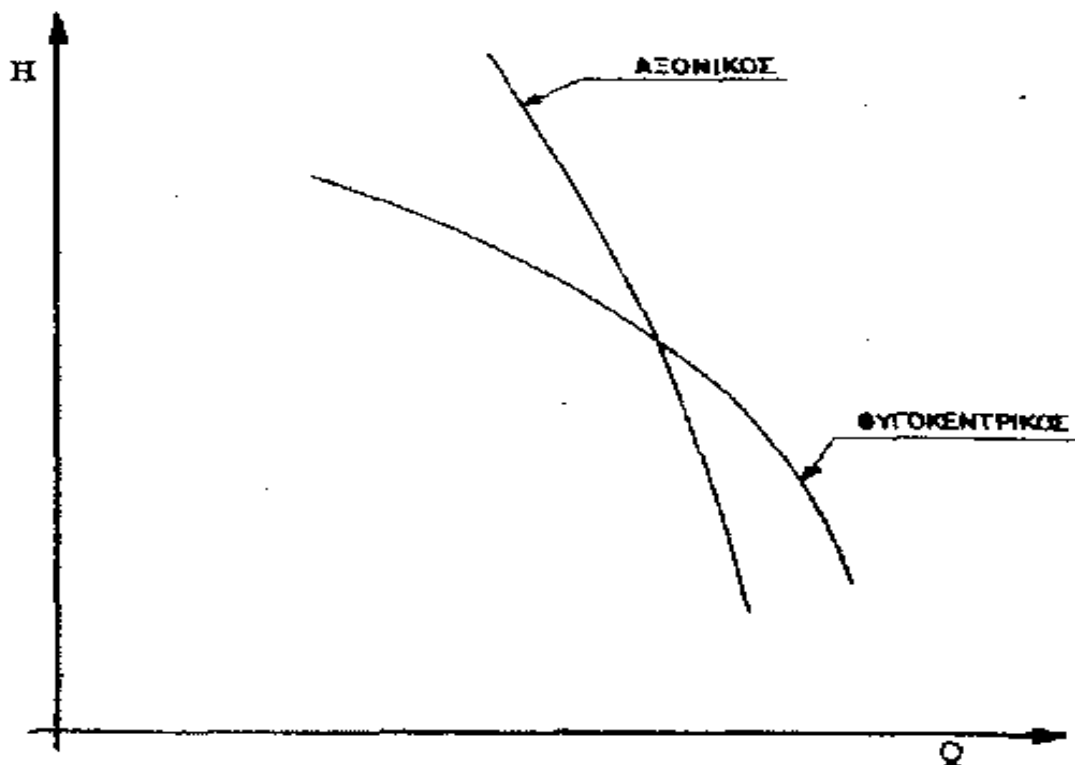
ενός ή περισσότερων στροφείων και σταθερών μερών με ή χωρίς πτερύγια. Το αέριο αρχικά επιταχύνεται στα στροφεία και στην συνέχεια επιβραδύνεται στα σταθερά μέρη (επιβραδυντές), όπου η μεταβολή της ταχύτητας μετατρέπεται σε αύξηση της πίεσης. Οι συμπιεστές αυτού του τύπου διαιρούνται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής του αερίου σε σχέση με τον άξονα, τους φυγοκεντρικούς και τους αξονικούς.

Λειτουργία Συμπιεστών Δυναμικού τύπου

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι συμπιεστές δυναμικού τύπου επιταχύνουν το αέριο με την περιστροφική κίνηση των στροφείων και στην συνέχεια το επιβραδύνουν στους επιβραδυντές και με τον τρόπο αυτό δημιουργούν αύξηση της πίεσης στο επιθυμητό επίπεδο. Μετατρέπουν δηλαδή την κινητική ενέργεια σε πίεση. Με την αύξηση της πίεσης του αερίου μεταβάλλεται όμως ο όγκος του και η θερμοκρασία του, δηλαδή το αέριο συμπιέζεται και θερμαίνεται. Το ποσοστό αυτών των μεταβολών εξαρτάται από το συγκεκριμένο αέριο.

Η ικανότητα του συμπιεστή να δώσει ενέργεια στο σύστημα εκφράζεται ως το κατά πόσο μπορεί να αυξήσει την πίεση σε ορισμένο όγκο αερίου. Επειδή όμως όταν αυξάνεται η πίεση μεταβάλλεται ο όγκος και επί πλέον αυξάνεται η θερμοκρασία από την οποία επίσης εξαρτώνται η πίεση και ο όγκος του αερίου, η λειτουργία του συμπιεστή καθορίζεται από περίπλοκους μαθηματικούς τύπους οι οποίοι προκύπτουν από τους νόμους της θερμοδυναμικής. Τελικώς αυτό που προκύπτει είναι ότι η ικανότητα του συμπιεστή δυναμικού τύπου να δώσει ενέργεια στο σύστημα ονομάζεται πολυτροπικό ύψος ή ύψος κατάθλιψης, (αντίστοιχο του μανομετρικού ύψους των αντλιών) συμβολίζεται με το γράμμα H και ουσιαστικά είναι μία έκφραση της ενέργειας που προσθέτει ο συμπιεστής δυναμικού τύπου στο συμπιεζόμενο αέριο. Το ύψος κατάθλιψης μετατρέπεται άμεσα σε πίεση, προσδιορίζοντας έτσι την πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή.

Όσο αυξάνεται η ποσότητα του αερίου που πρέπει να διακινηθεί (δηλαδή η παροχή του συμπιεστή), τόσο μειώνεται η ικανότητα του συμπιεστή να δώσει ενέργεια στο σύστημα (δηλαδή το πολυτροπικό ύψος ή ύψος κατάθλιψης). Αυτό απεικονίζεται στην καμπύλη λειτουργίας των συμπιεστών δυναμικού τύπου (σχήμα 3.11), δηλαδή του φυγοκεντρικού και του αξονικού. Στο σχήμα, όπου ο οριζόντιος άξονας είναι η παροχή (Q) και ο κάθετος είναι το ύψος κατάθλιψης (H), απεικονίζονται οι καμπύλες λειτουργίας των συμπιεστών δηλαδή τα σημεία που είναι δυνατόν να λειτουργήσουν. Είναι φανερό η μεγάλη κλίση της καμπύλης λειτουργίας του αξονικού συμπιεστή, που σημαίνει ότι είναι μικρό το εύρος των παροχών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.



Σχήμα 3.11: Λειτουργία συμπιεστών δυναμικού τύπου (Νανούσης Δ ,2009)

Η απόδοση σε σχέση με την παροχή απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα, όπου δείχνεται σαφώς ότι μία καμπύλη όσο το δυνατόν πιο επίπεδη είναι προτιμότερη διότι ο συμπιεστής λειτουργεί με ευστάθεια σε μεγαλύτερο εύρος παροχών. Στην πράξη οι συμπιεστές σχεδιάζονται να λειτουργούν σε παροχή λίγο μεγαλύτερη από το σημείο σχεδιασμού, ώστε στην περίπτωση που η μέση παροχή είναι λίγο μικρότερη, το πραγματικό σημείο λειτουργίας θα πλησιάζει το σημείο της βέλτιστης απόδοσης.

Αντίθετα οι απαιτήσεις του συστήματος σε ενέργεια αυξάνονται όσο αυξάνεται η παροχή, διότι για να διακινηθούν μεγάλες ποσότητες απαιτείται περισσότερη ενέργεια. Αυτό απεικονίζεται στο διάγραμμα του συστήματος. Το σημείο τομής των δύο καμπυλών (συμπιεστή και συστήματος), είναι το σημείο λειτουργίας του συμπιεστή, όπου φαίνεται ότι ο συγκεκριμένος συμπιεστής στο συγκεκριμένο σύστημα, για ορισμένη παροχή έχει ορισμένη δυνατότητα πρόσδοσης ενέργειας (ή αύξησης της πίεσης).

Περιορισμοί στην παροχή

Αντίθετα με ότι συμβαίνει στις αντλίες όπου μπορούμε να μηδενίσουμε την παροχή ή να την μεγιστοποιήσουμε μεγιστοποιώντας ή μηδενίζοντας το μανομετρικό ύψος, στους συμπιεστές έχουμε περιορισμούς τόσο στην ελαχιστοποίηση όσο και στην μεγιστοποίηση της παροχής.

Καθοριστικός παράγοντας της ελάχιστης παροχής είναι το λεγόμενο φαινόμενο "Surge". Για να το κατανοήσουμε ας θεωρήσουμε ότι σε ένα συμπιεστή αυξάνουμε συνεχώς την πίεση στο σύστημα κατάθλιψης π.χ. κλείνοντας μία βάνα. Αναγκάζουμε έτσι τον συμπιεστή να δίνει μεγαλύτερο ύψος κατάθλιψης μικραίνοντας την παροχή του. Αυτό μπορεί να γίνει μέχρι του ορίου "Surge", όπου έχουμε μια απότομη πτώση του ύψους, επιτρέποντας έτσι την ανάποδη ροή (προς τον συμπιεστή). Η ανάποδη αυτή ροή έχει σαν επακόλουθο την πτώση πίεσης στο σύστημα κατάθλιψης και σύμφωνα με το διάγραμμα λειτουργίας του συμπιεστή, την αύξηση της παροχής του αερίου από τον συμπιεστή προς το σύστημα. Το φαινόμενο αυτό συνεχίζεται να εμφανίζεται εναλλασσόμενα και καλείται "Surge", συνοδεύεται από θόρυβο και υψηλούς κραδασμούς και πρέπει να αποφεύγεται.

Το φαινόμενο "Surge" είναι επικίνδυνο για τον συμπιεστή διότι προκαλεί τα ακόλουθα:

- Ταλαντώσεις στον ρότορα οι οποίες είναι δυνατόν να καταστρέψουν τους λαβύρινθους μεταξύ των σταδίων.
- Μία συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας στην είσοδο του στροφείου, λόγω αντιστροφής της ροής, η οποία προκαλεί μείωση της κατάθλιψης (ενέργειας που προσδίδει ο συμπιεστής στο σύστημα) και η οποία με την σειρά της προκαλεί επί πλέον αύξηση του φαινομένου "surge".
- Απότομες αυξήσεις στην ώθηση κατά την διεύθυνση του άξονα (αξονικές ωθήσεις), οι οποίες σε συνδυασμό με τις συνακόλουθες διακυμάνσεις στην πίεση σε αναρρόφηση και κατάθλιψη είναι δυνατόν να προκαλέσουν καταστροφή των αξονικών (ωστικών) εδράνων.
- Απότομες αυξήσεις στο φορτίο οι οποίες είναι δυνατόν να καταστρέψουν τα στροφεία ή και την κινητήρια μηχανή (ηλεκτροκινητήρα ή ατμοστρόβιλο).

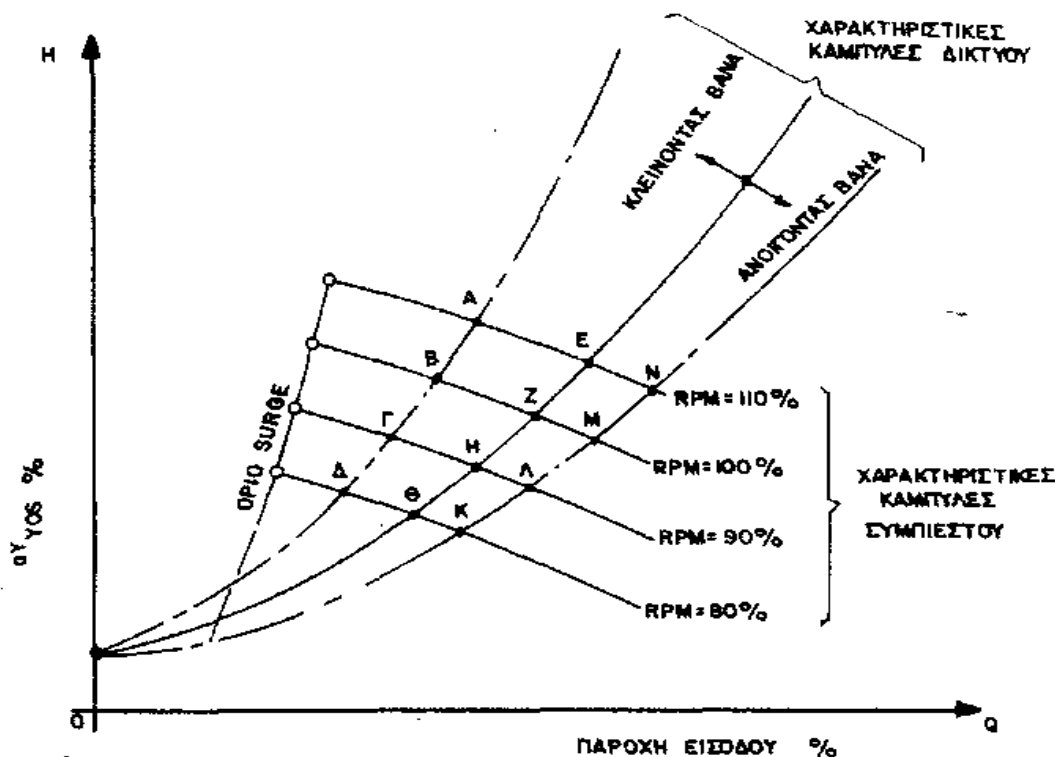
Για να αποφύγουμε λοιπόν το φαινόμενο surge πρέπει να ανακυκλώσουμε ένα μέρος του αερίου μέσω παρακαμπτηρίου σωλήνα (by pass) και βάνας, η οποία ανοίγει αυτόματα όταν η λειτουργία του συμπιεστή φθάσει στο κρίσιμο σημείο. Το ύψος κατάθλιψης (ή η πίεση κατάθλιψης) του συμπιεστή μειώνεται με παράλληλη αύξηση της παροχής λόγω της επί πλέον ποσότητας που τροφοδοτείται στον συμπιεστή από το by pass. Με τον τρόπο αυτόν το σημείο λειτουργίας του συμπιεστή μετατοπίζεται πάνω στην καμπύλη λειτουργίας σε ασφαλέστερη περιοχή. Το σύστημα προστασίας (anti surge system) πρέπει να είναι ανεξάρτητο από οποιοδήποτε άλλο σύστημα ασφαλείας του συμπιεστή. Το άνοιγμα της βάνας του by pass καθορίζεται από μέτρηση της ροής στην αναρρόφηση του συμπιεστή και ρυθμίζεται ως συνάρτηση είτε των στροφών της μηχανής είτε της διαφοράς πίεσης μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Ανάλογο φαινόμενο έχουμε και στις μεγάλες παροχές και καλείται stonewall. Αυτό συμβαίνει όταν το αέριο αποκτήσει ταχύτητα ήχου κάπου μέσα στο συμπιεστή, συνήθως στην είσοδο της περωτής ή στην είσοδο του διάχυτη, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κρουστικά κύματα και ως συνέπεια παρουσιάζεται ταχεία πτώση της πίεσης με μικρή αύξηση της παροχής. Το φαινόμενο "stonewall" δεν αποτελεί κίνδυνο για τον συμπιεστή, δημιουργεί όμως πρόβλημα διότι πέρα από αυτό το σημείο ο συμπιεστής δεν μπορεί να παρέχει το προβλεπόμενο ύψος κατάθλιψης.

Τα φαινόμενα "Surge" και "Stonewall" είναι τόσο εντονότερα όσο περισσότερες είναι οι βαθμίδες του συμπιεστή.

Μέθοδοι ρύθμισης συμπιεστών

Οι συμπιεστές δυναμικού τύπου είναι δυνατόν να μεταβάλλουν την σχέση παροχής και ύψους κατάθλιψης (δηλαδή να ρυθμιστεί το σημείο λειτουργίας του συμπιεστή) σύμφωνα με το ακόλουθο σχήμα (σχήμα 3.12). Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει την ρύθμιση του σημείου λειτουργίας με μεταβολή των στροφών του κινητήρα του συμπιεστή και με μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης του δικτύου (ανοίγοντας ή κλείνοντας μία βάνα). Ισχύει για όλους τους συμπιεστές δυναμικού τύπου. Η κάθε κατηγορία δηλαδή οι φυγοκεντρικοί και οι αξονικοί συμπιεστές έχουν και επιπλέον δυνατότητες ρύθμισης του σημείου λειτουργίας, οι οποίες περιγράφονται στα αντίστοιχα κεφάλαια.



Σχήμα 3.12: Ρύθμιση σημείου λειτουργίας με μεταβολή στροφών-μεταβολή χαρακτηριστικής καμπύλης δικτύου. (Σ.Κοκκώνης και άλλοι,2005)

Α) Μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα (Φυγοκεντρικοί και Αξονικοί συμπιεστές)

Είναι ο πιο αποδοτικός τρόπος ρύθμισης. Όταν ο συμπιεστής κινείται από ατμοστρόβιλο είναι αρκετά εύκολο να μεταβάλλουμε τις στροφές του συμπιεστή, μεταβάλλοντας τις στροφές του στροβίλου. Όταν συμπιεστής κινείται από

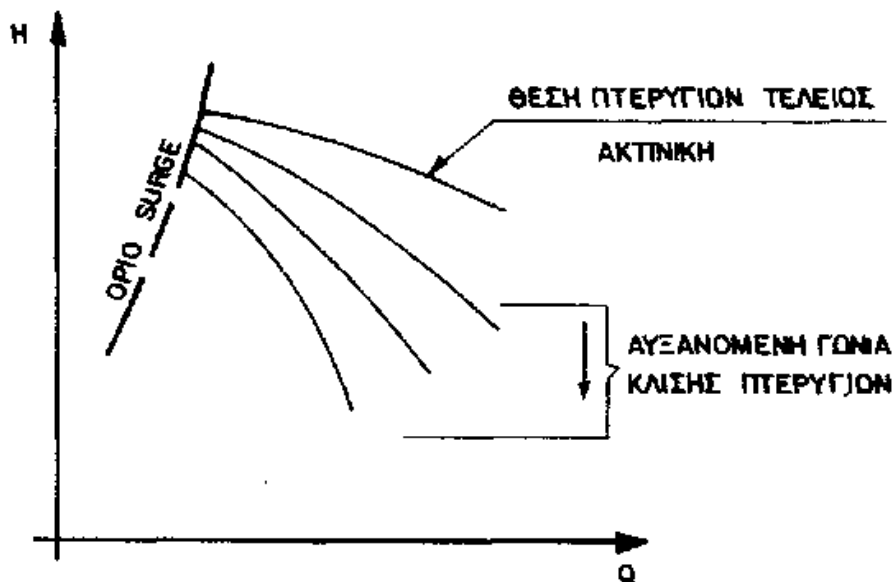
ηλεκτροκινητήρα η ρύθμιση των στροφών είναι πιο δύσκολη και γίνεται είτε χρησιμοποιώντας κινητήρες που μπορούν και μεταβάλλουν τις στροφές τους, είτε με την χρήση υδραυλικών συνδέσμων (κόμπλερ). Η τελευταία λύση είναι περίπλοκη και ακριβή και γενικώς αποφεύγεται.

B) Μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης του συστήματος (Φυγοκεντρικοί και Αξονικοί συμπιεστές)

Αυτό πρακτικά γίνεται με στραγγαλισμό της ροής πριν ή μετά τον συμπιεστή με μία βάνα. Προτιμάται ο στραγγαλισμός πριν τον συμπιεστή, γιατί έτσι έχουμε κέρδος στην ισχύ. (Ο στραγγαλισμός στην αναρρόφηση προκαλεί μείωση της πυκνότητας (kg/m^3) του αερίου και εφόσον η μάζα είναι σταθερή (kg/h) αυξάνεται τεχνητά η παροχή (m^3/h), με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερη ισχύς. Ο στραγγαλισμός στην κατάθλιψη δεν έχει επίδραση στην πυκνότητα λόγω των κατά πολύ μεγαλύτερων πιέσεων που επικρατούν εκεί).

Γ) Ρυθμιζόμενα πτερύγια εισόδου (Φυγοκεντρικοί και Αξονικοί συμπιεστές)

Με την χρήση των ρυθμιζόμενων πτερυγίων εισόδου μεταβάλλεται η καμπύλη λειτουργίας του συμπιεστή, όπως δείχνεται στο επόμενο σχήμα (σχήμα 3.13) Ουσιαστικά τα πτερύγια αλλάζουν τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της πρώτης φτερωτής.



Σχήμα 3.13: Ύψος κατάθλιψης-παροχής (Π.Νικολού,2005)

Πέραν των ανωτέρω γενικών μεθόδων ρύθμισης υπάρχουν και πιο εξειδικευμένες ανά τύπο συμπιεστή, οι οποίες εδώ αναφέρονται επιγραμματικά και αναλύονται εκτενέστερα στα αντίστοιχα κεφάλαια.

Δ) Φτερωτή ισχύος (Φυγοκεντρικοί συμπιεστές)

Η φτερωτή ισχύος είναι μία φτερωτή που τοποθετείται πριν την πρώτη βαθμίδα του συμπιεστή (αποτελεί ουσιαστικά επέκταση της πρώτης φτερωτής) και εκτονώνει το αέριο μέσω μίας σειράς κινουμένων πτερυγίων και με τον τρόπο αυτό μεταβάλλει την καμπύλη λειτουργίας του συμπιεστή.

Ε) Ρυθμιζόμενα πτερύγια στάτορα (Αξονικοί συμπιεστές)

Η ρύθμιση των πτερυγίων του στάτορα ενός αξονικού συμπιεστή γίνεται με ειδικό μηχανισμό και με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται η χαρακτηριστική καμπύλη του.

3.2.1.1 Φυγοκεντρικοί συμπιεστές

Ο φυγοκεντρικός συμπιεστής (centrifugal compressor) αποτελείται κυρίως από μία σειρά σταδίων συμπίεσης, όπου η συμπίεση γίνεται με την επίδραση φυγοκεντρικών δυνάμεων. Το αέριο εισέρχεται στον συμπιεστή από ένα στόμιο εισόδου (inlet nozzle). Στη συνέχεια περνάει από τα πτερύγια μίας φτερωτής, όπου λόγω της περιστροφής αναπτύσσονται σε αυτό φυγοκεντρικές δυνάμεις οι οποίες επιταχύνουν το αέριο. Για τον λόγο αυτό οι φτερωτές αποτελούν το σπουδαιότερο τμήμα του φυγοκεντρικού συμπιεστή. Μετά την φτερωτή το αέριο εισέρχεται σε έναν διαχύτη (diffuser) όπου επιβραδύνεται και η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε πίεση. Μετά τον διαχύτη το αέριο εισέρχεται στον συλλέκτη (volute ή collector) όπου γίνεται επί πλέον μείωση της ταχύτητας και αύξηση της πίεσης. Στην συνέχεια εάν ο συμπιεστής είναι μονοβάθμιος το αέριο καταθλίβεται στο κύκλωμα από το στόμιο κατάθλιψης (discharge nozzle), ενώ εάν είναι πολυβάθμιος εισέρχεται στην επόμενη βαθμίδα συμπίεσης. Συνεπώς ο φυγοκεντρικός συμπιεστής είναι μία μηχανή δυναμικού τύπου καθώς η συμπίεση του αερίου γίνεται μέσω της συνεχούς δυναμικής δράσης πτερυγίων και καναλιών (συνεχείς μεταβολές της ταχύτητας και μετατροπής της σε πίεση κατάθλιψης).

Οι σπουδαιότεροι παράμετροι που καθορίζουν έναν φυγοκεντρικό συμπιεστή είναι η πλήρης γνώση του ίδιου του αερίου της διεργασίας, ο λόγος συμπίεσης (πόσο θα αυξηθεί η πίεση) και η ποσότητα (η παροχή) που θα διακινηθεί. Η απόδοση του συμπιεστή, ο μηχανολογικός σχεδιασμός, τα υλικά κατασκευής, ο τύπος του συστήματος στεγανότητας και ο τρόπος ελέγχου καθορίζονται άμεσα από αυτές τις πληροφορίες. Με βάση λοιπόν αυτά τα στοιχεία ο συμπιεστής σχεδιάζεται ώστε να δώσει την απαιτούμενη αύξηση της πίεσης στην ζητούμενη παροχή για τον δυσμενέστερο συνδυασμό των πιθανών περιπτώσεων όπως είναι η ελάχιστη πίεση εισόδου, η μέγιστη θερμοκρασία εισόδου, και το ελάχιστο ειδικό βάρος του αερίου.

Κατασκευαστικά ο οικονομικότερος και πιο αποδοτικός φυγοκεντρικός συμπιεστής είναι αυτός που παράγει το απαιτούμενο ύψος κατάθλιψης (πίεση κατάθλιψης) με τον μικρότερο αριθμό σταδίων. Και εφόσον για δεδομένες συνθήκες λειτουργίας το ύψος κατάθλιψης καθορίζεται από τον αριθμό των σταδίων και την ταχύτητα περιστροφής, οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές σχεδιάζονται να λειτουργούν κοντά στον μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό στροφών. Συνεπώς ένας μικρότερος συμπιεστής που δουλεύει σε υψηλότερες στροφές κάνει την ίδια δουλειά και συγχρόνως απαιτεί ελαφρότερη βάση στήριξης και αναλογικά λιγότερη συντήρηση.

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές κατασκευάζονται για παροχές από 0,25 m³/sec έως 20 m³/sec. Μερικοί μικροί συμπιεστές λειτουργούν για μικρές παροχές της τάξης των 0,07 m³/sec. Ο λόγος συμπίεσης μίας φτερωτής μπορεί να είναι μέχρι 1,5. Ο αριθμός των φτερωτών σε πολυβάθμιους συμπιεστές μπορεί να είναι μέχρι 10 και συνεπώς ο ολικός λόγος συμπίεσης μπορεί να είναι μέχρι 12. Η πίεση κατάθλιψης είναι δυνατόν να φθάσει μέχρι 400 bar ή και να τα ξεπεράσει.

Τα κατασκευαστικά τμήματα του φυγοκεντρικού συμπιεστή είναι δύο ειδών τα στρεφόμενα και τα στατικά.

A . Στρεφόμενα τμήματα

Ο άξονας, επί του οποίου προσαρμόζονται οι φτερωτές και τα συστήματα στεγανότητας.

Οι φτερωτές, οι οποίες είναι τα σπουδαιότερα τμήματα του συμπιεστή και οι οποίες με την περιστροφή τους δίνουν κινητική ενέργεια στο αέριο που στη συνέχεια μετατρέπεται σε πίεση κατάθλιψης. Κατασκευάζονται από διάφορα είδη υλικών ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας. Συνήθως χρησιμοποιούνται ελαφροί κραματούχοι χάλυβες AISI 4140 ή 4340, ανοξείδωτοι χάλυβες AISI304 και 316, καθώς και AISI 410. Για ειδικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται ειδικά κράματα τιτανίου και αλουμινίου, καθώς και MONEL (κράμα χαλκού και νικελίου).

Υπάρχουν τα ακόλουθα είδη φτερωτών:

Ανοικτές πτερωτές (shroudless ή open impellers), οι οποίες ως ελαφρότερες κατασκευές μπορούν να περιστραφούν σε πολύ υψηλές ταχύτητες πετυχαίνοντας έτσι μεγάλες πιέσεις κατάθλιψης (μεγάλους λόγους συμπίεσης). Έχουν όμως υψηλό κόστος σχεδιασμού και κατασκευής λόγω των πολύ μικρών επιτρεπόμενων ανοχών μεταξύ της φτερωτής και των στατικών μερών του συμπιεστή. Δηλαδή τα διάκενα μεταξύ των πτερυγίων και του κελύφους πρέπει να είναι πολύ μικρά ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη απόδοση, αλλά συγχρόνως να αποφεύγεται η οποιαδήποτε επαφή.

Κλειστές φτερωτές (shrouded ή closed impellers), οι οποίες διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες.

- **Κλειστές φτερωτές τριών διαστάσεων (wide impeller)**, η κατασκευή των οποίων είναι τέτοια ώστε να διευκολύνει την είσοδο του αερίου στην

φτερωτή και με τον τρόπο αυτό συνεισφέρουν στην βελτίωση της απόδοσης του συμπιεστή.

- *Κλειστές φτερωτές δύο διαστάσεων (narrow impeller)*, οι οποίες έχουν απλό σχεδιασμό και κατασκευή και αποτελούν τις συμφέρουσες λύσεις σε συμπιεστές χαμηλών παροχών.
- *Φτερωτές τύπου Wedge (Wedge type impellers)*, οι οποίες είναι ειδικά σχεδιασμένες για πολύ χαμηλές παροχές και παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση από τους άλλους τύπους.

Η φτερωτή ισχύος, είναι μία φτερωτή που τοποθετείται σε ορισμένους συμπιεστές πριν την πρώτη βαθμίδα του συμπιεστή (αποτελεί ουσιαστικά επέκταση της πρώτης φτερωτής) και εκτονώνει το αέριο μέσω μιας σειράς κινουμένων πτερυγίων και με τον τρόπο αυτό μεταβάλλει την καμπύλη λειτουργίας του συμπιεστή. Φέρει περιφερειακά ρυθμιζόμενα πτερύγια. Όταν τα πτερύγια είναι σε τελείως ακτινική θέση δεν επηρεάζουν καθόλου την καμπύλη. Είναι κατάλληλη μόνο για καθαρά αέρια, διότι σε περίπτωση βρώμικων αερίων ή αερίων που μεταφέρουν κολλώδεις ουσίες τα ρυθμιζόμενα πτερύγια έχουν την τάση να κολλάνε.

B. Στατικά τμήματα

Στόμιο εισόδου (inlet nozzle): το οποίο καθοδηγεί και επιταχύνει το αέριο από την φλάντζα εισόδου στην πρώτη φτερωτή με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες τριβών. Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός του έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση της φτερωτής.

Ρυθμιζόμενα πτερύγια εισόδου (inlet guide vanes): Με την χρήση των ρυθμιζόμενων πτερυγίων εισόδου μεταβάλλεται η καμπύλη λειτουργίας του συμπιεστή, όπως δείχνεται στο διάγραμμα στο κεφάλαιο για τις μεθόδους ρύθμισης των συμπιεστών δυναμικού τύπου. Ουσιαστικά τα πτερύγια αλλάζουν τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της πρώτης φτερωτής.

Διαχύτες: (diffusers): οι οποίοι τοποθετούνται μετά τις φτερωτές και επιβραδύνουν το αέριο ώστε να μετατραπεί η κινητική ενέργεια του αερίου σε πίεση. Είναι δυνατόν να φέρουν οδηγία πτερύγια (vaned diffusers) ή όχι (vaneless diffusers). Επίσης τα πτερύγια αυτά είναι δυνατόν να είναι ρυθμιζόμενα. Οι διαχύτες χωρίς πτερύγια είναι απλούστερες και φθηνότερες κατασκευές, ενώ οι διαχύτες με πτερύγια μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του αερίου σε πίεση σε μικρότερο μήκος διαδρομής (οικονομία χώρου) και έχουν καλύτερη απόδοση. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι η απόδοσή τους μειώνεται και δημιουργούν αστάθεια στον συμπιεστή όταν αυτός λειτουργεί σε σημείο μακριά από το σημείο σχεδιασμού.

Συλλέκτης (volute ή collector): όπου γίνεται επί πλέον μείωση της ταχύτητας και αύξηση της πίεσης.

Στόμιο κατάθλιψης (discharge nozzle): το οποίο τοποθετείται αμέσως μετά τον συλλέκτη και συμβάλλει στην επί πλέον μετατροπή της κινητικής ενέργειας του αερίου σε πίεση.

Τύμπανο εξισορρόπησης (Pressure balancing drum): Επειδή στην εμπρός και την πίσω πλευρά μίας φτερωτής ασκείται διαφορετική πίεση, δημιουργείται μία δύναμη που σπρώχνει τον ρότορα προς την είσοδο. Στους πολυβάθμιους συμπιεστές η δύναμη αυτή είναι πολύ μεγάλη και δεν μπορεί να παραληφθεί από τα ωστικά έδρανα.. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται τύμπανα εξισορρόπησης. Αυτά τοποθετούνται μετά το τελευταίο στάδιο και έχουν λαβύρινθους για μείωση της πίεσης. Έτσι από την μία πλευρά του τυμπάνου ασκείται η πίεση κατάθλιψης και από την άλλη η πίεση αναρρόφησης με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία δύναμη που τείνει να σπρώξει το στροφέιο με φορά αντίθετη από την δύναμη που ασκείται στις φτερωτές. Ο κατάλληλος σχεδιασμός του τυμπάνου μπορεί να εξισορροπήσει τελείως αυτές τις δυνάμεις σε τέτοιο βαθμό ώστε τα ωστικά έδρανα να παραλαμβάνουν μόνο τις υπόλοιπες φορτίσεις που δημιουργούνται από την λειτουργία του συμπιεστή.

Συστήματα στεγανότητας

Τα διάφορα συστήματα στεγανότητας έχουν σκοπό τον περιορισμό της διαφυγής του αερίου είτε μεταξύ των γειτονικών σταδίων είτε μεταξύ του συμπιεστή και του περιβάλλοντος.

Οι βασικοί τύποι συστημάτων στεγανότητας είναι οι ακόλουθοι:

- Λαβύρινθοι (Labyrinth seals)
- Δακτύλιοι άνθρακος (Carbon rings)
- Μηχανικές σαλαμάστρες (Mechanical seals)
- Υγρού στρώματος ή κινούμενων δακτυλίων (Liquid film)
- Υγρού στρώματος δυναμικού τύπου (Liquid film with pumping bushing)
- Φραγή στρώματος αερίου (Dry gas seal)

Μεταξύ των σταδίων ενός πολυσταδιακού συμπιεστή χρησιμοποιούνται πάντα λαβύρινθοι, οι οποίοι επιτρέπουν μία μικρή διαρροή αερίου αλλά δεν παρουσιάζουν απώλειες τριβών αφού δεν υπάρχει καμία επαφή μεταξύ κινούμενων μερών.

Για την αποφυγή των διαρροών μεταξύ του συμπιεστή και του περιβάλλοντος, τα περάσματα του άξονα του στροφείου είναι δυνατόν να στεγανοποιηθούν με όλους

τους τύπους συστημάτων στεγανότητας. Από αυτούς οι δύο πρώτοι λειτουργούν στεγνά και χρησιμοποιούνται για χαμηλές πιέσεις και για μη τοξικά και μη εύφλεκτα αέρια όπου μία μικρή διαρροή αερίου προς το περιβάλλον είναι αποδεκτή. Σε όλες τις άλλες εφαρμογές χρησιμοποιούνται οι υπόλοιποι τύποι συστημάτων.

Αναλυτικά:

Λαβύρινθοι (Labyrinth seals):

Χρησιμοποιούνται όπου επιτρέπεται ένα ποσοστό διαρροής αερίου καθώς και ως βοηθητικά συστήματα σε συνδυασμό με ένα άλλο πιο αποτελεσματικό σύστημα στεγανότητας. Η λειτουργία τους βασίζεται στον στραγγαλισμό της πίεσης καθώς το αέριο περνάει μεταξύ των οδοντώσεων. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές λαβυρίνθων όπως η χρήση οδοντώσεων και στον άξονα και στο κέλυφος (που είναι και πιο αποτελεσματική), καθώς και ένας ειδικός τύπος ο λαβύρινθος τύπου κηρύθρας (honeycomb labyrinth seal) ο οποίος αποτελείται από στρώματα ανοξεϊδωτων διάτρητων λαμαρινών που σχηματίζουν εξάγωνα. Το αέριο διερχόμενο μέσα από τα διάκενα μειώνει την πίεση του.

Δακτύλιοι άνθρακος (Carbon rings):

Το σύστημα περιλαμβάνει διαιρούμενους δακτυλίους άνθρακα, των οποίων τα τμήματα συγκρατούνται μεταξύ τους με ειδικά ελατήρια. Οι δακτύλιοι προσαρμόζονται μεταξύ του άξονα και ειδικών διαιρούμενων θέσεων και δεν επιτρέπουν την διαρροή αερίου.

Μηχανικές σαλαμάστρες (Mechanical seals)

Σε ορισμένους συμπιεστές χρησιμοποιούνται μηχανικές σαλαμάστρες ειδικού τύπου, με αρχή λειτουργίας παρόμοια με αυτές που τοποθετούνται στις αντλίες αλλά ειδικά κατασκευασμένες ώστε να λειτουργούν σε υψηλές στροφές και πιέσεις. Επίσης παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι είναι απολύτως στεγανές όταν ο συμπιεστής είναι σε ακινησία.

Υγρού στρώματος ή κινούμενων δακτυλίων (Liquid film)

Πριν από αυτό το σύστημα στεγανότητας υπάρχει λαβύρινθος για να μειώνει την πίεση.

Αποτελείται από δύο δακτυλίους, τον εσωτερικό και τον εξωτερικό. Στον χώρο μεταξύ των δακτυλίων εισάγεται λάδι με πίεση λίγο μεγαλύτερη από την πίεση του αερίου.

Ο εσωτερικός δακτύλιος είναι λίγο κοντύτερος από το εξωτερικό ώστε να επιτρέπει μέσω των ανοχών του μία μικρή διαρροή λαδιού. Το λάδι συγκεντρώνεται μαζί με το αέριο που έχει παρασύρει σε μία παγίδα όπου γίνεται διαχωρισμός. Το λάδι στην συνέχεια χρησιμοποιείται όπως είναι ή καθαρίζεται ή πετιέται ανάλογα με την εφαρμογή. Η μεγαλύτερη ποσότητα περνάει από τον εξωτερικό δακτύλιο και επαναχρησιμοποιείται. Το όλο σύστημα στεγανοποιείται στο κέλυφος με O-rings.

Υγρού στρώματος δυναμικού τύπου (Liquid film with pumping bushing)

Είναι παρόμοιο με το προηγούμενο σύστημα με την μόνη διαφορά ότι ο εσωτερικός δακτύλιος είναι ειδικά κατασκευασμένος ώστε να ενεργεί ως φτερωτή αντλία και πιέζει το λάδι προς το αέριο. Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται περισσότερο οι διαρροές.

Φραγή στρώματος αερίου (Dry gas seal)

Η τεχνολογία της φραγής στρώματος αερίου βασίζεται στις αεροστατικές και αεροδυναμικές δυνάμεις που αναπτύσσονται σε ένα στρώμα αερίου όταν αυτό υποχρεώνεται να διέλθει μέσα από τα ειδικά διαμορφωμένα αυλάκια των επιφανειών φραγής. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την κίνηση του αερίου μέσα από τα ειδικά διαμορφωμένα αυλάκια κρατούν τις επιφάνειες σε μικρή απόσταση ώστε να μην έρχονται σε επαφή, ενώ συγχρόνως το αέριο παγιδεύεται στα αυλάκια και δεν μπορεί να διαρρεύσει προς το περιβάλλον. Με προσεκτικό σχεδιασμό τα πρόσωπα των επιφανειών, λόγω αυτών των δυνάμεων, διατηρούνται σε απόσταση 1 -2 μm (χιλιοστά του χιλιοστού).

Χρησιμοποιείται σε καθαρά αέρια (χωρίς παρασυρμούς) ακόμη και εάν είναι εύφλεκτα ή τοξικά σε θερμοκρασίες μέχρι 200 C. Για ψύξη και καθαρισμό των επιφανειών ένα τμήμα του αερίου οδηγείται από την κατάθλιψη του συμπιεστή στην φραγή αφού πρώτα περάσει από ένα ειδικό φίλτρο (2 μm). Ένας ανεμιστήρας εξασφαλίζει την παροχή καθαρού αέρα στην πίσω πλευρά της φραγής, αραιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την πιθανή συγκέντρωση του αερίου της διεργασίας κάτω από το όριο που το αέριο μπορεί να γίνει εκρηκτικό. Συχνά τοποθετείται και δεύτερη φραγή για λόγους ασφαλείας, με πιθανή χρήση αδρανούς αερίου ανάμεσα στις δύο φραγές. Το όλο σύστημα συνδυάζεται με χρήση λαβυρίθων.

Έδρανα (Bearings)

Με τα έδρανα επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα. Χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι εδράνων, τα ακτινικά και τα αξονικά (ωστικά) έδρανα. Τα έδρανα που παραλαμβάνουν ακτινικά φορτία (στην διεύθυνση της ακτίνας του άξονα) λέγονται ακτινικά, ενώ αυτά που παραλαμβάνουν αξονικά φορτία (στην διεύθυνση του άξονα) λέγονται αξονικά ή ωστικά.

Αναλυτική περιγραφή όλων των τύπων γίνεται στο ειδικό κεφάλαιο περί εδράνων.

ΤΥΠΟΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

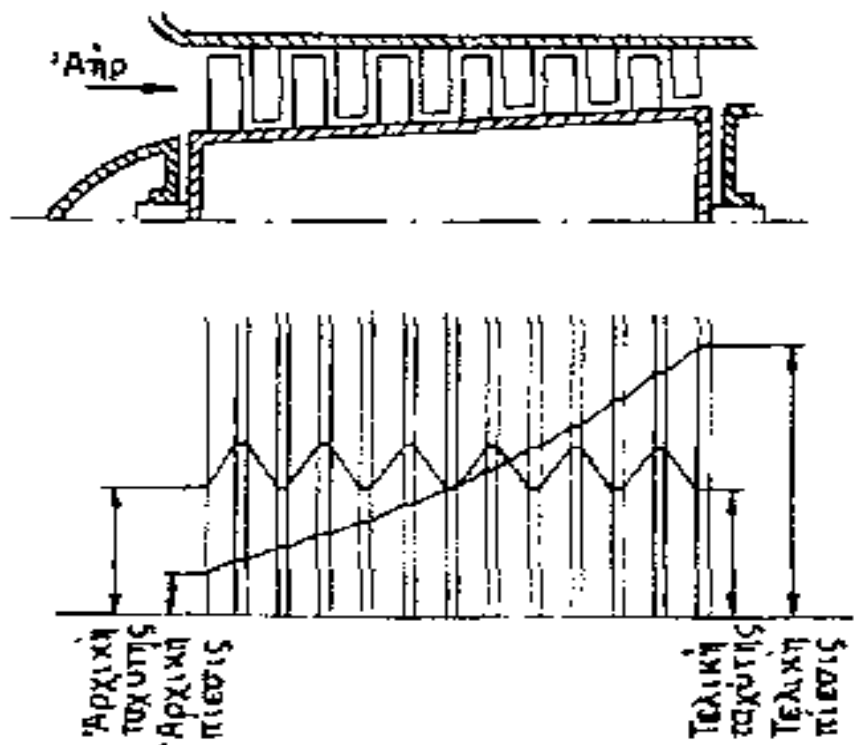
Ανάλογα με την εφαρμογή και την πίεση λειτουργίας οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές μπορεί να έχουν κέλυφος το οποίο ανοίγει ως προς το οριζόντιο επίπεδο (horizontally split) ή ως προς το κάθετο επίπεδο (vertically split). Οι πρώτοι είναι οι πιο συνηθισμένοι. Οι δεύτεροι χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μεγάλων πιέσεων.

3.2.1.2 Αξονικοί συμπιεστές

Axial compressor, type AV 100-16, during erection. Two identical steam-turbine-driven machines are supplying: air to the blast furnace of a British steel works. Suction volume $560,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, discharge pressure 6.2 bar, power input 52,000 kW each. (Source: Sulzer-Burckhardt.)

Οι αξονικοί συμπιεστές (axial compressors) αποτελούνται από μία σειρά σταδίων που το κάθε ένα περιλαμβάνει κινητά και ακίνητα πτερύγια. Η ροή του αερίου είναι παράλληλη προς τον άξονα. Τα κινητά πτερύγια προσδίδουν κινητική ενέργεια και στατική πίεση (σχήμα 3.14). Τα ακίνητα πτερύγια (δρώντας ως επιβραδυντές) μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε πίεση και συγχρόνως καθοδηγούν το αέριο με την κατάλληλη γωνία στην επόμενη κινητή βαθμίδα. Πέραν αυτών υπάρχει και μία σειρά οδηγητικών πτερυγίων στην αρχή, όπως στους φυγοκεντρικούς συμπιεστές.

Οι αξονικοί συμπιεστές έχουν καλύτερη θερμοδυναμική απόδοση από τους φυγοκεντρικούς, απαιτούν λιγότερη συντήρηση, μικρότερες βάσεις στήριξης και δεν δημιουργούν ταλαντώσεις. Είναι κατάλληλοι όμως μόνο για μεγάλες παροχές αερίου. Επίσης παράγουν πολύ θόρυβο κατά την λειτουργία τους λόγω των πολύ υψηλών στροφών και των πολλών σταδίων.



Σχήμα 3.14: Αξονικός συμπιεστής (Σ.Κοκκώνης,2005)

Χρησιμοποιούνται μόνο για αέρα ή καθαρά αέρια που δεν είναι διαβρωτικά, διότι είναι λιγότερο ανθεκτικοί στην διάβρωση και στις επικαθίσεις από τους φυγοκεντρικούς. Επίσης χρησιμοποιούνται στο τμήμα συμπίεσης των αεριοστρόβιλων. Σε ειδικές εφαρμογές λειτουργούν μαζί με φυγοκεντρικούς.

Ρύθμιση ροής

Η *απότομη* κλίση της καμπύλης του αξονικού συμπιεστή, είναι κύριο χαρακτηριστικό του αξονικού *συμπιεστή*, ότι δηλαδή παρουσιάζονται πολύ μεγάλες μεταβολές στην πίεση, κατάθλιψης για μικρές αλλαγές στην παροχή. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι μπορούμε εύκολα να προσαρμόσουμε την πίεση κατάθλιψης, σε δεδομένο σύστημα (με μικρές αλλαγές στην παροχή). Το μειονέκτημα είναι το μικρό εύρος των παροχών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο συμπιεστής. Άλλο σημείο που θέλει ιδιαίτερη προσοχή είναι ότι το σημείο *sure* είναι πολύ κοντά στο σημείο λειτουργίας. Όταν όμως οι απαιτούμενες διακυμάνσεις στην παρούσα είναι εντός του εύρους λειτουργίας, η ρύθμιση γίνεται με τους κάτωθι τρόπους:

- με μεταβολή των στροφών,
- με ρυθμιζόμενα πτερύγια εισόδου, όπως *στους* φυγοκεντρικούς,
- με ρυθμιζόμενα πτερύγια του στάτορα.

Συστήματα στεγανότητας

Τα συστήματα στεγανότητας έχουν σκοπό τον περιορισμό ή την αποφυγή του αερίου μεταξύ του συμπιεστή και του περιβάλλοντος. Επειδή οι αξονικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται κυρίως για την συμπίεση αέρα, όπου μια μικρή διαρροή προς το περιβάλλον δεν αποτελεί πρόβλημα, συνήθως η επιθυμητή στεγανότητα επιτυγχάνεται με λαβύρινθους. Σε περίπτωση ειδικών εφαρμογών όπου η διαδικασία απαιτεί την συμπίεση άλλου αερίου χρησιμοποιούνται και οι υπόλοιποι τύποι συστημάτων που αναφέρθηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο για τους φυγοκεντρικούς συμπιεστές.

Έδρανα (Bearings)

Με τα έδρανα επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα. Χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι εδράνων, τα ακτινικά και τα αξονικά (ωστικά) έδρανα.

Τα έδρανα που παραλαμβάνουν ακτινικά φορτία (στην διεύθυνση της *ακτίνας του* άξονα) λέγονται ακτινικά, ενώ αυτά που παραλαμβάνουν αξονικά φορτία (στην διεύθυνση του άξονα) λέγονται αξονικά ή ωστικά

Επειδή οι αξονικοί συμπιεστές είναι συνήθους μεγάλου μεγέθους και περιστρέφονται σε υψηλούς αριθμούς στροφών, χρησιμοποιούνται έδρανα με πλινθία και ως ακτινικά και ως αξονικά, τα οποία λιπαίνονται με εξαναγκασμένη κυκλοφορία λαδιού (δηλαδή το λάδι κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα με αντλία λίπανσης).

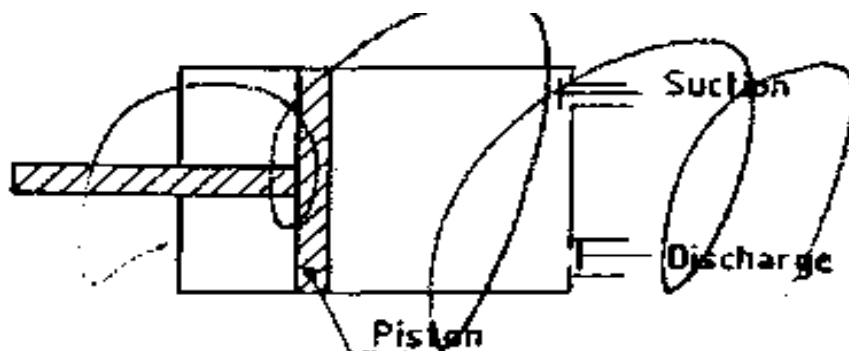
3.2.2 ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

Οι συμπιεστές εκτόπισης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος κίνησης των κινούμενων μερών, τους παλινδρομικούς και τους περιστροφικούς.

3.2.2.1 Παλινδρομικοί συμπιεστές

Οι παλινδρομικοί συμπιεστές (reciprocating compressors) αυξάνουν την πίεση του αερίου απομονώνοντας το και συμπιέζοντάς το σε έναν κύλινδρο. Η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει συμπίεση μόνο κατά την προς τα εμπρός κίνηση του εμβόλου και αναρρόφηση κατά την αντίθετη κίνηση (απλής ενέργειας κύλινδρος) ή αναρρόφηση και συμπίεση σε κάθε κίνηση του εμβόλου για βελτίωση της απόδοσης (διπλής ενέργειας κύλινδρος). Οι συμπιεστές με κύλινδρο απλής ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές μέχρι 50 HP. Σε μεγαλύτερες ιπποδυνάμεις οι συμπιεστές είναι διπλής ενέργειας.

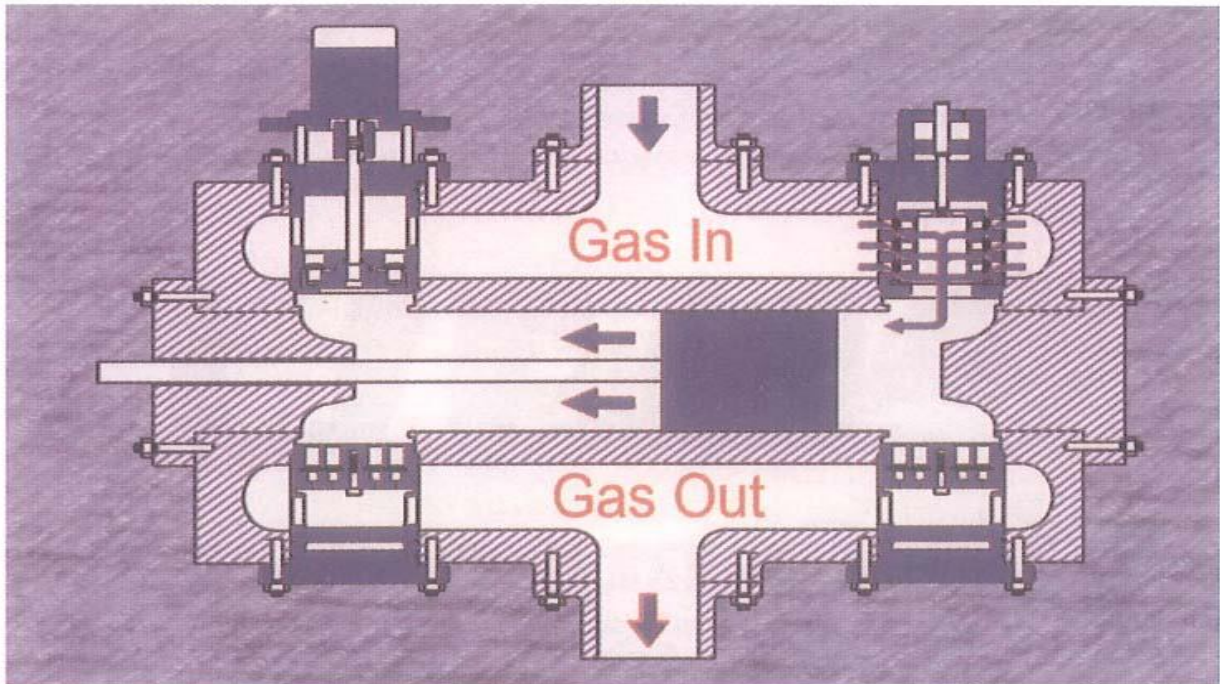
Το έμβολο κινείται μέσα σε έναν κύλινδρο δημιουργώντας την απαιτούμενη αύξηση της πίεσης. Η ροή του ρευστού γίνεται μέσω βαλβίδων. Όταν το έμβολο είναι στην φάση αναρρόφησης ανοίγει η βαλβίδα αναρρόφησης (suction valve) και κλείνει η βαλβίδα κατάθλιψης (discharge valve). Όταν το έμβολο είναι στην φάση κατάθλιψης οι βαλβίδες λειτουργούν αντίστροφα (σχήμα 3.15). Η κινητήριος δύναμη της κίνησης των βαλβίδων είναι η πίεση (δεν υπάρχει εκκεντροφόρος άξονας όπως στις μηχανές εσωτερικής καύσης).



Operating principle of reciprocating compressors.

Σχήμα 3.15: Λειτουργία Παλινδρομικού Συμπιεστή (www.grundfos.com)

Οι παλινδρομικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτείται υψηλή πίεση και μικρή σχετικά παροχή. Κατασκευάζονται για λειτουργία σε πιέσεις έως 2.000 bar, με ισχύ που κυμαίνεται από μερικά KW έως 10.000 KW (Έχουν κατασκευασθεί και ορισμένοι συμπιεστές μεγαλύτερης ισχύος). Έχουν πολύ καλή απόδοση και είναι εύκολη η προσαρμογή τους στην εγκατάσταση. Όμως απαιτούν μεγάλες βάσεις θεμελίωσης λόγω του μεγάλου βάρους τους και των ταλαντώσεων που παράγουν κατά την λειτουργία τους. Επίσης απαιτούν συνεχή συντήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό.



Σχήμα 3.16: Συμπιεστής Διπλής Ενέργειας (www.airblock.gr)

Το ανωτέρω σχήμα (Σχήμα 3.16) δείχνει την αρχή λειτουργίας ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας (double action cylinder), όπου έχουμε αναρρόφηση και συμπίεση σε κάθε κίνηση του εμβόλου για βελτίωση της απόδοσης.

Υπάρχουν δύο βαλβίδες αναρρόφησης και δύο βαλβίδες κατάθλιψης. Αυτές ενεργοποιούνται εναλλάξ ανάλογα με την κίνηση του εμβόλου, ώστε το έμβολο να παράγει ωφέλιμο έργο σε κάθε διαδρομή του.

Η απόδοση του παλινδρομικού συμπιεστή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις απώλειες μέσω των βαλβίδων όταν είναι κλειστές και από την πτώση πίεσης που προκαλείται κατά την ροή του αερίου από τις βαλβίδες όταν είναι ανοικτές. Συνεπώς ο σχεδιασμός και η ποιότητα κατασκευής των βαλβίδων έχουν άμεση επίδραση στην λειτουργία του συμπιεστή. Αυτές οι απώλειες εξαρτώνται επίσης από την πυκνότητα του αερίου και από την ταχύτητα κίνησης των βαλβίδων.

Κατά την φάση της συμπίεσης ένα μικρό μέρος του αερίου διαφεύγει συνεχώς από τα δακτυλίδια στεγανοποίησης των πιστονιών και από τις κλειστές βαλβίδες αναρρόφησης. Επίσης μικρή διαρροή αερίου παρουσιάζεται και στις κλειστές

βαλβίδες κατάθλιψης με συνέπεια την επιστροφή μικρού μέρους του αερίου πίσω στον κύλινδρο. Όπως είναι αυτονόητο αυτές οι διαρροές εξαρτώνται από τον τύπο του συμπιεστή είναι μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση συμπίεσης. Οι μη λιπαινόμενοι συμπιεστές έχουν μεγαλύτερες απώλειες από τους λιπαινόμενους, διότι το λάδι στεγανοποιεί τις επιφάνειες που εφάπτονται στις περισσότερες περιπτώσεις.

Οι παλινδρομικοί συμπιεστές μεγάλης ισχύος λιπαίνονται με λάδι. Οι συμπιεστές μικρότερης ισχύος μπορεί να λιπαίνονται, αλλά μπορεί και να μην λιπαίνονται όταν δεν είναι επιθυμητή η παρουσία λαδιού στο αέριο.

Η λίπανση είναι ιδιαίτερα σημαντική και για την λειτουργία και για την μηχανική αξιοπιστία του συμπιεστή για τους ακόλουθους λόγους:

- αποφεύγεται η μηχανική επαφή μεταξύ των τριβόμενων επιφανιών αφού μεταξύ τους παρεμβάλλεται ένα ιδιαίτερα λεπτό στρώμα λαδιού (oil film)
- στεγανοποιεί ως ένα βαθμό τις λιπαινόμενες επιφάνειες
- προστατεύει από την διάβρωση
- ψύχει τις λιπαινόμενες επιφάνειες

Συνήθως γίνεται με δύο ανεξάρτητα συστήματα:

Λίπανση των εδράνων με κυκλοφορία λαδιού υπό πίεση από γранаζωτή αντλία. Το λάδι λιπαίνει και ψύχει τις επιφάνειες επαφής. Στην συνέχεια επιστρέφει συνήθως με βαρύτητα και συλλέγεται σε μία ελαιολεκάνη από την οποία αναρροφά η αντλία λίπανσης.

Λίπανση του κυλίνδρου μέσω ειδικών σημείων λίπανσης με κυκλοφορία λαδιού υπό πίεση από παλινδρομική αντλία υψηλής πίεσης.

Στους παλινδρομικούς συμπιεστές η πίεση στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη δεν είναι ομαλή αλλά παρουσιάζει διακυμάνσεις που οφείλονται στην παλινδρομική κίνηση των κινούμενων μερών. Αυτό είναι δυνατόν να προκαλέσει μεγάλες ταλαντώσεις στις σωληνώσεις οι οποίες μπορεί να γίνουν επικίνδυνες για τα κυκλώματα. Επίσης οι διακυμάνσεις στην πίεση είναι δυνατόν να επηρεάσουν την λειτουργία των βαλβίδων. Για τον λόγο αυτό τοποθετούνται αποσβεστήρες των διακυμάνσεων της πίεσης (Pulsation Bottles).

Οι παλινδρομικοί συμπιεστές μπορεί να είναι οριζόντιοι ή κάθετοι. Οι μεγάλοι συμπιεστές που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία είναι συνήθως οριζόντιοι με τους κυλίνδρους διατεταγμένους αντίθετα (balanced opposed horizontal), ώστε τα φορτία να κατανέμονται ομοιόμορφα. Στο επόμενο σχέδιο φαίνεται η τομή ενός συμπιεστή με δύο κυλίνδρους διατεταγμένους αντίθετα:

Ο παλινδρομικός συμπιεστής αποτελείται ουσιαστικά από το πλαίσιο με το οποίο συνδέεται η κινητήρια μηχανή και από όλα τα απαραίτητα βοηθητικά μέρη

όπως οι ενδιάμεσοι ψύκτες, οι αποσβεστήρες των διακυμάνσεων της πίεσης, τα συστήματα ψύξης και λίπανσης κλπ.

Στο πλαίσιο προσαρμόζονται τα δύο βασικά μέρη του συμπιεστή, το σύστημα κίνησης και το σύστημα συμπίεσης.

Το σύστημα κίνησης αποτελείται από τον στροφαλοφόρο, τον διωστήρα, τον σταυρό και τον σφόνδυλο. Η κίνηση γίνεται πάντα μέσω του σταυρού και του βάρου ώστε να είναι εύκολη η στεγανοποίησή του.

Το σύστημα συμπίεσης αποτελείται από τον κύλινδρο, το έμβολο, το βάκτρο και τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης.

Οι συμπιεστές μπορεί να είναι μονοβάθμιοι ή πολυβάθμιοι. Συνηθισμένη τιμή λόγου συμπίεσης ανά βαθμίδα είναι περίπου 4 στους μεγάλους συμπιεστές, στους μικρούς όμως μπορεί να φθάσει ή και να ξεπεράσει το 8.

Σύστημα συμπίεσης

Κύλινδροι

Οι κύλινδροι κατασκευάζονται κυρίως από χυτοσίδηρο και φέρουν εσωτερικά χιτώνιο πάνω στο οποίο κινείται το έμβολο. Το χιτώνιο όταν φθείρεται αλλάζεται και με τον τρόπο αυτόν δεν αντικαθίσταται ο κύλινδρος που είναι πολύ πιο ακριβός. Τα χιτώνια κατασκευάζονται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας από χυτοσίδηρο, ορείχαλκο, ανοξείδωτο ατσάλι, αλουμίνιο ή ειδικά κράματα.

Οι κύλινδροι ψύχονται με αέρα (αερόψυκτοι) ή με νερό (υδρόψυκτοι) το οποίο κυκλοφορεί σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους στο σώμα τους.

Οι μεγάλης ισχύος παλινδρομικοί συμπιεστές ψύχονται με νερό. Το νερό δεν πρέπει να είναι πολύ κρύο, αλλά πρέπει να έχει μία θερμοκρασία περίπου στους 40 C, ώστε να μην κρυώνει πολύ το λάδι του συμπιεστή διότι μειώνεται η λιπαντική ικανότητά του.

Έμβολα - ελατήρια - βάρτρα

Το έμβολο συνήθως αποτελείται από το βάκτρο (rod) επί του οποίου προσαρμόζεται το πιστόνι (piston), αλλά μπορεί να έχει την μορφή ενός άξονα με διαμορφωμένο το πιστόνι ώστε να αποτελούν *ενιαίο σώμα*. Τα έμβολα κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο για μικρές πιέσεις, από χυτοσίδηρο για μέσες και από χάλυβες υψηλής αντοχής για μεγάλες πιέσεις, και μπορεί να είναι απλής ή διπλής ενέργειας ανάλογα με το αν συμπιέζουν μόνο από την μία πλευρά ή και από τις δύο πλευρές.

Τα έμβολα στεγανοποιούνταν με δακτυλίδια συμπίεσης (compression rings), δακτυλίδια λίπανσης (oil rings) και δακτυλίδια κίνησης (rider rings). Τα δακτυλίδια συμπίεσης χρησιμοποιούνται πάντα. Τα δακτυλίδια λίπανσης χρησιμοποιούνται μόνο στους λιπαινόμενους συμπιεστές ενώ τα δακτυλίδια κίνησης εφαρμόζονται στους

συμπιεστές που δεν λιπαίνονται για να εμποδίζουν την επαφή του πιστονιού με τα τοιχώματα του κυλίνδρου.

Οι δακτύλιοι στεγανότητας του εμβόλου είναι συνήθως χυτοσίδηροι αλλά μπορεί ανάλογα με την λειτουργία να είναι από ειδικό κράμα ορείχαλκου ή από συνθετικά υλικά. Σε συμπιεστές που δεν λιπαίνονται οι δακτύλιοι είναι από άνθρακα ή teflon που παρουσιάζει καλή αντοχή σε τριβή χωρίς λίπανση.

Για να μην παρουσιάζεται διαρροή αερίου από το βάκτρο στο σημείο εξαγωγής του από τον κύλινδρο, υπάρχει σύστημα στεγανότητας από διαιρούμενα δακτυλίδια που συγκρατούνται με ελατήρια. Το υλικό των δακτυλίων εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας και κυρίως από το εάν λιπαίνεται ο κύλινδρος ή όχι. Συνήθως είναι από teflon ή ειδικό μέταλλο. Το σύστημα στεγανότητας φέρει και ένα ή περισσότερα δακτυλίδια σε μορφή ξύστρας για να μην επιτρέπει στο λάδι να εισέρχεται στο κύλινδρο μέσω του βάκτρου. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει και σύστημα στεγανότητας με απλές σαλαμάστρες. Στους συμπιεστές διπλής ενέργειας το σύστημα στεγανότητας του βάκτρου καταπονείται ιδιαίτερα και μάλιστα περισσότερο από το σύστημα στεγανότητας του πιστονιού, διότι το δεύτερο καταπονείται ανάλογα με την σχέση συμπίεσης ενώ το σύστημα στεγανότητας του βάκτρου καταπονείται από την διαφορά της πίεσης κατάθλιψης και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Στα δυο συστήματα συνήθως χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά.

Τα βάκτρα κατασκευάζονται από σφυρήλατο χάλυβα και σκληρώνονται επιφανειακά (συνήθως με θερμική κατεργασία) στα σημεία που ενεργούν οι δακτύλιοι στεγανότητας.

Βαλβίδες

Οι βαλβίδες είναι δύο ειδών ανάλογα με την λειτουργία τους, οι βαλβίδες αναρρόφησης και οι βαλβίδες κατάθλιψης. Οι βαλβίδες αναρρόφησης επιτρέπουν την εισαγωγή του αερίου και κλείνουν κατά την συμπίεση, ενώ βαλβίδες κατάθλιψης είναι κλειστές κατά την εισαγωγή του αερίου και ανοίγουν όταν πρέπει να διοχετευθεί το αέριο με την υψηλή πίεση στο κύκλωμα. Όλες οι βαλβίδες ενεργοποιούνται με τις μεταβολές της πίεσης και συνεπώς δεν χρησιμοποιείται εκκεντροφόρος άξονας όπως στις μηχανές εσωτερικής καύσης.

Ο πλέον συνηθισμένος τύπος είναι οι βαλβίδες πολλαπλών δίσκων. Η έδρα της βαλβίδας αυτού του τύπου έχει πολλές κυκλικές διόδους που μένουν κλειστές από την δύναμη ελατηρίων. Το πολύ στενό εύρος των δίσκων και τα ελαφρά ελατήρια ελαχιστοποιούν την πτώση πίεσης και συμβάλλουν στην βελτίωση του βαθμού απόδοσης του συμπιεστή.

Τα πιο ευαίσθητα σημεία των βαλβίδων είναι τα ελατήρια λόγω των πολλών κινήσεων που κάνουν και οι δίσκοι λόγω της μη ομοιόμορφης επαφής τους με την έδρα κατά το κλείσιμο της βαλβίδας. Η φθορά επιταχύνεται με την παρουσία υγρού και σωματιδίων (παρασυρμών) στο αέριο.

Σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας οι δίσκοι είναι μεταλλικοί. Σε χαμηλές θερμοκρασίες οι δίσκοι μπορεί να είναι μεταλλικοί ή από ενισχυμένο teflon ή ειδικά συνθετικά υλικά.

Οι βαλβίδες είναι εύθραυστες με συνήθη διάρκεια ζωής 3.000-5.000 ώρες λειτουργίας, αλλά υπό δυσμενείς συνθήκες η λειτουργία τους μπορεί να μειωθεί

περισσότερο. Υπό ιδανικές συνθήκες και όταν λειτουργούν με καθαρό αέριο η διάρκεια ζωής τους μπορεί να φθάσει τις 30.000 ώρες.

Οι διαστάσεις των βαλβίδων επιλέγονται με προσοχή ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι απώλειες ροής και υπολογίζονται με ακρίβεια ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να σπάσουν σε οποιαδήποτε ταχύτητα λειτουργίας του συμπιεστή. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στα χαρακτηριστικά των βαλβίδων ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα συντονισμού λόγω των ταλαντώσεων που προκύπτουν κατά την λειτουργία.

Οι βαλβίδες δεν πρέπει να λειτουργούν ποτέ παρουσία υγρού διότι προκαλείται διάβρωση και επί πλέον είναι πιθανή η καταστροφή τους λόγω της πίεσης που θα αναπτυχθεί στο υγρό κατά την φάση της συμπίεσης. Για τον λόγο αυτό πρέπει να γίνεται διαχωρισμός υγρού και αερίου μεταξύ των σταδίων μετά την ψύξη.

Οι βαλβίδες πρέπει να καθαρίζονται τακτικά, διότι οι επικαθίσεις που σχηματίζονται σε αυτές αλλάζουν τα χαρακτηριστικά της κίνησής τους, προκαλούν διαρροές και λόγω των τοπικών υψηλών θερμοκρασιών που προκαλούν μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή των βαλβίδων.

Σύστημα κίνησης

Στροφαλοφόρος άξονας(crankshaft)

Η κίνηση μεταδίδεται από την κινητήρια μηχανή στους κυλίνδρους μέσω του στροφαλοφόρου άξονα και των διωστήρων. Ο άξονας εδράζεται με έδρανο ολίσθησης (κουζινέτα), τα οποία λιπαίνονται με ειδικό , σύστημα λίπανσης. Οι διωστήρες επίσης εδράζονται επί του άξονα με ειδικά κουζινέτα. Το λάδι κυκλοφορεί και λιπαίνει τα έδρανα μέσα από ειδικά διαμορφωμένες οπές. | Στους παλινδρομικούς συμπιεστές με αντίθετα διατεταγμένους κυλίνδρους, ο στροφαλοφόρος άξονας τοποθετείται στο κέντρο και δίνει κίνηση και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Για την εξομάλυνση της λειτουργίας του στροφαλοφόρου λόγω των έντονων ταλαντώσεων που δημιουργούνται, τοποθετείται στο άκρο του ένας μεγάλος μεταλλικός δίσκος, ο σφόνδυλος. Η μεγάλη αδράνεια του σφονδύλου που προκύπτει λόγω της μεγάλης μάζας του εξομαλύνει την λειτουργία του άξονα (διότι ένα σώμα με μεγάλη αδράνεια αργεί πολύ να μεταβάλει την ταχύτητά του και με τον τρόπο αυτό απορροφά τις συνεχόμενες μεταβολές ταχύτητας του στροφαλοφόρου).

Σταυρός (Crosshead)

Η κίνηση από τους διωστήρες στα έμβολα μεταδίδεται από τους σταυρούς. Αυτά τα έντονα καταπονούμενα μέρη του συμπιεστή αναλαμβάνουν την μετατροπή

της σύνθετης κίνησης των διωστήρων σε ομαλή γραμμική κίνηση που απαιτούν τα έμβολα.

Οι σταυροί κινούνται μέσα σε ειδικά χιτώνια και για την ομαλή ολίσθησή τους επί των χιτωνίων φέρουν ειδικά διαμορφωμένα πέλματα, τα οποία λιπαίνονται με λάδι.

Επιτρεπόμενες δυνάμεις Εμβόλων

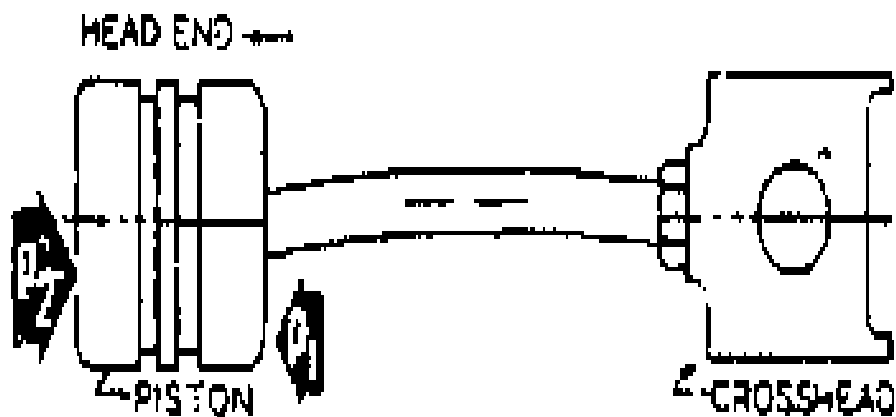
Οι κατασκευαστές παλινδρομικών συμπιεστών έχουν τυποποιημένα πλαίσια, που το κάθε ένα έχει σαφείς περιορισμούς σε ταχύτητα και φορτία λειτουργίας. Οι προδιαγραφές για επιτρεπόμενα φορτία λειτουργίας λαμβάνουν υπόψη τους περιορισμούς σε ισχύ και επιτρεπόμενες δυνάμεις (frame load) που αναπτύσσονται κατά την λειτουργία

Οι περιορισμοί σε ιπποδύναμη καθορίζονται από την ικανότητα του στροφαλοφόρου να αντέξει τις δημιουργούμενες τάσεις και από την ικανότητα των εδράνων να αντέξουν τα δυναμικά και θερμικά φορτία.

Οι περιορισμοί σε επιτρεπόμενες δυνάμεις καθορίζονται από τις τάσεις (φορτίσεις) που αναπτύσσονται στο πλαίσιο, τα βάκτρα, τους διωστήρες και τα υπόλοιπα καταπονούμενα μέρη. Οι τάσεις αυτές θα πρέπει να είναι μικρότερες από τα επιτρεπόμενα όρια.

Είναι πολύ σημαντικό οι χειριστές και οι τεχνίτες να καταλάβουν τα φορτία που ασκούνται στα βάκτρα, διότι οι μεγαλύτερες ζημιές που έχουν συμβεί σε παλινδρομικούς συμπιεστές (σπασμένα βάκτρα, κατεστραμμένοι σταυροί, θραύσεις σε πλαίσια κλπ), οφείλονται σε υπερβολικές καταπονήσεις των βάκτρων, οι οποίες μπορούν να συμβούν σε λίγες μόνο περιστροφές μετά την εμφάνιση του προβλήματος.

Ως παράδειγμα εξετάζουμε την περίπτωση ενός κυλίνδρου διπλής δράσης. Καθώς το έμβολο κινείται προς το άκρο του κυλίνδρου, η δύναμη P2 που προκύπτει από την πίεση κατάθλιψης τείνει να συμπιέσει (να λυγίσει το βάκτρο). Την ίδια στιγμή το αέριο που εισέρχεται στην πίσω πλευρά του εμβόλου λόγω της αναρρόφησης ασκεί μία δύναμη P1 αντίθετης φοράς με την προηγούμενη", αλλά επειδή η πίεση κατάθλιψης είναι μεγαλύτερη, το βάκτρο καταπονείται σε θλίψη (συμπίεση)(σχήμα 3.17). Όπως είναι φανερό εάν η πίεση αναρρόφησης ελαττωθεί ή η πίεση κατάθλιψης αυξηθεί η καταπόνηση του βάκτρου αυξάνεται (η θλιπτική τάση αυξάνεται). Συνεπώς εάν ο χειριστής κατά την διάρκεια του ξεκινήματος ή του σταματήματος ή κατά την διάρκεια της λειτουργίας αφήσει την πίεση αναρρόφησης ή την πίεση κατάθλιψης να κυμανθούν πολύ έξω από τα προβλεπόμενα όρια είναι πιθανόν οι θλιπτικές καταπονήσεις του βάκτρου να υπερβούν τα επιτρεπόμενα όρια και να οδηγήσουν σε καταστροφή του συμπιεστή.



Σχήμα 3.17: Κύλινδρος διπλής δράσης (Π.Νικολού και άλλοι,2005)

Αντίστροφα καθώς το έμβολο επιστρέφει, η λειτουργία του αντιστρέφεται και υπερισχύει πάλι η δύναμη λόγω της πίεσης κατάθλιψης P2, με αποτέλεσμα την καταπόνηση του βάρου σε εφελκυσμό (τράβηγμα). Στην περίπτωση αυτή οι εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή του συμπιεστή εάν υπερβούν το επιτρεπόμενο όριο(σχήμα 3.18). Αυτό μπορεί να συμβεί εάν και πάλι η πίεση αναρρόφησης ελαττωθεί ή η πίεση κατάθλιψης αυξηθεί πολύ έξω από τα προβλεπόμενα όρια.



Reciprocating compressor piston-rod-crosshead (in tension)

Σχήμα 3.18: Κύλινδρος διπλής δράσης (Π.Νικολού και άλλοι,2005)

Αν και τα βάρτα συνήθως αντέχουν μεγάλες καταπονήσεις, αυτές μεταδίδονται στα υπόλοιπα κινούμενα τμήματα με πιθανή συνέπεια την καταστροφή τους. εάν υπερβούν τα επιτρεπόμενα όρια για το κάθε επιμέρους τμήμα.

3.2.2.2 Περιστροφικοί συμπιεστές

Οι περιστροφικοί συμπιεστές (rotary compressors) συμπιέζουν το αέριο ως αποτέλεσμα της περιστροφικής κίνησης των κινούμενων μερών. Ανάλογα με το είδος των περιστρεφόμενων μερών χωρίζονται στους κοχλιωτούς (screw compressors) και τους συμπιεστές με λοβούς (lobe compressors).

A) Κοχλιωτοί συμπιεστές

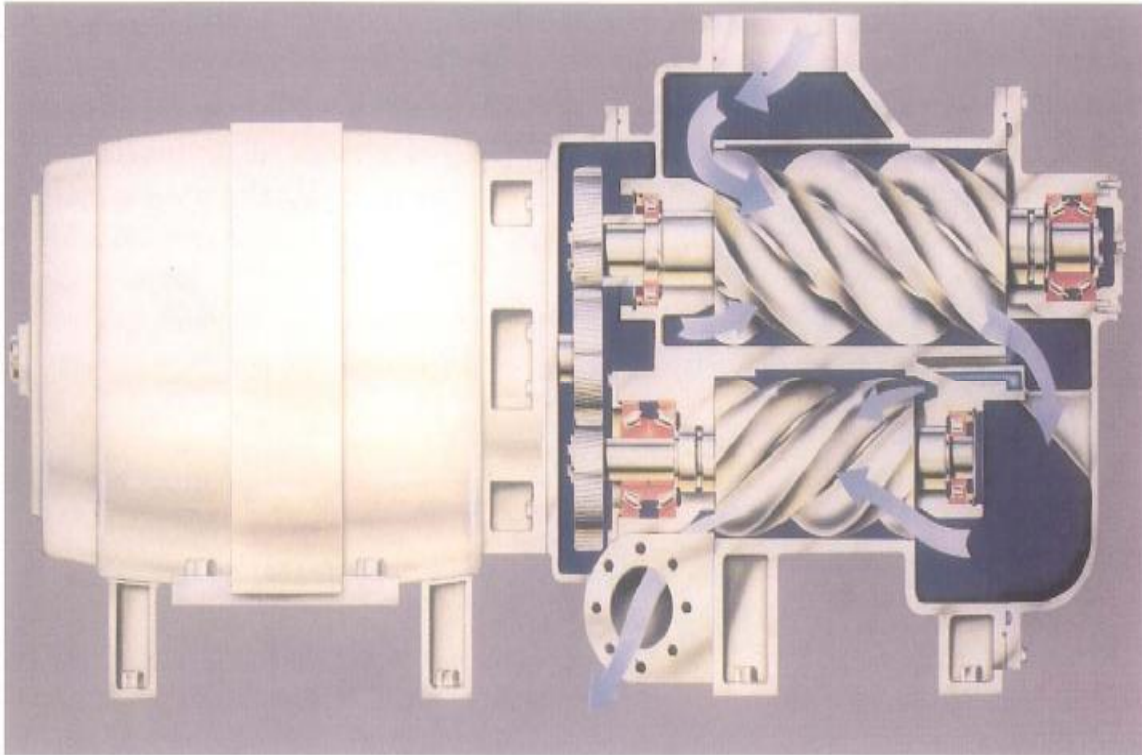
Οι κοχλιωτοί συμπιεστές είναι οι περιστροφικοί συμπιεστές οι οποίοι προσδίδουν ενέργεια στο αέριο αναρροφώντας, συμπιέζοντας και εκτοπίζοντάς το με την περιστροφή ατέρμονων κοχλιών. Δηλαδή το αέριο προωθείται διερχόμενο ανάμεσα από τις σπείρες των κοχλιών (σχήμα 3.19).

Είναι κατάλληλοι για ροές αερίου από 200 έως 20.000 m³/h και πίεση κατάθλιψης 3 bar σε ένα στάδιο συμπίεσης. Όταν λειτουργούν σε δύο στάδια μπορούν να φθάσουν μέχρι 12"bar. Έχουν κατασκευασθεί συστοιχίες κοχλιωτών συμπιεστών που αποδίδουν τελική πίεση 40 bar σε 4 στάδια. Τα όρια αυτά αυξάνονται όταν λειτουργούν ως επανασυμπιεστές. Δουλεύουν σε πολύ υψηλές στροφές, που σε μικρού μεγέθους συμπιεστές μπορεί να φθάσουν τις 20.000 RPM.

Έχουν πολύ υψηλή απόδοση, παρόμοια με αυτήν των φυγοκεντρικών και αξονικών συμπιεστών, αμελητέα κατανάλωση λαδιού και μικρό σχετικά κόστος συντήρησης. Είναι όμως πολύ θορυβώδεις κατά την λειτουργία τους, ευαίσθητοι στην σκόνη και χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή διότι λόγω των πολύ μικρών ανοχών μεταξύ των κοχλιών μπορεί να κολλήσουν και να υποστούν μεγάλη ζημιά. Για τον λόγο αυτό οι κοχλίες λιπαίνονται με εσωτερική κυκλοφορία λαδιού. Ίχνη λαδιού είναι δυνατόν να παραμείνουν στο αέριο και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην εφαρμογή.

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές είναι σχεδιασμένοι να λειτουργήσουν με στεγνό και καθαρό αέριο και για τον λόγο αυτό η παρουσία συμπυκνωμάτων και σωματιδίων αποτελεί πρόβλημα.

Έχουν εφαρμογή σε υψηλές πιέσεις και χαμηλές παροχές, παρόμοια δηλαδή με τους παλινδρομικούς συμπιεστές. Η πιο επιτυχημένη εφαρμογή τους είναι σε συμπίεση αέρα ειδικά για χρήση σε πνευματικά εργαλεία. Ο εισερχόμενος αέρας ψεκάζεται με το λάδι λίπανσης (oil flooding), το οποίο εκτός από την λίπανση χρησιμεύει και για την ψύξη του συμπιεζόμενου αέρα απορροφώντας περίπου τα δύο τρίτα της θερμότητας που παράγεται κατά την συμπίεση, καθιστώντας έτσι περιττή την χρήση του intercooler. Στην συνέχεια το λάδι ανακτάται σε έναν διαχωριστή και επαναχρησιμοποιείται.



Σχήμα 3.19 : Ροή σε κοχλιωτό συμπιεστή (www.airblock.gr)

Άλλος τρόπος ψύξης του αέρα είναι με ψεκάσμο νερού στην αναρρόφηση. Με την ψύξη (είτε με νερό είτε με λάδι) αυξάνεται η απόδοση και λόγος συμπίεσης.

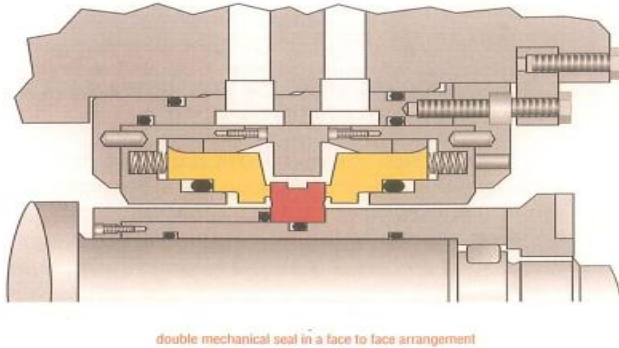
Στο επάνω σχέδιο φαίνεται σε τομή ένας κοχλιωτός συμπιεστής δύο σταδίων. Ο αέρας καθώς εξέρχεται από το ένα ζεύγος κοχλιών ψύχεται με ψεκάσμο νερού και στην συνέχεια εισέρχεται στην δεύτερη βαθμίδα συμπίεσης. (Επειδή το σχέδιο είναι τομή σε πλάγια όψη, ο ένας κοχλίας είναι ακριβώς πίσω από τον άλλο στο ίδιο ζευγάρι).

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές δεν λειτουργούν χωρίς προβλήματα, αλλά παρουσιάζουν λιγότερες δυσκολίες από τους παλινδρομικούς για παρόμοια χρήση.

Συστήματα στεγανότητας

Το σύστημα στεγανότητας μεταξύ θαλάμου συμπίεσης και περιβάλλοντος αποτελείται συνήθως από δακτυλίους άνθρακα ή άλλου ειδικού υλικού ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και το είδος του διακινούμενου αερίου. Σε περίπτωση όπου δεν επιτρέπεται η παραμικρή απώλεια αερίου για λόγους ασφαλείας ή οικονομίας, γίνεται χρήση αδρανούς αερίου στεγανοποίησης (πχ. άζωτο). Οι δακτύλιοι είναι παρόμοιας μορφής με αυτούς που χρησιμοποιούνται στους άλλους τύπους συμπιεστών.

Επίσης χρησιμοποιούνται μηχανικές σαλαμάστρες (mechanical seals). Στο επόμενο σχέδιο (σχήμα 3.20),δείχνεται μία διπλή μηχανική σαλαμάστρα για εφαρμογή σε κοχλιωτούς συμπιεστές,



Σχήμα 3.20: Διπλή μηχανική σαλαμάστρα (Σ. Κοκκώνης και άλλοι,2005)

Γρανάζια χρονισμού (Timing gears)

Τα γρανάζια χρονισμού έχουν σκοπό να μην επιτρέπουν την επαφή των κοχλιών μεταξύ τους, ενώ παράλληλα διατηρούν σταθερή την σχέση κίνησης των κοχλιών.

Έδρανα (Bearings)

Με τα έδρανα επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα. Χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι εδράνων, τα ακτινικά και τα αξονικά (ωστικά) έδρανα. Τα έδρανα που παραλαμβάνουν ακτινικά φορτία (στην διεύθυνση της ακτίνας του άξονα) λέγονται ακτινικά, ενώ αυτά που παραλαμβάνουν αξονικά φορτία (στην διεύθυνση του άξονα) λέγονται αξονικά ή ωστικά.

Στους κοχλιωτούς συμπιεστές χρησιμοποιούνται κυρίως έδρανα κύλισης (ρουλεμάν).

Αναλυτική περιγραφή όλων των τύπων γίνεται στο ειδικό κεφάλαιο περί εδράνων.

Ρύθμιση ροής

Η ροή σε αυτόν τον τύπο συμπιεστών είναι δυνατόν να ρυθμιστεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- Με άνοιγμα και κλείσιμο της βάνας αναρρόφησης. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μόνο στους συμπιεστές που λιπαίνονται με λάδι (oil flooded), όχι όμως σε αυτούς που λειτουργούν χωρίς λίπανση (dry), διότι με το στραγγαλισμό της

βάνας δημιουργείται μεγάλος λόγος συμπίεσης που έχει ως επακόλουθο την αύξηση της θερμοκρασίας.

- Με μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής. Η ταχύτητα μπορεί να ελαττωθεί μέχρι ένα όριο κάτω από το οποίο οι εσωτερικές διαρροές αερίου (μέσα από τις σπείρες των κοχλιών) γίνονται πολύ μεγάλες.
- Με επανακυκλοφορία μέρους του αερίου μετά την κατάθλιψη, αφού προηγουμένως αυτό ψυχθεί.
- Με επανακυκλοφορία μέρους του αερίου από μια έξοδο πριν το τέλος του κοχλία, δηλαδή σε πίεση μικρότερη από την τελική πίεση κατάθλιψης. Και αυτό το αέριο πρέπει να ψυχθεί.

B) Συμπιεστές με λοβούς

Οι συμπιεστές με λοβούς (lobe compressors) είναι οι περιστροφικοί συμπιεστές οι οποίοι προσδίδουν ενέργεια στο αέριο αναρροφώντας, συμπιέζοντας και εκτοπίζοντας το με την περιστροφή λοβών.

Οι συμπιεστές αυτοί έχουν δύο λοβούς οι οποίοι έχουν τέτοιες ανοχές, ώστε κατά την περιστροφή τους δεν υπάρχει καμία επαφή μεταξύ τους (μέταλλο με μέταλλο) και συνεπώς οι λοβοί δεν φθείρονται και δεν υπάρχει ανάγκη για εσωτερική λίπανση. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για συμπίεση αέρα χωρίς παρασυρμούς λαδιού (oil free compressed air).

Οι συμπιεστές με λοβούς είναι κατάλληλοι για παροχές αέρα από 200 έως 30.000 m³/h και σε πίεση κατάθλιψης μέχρι ένα bar πάνω από την ατμοσφαιρική. Χρησιμοποιούνται δηλαδή ως φυσητήρες αέρα (blowers).

Σε πίεση μέχρι 0,5 bar δεν χρειάζεται ψύξη. Σε πίεση κατάθλιψης περισσότερη από 0,5 bar μερικοί συμπιεστές ψύχονται με νερό το οποίο κυκλοφορεί στο κέλυφος.

Οι άξονες που φέρουν τους λοβούς έχουν γρανάζια χρονισμού, ώστε να διατηρείται σταθερή η σχέση κίνησης των αξόνων και στηρίζονται σε έδρανα.

Σε αυτού του τύπου τους συμπιεστές χρησιμοποιούνται κυρίως έδρανα κύλισης (ρουλεμάν). Με τα έδρανα επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα. Αναλυτική περιγραφή γίνεται στο ειδικό κεφάλαιο περί εδράνων.

Τα γρανάζια και τα έδρανα λιπαίνονται με δακτυλίδια λίπανσης που περιστρέφονται μαζί με τους άξονες και παρασύρουν λάδι από μια ελαιολεκάνη.

Ρύθμιση ροής

Η ροή σε αυτό τον τύπο συμπιεστών είναι δυνατόν να ρυθμιστεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- Με επανακυκλοφορία μέρους του αερίου μετά την κατάθλιψη, αφού προηγουμένως αυτό ψηχθεί.
- Με μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής. Η ταχύτητα μπορεί να ελαττωθεί μέχρι ένα όριο κάτω από το οποίο οι εσωτερικές διαρροές αερίου (μέσα από τα διάκενα των λοβών) γίνονται πολύ μεγάλες. Επίσης επειδή οι συμπιεστές αυτοί συνήθως δεν ψύχονται, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλείται από την μεταβολή του λόγου συμπίεσης λόγω της αύξησης της ταχύτητας περιστροφής.

3.3. ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ (STEAM TURBINES)

Ο ατμοστρόβιλος (steam turbine) είναι μία θερμική μηχανή που μετατρέπει την ενέργεια του ατμού σε ωφέλιμο μηχανικό έργο. Στην απλή μορφή του αποτελείται από έναν άξονα πάνω στον οποίο προσαρμόζονται ένας ή περισσότεροι τροχοί με πτερύγια στην περιφέρεια, τους. Αντί τροχών μπορεί να υπάρχει επί του άξονα ένα επίμηκες τύμπανο πάνω στο οποίο προσαρμόζονται τα πτερύγια. Πάνω στα πτερύγια του στροβίλου χτυπά ο ατμός ο οποίος λόγω της ταχύτητάς του ή της εκτονωτικής του δύναμης προκαλεί την περιστροφή του άξονα, ο οποίος αποδίδει το κινητήριο έργο(Εικόνα 3.14).

Ο ατμοστρόβιλος χρησιμοποιείται για την κίνηση αντλιών, συμπιεστών και γεννητριών παραγωγής ρεύματος στη βιομηχανία. Σε πλοία χρησιμοποιείται επίσης για την κίνηση της προπέλας. Στα Διυλιστήρια χρησιμοποιείται κυρίως ως εφεδρική πηγή κίνησης αντλιών και συμπιεστών. Υπάρχουν δηλαδή τα κύρια μηχανήματα τα οποία παίρνουν κίνηση από ηλεκτροκινητήρες και τα εφεδρικά τα οποία παίρνουν κίνηση από ατμοστρόβιλους στην περίπτωση διακοπής παροχής του ηλεκτρικού.

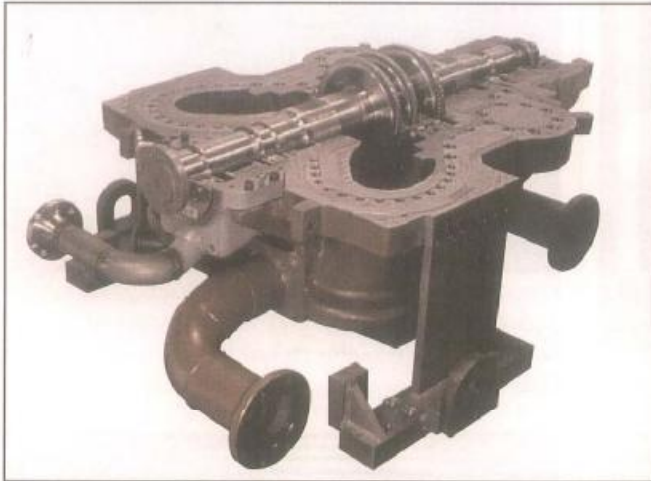
Οι ατμοστρόβιλοι παρουσιάζουν επίσης σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παλινδρομικές μηχανές. Απαιτούν λιγότερο χώρο, θεμέλια ελαφρότερης κατασκευής και λιγότερη παρακολούθηση κατά την λειτουργία, έχουν πολύ μικρότερες απαιτήσεις λίπανσης, δεν έχουν άλλα τριβόμενα μέρη εκτός από τα έδρανα, παρουσιάζουν μεγάλη αξιοπιστία, έχουν μικρό κόστος συντήρησης, εξαιρετική ικανότητα ρύθμισης στροφών, χαμηλότερο κόστος αγοράς και κατασκευάζονται σε ιπποδυνάμεις πολύ μεγαλύτερες των παλινδρομικών.

Το εύρος εφαρμογών τους κυμαίνεται από λίγους ίππους έως 500 MW (έχουν κατασκευασθεί και ορισμένοι στρόβιλοι μεγαλύτερης ισχύος), με τους μεγαλύτερους στροβίλους να χρησιμοποιούνται ως κινητήρες γεννητριών στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

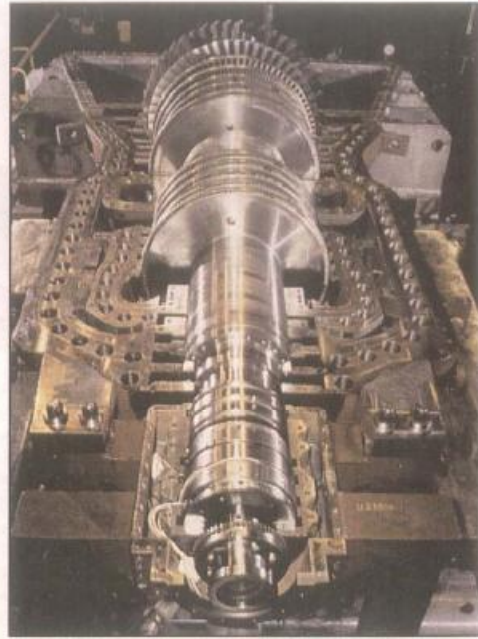
Τα κυριότερα μέρη ενός ατμοστρόβιλου είναι τα ακόλουθα:

ΚΕΛΥΦΟΣ (CASING)



■ Above A high-speed, multistage steam turbine. This unit can operate between 10,000 and 18,000 rpm and produce between 1000 and 7000 hp (746 kW and 5219 kW). Operating temperature range is 750-825°F (399-440°) and pressure to condensing is 300 psig (20.7 bar). This turbine can be equipped with either single- or multi-stage nozzle control.

■ Right A 42,000 hp (31,315 kW) extracting/condensing unit for an ethylene plant.

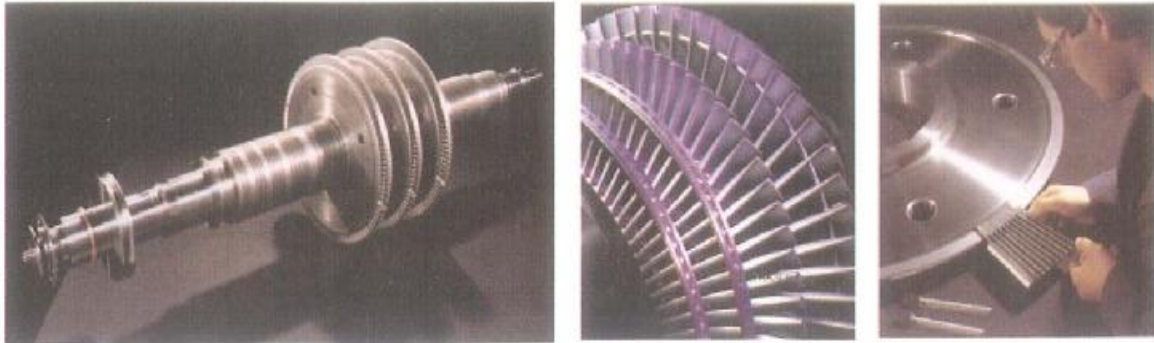


Ατμοστρόβιλος έτοιμος για μεταφορά

Εικόνα 3.14: Ατμοστρόβιλος σε τομή (επάνω) – Μεταφορά Ατμοστρόβιλου (κάτω), (www.alstom.com)

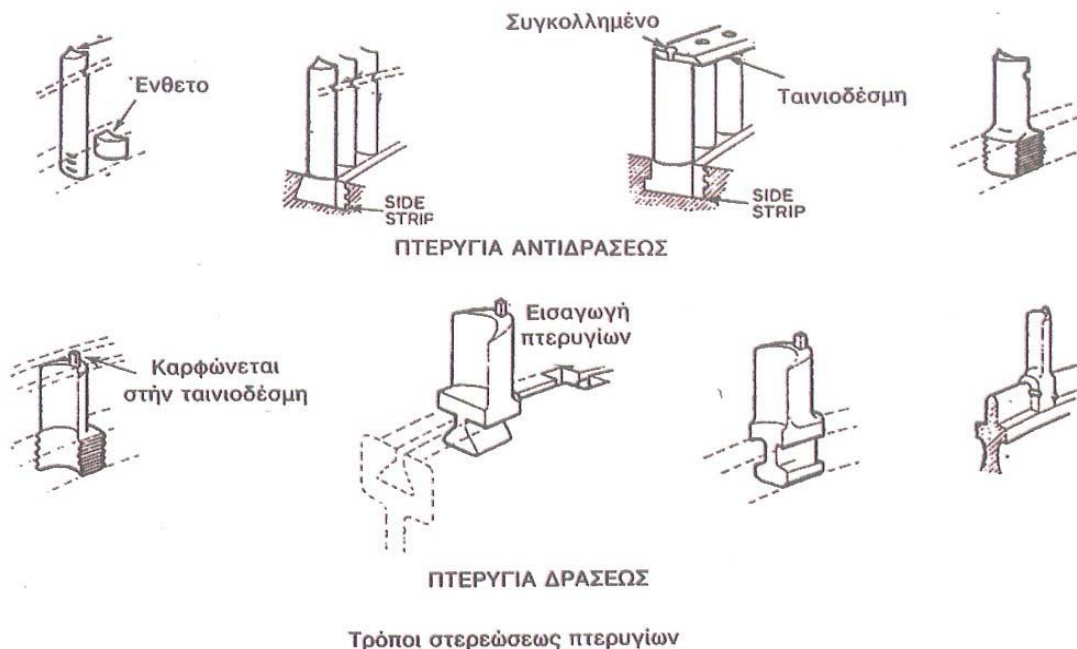
Είναι το τμήμα του στροβίλου πάνω στο οποίο στηρίζονται όλα τα επί μέρους εξαρτήματα. Οι μικροί στρόβιλοι στηρίζονται σε πέλδιλα από εύκαμπτη λαμαρίνα, η οποία επιτρέπει μικρές μετακινήσεις λόγω θερμικής διαστολής.

ΠΤΕΡΥΓΙΑ-ΔΡΟΜΕΑΣ (ROTOR)



Εικόνα 3.15: Δρομέας και Πτερύγια ατμοστρόβιλου (www.turbocare.com)

Τα πτερύγια είναι διαφόρων μορφών και τύπων ανάλογα με τον τύπο του στροβίλου. Επειδή δέχονται πολύ μεγάλες καταπονήσεις λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και των πολύ υψηλών στροφών, κατασκευάζονται από ειδικά μέταλλα και γενικά η μελέτη και κατασκευή τους αποτελούν αντικείμενο προηγμένης τεχνολογίας (εικόνα 3.15) Η στήριξή τους επί των τροχών γίνεται με διάφορους ειδικούς τρόπους όπως φαίνεται στο σχήμα 3.21. Η στήριξη του σχήματος αναφέρεται σε πτερύγια δράσεως και αντιδράσεως.



Σχήμα 3.21 : Τρόποι στήριξης πτερυγίων αντιδράσεως και δράσεως ατμοστρόβιλου. (Σ.Κοκκώνης, Π. Νικολού ,2005)

Επειδή ο ατμός προσκρούει στα πτερύγια με μεγάλη ταχύτητα, απαιτείται να μην έχει καθόλου σταγονίδια νερού διότι αυτά προκαλούν με την πρόσκρουση μεγάλη ζημιά στα πτερύγια. Κατά την κανονική λειτουργία δεν είναι πιθανή η ύπαρξη νερού λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας του ατμού. Είναι σίγουρη όμως η ύπαρξη νερού κατά το ξεκίνημα του ατμοστρόβιλου. Για τον λόγο αυτό απαιτείται πολύ καλή εξυδάτωση του συστήματος πριν την εκκίνηση και ομαλό και αργό ξεκίνημα ώστε να εξασφαλισθεί ομαλή άνοδος της θερμοκρασίας μέχρι το κανονικό σημείο λειτουργίας.

3.4. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ (GAS TURBINES)

Ο αεριοστρόβιλος είναι μία θερμική μηχανή, δηλαδή μία μηχανή του μετατρέπει την θερμική ενέργεια σε μηχανική. Η θερμική ενέργεια παράγεται με την καύση ενός καυσίμου με το οξυγόνο του αέρα. Εν τούτοις, στον αεριοστρόβιλο, όπως και σε κάθε άλλη θερμική μηχανή, μόνο ένα μέρος της αρχικής ενέργειας μετατρέπεται σε μηχανική. Η υπόλοιπη αποδίδεται στο περιβάλλον με την μορφή θερμότητας. Η απόδοση της μηχανής είναι το ποσοστό της αρχικής ενέργειας που μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο (μηχανική ενέργεια). Στους αεριοστρόβιλους η απόδοση αυτή κυμαίνεται σε 25-40%. Το υπόλοιπο 60-75% διαχέεται στο περιβάλλον με τη μορφή θερμικών απωλειών. Όταν ένα τμήμα αυτών των απωλειών ανακτάται (όπως π.χ. από έναν εναλλάκτη θερμότητας) η απόδοση της μηχανής αυξάνει ανάλογα.

Σε έναν απλό αεριοστρόβιλο ο αέρας περιβάλλοντος αναρροφάται και συμπιέζεται σε έναν συμπιεστή, στην συνέχεια θερμαίνεται σε ένα χώρο καύσης και τέλος εκτονώνεται σε έναν στρόβιλο και καταλήγει στην ατμόσφαιρα. Με την εκτόνωση του στον στρόβιλο παράγεται ωφέλιμο έργο, δηλαδή αφ' ενός γίνεται συντήρηση της περιστροφής του συμπιεστή και αφ' ετέρου περιστρέφεται το στροφέιο του στρόβιλου, το οποίο στη συνέχεια περιστρέφει μία γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος. Ο κύκλος λειτουργίας του συμπιεστή είναι συνεπώς ΣΥΜΠΙΕΣΗ - ΘΕΡΜΑΝΣΗ - ΕΚΤΟΝΩΣΗ. Λειτουργικό μέσο είναι ο αέρας και ως πηγή θέρμανσης χρησιμοποιείται κάποιο καύσιμο.

Ο αεριοστρόβιλος γενικά αποτελείται από τρία τμήματα: τον συμπιεστή (compressor), τον θάλαμο καύσης (combustion chamber) και τον στρόβιλο (turbine). Όπως αναλύεται στα επόμενα οι μεγάλοι αεριοστρόβιλοι μπορεί να περιλαμβάνουν περισσότερους συμπιεστές, θαλάμους καύσεις και στρόβιλους.

Οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται για την κίνηση των αεροπλάνων και των πλοίων, καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται μόνον αυτοί που χρησιμοποιούνται για ηλεκτροπαραγωγή στην βιομηχανία.

Ο συμπιεστής (Compressor)

Ο συμπιεστής που χρησιμοποιείται στους αεριοστρόβιλους, είναι ο αξονικός συμπιεστής λόγω της μεγάλης του απόδοσης, της απλούστερης κατασκευής και των μεγάλων παροχών αέρα που μπορεί να συμπιέσει. Σχεδιάζεται ώστε να έχει την μέγιστη δυνατή **απόδοση** σε πλήρες φορτίο, δηλαδή να αποδίδει συγκεκριμένο λόγο συμπίεσης για ορισμένη παροχή αέρα σε συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων.

Εάν όμως η ταχύτητα του αέρα είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ταχύτητα των πτερυγίων (όπως συμβαίνει όταν το στροφέιο του συμπιεστή επιταχύνεται πολύ γρήγορα ή όταν φράζουν τα φίλτρα εισόδου του αέρα) δημιουργείται ασυνέχεια της ροής στην περιοχή των πτερυγίων. Αυτό το φαινόμενο λέγεται "stall" όταν συμβαίνει μόνο σε μερικά στάδια και "surging" όταν γενικεύεται σε όλον τον συμπιεστή. Αυτό το φαινόμενο και στις δύο μορφές του είναι πολύ επικίνδυνο για την μηχανή διότι δημιουργεί πολύ μεγάλες τάσεις καταπόνησες στο στροφέιο που είναι δυνατόν να οδηγήσουν στην καταστροφή της μηχανής.

Οι συμπιεστές γενικά σχεδιάζονται ώστε να λειτουργούν σε χαμηλότερες παροχές αέρα από ότι προβλέπεται, εάν όμως τα πτερύγια με την χρήση γεμίζουν με επικαθίσεις διαφόρων ειδών δημιουργούνται αεροδυναμικά προβλήματα με αποτέλεσμα η ασυνέχεια της ροής να είναι δυνατόν να συμβεί ακόμα και σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Για τον λόγο αυτό καθίσταται επιτακτική η ανάγκη καθαρισμού των πτερυγίων σε τακτικά διαστήματα. Ο καθαρισμός γίνεται με καρυδοβολή κατά την λειτουργία του αεριοστρόβιλου σε χαμηλή ισχύ (θρυμματισμένα τσόφλια από καρύδια τα οποία εκτοξεύονται με μεγάλη πίεση και καθαρίζουν τα πτερύγια από τις επικαθίσεις), ή με υγρό καθαρισμού (ζεστό νερό και σαπούνι), στην περίπτωση όμως αυτή απαιτείται κράτηση του αεριοστρόβιλου για αρκετές ώρες.

Για να παραχθούν μεγάλες πιέσεις και να διατηρηθεί η ευστάθεια, το τμήμα συμπίεσης του αεριοστρόβιλου μπορεί να περιλαμβάνει δύο ή και τρεις αξονικούς συμπιεστές σε ανεξάρτητους άξονες, ώστε να είναι δυνατή η περιστροφή του κάθε συμπιεστή στην βέλτιστη ταχύτητα. Για να αποφευχθούν τα φαινόμενα surge και stall τοποθετούνται ενδιάμεσες βαλβίδες και ρυθμιστικές βάνες για να ρυθμίζουν την ροή.

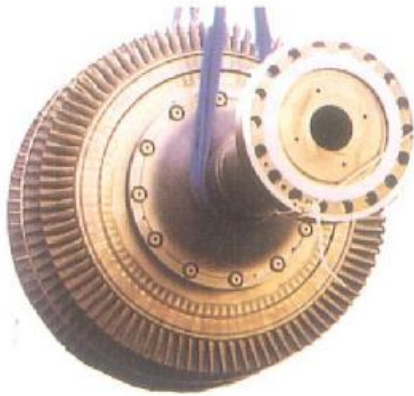
Ο συμπιεστής του αεριοστρόβιλου είναι δυνατόν να είναι και φυγοκεντρικός ενός ή δύο σταδίων ή ακόμα μπορεί να είναι συνδυασμός αξονικού και φυγοκεντρικού, όπου ο φυγοκεντρικός αποτελεί το τελικό στάδιο συμπίεσης. Μόνο φυγοκεντρικοί χρησιμοποιούνται σε μικρούς αεριοστρόβιλους με ισχύ μικρότερη από 4 MW, διότι είναι πολύ μεγαλύτεροι από τους αξονικούς για την ίδια παροχή αέρα. Έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι είναι πιο ευσταθείς στην λειτουργία τους, έχουν μεγαλύτερο εύρος ταχυτήτων και παροχών (ευελιξία στην ταχύτητα) και δεν επηρεάζονται από τις επικαθίσεις. Πλεονεκτούν δηλαδή σε σχέση με τους αξονικούς στο θέμα του surge και στο ότι δεν χρειάζονται συχνό καθαρισμό.

Ο Θάλαμος Καύσης (Combustion Chamber)

Η θέρμανση του αέρα πραγματοποιείται με την καύση ενός καυσίμου μέσα στον χώρο καύσης. Το καύσιμο εισάγεται συνεχώς στους καυστήρες και καίγεται

παρουσία αέρα με τέτοιο τρόπο ώστε τα αέρια που εξέρχονται από τον χώρο της καύσης να έχουν ομαλή ροή ώστε να κατευθυνθούν προς τον στρόβιλο. Η υψηλή απόδοση της καύσης είναι πολύ σημαντική για θερμική απόδοση του αεριοστρόβιλου και τις χαμηλές εκπομπές καυσαερίων. Για να είναι αποδεκτή η καύση πρέπει η θερμοκρασία της φλόγας να είναι της τάξης των 1400°C - 2000 °C. Αλλά επειδή κανένα κατασκευαστικό υλικό δεν είναι δυνατόν να αντέξει σε τέτοιες θερμοκρασίες, χρησιμοποιείται επί πλέον αέρας από τον συμπιεστή ώστε να ψύξει τα τοιχώματα του θαλάμου καύσης και να αναμιχθεί με τα προϊόντα της καύσης ώστε να χαμηλώσει η θερμοκρασία του αερίου μίγματος που οδηγείται προς εκτόνωση στον στρόβιλο (τουρμπίνα) (εικόνα 3.16). Από τον αέρα που παρέχει ο συμπιεστής περίπου το 25% οδηγείται στον θάλαμο καύσης. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετό για να γίνει πλήρης καύση. Το υπόλοιπο χρησιμεύει για ψύξη των τοιχωμάτων και για την ψύξη και αραίωση των προϊόντων της καύσης.

Ο στρόβιλος (turbine)



Εικόνα 3.16: Στρόβιλος (Σ.Κοκκώνης, Π. Νικολού ,2005)

Τα αέρια μετά τον θάλαμο καύσης μαζί με τον υπόλοιπο αέρα από τον συμπιεστή οδηγούνται στον στρόβιλο (τουρμπίνα) όπου εκτονώνονται στα πτερύγια των στρόβιλων και θέτουν σε κίνηση τον άξονα. Δηλαδή ο στρόβιλος εξάγει ενέργεια από τα θερμά αέρια και τα εκτονώνει σε χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία.

Η μορφή του στρόβιλου είναι παρόμοια με αυτή των ατμοστρόβιλων με την διαφορά ότι είναι ειδικά σχεδιασμένο» για λειτουργία σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες και ταχύτητες. Κατασκευαστικά ο στρόβιλος έχει σειρές ακίνητων πτερυγίων ή ακροφυσίων ακολουθούμενες από σειρές κινητών, πτερυγίων.

Τα πτερύγια των στροβίλων (Εικόνα 3.17), καταπονούνται σε πολύ υψηλές τάσεις λόγω των πολύ μεγάλων φυγοκεντρικών δυνάμεων που αναπτύσσονται λόγω των ιδιαίτερα υψηλών στροφών περιστροφής και των πολύ υψηλών θερμοκρασιών. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή τους αποτελούν αντικείμενο πολύ προηγμένης τεχνολογίας, τα δε υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ειδικά κράματα που προέρχονται από την αεροδιαστημική βιομηχανία.



Εικόνα 3.17: Πτερύγια Στροβίλων (www.chromalloy.com)

Τύποι αεροστροβίλων

A) Αεροστροβίλοι ενιαίου άξονα

Στους μικρού όγκου αεροστροβίλους ο συμπιεστής και ο στρόβιλος βρίσκονται πάνω στον ίδιο άξονα.

B) Αεροστροβίλοι ξεχωριστών αξόνων

Επειδή όμως η βέλτιστη ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή δεν είναι πάντα η ίδια με την ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου, στους μεγάλους αεροστροβίλους τοποθετείται και δεύτερος στρόβιλος ισχύος (power turbine) ο οποίος μεταδίδει την κίνηση στην γεννήτρια με ξεχωριστό άξονα. Ο σύνθετος αεροστρόβιλος έχει δηλαδή δύο άξονες. Στον έναν είναι προσαρμοσμένος ο

συμπιεστής και ο πρώτος στρόβιλος (compressor turbine). Στον δεύτερο προσαρμόζονται ο στρόβιλος ισχύος και η γεννήτρια.

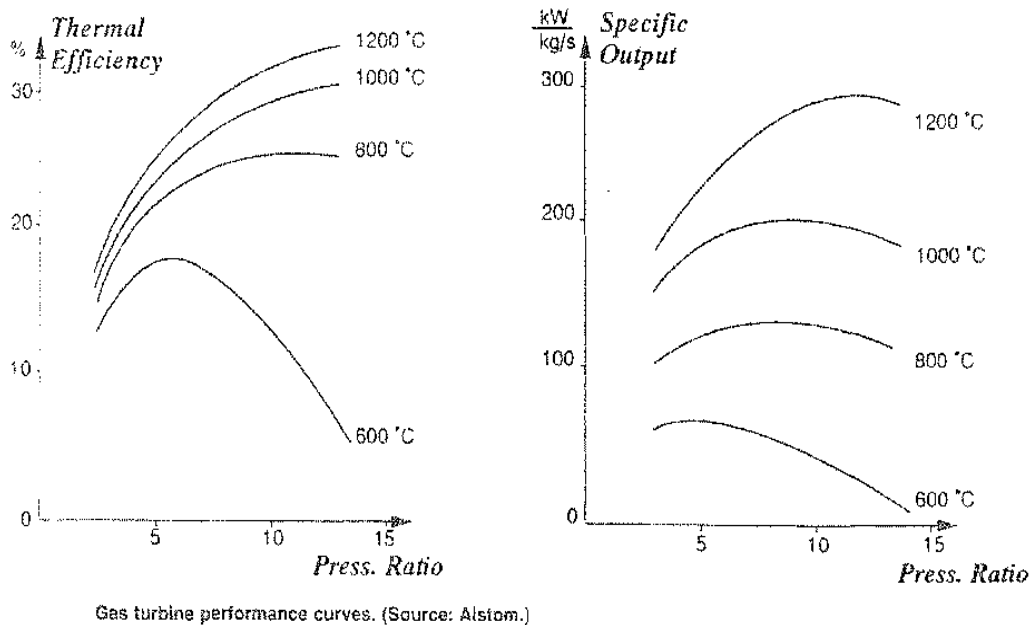
Γ) Αεριοστρόβιλοι ξεχωριστών αξόνων με συμπιεστή και στρόβιλο δύο τμημάτων

Σε πολλές εφαρμογές αεριοστρόβιλων για ηλεκτροπαραγωγή, ο συμπιεστής και ο στρόβιλος χωρίζονται σε δύο τμήματα. Ο συμπιεστής χωρίζεται στο τμήμα χαμηλής πίεσης (Low Pressure Compressor). Ο άξονας που τους συνδέει είναι σύνθετος, δηλαδή αποτελείται από δύο άξονες τον έναν μετά τον άλλο. Με τον τρόπο αυτό τα δύο τμήματα του συμπιεστή μπορούν να περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες, καθιστώντας έτσι το συνολικό τμήμα συμπίεσης πιο σταθερό. Ομοίως ο πρώτος στρόβιλος χωρίζεται σε δύο τμήματα, στο στρόβιλο υψηλής πίεσης (High Pressure Turbine) στον οποίο εκτονώνονται τα αέρια μετά τον θάλαμο καύσης και τον στρόβιλο χαμηλής πίεσης (Low Pressure Turbine) ο οποίος ακολουθεί και εκτονώνει τα αέρια που προέρχονται από τον στρόβιλο υψηλής. Στην συνέχεια τα εξερχόμενα αέρια εισέρχονται στον στρόβιλο ισχύος (Power Turbine) ο οποίος έχει ξεχωριστό άξονα και μεταδίδει την κίνηση στην γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε μεγαλύτερες αποδόσεις και σταθερότερη λειτουργία της μηχανής, διότι οι συμπιεστές λειτουργούν στο σημείο σχεδιασμού τους χωρίς να επηρεάζονται από το φορτίο, ενώ ο δεύτερος στρόβιλος (power turbine) λειτουργεί παράγοντας έργο χωρίς μηχανική επαφή με τους συμπιεστές.

Απόδοση αεροστροβίλου

Η ολική απόδοση του αεριοστρόβιλου εξαρτάται από τις αποδόσεις των ενδιάμεσων τμημάτων του. Τυπικές αποδόσεις είναι για τον αξονικό συμπιεστή $\eta_{nc}=0.87-0.90$, για τον θάλαμο καύσης $\eta_{cc}=0.9(>0,98)$ και για τον στρόβιλο $\eta_t=0.85-0.88$.

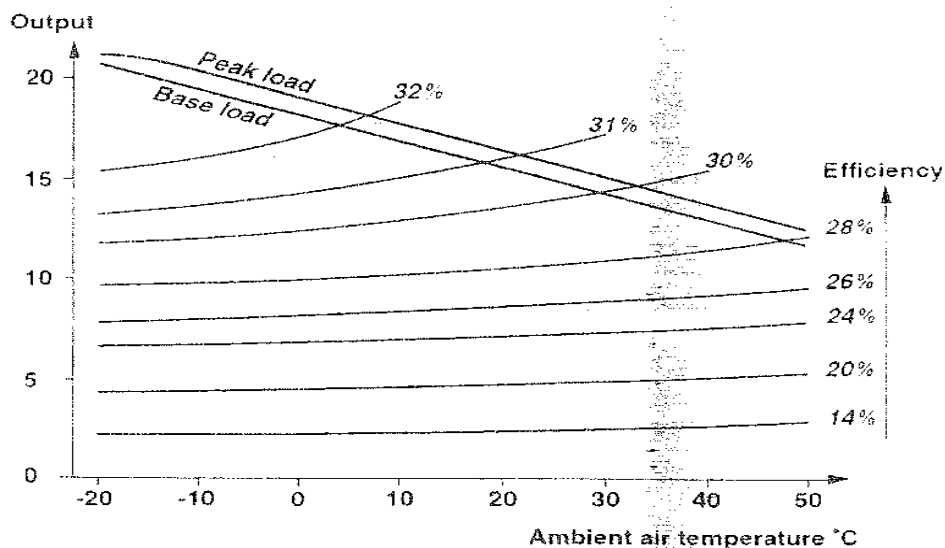
Η απόδοση του συμπιεστή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον λόγο συμπίεσης και η απόδοση του στροβίλου από την θερμοκρασία εισόδου των αερίων (σχήμα 3.22). Όσο μεγαλύτερη αυτή η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη η απόδοση του στροβίλου. Περιορισμός είναι τα υλικά κατασκευής τα οποία έχουν περιορισμένη περιοχή λειτουργίας. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία πέρα από ένα ορισμένο όριο μειώνεται η αντοχή των υλικών. Παρατεταμένη χρήση των υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες επιφέρει μόνιμη μείωση της αντοχής σε τέτοιο βαθμό, ώστε να είναι δυνατή η καταστροφή του υλικού ακόμα και σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Το φαινόμενο ονομάζεται ερπυρμός και είναι η μείωση της αντοχής ενός υλικού όταν αυτό λειτουργεί σε θερμοκρασία υψηλότερη από ένα επιτρεπόμενο όριο για κάποιο χρονικό διάστημα. Τα θερμοκρασιακά όρια και τα χρονικά διαστήματα λειτουργίας αποτελούν αντικείμενο της επιστήμης των υλικών. Στην πράξη απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην παρακολούθηση των θερμοκρασιών ώστε αυτές να βρίσκονται μέσα στα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής.



Σχήμα 3.22: Μεταβολές της απόδοσης (thermal efficiency) και της παραγόμενης ισχύος (specific output) ενός αεριοστρόβιλου, σε σχέση με την σχέση συμπίεσης (pressure ratio) του συμπιεστή και την θερμοκρασία των αερίων από τον θάλαμο καύσης. (Σ.Κοκκώνης, Π. Νικολού, 2005)

Άλλη παράμετρος που επηρεάζει την απόδοση λειτουργίας του αεριοστρόβιλου είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι αεριοστρόβιλοι σχεδιάζονται για θερμοκρασίες περιβάλλοντος +15°C. Η απόδοση όμως μίας θερμικής μηχανής εξαρτάται από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όσο υψηλότερη η θερμοκρασία περιβάλλοντος τόσο μικρότερη η απόδοση της θερμικής μηχανής διότι γίνεται πιο δύσκολη η ψύξη. Αντίθετα όσο χαμηλότερη η θερμοκρασία περιβάλλοντος τόσο βελτιώνεται η απόδοση διότι καθίσταται ευκολότερη η ψύξη. Στις μηχανές εσωτερικής καύσης αυτές οι μεταβολές στην απόδοση δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές.

Στους αεριοστρόβιλους όμως είναι πολύ σημαντικές διότι μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό η ισχύς εξόδου της γεννήτριας (δηλαδή πόσο ρεύμα παράγει). Στο ακόλουθο σχήμα 3.23, απεικονίζεται η ισχύς εξόδου (output) της γεννήτριας (το ρεύμα που παράγεται σε MW) σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος (ambient air temperature) και την απόδοση της μηχανής (efficiency). Στην συγκεκριμένη μηχανή του σχήματος φαίνεται καθαρά ότι για να παράγει 10 MW σε θερμοκρασία 0 °C ο αεριοστρόβιλος λειτουργεί με ολική απόδοση περίπου 28%, ενώ για να παράγει το ίδιο ρεύμα στους η ολική απόδοση του μειώνεται περίπου στο 27%. Στο ίδιο σχήμα απεικονίζονται δύο περιοχές λειτουργίας το base load το οποίο είναι και το ασφαλές σημείο λειτουργίας και το Peak Load, το οποίο είναι το μέγιστο σημείο λειτουργίας. Λειτουργία πάνω από το Base Load μειώνει την διάρκεια ζωής της μηχανής διότι προκαλούνται μεγάλες τάσεις καταπόνησης και γενικά πρέπει να αποφεύγεται.



The effect of overheat and temperature on gas turbine output. (Source: Alstom.)

Σχήμα 3.23: Ισχύς εξόδου (output) της γεννήτριας(σε MW) σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος(ambient air temperature) και την απόδοση της μηχανής (efficiency).(www.engineering.catalysis.gr)

Η λειτουργία του αεριοστρόβιλου εξαρτάται επίσης σε μικρότερο βαθμό και από τις υπόλοιπες ατμοσφαιρικές συνθήκες δηλαδή την ατμοσφαιρική πίεση και την σχετική υγρασία. Και στις δύο περιπτώσεις η μεταβολή αυτών των συνθηκών επηρεάζει την πυκνότητα του αέρα και κατά συνέπεια τον όγκο (την παροχή) του αέρα που εισέρχεται στον συμπιεστή.

3.5 ΕΔΡΑΝΑ (BEARINGS)

Με τα έδρανα (Bearings) επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα.

Χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι εδράνων, τα ακτινικά και τα αξονικά (ωστικά) έδρανα (εικόνα 3.18). Τα έδρανα που παραλαμβάνουν ακτινικά φορτία (στην διεύθυνση της ακτίνας του άξονα) λέγονται ακτινικά, ενώ αυτά που παραλαμβάνουν αξονικά φορτία (στην διεύθυνση του άξονα) λέγονται αξονικά ή ωστικά.

3.5.1 Ακτινικά έδρανα - (Radial Bearings)

Τα ακτινικά έδρανα μπορεί να είναι έδρανα κύλισης (ρουλεμάν) ή έδρανα ολίσθησης και χρησιμεύουν :

- Για να σηκώσουν το βάρος του δρομέα

- Να μπορούν να αντέξουν τις ακτινικές δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την λειτουργία ή προέρχονται από την αζυγοσταθμία του άξονα.
- Για να κρατούν τα διάκενα μεταξύ ρότορα και κελύφους.

3.5.1.1 Έδρανα κύλισης (ρουλεμάν).

Στις περισσότερες περιπτώσεις αντλιών χρησιμοποιούνται ρουλεμάν τα οποία συνήθως λιπαίνονται με λάδι, αλλά υπάρχουν και εφαρμογές όπου η λίπανση γίνεται με γράσο. Περιορισμοί όσον αφορά την χρήση του γράσου είναι οι υψηλές στροφές (άνω των 5000 RPM) και οι υψηλές θερμοκρασίες.

Η λίπανση με γράσο γίνεται με κυκλοφορία του μέσα στην φωλιά του ρουλεμάν, και με αυτόν τον τρόπο απάγεται η παραγόμενη θερμότητα προς το κέλυφος και από εκεί προς το περιβάλλον. Αυτός είναι ο λόγος που δεν επιτρέπεται να γεμίζουμε το χώρο του ρουλεμάν με γράσο. Ο χώρος πρέπει να γεμίζεται κατά το 1/3 αυτού.

Σε μεγάλες αντλίες, στους μικρούς στροβίλους και στους μικρής ισχύος συμπιεστές χρησιμοποιούνται ρουλεμάν τα οποία λιπαίνονται με λάδι. Στην περίπτωση λίπανσης με λάδι πρέπει η στάθμη του λαδιού να φθάνει περίπου στο κέντρο της κατώτερης μπίλιας του ρουλεμάν. Η λίπανση του υπόλοιπου ρουλεμάν γίνεται είτε από το ίδιο κατά την περιστροφή του, είτε με δακτυλίδια λίπανσης.

Στους μεγάλης ισχύος στροβίλους και συμπιεστές γίνεται βεβαιασμένη κυκλοφορία λαδιού με αντλία λίπανσης.



Εικόνα 3.18: Ακτινικά και Αξονικά έδρανα (Ι.Καρβέλης,Α.Μπαλντούκας ,2007)

Για την διατήρηση της στάθμης του λαδιού χρησιμοποιούνται λαδικά σταθερής στάθμης.

3.5.1.2. Έδρανα ολίσθησης (κουζινέτα) - (Journal Bearings)

Τα έδρανα ολίσθησης έχουν εφαρμογή στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Για μεγάλα φορτία, πολύ υψηλές στροφές και μεγάλους άξονες σε αντλίες, στροβίλους και συμπιεστές,
- Σε κατακόρυφες βυθιζόμενες αντλίες όπου τα έδρανα έρχονται σε επαφή με το υγρό και η λίπανση τους γίνεται από το ίδιο το υγρό.

Αποτελούνται από έναν σταθερό δακτύλιο εντός του οποίου περιστρέφεται ο άξονας. Ανάμεσα στις επιφάνειες επαφής υπάρχει φιλμ λαδιού. Η λίπανση των κουζινέτων γίνεται είτε με βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού, είτε με δακτυλίδια λίπανσης.

Ανάλογα με την εφαρμογή χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι:

2α. Απλό ακτινικό έδρανο, το οποίο φέρει οπές ή αυλάκια για να διανέμεται καλύτερα το λάδι. Μπορεί να είναι ενιαίο ή διαιρούμενο. Χρησιμοποιείται σε αντλίες, στροβίλους και συμπιεστές.

2β. Ακτινικό έδρανο με πλινθία (tilting pads journal bearing), του οποίου η επιφάνεια έδρασης αποτελείται από μικρότερες επιφάνειες που λέγονται πλινθία. Αυτά έχουν την δυνατότητα να μετακινούνται ελαφρά ώστε να παίρνουν την πλέον κατάλληλη θέση από πλευράς λειτουργικότητας και απόδοσης. Χρησιμοποιείται σε μεγάλους αμοστρόβιλους και συμπιεστές, καθώς και στους αεριοστρόβιλους.

3.5.2 Αξονικά (ωστικά) έδρανα - (Thrust Bearings)

Σε περιπτώσεις όπου παρουσιάζονται σοβαρές αξονικές ώσεις χρησιμοποιούνται αξονικά έδρανα σε συνδυασμό με τα ακτινικά. Με τα έδρανα αυτά επιτυγχάνεται η στήριξη και ταυτόχρονα επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα, αλλά επί πλέον αυτά παραλαμβάνουν και τα φορτία κατά την διεύθυνση του άξονα (τις ώσεις του άξονα που δημιουργούνται από την λειτουργία της μηχανής).

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι αξονικών (ωστικών) εδράνων :

- Τα έδρανα κύλισης (ρουλεμάν)
- Τα αξονικά έδρανα με αυλάκια
- Τα αξονικά έδρανα με πλινθία

3.5.2.1 Ρουλεμάν,

τα οποία χρησιμοποιούνται σε αντλίες, σε μικρούς στροβίλους και μικρούς συμπιεστές. Για την λίπανσή τους ισχύει ότι και για τα ακτινικά ρουλεμάν.

3.5.2.2 Αξονικά έδρανα με αυλάκια

τα οποία βοηθούν στην καλύτερη λίπανση και ψύξη. Αποτελούνται από έναν σύνθετο σταθερό δακτύλιο εντός του οποίου περιστρέφεται ο άξονας. Ανάμεσα στις επιφάνειες επαφής υπάρχει φιλμ λαδιού. Η λίπανση γίνεται με βεβιασμένη κυκλοφορία λαδιού. Χρησιμοποιούνται σε στροβίλους και συμπιεστές.

3.5.2.3 Αξονικά έδρανα με πλινθία

των οποίων η επιφάνεια έδρασης αποτελείται από μικρότερες επιφάνειες που λέγονται πλινθία. Αυτά έχουν την δυνατότητα να μετακινούνται ελαφρά ώστε να παίρνουν την πλέον κατάλληλη θέση από πλευράς λειτουργικότητας και απόδοσης. Είναι τύπου Mitchell ή Kingsbury και χρησιμοποιούνται όπου παρουσιάζονται πολύ μεγάλα ωστικά φορτία. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλους ατμοστρόβιλους και συμπιεστές, καθώς και στους αεριοστρόβιλους.

3.6 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ - ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ (COUPLINGS)

Ο σύνδεσμος είναι μία μηχανική κατασκευή, με την οποία πραγματοποιείται η μηχανική σύνδεση των αξόνων μεταξύ του κινητήρα (ηλεκτροκινητήρα ή ατμοστρόβιλου) και της κινούμενης μηχανής (αντλίας, συμπιεστή, ανεμιστήρα ή άλλης στρεφόμενης μηχανής).

Οι σύνδεσμοι χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Σύνδεσμοι σταθερής σχέσης μετάδοσης (direct couplings), οι οποίοι περιλαμβάνουν τους εύκαμπτους (flexible couplings) και τους άκαμπτους (rigid couplings) συνδέσμους.
- Σύνδεσμοι μείωσης στροφών (speed reducing couplings) ή αύξησης στροφών (speed increasing couplings).
- Σύνδεσμοι μεταβαλλόμενης σχέσης (variable speed couplings).

3.6.1 Σύνδεσμοι σταθερής σχέσης μετάδοσης (Direct Couplings)

Οι σύνδεσμοι σταθερής σχέσης μεταδίδουν την κίνηση της κινητήριας μηχανής χωρίς απώλειες στην κινούμενη. Μπορεί να είναι εύκαμπτοι ή άκαμπτοι, αλλά και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται ευθυγράμμιση των αξόνων.

3.6.1.1 Άκαμπτοι σύνδεσμοι (Rigid Couplings)

Οι άκαμπτοι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται για την σύνδεση κινητήρων και αντλιών ή συμπιεστών όταν απαιτείται οι άξονες να διατηρούνται σε τέλεια ευθυγράμμιση (Εικόνα 3.19).

Επίσης χρησιμοποιούνται όταν το στροφέιο (ο ρότορας) της μίας μηχανής πρέπει να στηρίζει το στροφέιο της άλλης, όπως συνήθως συμβαίνει στις κάθετες αντλίες.

Επίσης επειδή ο σύνδεσμος είναι εντελώς άκαμπτος επιτρέπει ρυθμίσεις κατά μήκος του άξονα ώστε να αντισταθμίζονται οι φθορές που παρουσιάζονται στις φτερωτές. Αυτές οι ρυθμίσεις δεν είναι δυνατές με τους εύκαμπτους συνδέσμους, διότι τα εύκαμπτα στοιχεία τους επιδέχονται παραμορφώσεις που δεν επιτρέπουν ρυθμίσεις ακριβείας. Μειονέκτημα των άκαμπτων συνδέσμων είναι ότι απαιτούν τέλεια ευθυγράμμιση των αξόνων του κινητήρα και της αντλίας ή του συμπιεστή, διότι δεν υπάρχουν εύκαμπτα στοιχεία που να επιτρέπουν μικρές αποκλίσεις στην

ευθυγράμμιση των αξόνων. Επίσης είναι πολύ σημαντική η μηχανουργική ακρίβεια του συνδέσμου, ώστε να μην δημιουργείται έκκεντρη κίνηση κατά την περιστροφή λόγω κατασκευαστικών ατελειών. Είναι δυνατόν να παραλάβουν μεγάλα φορτία, αλλά δεν χρησιμοποιούνται σε μηχανές που περιστρέφονται σε υψηλές στροφές.



Εικόνα 3.19 : Άκαμπτος Σύνδεσμος (Ι.Καρβέλης,Α.Μπαλντούκας ,2007)

Εύκαμπτοι Σύνδεσμοι (Flexible Couplings)

Οι αντλίες και οι συμπιεστές συνδέονται με τους κινητήρες τους μέσω ειδικών συνδέσμων (couplings). οι οποίοι περιέχουν εύκαμπτα στοιχεία. Οι σύνδεσμοι αυτοί μεταδίδουν την κίνηση από τον κινητήρα στην αντλία ή τον συμπιεστή ενώ παράλληλα απορροφούν τις διακυμάνσεις της ροπής και της ταχύτητας περιστροφής. Επίσης επιτρέπουν την λειτουργία του συστήματος ακόμη και αν δεν υπάρχει πλήρης ευθυγράμμιση των αξόνων του κινητήρα και της κινούμενης μηχανής. Επειδή όμως εάν δεν υπάρχει πλήρης ευθυγράμμιση, τα έδρανα και οι σύνδεσμοι καταπονούνται υπερβολικά με αποτέλεσμα την πρόωρη φθορά τους. η ευθυγράμμιση των αξόνων γίνεται με ιδιαίτερη ακρίβεια από εξειδικευμένα συνεργεία συχνά με την χρήση οργάνων laser.

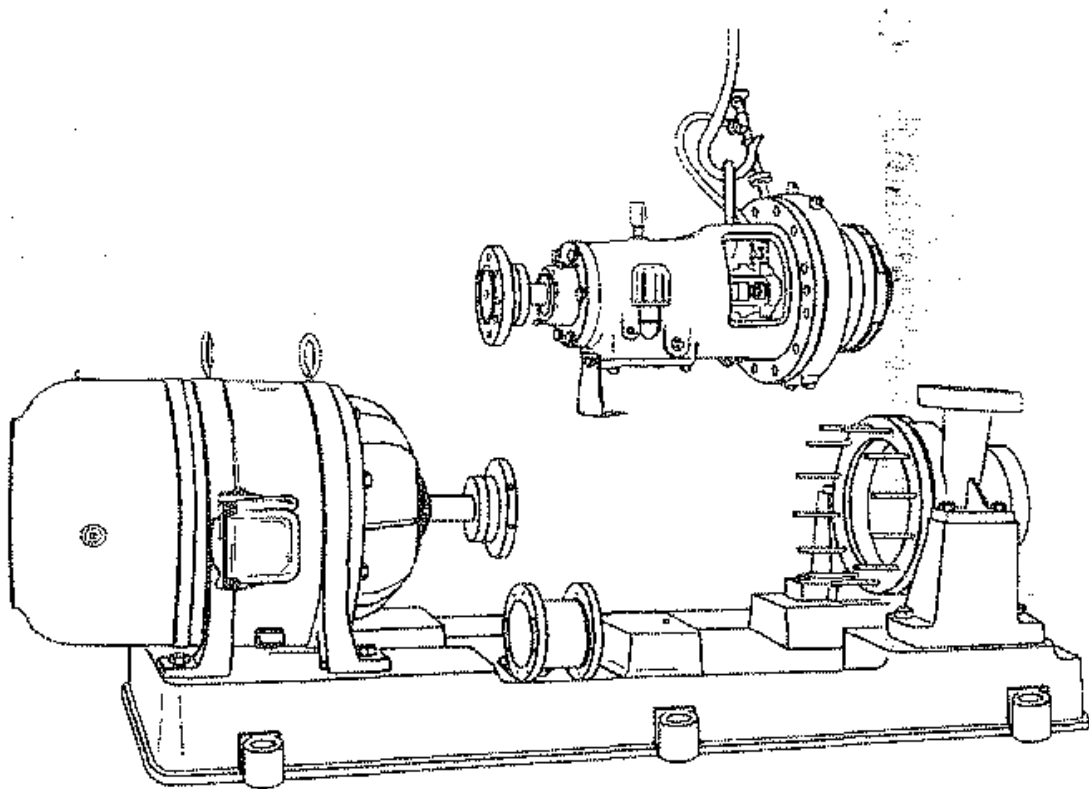
Σε αντλίες μεγάλης ισχύος χρησιμοποιούνται σύνδεσμοι με εύκαμπτους δίσκους. Σε εφαρμογές μικρότερης ισχύος χρησιμοποιούνται ελαστικοί σύνδεσμοι.

Εύκαμπτος σύνδεσμος διαφράγματος

Λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με αυτόν των συνδέσμων με δίσκους, με την διαφορά ότι αντί για εύκαμπτους δίσκους έχει ενιαίο μεταλλικό διάφραγμα κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να απορροφά τις ανοχές μικρών ατελειών στην ευθυγράμμιση. Η κατασκευή αυτή πλεονεκτεί σε λειτουργία σε υψηλές στροφές λόγω μικρότερου βάρους.

Εύκαμπτοι σύνδεσμοι με επεκτάσεις (Spacer Couplings)

Σε πολλές περιπτώσεις μεταξύ των κινητήρων και των αντλιών, οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι που παρεμβάλλονται έχουν ειδικές επεκτάσεις του άξονα (σχήμα 3.24), ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή του κυρίου μέρους της αντλίας χωρίς να χρειάζεται να μετακινηθούν οι σωληνώσεις, το κέλυφος της αντλίας και ο κινητήρας.



Spacer coupling enables end-suction pump to be dismantled without moving piping, pump casing, or driver. (Worthington Pump International)

Σχήμα 3.24: Σύνδεση ΗΛ/κινητήρα-αντλίας με εύκαμπτο σύνδεσμο με επέκταση (Ι.Καρβέλης,Α.Μπαλντούκας ,2007)

Εύκαμπτοι σύνδεσμοι μηχανικών ανοχών (Mechanically Flexible Couplings)

Οι σύνδεσμοι αυτοί αντισταθμίζουν μικρές διαφορές στην ευθυγράμμιση μεταξύ των αξόνων με τις ανοχές των μηχανικών μερών τους. Χρησιμοποιούνται τρεις τύποι:

- Σύνδεσμοι με εσωτερική οδόντωση (Gear type flexible couplings)
- Σύνδεσμοι με αλυσίδα (Roller chain flexible couplings)
- Σύνδεσμοι με ελάσματα (Spring-grid couplings)

3.7 ΦΟΥΡΝΟΙ (COMBUSTION FURNACES)

Με τους Φούρνους θερμαίνεται ένα υγρό με θερμότητα η οποία παράγεται από την καύση υγρού ή αερίου καυσίμου σε ειδικούς καυστήρες. Κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους, μορφές και μεγέθη ανάλογα με την εφαρμογή.

Τα βασικά μέρη του φούρνου είναι τα ακόλουθα:

1. Σύστημα παραγωγής θερμότητας.
2. Τμήμα μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία (Radiant section).
3. Τμήμα μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά (Convection section).
4. Σύστημα διαθέσεως προϊόντων καύσης.
5. Συστήματα που επιτρέπουν την καλή λειτουργία,
6. Συστήματα που αυξάνουν την ασφάλεια

Οι δύο κυριότεροι τύποι Φούρνων που χρησιμοποιούνται στα Διυλιστήρια (εικόνα 3.20) και στις χημικές βιομηχανίες είναι ο οριζόντιος (που ονομάζεται έτσι γιατί οι αυλοί του τμήματος ακτινοβολίας είναι οριζόντιοι.) και ο κάθετος (γιατί οι αυλοί του τμήματος ακτινοβολίας είναι κάθετοι).



Εικόνα 3.20 : Φούρνος σε διυλιστήριο (www.furnacemanager.com)

Για βελτιστοποίηση της απόδοσης η ροή του θερμαινόμενου υγρού είναι συνήθως αντίθετη από την ροή των θερμών αερίων της καύσης. Τα αέρια κινούνται προς τα επάνω προς την καμινάδα και το ψυχρότερο υγρό εισέρχεται στο άνω μέρος του Φούρνου (το τμήμα μεταφοράς) και εξέρχεται από το κάτω μέρος του κάτω τμήματος του Φούρνου (τμήμα ακτινοβολίας). Με αυτήν την διεύθυνση ροής το ψυχρότερο υγρό απορροφά αρχικά την ελάχιστη διαθέσιμη θερμότητα αερίων καύσης και στην συνέχεια την μέγιστη που είναι διαθέσιμη στον χώρο καύσης των καυστήρων. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η απόδοση του Φούρνου. (Σημειώνεται ότι ορισμένοι Φούρνοι δεν διαθέτουν τμήμα μεταφοράς αλλά έχουν μόνο τμήμα ακτινοβολίας.)

Μια τυπική ποσοστιαία ανάλυση των ποσών θερμότητας που διακινούνται σ' ένα φούρνο έχει ως ακολούθως:

Ποσοστό απορροφούμενης θερμότητας στο χώρο ακτινοβολίας	55%
Ποσοστό απορροφούμενης θερμότητας στο χώρο μεταφοράς	25%

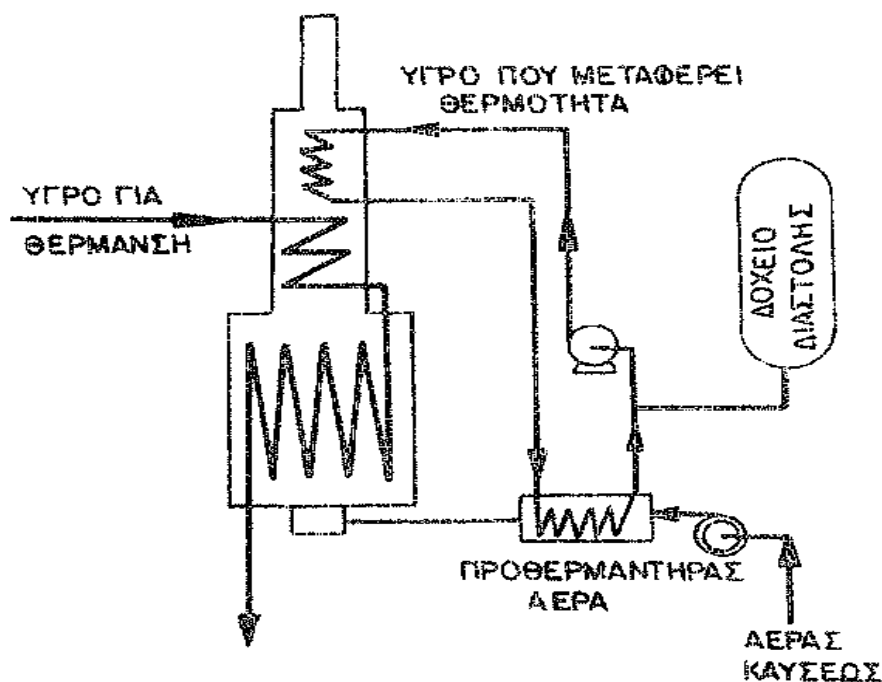
Ποσοστό απωλειών θερμότητας από σύστημα διαθέσεως προϊόντων 20%

Μία άλλη κατάταξη των φούρνων γίνεται με βάση τον τρόπο με τον οποίο εισέρχεται ο αέρας στο χώρο καύσης. Έτσι έχουμε τους παρακάτω τύπους:

- Φούρνοι φυσικού ελκυσμού, όπου ο αέρας εισέρχεται στο φούρνο λόγω της υποπίεσης που δημιουργείται σ' αυτόν από την καμινάδα. Οι περισσότεροι φούρνοι στην βιομηχανία είναι αυτού του τύπου.
- Φούρνοι βεβιασμένου ελκυσμού, όπου ο αέρας εισέρχεται στο φούρνο με την βοήθεια ενός φυσητήρα, όπως στους λέβητες, όπου ο αέρας εισέρχεται στο φούρνο λόγω της υποπίεσης που δημιουργεί σ' αυτόν ένας φυσητήρας.

Οι φούρνοι φυσικού ελκυσμού έχουν μικρότερο πάγιο κόστος εγκατάστασης και μικρότερο λειτουργικό κόστος αλλά και οι φούρνοι βεβιασμένου ελκυσμού έχουν πλεονεκτήματα όπως η δυνατότητα εγκατάστασης αυτόματης ρύθμισης αέρα και καυσίμου, η δυνατότητα εγκατάστασης προθέρμανσης του αέρα καύσης (σχήμα 3.25), καλύτερη ποιότητα καύσης και το σημαντικότερο έχουν αποδόσεις κατά 5-10 % ανώτερες των φούρνων φυσικού ελκυσμού. Η εκλογή του είδους του φούρνου που θα εγκατασταθεί γίνεται με οικονομικά κριτήρια.

Τέλος σημειώνεται ότι υπάρχουν συστήματα προθερμάνσεως του αέρα καύσεως στο φούρνο (μπορούν να εγκατασταθούν μόνο σε φούρνους βεβιασμένου ελκυσμού) με τα οποία η απόδοση του φούρνου είναι δυνατόν να φθάσει στο 90-92%.



Σχήμα 3.25: Σύστημα προθέρμανσης του αέρα καύσης (Σ.Κοκκώνης, Π. Νικολού, 2005)

3.7.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΟΥΡΝΩΝ

Η λειτουργία ίων φούρνων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να υπάρχει ασφάλεια και μέγιστη δυνατή οικονομία. Η καλή λειτουργία του φούρνου εξασφαλίζεται μόνο εάν ο φούρνος ελέγχεται τακτικά και σωστά και οι απαραίτητοι χειρισμοί γίνονται σωστά και έγκαιρα.

Ο έλεγχος του φούρνου πρέπει να γίνεται με τρεις τρόπους:

- Οπτικά
- Μέσω οργάνων
- Μέσω αναλύσεων

Οι χειρισμοί γίνονται κυρίως στους καυστήρες του φούρνου, στο Dampfer και στην ροή του θερμαινόμενου ρευστού. Κατωτέρω δίνονται αναλυτικά οι έλεγχοι που πρέπει να γίνονται και οι αντίστοιχοι χειρισμοί:

3.7.1.1.) Οπτική παρακολούθηση του φούρνου από τις θυρίδες παρακολούθησης.

Συνήθως ελέγχονται οι φλόγες ως προς το χρώμα και τη μορφή τους καθώς και ο εσωτερικός χώρος καύσεως.

α) Χρώμα Φλόγας

Εάν στο φούρνο καίγεται αέριο τότε οι φλόγες πρέπει να είναι γαλάζιες ή γαλάζιες με μικρές λωρίδες κίτρινου χρώματος. Όσο πιο κίτρινες είναι οι φλόγες τόσο μεγαλύτερη περίσσεια αέρα έχουμε στο φούρνο. Εάν στο φούρνο καίγεται μαζούτ τότε οι φλόγες πρέπει να είναι καθαρές, φωτεινές, με πορτοκαλί ή κιτρινωπό χρώμα, χωρίς σπίθες ή μικροφωτιές. Εάν οι φλόγες δεν είναι φωτεινές και καθαρές τότε υπάρχει έλλειψη περισσειας αέρα για την καύση.

β) Μορφή φλόγας

Η φλόγα πρέπει να έχει λογχοειδές σχήμα για εξοικονόμηση ενέργειας να είναι πολύ κοντή ή πολύ μακριά. Κοντή και κυανίζουσα φλόγα σημαίνει υπερβολική εκνέφωση (πολύ μικρό ιξώδες λαδιού) αντίθετα μακριά και κίτρινη φλόγα σημαίνει πτωχή εκνέφωση. Και τα δύο αυτά είδη φλόγας έχουν μικρή ακτινοβολία με αποτέλεσμα μείωση των ποσών θερμότητα., που εκμεταλλευόμαστε.

Οι φλόγες δεν πρέπει να κτυπούν στον κώνο του καυστήρα και στο πυρίμαχο, επειδή εκεί ο ρυθμός καύσεως μηδενίζεται, δημιουργείται κωκ από πυρόλυση του μαζούτ και καταστροφή του πυρίμαχου.

Στην κορυφή της φλόγας δεν πρέπει να παρατηρείται αιθάλη (καπνός). Εάν συμβαίνει αυτό σημαίνει ότι η καύση του καυσίμου δεν είναι ικανοποιητική λόγω χαμηλής περισσειας αέρα καύσεως.

Οι φλόγες δεν πρέπει, να παρουσιάζουν κύμανση και μεγάλο μέγεθος. Εάν συμβαίνει αυτό τότε ο αέρας καύσεως είναι πάρα πολύς και ο ελκυσμός μεγάλος.

Οι φλόγες να είναι σταθερές και όχι να αυξομειώνονται με συχνά παράλληλο σχηματισμό αιθάλης (καπνιάς). Τούτο σημαίνει ως επί το πλείστον βρώμικο καυστήρα.

Οι φλόγες δεν πρέπει να έχουν σπίθες, διότι τότε ή στον ατμό διασποράς υπάρχει υγρασία, ή στο καύσιμο στερεά ή δεν εκκενώθηκε καλά ο καυστήρας (πιθανά βρώμικος ή ιξώδες καυσίμου μεγάλο).

γ) Εξωτερικός χώρος καύσεως

Πρέπει να γίνονται συχνές παρατηρήσεις σε όλο τον εσωτερικό χώρο του φούρνου για πιθανές ερυθροπυρώσεις ή φωτεινά στίγματα στην πυρίμαχη επένδυση του φούρνου, στους αυλούς, τα στηρίγματα και τέλος εάν υπάρχει ή όχι μετάκαυση μέσα στο φούρνο και κυρίως κοντά στη ζώνη μεταφοράς.

3.7.1.2.) Οπτική παρακολούθηση του καυστήρα από κάτω από το φούρνο ώστε:

- α) Να ελέγχεται το άνοιγμα του πρωτογενούς και του δευτερογενούς αέρα.
- β) Να ελέγχεται ο καυστήρας για πιθανό στάξιμο που μπορεί να οφείλεται ή σε βουλωμένο καυστήρα ή σε κακή προθέρμανση καυσίμου ή σε μη κανονικό ατμό διασποράς.
- γ) Να ελέγχεται πιθανή συσσώρευση κωκ τόσο στον καυστήρα όσο και στο TIP αυτού, πράγμα που θα παρεμποδίζει τη σωστή λειτουργία του καυστήρα.

3.7.1.3.) Οπτικός έλεγχος του Damper για το άνοιγμα που έχει.

3.7.1.4.) Έλεγχος των καυσαερίων του φούρνου από την καπνοδόχο. Με τον έλεγχο αυτό μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα και γρήγορα εάν διατίθενται στο φούρνο ικανοποιητικός αέρας για τη καύση. Ο έλεγχος αυτός γίνεται ή με οπτικά ή με ειδικά όργανα (Backarah Tester). Όσο πιο μαύρη είναι η καμινάδα τόσο μεγαλύτερη έλλειψη αέρα έχουμε.

3.7.1.5.) Έλεγχος θερμοκρασίας καυσαερίων. Οι ψηλές θερμοκρασίες καυσαερίων πρέπει να αποφεύγονται διότι έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας, και είναι πιθανό να προκαλέσουν ζημιές στον εξοπλισμό του φούρνου και ιδιαίτερα στη ζώνη μεταφοράς. Οι ψηλές θερμοκρασίες οφείλονται ή σε μεγάλη περίσσεια αέρα ή σε κακή απόδοση μεταφοράς θερμότητας στη ζώνη μεταφοράς (φράξιμο που απαιτεί καθαρισμό με εκκαπνιστές). Οι χαμηλές θερμοκρασίες παρ' όλο που είναι επιθυμητές δεν πρέπει να είναι πολύ χαμηλές διότι

δημιουργούνται προβλήματα διαβρώσεως στον εξοπλισμό λόγω υγροποίησης παρουσιαζόμενου SO₂ στα καυσαέρια.

3.7.1.6.) Έλεγχος πίεσεως καυσίμου (υγρού ή αερίου). Οι καυστήρες είναι σχεδιασμένοι για καλή διασπορά και καύση σε μια περιοχή πιέσεων'. Κάθε υπέρβαση των ορίων καλής λειτουργίας σημαίνει κακή διασπορά και απώλειες καυσίμου.

3.7.1.7.) Διαφορική πίεση ατμού διασποράς. Για την καλή διασπορά του καυσίμου πρέπει ο ατμός να έχει πίεση ανώτερη του καυσίμου και σταθερή περίπου 1 - 2 kg/cm².

3.7.1.8.) Υγρασία ατμού διασποράς. Ο ατμός πρέπει να είναι πάντα ξηρός για την καλή λειτουργία του καυστήρα. Έλεγχος των drain και των ατμοπαγίδων στη γραμμή ατμού διασποράς πρέπει να γίνεται συχνά.

3.7.1.9.) Θερμοκρασία προθερμάνσεως υγρού καυσίμου. Το υγρό καύσιμο που πηγαίνει στους καυστήρες πρέπει να έχει τέτοια θερμοκρασία ώστε το ιξώδες του να είναι τέτοιο που να επιτρέπει την καλή εκνέφωση του καυσίμου (περίπου 30 Cst). Υπάρχουν ειδικές καμπύλες ιξώδους θερμοκρασίας για διάφορα καύσιμα.

3.7.1.10.) Θερμοκρασίες εξόδου πάσων από το φούρνο (COT). Η αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών πρέπει να είναι από τα κύρια μελήματα του χειριστή και τούτο για να αποφευχθεί η απανθράκωση του ρευστού.

3.7.1.11.) Θερμοκρασίες μετάλλου ουλών. Πρέπει συχνά να ελέγχονται. Ψηλές θερμοκρασίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν μέχρι και τη διάρρηξη του αυλού.

3.7.1.12) Πτώση πίεσεως του θερμαινόμενου ρευστού στο φούρνο. Ορισμένες φορές έχει μεγάλη σημασία η πτώση πίεσεως σαν μέτρο των εσωτερικών επικαθίσεων του κωκ στους αυλούς.

3.7.1.13.) Έλεγχος ελκυσμού. Είναι η διαφορά της στατικής πίεσης μεταξύ του εσωτερικού του φούρνου και της ατμόσφαιρας μετρούμενες στο ίδιο ύψος. Ο καλός ελκυσμός είναι απαραίτητος διότι σ' αυτόν οφείλεται τόσο η εισαγωγή του αέρα καύσεως στο φούρνο (για καυστήρες φυσικής κυκλοφορίας) όσο και η κίνηση των καυσαερίων προς την καπνοδόχο και από εκεί στην ατμόσφαιρα.

Ο υψηλός ελκυσμός πρέπει να αποφεύγεται διότι προκαλεί μεγάλους ρυθμούς εισαγωγής αέρα καύσεως από τις θυρίδες των καυστήρων με

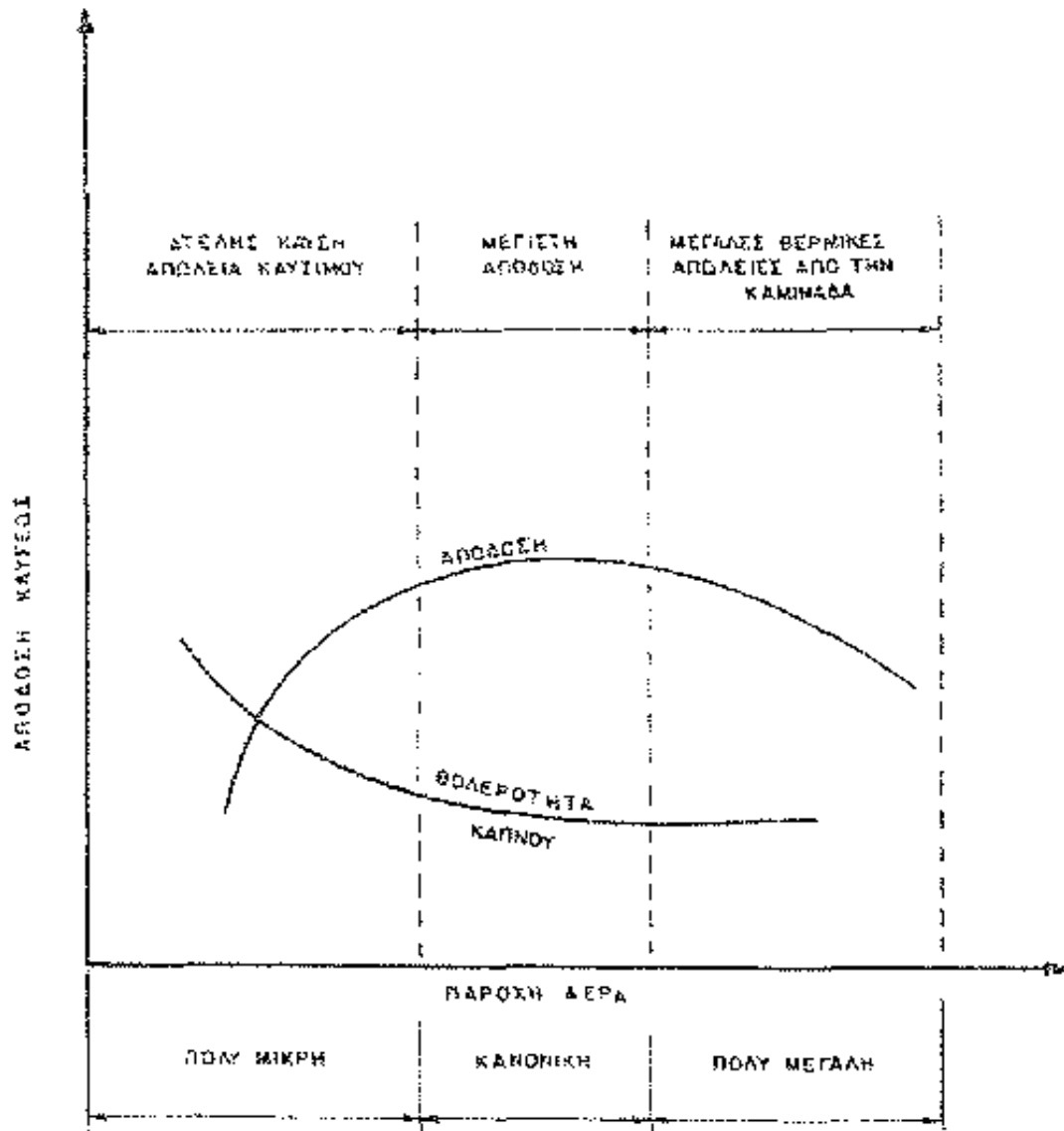
αποτέλεσμα απώλειες θερμότητας. Χαμηλοί και ανύπαρκτοι ελκυσμοί έχουν σαν αποτέλεσμα την πολύ μικρή εισαγωγή αέρα καύσεως με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται τέλεια καύση του καυσίμου και συνέπειες τις αυξημένες απώλειες καυσίμων, το μαύρισμα της καμινάδας και την καταστροφή της πυρίμαχης επένδυσης και του μεταλλικού κελύφους του φούρνου κυρίως στην ζώνη μεταφοράς.

Η επιθυμητή τιμή του ελκυσμού ρυθμίζεται από το άνοιγμα του damper.

Συνήθως ο ελκυσμός μετρείται στην είσοδο της ζώνης μεταφοράς όπου πρέπει να είναι γύρω στα 2.5 mm στήλης νερού. Εάν στο σημείο αυτό υπάρχει ελκυσμός τότε και σε οποιοδήποτε άλλο σημείο του φούρνου θα υπάρχει ελκυσμός.

3.7.1.14) Περίσσεια αέρα καύσης. Όσο καλός και αν είναι ο διασκορπισμός του καυσίμου για να επιτευχθεί τέλεια καύση απαιτείται κάποια περίσσεια αέρα. Εάν δεν υπάρχει αυτή ή είναι πολύ μικρή, τότε έχουμε ατελή καύση του καυσίμου και απώλεια άκαυστου στα καυσαέρια (αιθάλη). Από την άλλη μεριά μεγάλη περίσσεια αέρα αυξάνει τις απώλειες. (Σχήμα 3.26)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΕΩΣ



Σχήμα 3.26: Επίδραση της παροχής αέρα στην απόδοση της καύσεως (Σ.Κοκκώνης, Π. Νικολού ,2005)

Έτσι πάντα υπάρχει μία βέλτιστη τιμή της περίσσειας αέρα που συνήθως δίνεται από τους κατασκευαστές και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (είδος καυσίμου, είδος καυστήρα, ποιότητα διασκορπισμού, θάλαμος καύσεως κ.λ.π.). Γενικά μια τιμή γύρω στο 15% περίσσεια αέρα για αέριο καύσιμο και γύρω στα 25% για υγρό καύσιμο μπορεί να θεωρηθεί αρκετά καλή. Συνήθως το πρόβλημα είναι η μεγάλη περίσσεια αέρα, και αυτό διότι η μικρή περίσσεια αέρα έχει οπτικά αποτελέσματα (μαύρισμα καπνοδόχου και λειτουργικά προβλήματα στους καυστήρες) και έτσι γρήγορα και εύκολα γίνεται αντιληπτή.

Η περίσσεια αέρα σ' ένα φούρνο υπολογίζεται με τη βοήθεια αναλύσεων σε δείγματα καυσαερίων του φούρνου με ειδικές συσκευές ,με τις οποίες γίνεται μέτρηση

του περιεχομένου σ' αυτό O₂ (οξυγόνου), CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα) και CO (μονοξειδίου του άνθρακα).

Έτσι:

- Μικρή περιεκτικότητα σε CO₂ και μεγάλη σε O₂ σημαίνει μεγάλη περίσσεια αέρα.
- Μεγάλη περιεκτικότητα σε CO₂ και χαμηλή σε O₂ σημαίνει μικρή περίσσεια αέρα.
- Μεγάλη περιεκτικότητα CO₂, CO και συγχρόνως μεγάλη σε O₂ σημαίνει ή μικρή περίσσεια αέρα και εισροή αέρα από διάκενα ή κανονικός αέρας αλλά κακός διασκορπισμός και κακή ανάμιξη αέρα - καυσίμου.

Η ρύθμιση της περίσσειας του αέρα καύσεως γίνεται άμεσα μέσω των θυρίδων των καυστήρων και έμμεσα μέσω του Damper.

3.7.1.15.) Απόδοση φούρνου. Απόδοση θεωρείται ο λόγος του ποσού θερμότητας που εκμεταλλευόμαστε (που μεταβιβάζεται στο θερμαινόμενο μέσο) προς το ποσό θερμότητας που εκλύονται από την καύση του καυσίμου. Ο λόγος αυτός είναι μικρότερος της μονάδος και κυμαίνεται μεταξύ 0,8 και 0,9. Η απόδοση μπορεί να υπολογισθεί ή από θεωρητικό υπολογισμό των ποσών θερμότητας ή με την χρήση νομογραφημάτων.

3.7.2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η πλέον οικονομική λειτουργία, ενός φούρνου καθορίζεται από τη μέγιστη απόδοση του συστήματος ή αλλιώς από την ελαχιστοποίηση των απωλειών. Συνεπώς οικονομική λειτουργία σημαίνει ελάχιστες απώλειες. Οι απώλειες εν γένει μπορούν να θεωρηθούν δύο ειδών:

3.7.2.1) ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

Αυτές μπορούν να μειωθούν με:

- Σωστή ρύθμιση πίεσεως καυσίμου.
- Καλή διαφορική πίεση ατμού,
- Καλή ποιότητα ατμού.
- Καλό ιξώδες καυσίμου.
- Καθαρούς και καλούς καυστήρες.
- Σωστή ρύθμιση ελκυσμού.
- Σωστή περίσσεια αέρα.
- Προθέρμανση αέρα καύσεως.

- Χρήση βελτιωτικών καυσίμου.

3.7.2.2.) ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Αυτές μπορούν να μειωθούν με:

- Μείωση υγρασίας στο καύσιμο.
- Μείωση περίσσειας αέρα.
- Καλή μόνωση στο φούρνο.
- Λειτουργία σε κανονικά φορτία.
- Αποφυγή αποθέσεων στους αυλούς.
- Καθαρισμός των αυλών και ζώνης μεταφοράς.

3.8 ΛΕΒΗΤΕΣ (Steam Boilers)

3.8.1 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΛΕΒΗΤΑ

Οι λέβητες σε σχέση με τους φούρνους έχουν πολλές ομοιότητες και στην παραγωγή της θερμότητας (καύση) και στην μετάδοση της στο θερμαινόμενο ρευστό. Παρόλα αυτά έχουν μια σημαντική διαφορά ,που τους διαχωρίζει από τους φούρνους. Στους λέβητες (εικόνα 3.21), το θερμαινόμενο υγρό (νερό) εξατμίζεται τελείως και μετατρέπεται σε υπέρθερμο ατμό σε αντίθεση με τους φούρνους που θερμαίνουν και εξατμίζουν ένα μικρό ποσοστό του θερμαινόμενου υγρού. Στο λόγο αυτό οφείλεται και η τελείως διαφορετική διαδρομή που κάνει το θερμαινόμενο υγρό.

Τα βασικά μέρη του λέβητα είναι τα ίδια με κάθε φούρνου όπως:

- 1.Συστημα παραγωγής θερμότητας.
- 2.Τμημα μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία.
3. Τμήμα μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά.
- 4.Συστημα διαθέσεως προϊόντων καύσης.
- 5.Συστηματα που επιτρέπουν την καλή λειτουργία.
- 6.Συστηματα που αυξάνουν την ασφάλεια.



Εικόνα 3.21 : Ατμολέβητας .(www.chinamachines.en.made-in-china.com)

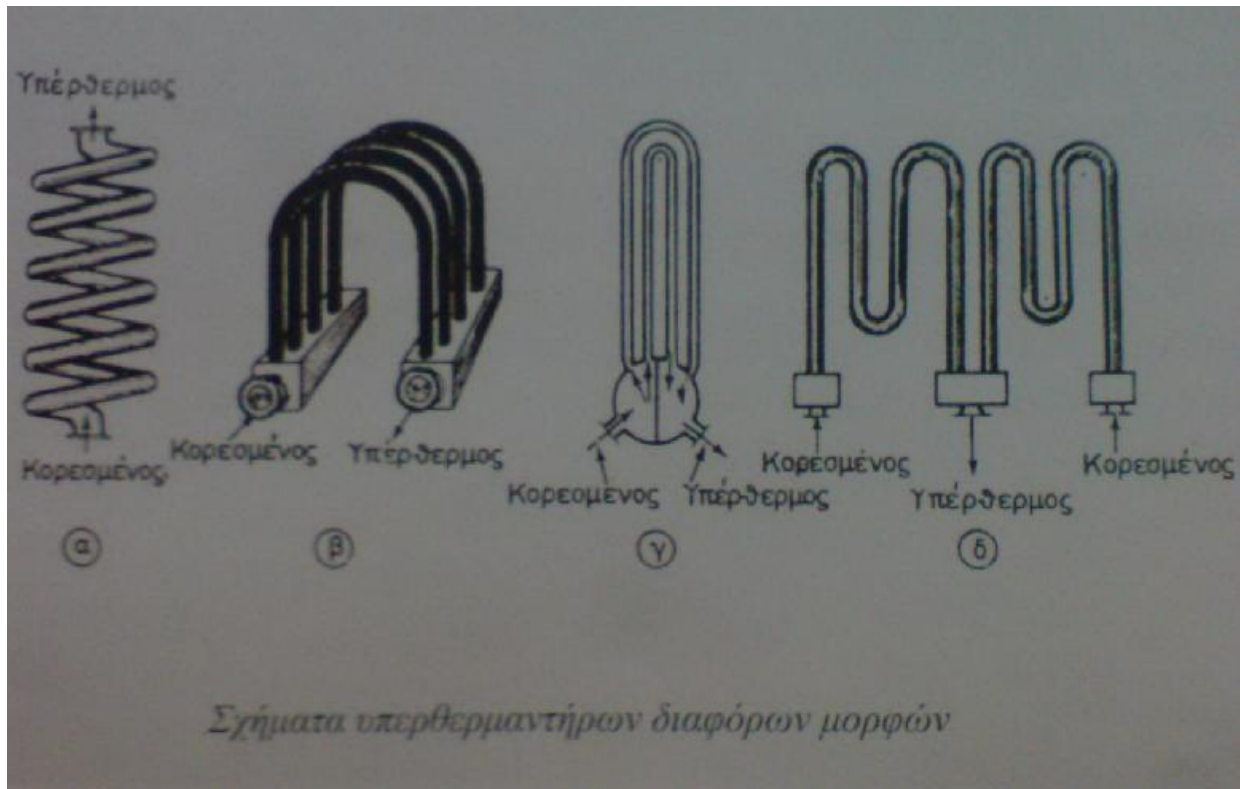
3.8.2 ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΝΕΡΟΥ - ΑΤΜΟΥ ΣΤΟ ΛΕΒΗΤΑ

Το νερό τροφοδοσίας λεβήτων (πιέσεως 68 BAR περίπου και θερμοκρασίας 150° C, στους λέβητες του Διυλιστηρίου) τροφοδοτείται μέσω αντλιών από τον Απαερωτή στο πρώτο (άνω) τμήμα του Οικονομητήρα, αφού προηγουμένως μέρος αυτού προθερμανθεί είτε στον εναλλάκτη προθέρμανσης (προθερμαντήρα) που βρίσκεται ή στην κορυφή του λέβητα , είτε στο κάτω θερμοδοχείο ώστε το μίγμα του νερού να έχει θερμοκρασία περίπου 130- 150°C.

Στη συνέχεια το νερό προθερμαίνεται στα στοιχεία του Οικονομητήρα έως την θερμοκρασία κορεσμού του ατμού (267° C). Κατόπιν οδηγείται στο άνω θερμοδοχείο του λέβητα. Εκεί βρίσκεται σε ισορροπία με τον παραγόμενο ατμό.

Στη συνέχεια το νερό δια μέσου των κάτω αγωγών συνδέσεως, των αυλών του λέβητα και των άνω αγωγών συνδέσεως, κινείται με φυσική κυκλοφορία και εξατμιζόμενο επιστρέφει στο θερμοδοχείο. Το θερμοδοχείο διαθέτει κατάλληλους χώρους και διαχωριστήρες / ανακλαστήρες για το χωρισμό του νερού από τον ατμό.

Ο ατμός καθαρός και στην ισορροπία του φεύγει από το θερμοδοχείο και οδηγείται στον υπερθερμαντήρα (σχήμα 3.27) όπου υπερθερμαίνεται. Στη συνέχεια γίνεται ψεκασμός νερού εντός του υπέρθερμου ατμού για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σε ορισμένο επίπεδο (410° C) και τέλος οδηγείται στους κύριους αγωγούς της κατανάλωσης.



Σχήμα 3.27: Σχήματα υπερθερμαντήρων διαφόρων μορφών (Χατζηνίκος Τ., 2005))

3.9 ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (HEAT EXCHANGERS)

Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι μία διάταξη, στην οποία γίνεται μεταφορά θερμότητας από ένα ρεύμα θερμού ρευστού (υγρού ή αερίου) σε ένα ρεύμα ψυχρού ρευστού, χωρίς όμως να γίνεται ανάμειξη των δύο ρευστών (Εικόνα 3.22). Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα εναλλάκτη θερμότητας είναι το ψυγείο του αυτοκινήτου, όπου γίνεται ψύξη του θερμού νερού της μηχανής με ρεύμα ψυχρού σέρα από το περιβάλλον το οποίο σαρώνει την εξωτερική επιφάνεια του ψυγείου.

Η θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταδίδεται από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρότερο. Η μετάδοση της ενέργειας (μετάδοση θερμότητας) είναι δυνατή όταν υπάρχει μία θερμοκρασιακή διαφορά και γίνεται πάντοτε από περιοχές υψηλότερων θερμοκρασιών σε περιοχές χαμηλότερων θερμοκρασιών. Κατά την εξέλιξη του φαινομένου της μετάδοσης της θερμότητας παρουσιάζεται πτώση της θερμοκρασίας του θερμότερου σώματος και ανύψωση της θερμοκρασίας του ψυχρότερου σώματος. Η μετάδοση της θερμότητας συνεχίζεται μέχρι να γίνει εξίσωση των θερμοκρασιών, οπότε και δεν υπάρχει πλέον θερμοκρασιακή διαφορά που να προκαλεί την μετάδοση της ενέργειας.



Εικόνα 3.22:Εναλλάκτης θερμότητας (www.bartassociates.com)

Η μετάδοση της θερμότητας σε μια θερμική διεργασία πραγματοποιείται με τους εναλλάκτες θερμότητας (Heat Exchangers), και γίνεται μεταξύ δύο ρευστών που χωρίζονται μεταξύ τους με ένα τοίχωμα συνήθως μεταλλικό. Ο ρυθμός μετάδοσης της θερμότητας μεταξύ του θερμότερου και του ψυχρότερου ρευστού καθορίζεται από τις φυσικές ιδιότητες των ρευστών, από την ροή τους, τις θερμοκρασίες τους και από την επιφάνεια εναλλαγής της θερμότητας η οποία χωρίζει τα δύο ρευστά. Το κυριότερο μέγεθος υπολογισμού των εναλλακτών θερμότητας είναι η επιφάνεια εναλλαγής, δηλαδή η επιφάνεια δια της οποίας μεταδίδεται η απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας. Για τον υπολογισμό της επιφανείας εναλλαγής χρειάζεται να γνωρίζουμε τη διαφορά θερμοκρασίας και τον συνολικό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Η μελέτη των εναλλακτών θερμότητας περιλαμβάνει και τους υπολογισμούς της πτώσης πίεσεως, που για οικονομικούς λόγους δεν πρέπει να είναι υψηλή.

3.9.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ

Από τους διάφορους διαθέσιμους τύπους εναλλακτών, σε διυλιστήρια και χημικές βιομηχανίες χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις βασικοί τύποι:

- Οι εναλλάκτες κελύφους και σωλήνων (shell and tubes),
- Οι εναλλάκτες ομόκεντρων σωλήνων (double pipe).

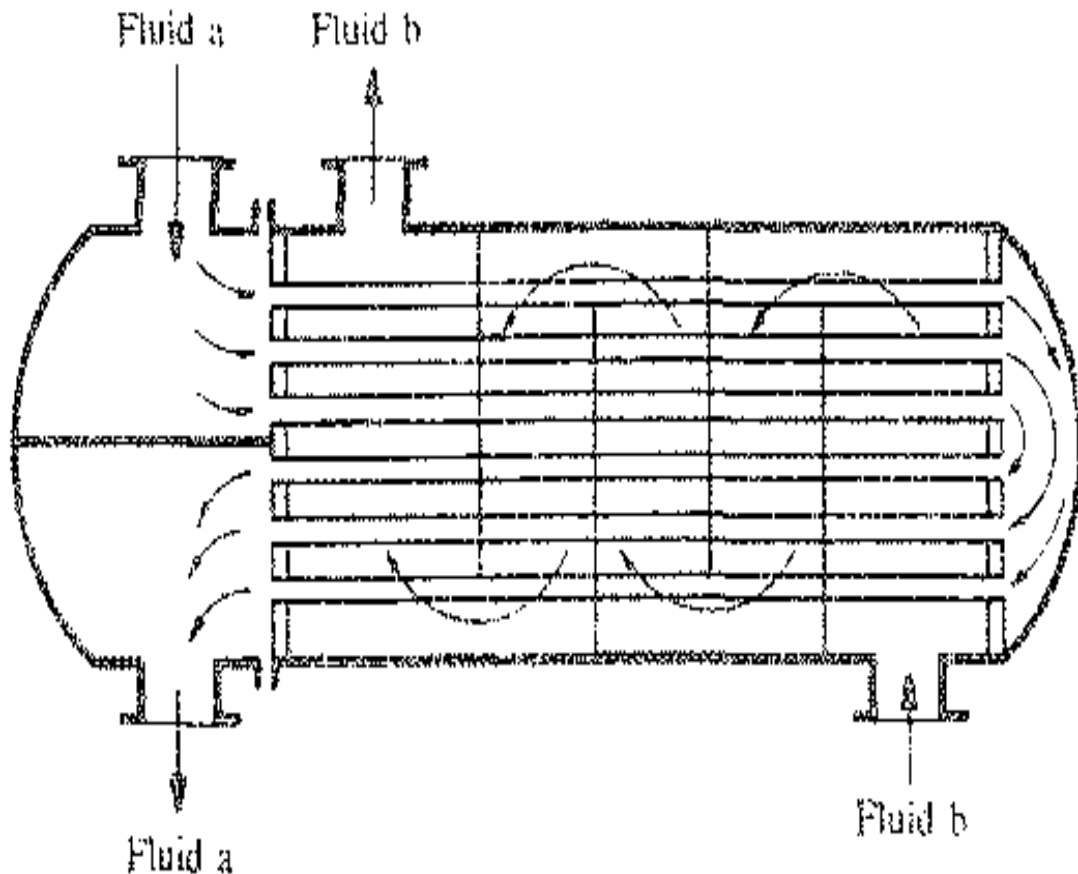
- Οι αερόψυκτοι εναλλάκτες (air coolers).

Ο βασικός κανόνας για την κατεύθυνση της ροής των ρευστών σε όλους τους εναλλάκτες είναι ότι το ρευστό που θερμαίνεται θα ρέει προς τα επάνω και το ρευστό που ψύχεται θα ρέει προς τα κάτω. Αυτό μπορεί να εκφραστεί και ως το θερμό ρεύμα συνδέεται στην επάνω πλευρά του εναλλάκτη και το ψυχρό στην κάτω. Υπάρχουν λίγες εξαιρέσεις σε αυτόν τον κανόνα. Γενικά εάν δεν είναι δυνατή η ατμοποίηση ή η συμπύκνωση κατά την διάρκεια της μετάδοσης της θερμότητας, η ροή μπορεί να γίνει με οποιονδήποτε τρόπο.

Η ροή του ενός ρευστού μπορεί να είναι κάθετη ως προς την διεύθυνση της ροής του άλλου (όπως γίνεται στα' αερόψυκτα) ή τα δύο ρευστά να ρέουν σε παράλληλες διευθύνσεις (όπως συμβαίνει στους εναλλάκτες με σωλήνες (εικόνα 3.23)). Για βελτιστοποίηση της απόδοσης όμως οι δύο ροές πρέπει να έχουν αντίθετες διευθύνσεις (δηλαδή τα δύο ρευστά πρέπει να ρέουν με αντίθετη φορά). Στην περίπτωση εναλλάκτη με κέλυφος και αυλούς, που είναι η πιο συνηθισμένη περίπτωση στην βιομηχανία, αυτό σημαίνει ότι εάν για παράδειγμα το ρευστό εισέρχεται στο κέλυφος από κάτω και εξέρχεται από πάνω, το άλλο ρευστό θα εισέλθει στους αυλούς από πάνω και θα εξέλθει από κάτω (σχήμα 3.28).



Εικόνα 3.23 : Εναλλακτης με κέλυφος και αυλούς (www.bartassociates.com)



Σχήμα 3.28 : Αντίθετη ροή ρευστών σε εναλλάκτη με κέλυφος και αυλούς. (Σ.Κοκκώνης και άλλοι,2005)

3.9.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ

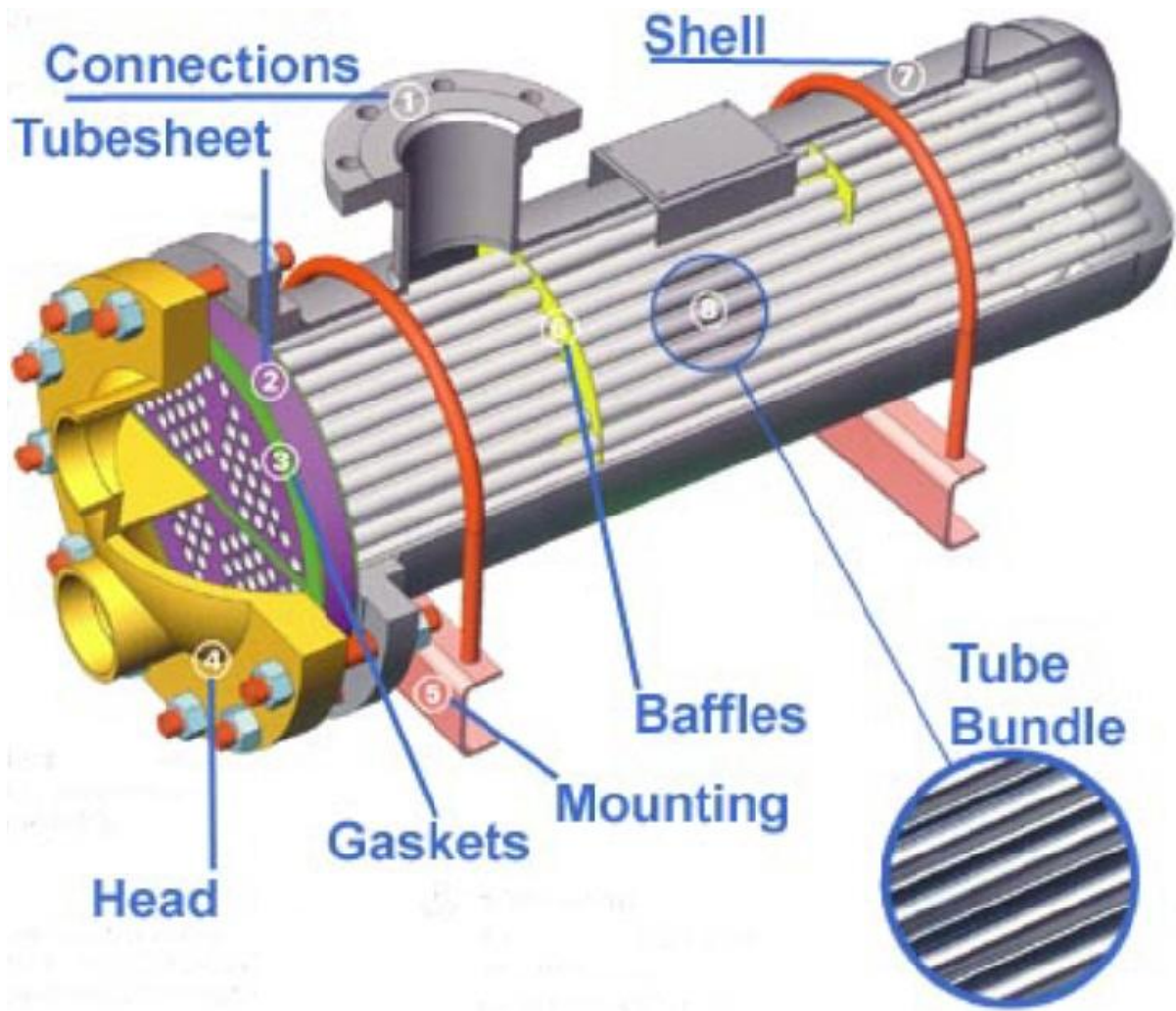
Ανάλογα με τη χρήση τους οι εναλλάκτες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Καταψύκτες (Chillers): Παγώνουν υγρά ή αέρια σε θερμοκρασία κατώτερη από εκείνη που μπορούμε να φθάσουμε με νερό. Σαν ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται προπάνιο, φρέον ή αμμωνία.
- Συμπυκνωτές (Condensers): Υγροποιούν ατμό ή μίγμα ατμών ή χωρίζουν μίγματα αερίων με διαφορετικό σημείο βρασμού.
- Ψύκτες (Coolers): Χρησιμοποιούν νερό για την ψύξη αερίων ή υγρών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Εναλλάκτες (Exchangers): Κάνουν διπλή εργασία σε μια μόνο φάση:
 - α) Ψύχουν ένα υγρό στην επιθυμητή θερμοκρασία.
 - β) Για την ψύξη χρησιμοποιούν υγρό που πρέπει να θερμανθεί.

- Θερμαντήρες (Healers): Προσφέρουν θερμότητα που παίρνουν από την υγροποίηση ατμών.
- Αναβραστήρες (Reboilers): Είναι εγκατεστημένοι στον πυθμένα δοχείων ή πύργων αποστάξεως για τον κλασματικό διαχωρισμό.
- Ατμογεννήτριες (Steam Generators): Παράγουν ατμό. συνήθως με τη θερμότητα προϊόντων πυθμένος.
- Υπερθερμαντήρες (Superheaters): θερμαίνουν ατμό πάνω από τη θερμοκρασία κορεσμού.

Η βασική μορφή ενός εναλλάκτη αποτελείται από τα εξής κυρίως μέρη (σχήμα 3.29) :

- Κέλυφος (Shell): Είναι ο εξωτερικός κύλινδρος κατασκευασμένος ανάλογα με τις απαιτήσεις από διάφορα μέταλλα ή κράματα. Το συνηθέστερο χρησιμοποιούμενο μέταλλο είναι τα ασάλι (carbon steel).
- Αυλοί (Tubes): Είναι το πλέγμα των αυλών που βρίσκεται στο εσωτερικό του κελύφους.
- Ανακλαστήρες (Baffles): Μεταλλικά ελάσματα εγκατεστημένα εγκάρσια ή κατά μήκος του κελύφους για την αλλαγή πορείας και ανάδευση των υγρών, όπως επίσης και για στηρίγματα των αυλών. Είναι το μέρος του εναλλάκτη μαζί με την δέσμη των αυλών που παθαίνει τις μεγαλύτερες διαβρώσεις.
- Σύνδεσμοι απορροφήσεως θερμικών διαστολών και συστολών (Expansion Joints) ή απλά δακτύλιοι διαστολής.
- Μετωπικά ελάσματα (Tubes Sheets): Είναι κυκλικοί δίσκοι προσαρμοζόμενοι στα δυο άκρα του κελύφους. Έχουν τρύπες συμμετρικά ανοιγμένες μέσα από τις οποίες περνούν και στηρίζονται οι αυλοί. Το στηρίγμα των αυλών γίνεται ή με κόλλημα ή με εκτόνωση.
- Καπάκια του κελύφους (Shell Cover): Κλείνουν το ένα ή και τα δύο (ανάλογα του τύπου του κελύφους) ανοικτά μέρη του κελύφους.
- Ακροφύσια (Nozzles) εισαγωγής εξαγωγής υγρών.
- Εξαεριστήρες (Vents) για να βγαίνει ο αέρας.
- Σημεία αποστραγγίσεως του κελύφους (Drain Connection).
- Θάλαμοι εισαγωγής - εξαγωγής (Channels).



Σχέδιο 3.29 : Τα κύρια μέρη ενός εναλλάκτη. (www.apihheattransfer.com).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ

Οι εγκαταστάσεις των Διυλιστηρίων αποτελούνται από επί μέρους μονάδες κάθε μία από τις οποίες είναι αυτοτελής, ως προς τον εξοπλισμό και συνδεδεμένη με άλλες όσον αφορά την πρώτη ύλη και τα προϊόντα. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν και τις μονάδες παραγωγής των βοηθητικών παροχών για το Διυλιστήριο (όπως νερό, ατμός, καύσιμα κλπ.), τα συστήματα ασφαλείας των πυρσών και τους αποθηκευτικούς χώρους τόσο του αργού πετρελαίου όσο και των ενδιάμεσων και των τελικών προϊόντων.

Οι διάφορες διεργασίες λειτουργίας του διυλιστηρίου συνοδεύονται και από την παραγωγή αερίων ,υγρών ,και στερεών αποβλήτων , τα οποία διαχειρίζονται με τον βέλτιστο τρόπο προκειμένου να ελαχιστοποιείται η επιβάρυνση προς το φυσικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με την νομοθεσία **ρύπανση** μπορεί να θεωρηθεί κάθε μεταβολή η οποία μπορεί να προκαλέσει βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη αλλοίωση ή φθορά στον άνθρωπο σαν άτομο ή μέλος κοινωνίας και στο περιβάλλον του στην υλική ή πολιτιστική του περιουσία και του ελαττώνει τις ευκαιρίες για ανάπτυξη ή αναψυχή.

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν φαινόμενα ρυπάνσεως προτείνονται διάφορες διορθωτικές λύσεις όπως:

- Ø Κατάλληλα νομοθετικά μέτρα
- Ø Οικονομικά μέτρα και επενδύσεις
- Ø Εφαρμογή της αρχής “ο ρυπαίνων πληρώνει”
- Ø Πρόληψη σύμφωνα με έγκαιρη πρόβλεψη γι’ αυτό καθιερώθηκε η “Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων” για κάθε έργο σημαντικής κλίμακας
- Ø Εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών (BAT,BEST AVAILABLE TECHNIQUES)

Ενδεικτικά μερικές τυπικές απαιτήσεις της νομοθεσίας είναι:

- § Άδεια Λειτουργίας
- § Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
- § Ατμοσφαιρική Ρύπανση (ΥΑ 11294/93 ΦΕΚ 264/Β/93)
- § Καπνός / Σκόνη (ΠΔ 1180 ΦΕΚ 293/Α/81)
- § Στερεά Απόβλητα (ΥΑ 69728/824/96 ΦΕΚ 358/Β/96)
- § Απόρριψη Μπαταριών Συσσωρευτών (ΥΑ 73537/1438/95 ΦΕΚ 781/Β/95)
- § Υγρά Απόβλητα (ΥΑ 980/2/2001 ΦΕΚ 40/8/96) & Ορυκτέλαια (ΥΑ 179182/656/79 ΦΕΚ 582/Β/74)
- § Όχληση (ΠΔ 1180 ΦΕΚ 293/Α/81)

4.1 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ

Στην βιομηχανία , τα απόβλητα προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία και από άλλους τομείς δραστηριότητας σ'αυτή (π.χ. λεβητοστάσιο).Αυτά πρέπει να διατεθούν σε κάποιον φυσικό αποδέκτη που μπορεί να είναι είτε επιφανειακά νερά (θάλασσα) είτε στο έδαφος ή να αποθηκευτούν προσωρινά εντός της βιομηχανικής εγκατάστασης.

4.1.1 Αέριοι ρύποι

ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ σύμφωνα με την πηγή εκπομπής τους θεωρούνται (εικόνες 4.1 και 4.2) :

1. Οι απώλειες υδρογονανθράκων από δεξαμενές αποθήκευσης και τις φορτοεκφορτώσεις πλοίων.
2. Τα καπναέρια από τις καμινάδες
3. Αέρια από έκτακτες εργασίες όπως από εκκαπνισμούς-decoking κ.λ.π.
4. Αέρια από διαρροές εξοπλισμού
5. Απώλειες υδρογονανθράκων στην περίπτωση που η βιομηχανική μονάδα διαθέτει βιολογικό καθαρισμό.
6. Αέρια απόβλητα πυρσών

Οι κύριοι ρυπαντές των αερίων αποβλήτων είναι :

- ◆ Πτητικοί υδρογονάνθρακες
- ◆ Τα αζωτοξείδια
- ◆ Το διοξείδιο του θείου
- ◆ Ο καπνός
- ◆ Τα αιωρούμενα σωματίδια
- ◆ Το μονοξείδιο του άνθρακα
- ◆ Το υδρόθειο
- ◆ Οι οσμηρές ουσίες.



Εικόνα 4.1 : Αέριοι ρύποι (Ε.Στέφα , 2010)



Εικόνα 4.2 : Αέριοι ρύποι (www.greenpeace.org)

4.1.2 Υγρά απόβλητα

ΡΥΠΑΣΜΕΝΑ ΝΕΡΑ: Νερά των οποίων η μεταβολή της σύστασης τους συνεπάγεται για κάποιες παραμέτρους συγκεντρώσεις επικίνδυνες για τους ζώντες οργανισμούς.

Οι κύριοι ρυπαντές των υγρών αποβλήτων είναι :

- ◆ Υδρογονάνθρακες
- ◆ Θειούχες ενώσεις
- ◆ Φαινόλες, υδρόθειο
- ◆ Μικροποσότητες εξαντλημένων καυστικών οξέων
- ◆ Αιωρούμενα στερεά
- ◆ Αμμωνία και μέταλλα

Τα Υγρά απόβλητα (εικόνα 4.3), είναι κυρίως βιομηχανικά και είναι:

- § Από τη λειτουργία των μονάδων
- § Από τις εξυδατώσεις των δεξαμενών
- § Τα υγρά απόβλητα λιμένος
- § Τα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργασίας ιλύος
- § Το σύνολο των ομβρίων υδάτων του διυλιστηρίου



Εικόνα 4.3: Υγρά Απόβλητα (Ε.Στέφα ,2010)

4.1.3 Στερεά απόβλητα

Τα στερεά απόβλητα είναι ουσίες σε στερεή ή ημίρρευστη κατάσταση και αντικείμενα κάθε φύσης και μορφής τα οποία ο χρήστης ή ο κάτοχος τους είναι υποχρεωμένος ή θέλει να απαλλαγεί.

Τα στερεά απόβλητα (εικόνα 4.4) ,διακρίνονται σε αστικά και βιομηχανικά:

ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

- ◆ Σκουπίδια με κυρίαρχη παρουσία υπολειμμάτων τροφών,
- ◆ Απορρίμματα με κυρίαρχη παρουσία χαρτιού, γυαλιού, μετάλλων...
- ◆ Μεγάλα αντικείμενα
- ◆ Άχρηστα δομικά υλικά και μπάζα κατεδαφίσεων

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

- ◆ Φθαρμένα εξαρτήματα και ογκώδη τμήματα άχρηστων εγκαταστάσεων
- ◆ Πετρελαιοειδή
- ◆ Σκουριές
- ◆ Στερεά απόβλητα των παραγωγικών διαδικασιών της βιομηχανίας τα οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον(καταλύτες)
- ◆ Λάσπες
- ◆ Αμμοβολές
- ◆ Μονώσεις



Εικόνα 4.4 : Στερεά απόβλητα (www.greenpeace.org)

4.2. ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της ρύπανσης που προέρχεται από τις βιομηχανικές μονάδες διύλισης πετρελαίου, είναι απαραίτητη η σωστή διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται απ'αυτές . Τα υγρά , τα αέρια και τα στερεά απόβλητα, επεξεργάζονται και διαχειρίζονται κατάλληλα ώστε η τελική διάθεση τους στο περιβάλλον, να είναι όσο το δυνατόν πιο "ανώδυνη" για αυτό ,και σύμφωνα με την σχετική νομοθεσία που πρέπει να τηρηθεί ώστε να προστατέψουμε τον πλανήτη μας και κατ'επέκτασιν ,εμάς τους ίδιους (εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.5: Σκεφτόμαστε το περιβάλλον με τη σωστή διαχείριση των αποβλήτων (www.greenpeace.org).

4.2.1. Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Δυναμικότητας 500 m³/h)

Τα υγρά απόβλητα του Διυλιστηρίου προς επεξεργασία είναι μείγμα από τα ακόλουθα ρεύματα :

Νερά από τις μονάδες παραγωγής, αποστραγγίσεις δεξαμενών, βρόχινα νερά από τις περιοχές των μονάδων και των δεξαμενών, έρμα πλοίων μετά τον διαχωρισμό του στις δεξαμενές υποδοχής.

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων γίνεται σε τρία στάδια :

- 1. Πρωτογενής διαχείριση – (διαχωρισμός με βαρύτητα)**
Για την απομάκρυνση του λαδιού τα απόβλητα οδηγούνται σε δύο ελαιοδιαχωριστές API με βαρύτητα. Το λάδι διαχωρίζεται από το νερό ως ελαφρύτερο, συλλέγεται και επαναδιυλίζεται στις μονάδες απόσταξης. Ο πρώτος ελαιοδιαχωριστής αποτελείται από ένα μόνο κανάλι και λειτουργεί σαν προ-διαχωριστής. Η έξοδος από αυτόν τροφοδοτεί τον δεύτερο API ο οποίος αποτελείται από δύο κανάλια .
- 2. Δευτερογενής Διαχείριση – (Φιλτράρισμα)**
Τα νερά από την έξοδο των ελαιοδιαχωριστών οδηγούνται στην μονάδα αμμόφιλτρων, όπου υπάρχουν τρία αμμόφιλτρα που λειτουργούν παράλληλα. Στα αμμόφιλτρα αφαιρούνται τα ίχνη αδιάλυτου λαδιού και τα αιωρούμενα σωματίδια βελτιώνοντας το BOD.
- 3. Τριτογενής διαχείριση – Βιολογικό Σύστημα**
Τα φιλτραρισμένα νερά οδηγούνται στο βιόφιλτρο, όπου γίνεται η βιολογική διεργασία. Μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στο βιόφιλτρο καταστρέφουν το μικρό υπόλειμμα διαλυμένου λαδιού στο νερό, κάτω από αερόβιες συνθήκες λειτουργίας. Εξισορρόπηση των νερών και επιπλέον βιολογική διεργασία γίνεται στο lagoon. Σε αυτό το τελευταίο στάδιο επιτυγχάνεται βελτίωση του BOD.

Τελικά τα νερά διοχετεύονται στον Σαρωνικό κόλπο σύμφωνα με την Ελληνική Περιβαλλοντική Νομοθεσία.

Απογυμνωτές Όξινων Νερών / Εξουδετέρωση εξαντλημένης καυστικής :

Τα υγρά απόβλητα από τις μονάδες παραγωγής που χαρακτηρίζονται ως "εξαντλημένες καυστικές" ή "όξινα νερά" επεξεργάζονται σε δύο διαφορετικά συγκροτήματα μονάδων, στην μονάδα εξουδετέρωσης και σε δύο μονάδες απογύμνωσης όξινων νερών. Στην μονάδα εξουδετέρωσης, οι εξαντλημένες καυστικές εξουδετερώνονται με H_2SO_4 και εν συνεχεία οδηγούνται στην μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Στις μονάδες απογύμνωσης τα H_2S , NH_3 και φαινόλες απομακρύνονται από το νερό με χρήση ατμού. Μέρος των επεξεργασθέντων νερών ανακυκλοφορεί στις μονάδες παραγωγής, το δε υπόλοιπο οδηγείται στην μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Επαναχρησιμοποίηση συμπυκνωμάτων – Ανάκτηση ενέργειας

Πλήρης ανάκτηση συμπυκνωμάτων εναλλακτών στο σύστημα τροφοδοσίας των λεβήτων.

Αποχετευτικά συστήματα

Όλα τα αποστραγγιστικά είναι κλειστά συστήματα. Τα υγρά απόβλητα οδηγούνται στην μονάδα κατεργασίας υγρών αποβλήτων απ'όπου και ανακυκλώνονται ενώ τα εκτός προδιαγραφών προϊόντα οδηγούνται σε δεξαμενές απ'όπου επίσης ανακυκλώνονται με επαναδιύλιση.

Νερό ψύξης

Το Διυλιστήριο, εκτός της χρήσης του συστήματος αερόψυκτων, χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό σαν μέσο ψύξης. Το κύκλωμα ψύξης είναι ένα τυπικό once-through, όπου επιτρέπει την ψύξη μέσω εναλλακτών παρέχοντας την δυνατότητα εντοπισμού τυχόν διαρροών.

Έρμα

Το Διυλιστήριο έχει δύο δεξαμενές υποδοχής έρματος από δεξαμενόπλοια. Το νερό αυτό κατεργάζεται στην μονάδα κατεργασίας υγρών αποβλήτων.

Υγειονομικά υγρά απόβλητα

Στο Διυλιστήριο τα υγειονομικά υγρά απόβλητα κατεργάζονται στην μονάδα κατεργασίας υγειονομικών αποβλήτων πριν την τελική τους διάθεση.

Βρόχινο νερό

Τα επιφανειακά νερά ή τα νερά των βροχών του Διυλιστηρίου μπορεί να μολυνθούν τυχαία από υδρογονάνθρακες. Για τον λόγο αυτό συλλέγονται σε δύο λεκάνες χωρητικότητας 1300m³ και 8000m³ αντίστοιχα και μετά κατεργάζονται στην μονάδα υγρών αποβλήτων πριν την διάθεσή τους στη θάλασσα.

Ανίχνευση διαρροών

Προληπτικά ελέγχεται από το προσωπικό του Διυλιστηρίου το δίκτυο των υπονόμων και γραμμές εξοπλισμού για πρόληψη ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα.

Θάλασσα

Οι εγκαταστάσεις φόρτωσης / εκφόρτωσης της ΜΟΗ είναι εξοπλισμένες με συστήματα πρόληψης της ρύπανσης ενώ έχουν θεσπιστεί διαδικασίες όπως το OIL SPILL CONTINGENCY PLAN, στο οποίο περιγράφονται με σαφήνεια οι υπευθυνότητες και τα σχέδια δράσης σε περίπτωση ανάγκης. Όλο το προσωπικό που συμμετέχει εκπαιδεύεται περιοδικά για να βελτιώσει τις προσωπικές και ομαδικές ικανότητες ανταπόκρισης.

4.2.2. Διαχείριση αερίων αποβλήτων

Σταθμός παρακολούθησης ατμόσφαιρας

Η παρακολούθηση εκπομπών μπορεί να γίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα. Με άμεση παρακολούθηση οι εκπομπές μετριοούνται άμεσα με αναλυτές και ένα κινητό σταθμό μέτρησης ρύπων στην ατμόσφαιρα. Κύριοι ρυπαντές όπως NO_x, H₂S, SO₂ υδρογονάνθρακες και ολικά αιωρούμενα στερεά καταγράφονται συνεχώς. Επιπλέον η κατεύθυνση ανέμου και η ταχύτητα, η θερμοκρασία και η υγρασία δίνουν την ακριβή εικόνα της διασποράς των αερίων στην περιοχή που περιβάλλει το Διυλιστήριο.

Έμμεση παρακολούθηση μπορεί να γίνει με χρήση υπολογιστικών μεθόδων σε συνδυασμό με μέτρηση της εκπομπής σχετικών παραμέτρων. Η τακτική επιθεώρηση του εξοπλισμού μέτρησης από τους χειριστές της εγκατάστασης και τους Μηχανικούς Περιβάλλοντος θεωρείται σημαντική και ένας παράγοντας κλειδί για το σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Καθαρισμός αερίου καυσίμου

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο στο Διυλιστήριο κατεργάζονται με αμίνη για την αφαίρεση του υδρόθειου και μείωση εκπομπών του SO₂ πριν την είσοδό τους στο σύστημα αερίου καυσίμου. Τα πλούσια σε H₂S αέρια κατεργάζονται κατ'αρχήν στις μονάδες Claus για την μετατροπή του θείου σε στερεά κατάσταση και εν συνεχεία σε μία δεύτερη μονάδα (Tail Gas Clean-up Unit), όπου το αέριο υδρογονώνεται σε H₂S, το οποίο διαχωρίζεται αφού δεσμευθεί. Η απόδοση της διεργασίας είναι πάνω από 99%. Δύο μονάδες μετατροπής του θείου σε στερεό είναι εγκατεστημένες στο Διυλιστήριο, οι οποίες λειτουργούν με μοιρασμένο φορτίο. Αν μία μονάδα σταματά για κάποιο λόγο, τότε το κύριο μέρος του φορτίου της μπορεί να μεταφερθεί στην άλλη που λειτουργεί μέχρι να ελαχιστοποιηθεί η αύξηση εκπομπών. Αν απαιτείται, οι αλλαγές αυτές μπορούν να γίνουν στις κύριες μονάδες λειτουργίας για μείωση της ποσότητας του παραγόμενου H₂S.

Πυρσοί και καπνοδόχοι

Δύο πυρσοί χρησιμοποιούνται – ο πυρσός λιπαντικών, 80m ύψους και ο πυρσός καυσίμων 100m ύψους – για ασφαλή και περιβαλλοντικά φιλικό έλεγχο των αποπιέσεων του εξοπλισμού σε περιπτώσεις εκτάκτων καταστάσεων. Η διασπορά των καπναερίων από τις κύριες μονάδες στην ατμόσφαιρα επιτυγχάνεται μέσω κεντρικών καπνοδόχων περίπου 85m ύψους. Έκχυση ατμού γίνεται για την μεγιστοποίηση της απόδοσης καύσης και την ελαχιστοποίηση άκαυστων ή μερικώς άκαυστων υδρογονανθράκων.

Αύξηση της χρήσης αερίου καυσίμου

Το Διυλιστήριο αυξάνει την χρήση αερίου καυσίμου και μειώνει την χρήση καυσίμου λαδιού με σκοπό να μειώσει τις άμεσες εκπομπές ρυπαντών (π.χ. εκπεμπόμενο SO₂).

Αύξηση της απόδοσης σε ενέργεια

Το Διυλιστήριο βελτιστοποιεί την λειτουργία των φούρνων και λεβήτων με έλεγχο των κρίσιμων παραμέτρων ενώ γίνεται συνεχής παρακολούθηση της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του οξυγόνου των καπναερίων για βελτιστοποίηση της καύσης. Παράλληλα γίνεται ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας των καυσαερίων μέσω παραγωγής ατμού.

Μείωση NOx

Καυστήρες μειωμένων εκπομπών NOx είναι εγκατεστημένοι σε νέους φούρνους αλλά και στους παλιούς όπου είναι εφικτή η αντικατάστασή τους, ώστε να μειώνεται η δημιουργία NOx.

Μείωση διαφυγόντων εκπομπών

Γίνεται ελαχιστοποίηση των διαφυγόντων εκπομπών εξοπλισμού μέσω ανίχνευσης των διαρροών και εν συνεχεία υλοποίησης προγραμμάτων επισκευής (LDAR) (μέθοδος EPA 21). Με χρήση αυτής της τεχνικής η συγκέντρωση των αερίων μετράται στην ενδεχόμενη θέση διαρροής στην εγκατάσταση. Σε περίπτωση που καταγράφονται μετρήσεις άνω των 1000ppm, ο εξοπλισμός που διαρρέει παραδίδεται αμέσως προς επισκευή. Όλα τα πτητικά προϊόντα αποθηκεύονται σε δεξαμενές με πλωτή οροφή ενώ η εξωτερική επιφάνεια βάφεται με ανοιχτά χρώματα ώστε να εμποδιστεί η υπερθέρμανση τους. Οι διαχωριστές με βαρύτητας API στην μονάδα κατεργασίας υγρών αποβλήτων έχουν επίσης πλωτά σκέπαστρα.

Πρόληψη θορύβου

Πρόληψη θορύβου επιτυγχάνεται με υλοποίηση μόνιμου προγράμματος ελέγχου και καταγραφής στην περιοχή του Διυλιστηρίου.

4.2.3. Διαχείριση στερεών αποβλήτων

Κατεργασία ιλύος

Η ιλύς του Διυλιστηρίου αρχικά κατεργάζεται σε μονάδα απελαίωσης / αφύγρανσης με απόδοση μεγαλύτερη από 90%. Το ανακτήσιμο λάδι ανακυκλώνεται με επαναδιύλιση.

Το στερεό υπόλειμμα διατίθεται για βιο-αποικοδόμηση σε ειδικά διαμορφωμένες εκτάσεις (landfarms), που καταλαμβάνουν μία περιοχή 36.000m² σύμφωνα με τα πρότυπα API. Η ιλύς που συλλέγεται από τις διάφορες διεργασίες πάντα κατεργάζεται ανάλογα με την περιεκτικότητά της σε υδρογονάνθρακες, πριν διατεθεί.

Διάθεση εξαντλημένων καταλυτών

Η διαχείριση των εξαντλημένων καταλυτών γίνεται ως εξής :

- πώληση στην εξωτερική αγορά
- αποστολή στο εξωτερικό για ανάκτηση μετάλλων ή επιστροφή στους κατασκευαστές για αναγέννηση
- διάθεση στην τσιμεντοβιομηχανία σύμφωνα με την ελληνική περιβαλλοντική νομοθεσία σε περίπτωση που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν.

Έδαφος και υπόγεια νερά

Το Διυλιστήριο έχει σύστημα παρακολούθησης και επιθεώρησης εξοπλισμού και διεργασιών έτσι ώστε να εξακριβώνει ενδεχόμενες πηγές σφάλματος πριν εκδηλωθούν ώστε να γίνουν οι διορθωτικές ενέργειες. Πλήρης και λεπτομερής ανίχνευση διαρροών γίνεται σε όλο το Διυλιστήριο αλλά και εκτός αυτού.

Παρακολούθηση του υπόγειου νερού

Σύστημα παρακολούθησης του υδροφόρου ορίζοντα εφαρμόζεται με σκοπό τον έλεγχο της ποιότητας των υπόγειων νερών.

Διευθέτηση αποβλήτων

Η καλύτερη δυνατή διευθέτηση γίνεται προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα απόβλητα με τον λιγότερο δαπανηρό τρόπο, όπως είναι η κατάλληλη διαχείριση και αποθήκευση υλικών εξοπλισμού (scrap), υλικών συσκευασίας κ.λ.π.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

5.1. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΟΡΩΝ

Το περιβάλλον το αποτελούν : το έδαφος ,η θάλασσα ,τα υπόγεια και επιφανειακά νερά , ο αέρας ,η χλωρίδα , η πανίδα ,οι φυσικοί πόροι και τα στοιχεία πολιτισμού έτσι όπως διαμορφώθηκαν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι βλαπτικές για το περιβάλλον ενέργειες εκφράζονται με όρους όπως : καταστροφή- μόλυνση –ρύπανση –βλάβη – υποβάθμιση κ.ά. Ο ελληνικός νόμος για την προστασία του περιβάλλοντος Ν1650/1986 περιέχει τρεις ρητούς ορισμούς εννοιών που συνθέτουν την γενικότερη έννοια της προσβολής του περιβάλλοντος.

Ρύπανση του περιβάλλοντος : Η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων ,δηλαδή κάθε είδους ουσιών ,θορύβου ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας ,σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία , στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Μόλυνση : Η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών.

Υποβάθμιση : Η πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης ή οποιασδήποτε άλλης μεταβολής στο περιβάλλον ,η οποία είναι δυνατόν να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία ,στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων , στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και τις αισθητικές αξίες.

Κατά την έννοια του νόμου αυτού νοούνται ως :

Περιβάλλον : Το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία ,την ποιότητα της ζωής ,την υγεία των κατοίκων ,την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες.

Προστασία του περιβάλλοντος (Εικόνα 5.1): Το σύνολο των ενεργειών, μέτρων και έργων που έχουν στόχο την πρόληψη της υποβάθμισης του περιβάλλοντος ή την αποκατάσταση , διατήρηση ή βελτίωσή του.



Εικόνα 5.1: Προστατεύουμε όλοι μαζί το περιβάλλον (www.greenpeace.org)

Φυσικός αποδέκτης : Κάθε στοιχείο του περιβάλλοντος που χρησιμοποιείται για την τελική διάθεση των αποβλήτων.

Απόβλητα : Κάθε ποσότητα ρύπων (ουσιών ,θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας) σε οποιαδήποτε φυσική κατάσταση από τα οποία ο κάτοχος τους θέλει ή πρέπει ή υποχρεούται να απαλλαγεί ,εφόσον είναι δυνατόν να προκαλέσουν ρύπανση.

Διαχείριση αποβλήτων: Το σύνολο των δραστηριοτήτων συλλογής ,διαλογής ,μεταφοράς ,επεξεργασίας ,επαναχρησιμοποίησης ή τελικής διάθεσης αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος

Ουσίες : Χημικά στοιχεία και οι ενώσεις τους όπως παρουσιάζονται στην φυσική τους κατάσταση ή όπως παράγονται δευτερογενώς.

Παρασκευάσματα: Μείγματα ή διαλύματα που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες ουσίες.

Επικίνδυνες ουσίες ή παρασκευάσματα : Οι ουσίες ή τα παρασκευάσματα που είναι τοξικές ,διαβρωτικές ή, ερεθιστικές ,εκρηκτικές ,εύφλεκτες, καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες, ραδιενεργές ή άλλες ουσίες που έχουν την ιδιότητα να επιταχύνουν την καύση , να αλλοιώνουν την φυσική κατάσταση του νερού, του εδάφους ή του αέρα και να προσβάλλουν δυσμενώς τον άνθρωπο και όλα τα έμβια όντα καθώς και το φυσικό περιβάλλον.

Η αντίληψη για το μέγεθος της ρύπανσης και η εμφάνιση των αρνητικών επιπτώσεων στους ζώντες οργανισμούς και ιδιαίτερα στην υγεία των ανθρώπων προκάλεσε και προκαλεί συνεχώς διάφορες κινητοποιήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος. Πολλές απ' αυτές φέρνουν θετικά αποτελέσματα ,άλλες όμως κινητοποιήσεις φθάνουν μέχρι το σημείο να τοποθετούνται εντελώς αρνητικά στην εξέλιξη και στη αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής.

Ο ισχυρισμός όμως ,σύμφωνα με τον οποίο η καταστροφή του περιβάλλοντος είναι αναπόφευκτο τίμημα της βιομηχανικής ανάπτυξης είναι αστήρικτος. Η ανθρώπινη επινοητικότητα έχει την ικανότητα να ξεπερνά τα αρνητικά αποτελέσματα , που συχνά συνοδεύουν την πρόοδο.

Η επιστημονική έρευνα και η εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών άρχισαν να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με το περιβάλλον και το σπουδαιότερο άρχισαν να διαμορφώνουν νέες αντιλήψεις και κανόνες που σηματοδοτούν την παραπέρα πορεία προς την πρόοδο και την εξέλιξη. Η οικονομική και βιομηχανική ανάπτυξη και η Προστασία του περιβάλλοντος υπηρετούν τις ανάγκες της ανθρωπότητας συνολικά.

Η παγκόσμια οικονομία συνυπάρχει με την παγκόσμια Οικολογία. Αυτό διαπιστώνεται και από τις νέες νομοθεσίες που εισάγονται στα διάφορα κράτη και που αναφέρονται στην προστασία του περιβάλλοντος

5.2 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στο Ελληνικό Σύνταγμα του 1975 αναφέρεται ότι : “ η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους” . Ως συνέπεια του νόμου αυτού ψηφίστηκαν από την ελληνική Βουλή διάφοροι νόμοι για την προστασία του περιβάλλοντος., οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι 1180/81 και 1650/86.

Η αρχική τάση περιβαλλοντικής πολιτικής με την υιοθέτηση της αρχής “ο ρυπαίνων πληρώνει” άρχισε να αντικαθίσταται από την αρχή της πρόληψης της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Η αντιμετώπιση της προστασίας του περιβάλλοντος μέσω ευρωπαϊκών οδηγιών αποτελεί συλλογική ευθύνη των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης . Η άδεια λειτουργίας μιας βιομηχανικής εγκατάστασης υφίσταται όταν η βιομηχανία τηρεί την νομοθεσία και τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς που ορίζει το κράτος.

Επιπροσθέτως η οποιαδήποτε επένδυση για το περιβάλλον ή ο σωστός σχεδιασμός συνδυάζεται με διαρκής και πλήρης παρακολούθηση και σχεδιασμένη επέμβαση με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος σε όλη την πορεία της μεταφοράς ,αποθήκευσης ,παραγωγής ,διακίνησης και διάθεσης στην κατανάλωση προϊόντων με παράλληλη συλλογή –επεξεργασία και διάθεση στο περιβάλλον των παραπροϊόντων και αποβλήτων.

5.2.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία – νέες τάσεις

ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ:

1. Προσθήκη περιβαλλοντικών και κοινωνικών δεικτών στο ΑΕΠ

Οι καιροί αλλάζουν και η πραγματικότητα απαιτεί αλλαγές και στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), απαιτεί την προσθήκη και νέων δεικτών, όπως είναι οι περιβαλλοντικοί και οι κοινωνικοί δείκτες, προκειμένου να μετρηθεί σωστά η πρόοδος μιας κοινωνίας, η πρόοδος μιας χώρας.

Πάνω στο θέμα αυτό εργάζεται εντατικά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία πιστεύει, πως συμπλήρωση του ΑΕΠ με πρόσθετα ακριβή κριτήρια μέτρησης, που αντανακλούν τον προβληματισμό του ευρέος κοινού θα επέτρεπε τη σύγκλιση της πολιτικής της ΕΕ με τις ανησυχίες των πολιτών.

Στο πλαίσιο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε σχετικοί έκθεση της, μεταξύ άλλων προτείνει την ανάπτυξη ενός συνολικού **περιβαλλοντικού δείκτη**.

Οι δείκτες που συνοψίζουν σημαντικά θέματα σε ένα ενιαίο αριθμό αποτελούν καίρια μέσα επικοινωνίας. Ευνοούν την ανταλλαγή απόψεων όσον αφορά τη χάραξη πολιτικών και επιτρέπουν στο ευρύ κοινό να αντιληφθεί κατά πόσον επιτελείται – ή μη – πρόοδος.

Το ΑΕΠ, καθώς και τα ποσοστά ανεργίας και πληθωρισμού είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνοπτικών δεικτών. Πλην όμως δεν προορίζονται να αντικατοπτρίζουν την κατάσταση σε παραμέτρους όπως είναι το περιβάλλον ή οι κοινωνικές ανισότητες.

Συνολικός περιβαλλοντικός δείκτης

Όπως αναφέρει η Επιτροπή στην έκθεσή της, σήμερα δεν υπάρχει ένας συνολικός περιβαλλοντικός δείκτης που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μαζί με το ΑΕΠ, σε συζητήσεις χάραξης πολιτικής. Μια τέτοια ενιαία μέτρηση για το περιβάλλον θα προωθούσε έναν πιο ισορροπημένο δημόσιο διάλογο για τους κοινωνικούς στόχους και την κοινωνική πρόοδο. Μεταξύ των δυνατών σχετικών δεικτών συγκαταλέγονται το οικολογικό αποτύπωμα και το αποτύπωμα άνθρακα, πλην όμως το πεδίο εφαρμογής τους είναι περιορισμένο (Το αποτύπωμα άνθρακα αφορά αποκλειστικά τις εκπομπές αερίων των θερμοκηπίων. Το οικολογικό αποτύπωμα δεν συνεκτιμά ορισμένες επιπτώσεις, π.χ. τις επιπτώσεις στα ύδατα. Ωστόσο, η Επιτροπή το δοκιμάζει, μεταξύ άλλων δεικτών, για την παρακολούθηση της εξέλιξης της θεματικής στρατηγικής για την αειφόρο χρήση των φυσικών πόρων και του σχεδίου δράσης για την βιολογική ποικιλότητα). Δεδομένου ότι έχουν πλέον ωριμάσει αρκετά οι σχετικές με τους σύνθετους δείκτες και δεδομένα μεθοδολογίες, οι υπηρεσίες της Επιτροπής προτίθενται να παρουσιάσουν, το 2010, μια δοκιμαστική εκδοχή ενός δείκτη σχετικού με την περιβαλλοντική πίεση. Ο δείκτης αυτός θα αντικατοπτρίσει τη ρύπανση και άλλες περιβαλλοντικές βλάβες εντός της επικράτειας της Ε.Ε., προκειμένου να αξιολογούνται τα αποτελέσματα των προσπαθειών περιβαλλοντικής προστασίας. Η τυχόν πτώση του δείκτη θα σημαίνει ότι επιτελείται πρόοδος όσον αφορά την περιβαλλοντική προστασία.

Στον δείκτη θα συνεκτιμώνται οι μεγάλοι άξονες της περιβαλλοντικής πολιτικής:

- § αλλαγή του κλίματος και χρήση της ενέργειας
- § φύση και βιοποικιλότητα
- § ατμοσφαιρική ρύπανση και επιπτώσεις στην υγεία
- § χρήση και ρύπανση των υδάτων
- § παραγωγή αποβλήτων και χρήση των πόρων

Αρχικά ο δείκτης θα δημοσιεύεται σε ετήσια βάση για την Ε.Ε. και για τα κράτη μέλη, ενώ ο πιο μακροπρόθεσμος στόχος θα είναι – σε περίπτωση επιτυχίας – να δημοσιεύεται παράλληλα με το ΑΕΠ.

Θα δημοσιεύονται επίσης συμπληρωματικές πληροφορίες για τα επιμέρους θέματα και τους σχετικούς περιβαλλοντικούς στόχους σε επίπεδα ΕΕ και σε επίπεδα κρατών μελών, ούτως ώστε να είναι δυνατή η σωστή ερμηνεία του δείκτη.

Χάρης σε αυτόν το δείκτη, σε συνδυασμό με το ΑΕΠ και τους κοινωνικούς δείκτες, αναμένεται ότι οι πολίτες θα είναι σε θέση να κρίνουν κατά πόσον οι πολιτικές της Ε.Ε. και των εθνικών κυβερνήσεων – καθώς και οι προσπάθειες των ιδιωτών και των επιχειρήσεων – επιτυγχάνουν το επιθυμητό επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας και κατά πόσον πραγματοποιούνται βήματα προόδου κατά τρόπο ισόρροπο, για την επίτευξη των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών στόχων.

Πέραν του συνολικού αυτού δείκτη για τις περιβαλλοντικές βλάβες και πιέσεις, είναι επίσης δυνατόν να αναπτυχθεί συνολικός δείκτης περιβαλλοντικής ποιότητας, ο οποίος αναφέρει, π.χ., τον αριθμό των ευρωπαϊών πολιτών που ζουν σε υγιές περιβάλλον. Οι σχετικές έρευνες θα ενταθούν.

Η Επιτροπή θα συνεχίσει να εργάζεται για τη διαμόρφωση δεικτών που θα επιτρέπουν την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτός της επικράτειας της ΕΕ (π.χ. δείκτες που θα επιτρέπουν την παρακολούθηση της εξέλιξης της θεματικής στρατηγικής για τη βιώσιμη φύση των φυσικών πόρων) και θα εξακολουθήσει να υποστηρίζει τη βελτίωση του οικολογικού αποτυπώματος.

Η Επιτροπή θα καταβάλει προσπάθειες να καταστήσει πιο επίκαιρα τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά δεδομένα, ούτως ώστε να ενημερώνονται καλύτερα οι αποφασίζοντες στην ΕΕ. Οι δορυφόροι, οι σταθμοί αυτόματης μέτρησης και το Διαδίκτυο επιτρέπουν σε ολοένα και μεγαλύτερο βαθμό την παρατήρηση του περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο χάρη στις διατάξεις της οδηγίας INSPIRE (οδηγία 2007/2/ΕΚ) και μέσω του συστήματος GMES (σύστημα Παγκόσμιας Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος και της Ασφάλειας - "Global Monitoring for Environment and Security")

2. Οδηγία 2004/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Απριλίου 2004, σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας

Η οδηγία 2000/35/ΕΚ ενσωματώθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα 148/2009 «Περιβαλλοντική ευθύνη για την πρόληψη και την αποκατάσταση των ζημιών στο περιβάλλον-εναρμόνιση με την οδηγία 2000/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Απριλίου όπως ισχύει» (ΦΕΚ 190/Α/2009).

Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος μέχρι σήμερα σε περιπτώσεις πρόκλησης ρύπανσης περιελάμβανε τις ζημίες που προκαλούνταν βασικά σε πρόσωπα και αγαθά. Σημαντικά συστατικά του φυσικού περιβάλλοντος (όπως φυτά, ζώα, οικότοποι) και οι επιπτώσεις σε αυτά από την πρόκληση ρύπανσης δεν

περιλαμβάνονταν σε δράσεις αποκατάστασης καθώς θεωρούνταν ένα δημόσιο αγαθό για το οποίο δεν αναγνωρίζονταν ευθύνη του ατόμου που προκάλεσε τη ζημιά.

Αυτή την έλλειψη σε ότι αφορά την ανάληψη ευθύνης και της κάλυψης της δαπάνης ρυθμίζει η οδηγία 2000/35/EK για την περιβαλλοντική ευθύνη. Η οδηγία εισάγει το καθεστώς που προβλέπει για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος όταν ένας φορέας εκμετάλλευσης προκαλέσει ρύπανση και ο οποίος είναι οικονομικά υπεύθυνος για την αποκατάσταση της ζημίας και της επαναφοράς του περιβάλλοντος και βασίζεται στην αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει». Σημαντικό ρόλο για την αποτελεσματική εφαρμογή της οδηγίας έχουν και οι ενδιαφερόμενοι φορείς και οι Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (ΜΚΟ) στις οποίες αναγνωρίζεται έννομο συμφέρον.

Πέρα από την θέσπιση του πλαισίου για την ανάληψη της ευθύνης και την αποκατάσταση της ζημίας από το ρυπαίνοντα, άμεση προτεραιότητα αποτελεί η οδηγία για την περιβαλλοντική ευθύνη να οδηγήσει στην αλλαγή της συμπεριφοράς των ατόμων-φορέων εκμετάλλευσης ώστε να αυξηθεί το επίπεδο πρόληψης και προφύλαξης.

Με βάση την οδηγία, η περιβαλλοντική ζημιά είναι η πρόκληση μετρήσιμης δυσμενούς μεταβολής του φυσικού πόρου και συγκεκριμένα η ζημιά που προκαλείται:

- § στα προστατευόμενα είδη καθώς και στους φυσικούς οικοτόπους που αυτά διαβιούν όπως αναφέρονται στις οδηγίες 79/409/EK και 92/43/EK
- § στα ύδατα με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της οικολογικής, χημικής ή/και ποσοτικής κατάστασής τους .
- § στο έδαφος, δηλαδή στην πρόκληση οποιαδήποτε μόλυνσης του εδάφους η οποία δημιουργεί σοβαρό κίνδυνο δυσμενών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία.

Οι δραστηριότητες που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά είναι οι εγκαταστάσεις για τις οποίες προβλέπεται άδεια σύμφωνα με την οδηγία 96/61, κάθε διαδικασία διαχείρισης αποβλήτων που περιλαμβάνει τη συλλογή, μεταφορά αποθήκευση, αξιοποίηση και διάθεση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων αποβλήτων, οι απορρίψεις σε επιφανειακά νερά και υπόγεια νερά, οι μεταφορές επικινδύνων ή ρυπογόνων εμπορευμάτων, κ.α.

Η αρχή σύμφωνα με την οποία ο ρυπαίνων είναι οικονομικά υπεύθυνος για τις περιβαλλοντικές ζημιές που προκαλεί (αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει») προβλέπεται ήδη στη Συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Δεδομένου ότι η αρχή αυτή διαδραματίζει αποτρεπτικό ρόλο κατά της παραβίασης των κανόνων σε θέματα περιβάλλοντος, συμβάλλει στην υλοποίηση των στόχων και στην εφαρμογή της κοινοτικής περιβαλλοντικής πολιτικής.

Η Λευκή Βίβλος για την περιβαλλοντική ευθύνη που δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2000 είχε ως στόχο την ανάλυση πιθανών τρόπων εφαρμογής της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» με σκοπό την υλοποίηση της περιβαλλοντικής πολιτικής της Κοινότητας. Μετά το πέρας αυτής της ανάλυσης, κρίθηκε ότι η έκδοση μιας οδηγίας θα ήταν το καταλληλότερο μέσο θέσπισης ενός κοινοτικού καθεστώτος περιβαλλοντικής ευθύνης. Η εν λόγω οδηγία είναι το αποτέλεσμα του προβληματισμού και της δημόσιας διαβούλευσης που έλαβαν χώρα με αφορμή τη Λευκή Βίβλο.

3. Αναθεώρηση της οδηγίας IPPC (ΟΠΕΡ)

Στόχος της νέας οδηγίας είναι να αντιμετωπίσει τις αδυναμίες της ισχύουσας νομοθεσίας για τις βιομηχανικές εκπομπές. Υπάρχουν επτά αλληλεπικαλυπτόμενες οδηγίες που διέπουν παρεμφερείς δραστηριότητες και περίπου 52.000 εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής μόνο της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (οδηγία ΟΠΕΡ). Η βασική επιδίωξη της οδηγίας είναι να αυξήσει τη χρήση «βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών» (ΒΔΤ), ούτως ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι βιομηχανίες χρησιμοποιούν τις πλέον αποδοτικές ως προς το κόστος τεχνικές για την επίτευξη υψηλού επιπέδου περιβαλλοντικής προστασίας.

Εξαιτίας των αδυναμιών της ισχύουσας νομοθεσίας, οι ΒΔΤ δεν εφαρμόστηκαν στην ΕΕ στο βαθμό που απαιτείται από την οδηγία ΟΠΕΡ. Υπάρχουν επίσης ασυνέπειες μεταξύ των διαφόρων κρατών μελών όσον αφορά τη συμμόρφωση με την υφιστάμενη νομοθεσία και την επιβολή της, το δε πολύπλοκο νομικό πλαίσιο επιβαρύνει με άσκοπες δαπάνες τη βιομηχανία. Όλα αυτά τα ζητήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να εξασφαλίζονται ίσοι όροι ανταγωνισμού για τη βιομηχανία και, ταυτόχρονα, υψηλότερα επίπεδα προστασίας για το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου.

Στόχος της οδηγίας ΟΠΕΡ είναι η πρόληψη και ο έλεγχος των εκπομπών των βιομηχανικών εγκαταστάσεων της ΕΕ στον ατμοσφαιρικό αέρα, στα ύδατα και στο έδαφος. Από τα πλέον πρόσφατα στοιχεία που διατίθενται σχετικά με την έκδοση αδειών βάσει της οδηγίας προκύπτει ότι, μέχρι τα μέσα του 2006, είχαν λάβει άδεια μόνον οι μισές περίπου από τις 52.000 εγκαταστάσεις που καλύπτει η οδηγία. Η απογοητευτική αυτή κατάσταση δείχνει ότι τα κράτη μέλη δεν κατέβαλαν αρκετές προσπάθειες για να τηρήσουν την προθεσμία που έθεσε η οδηγία (30 Οκτωβρίου 2007).

Η Επιτροπή διερεύνησε διεξοδικά το ζήτημα προτού προτείνει τη νέα οδηγία. Εξέτασε μελέτες με αντικείμενο την ανταγωνιστικότητα και τις διάφορες δυνατότητες απλούστευσης της νομοθεσίας, καθώς και εκθέσεις για επιμέρους βιομηχανικούς κλάδους και είχε εντατικό διάλογο με τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Αποτέλεσμα των ενεργειών αυτών ήταν η κατάρτιση μιας σαφέστερης και συνεκτικότερης οδηγίας, με τη συγχώνευση της οδηγίας ΟΠΕΡ και έξι τομεακών οδηγιών σε μια νέα ενιαία οδηγία για τις βιομηχανικές εκπομπές. Η νέα αυτή οδηγία ενισχύει την εφαρμογή των ΒΔΤ ανά την ΕΕ, ιδίως περιορίζοντας τις δυνατότητες παρέκκλισης από αυτές σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στην αιτιολόγηση των όρων των αδειών.

Η οδηγία καθορίζει αυστηρότερα όρια εκπομπών για ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους στην ΕΕ, και ιδίως για τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, όπου δεν έχει σημειωθεί επαρκής πρόοδος όσον αφορά τον περιορισμό της ρύπανσης. Καθιερώνει ελάχιστα πρότυπα για τις περιβαλλοντικές επιθεωρήσεις των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και παρέχει τη δυνατότητα αποτελεσματικότερης αναθεώρησης των αδειών.

Η πρόταση διευρύνει επίσης το πεδίο εφαρμογής της νομοθεσίας, ώστε να καλύψει άλλες ρυπογόνες δραστηριότητες, όπως τις μέσου μεγέθους εγκαταστάσεις καύσης, εξασφαλίζοντας έτσι για όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το ίδιο υψηλό επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας.

Η οδηγία αναμένεται να έχει σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου. Χάρη στις μειώσεις εκπομπών που θα επιτευχθούν στις μεγάλες

εγκαταστάσεις καύσης(με θερμική ισχύ μεγαλύτερη ή ίση από 50 MW) και μόνο, είναι πιθανόν να προκύψει καθαρό όφελος της τάξης των 7 έως 28 δισ. ευρώ ετησίως, προβλέπεται δε να ελαττωθούν οι πρόωροι θάνατοι κατά 13.000 και οι απώλειες ετών ζωής κατά 125.000. Σημαντικά οφέλη για την υγεία και το περιβάλλον αναμένονται και σε άλλους τομείς.

Η προτεινόμενη οδηγία θα μειώσει τις διοικητικές δαπάνες για τις αρχές και τις επιχειρήσεις κατά 105 έως 255 εκατ. ευρώ ετησίως και θα συμβάλει επομένως στη μελλοντική βιωσιμότητα της ευρωπαϊκής βιομηχανίας.

Δεδομένου ότι η πρόταση θα τεθεί σε εφαρμογή μετά από πολλά χρόνια, η Επιτροπή θα υποβάλει επίσης συστάσεις και θα συνεργαστεί με τα κράτη μέλη για τη βελτίωση της εφαρμογής της ισχύουσας νομοθεσίας.

4. Οδηγία IPPC (ΟΠΕΡ)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ορίζει τις υποχρεώσεις που πρέπει να τηρούνται στο πλαίσιο βιομηχανικών και γεωργικών δραστηριοτήτων υψηλού δυναμικού ρύπανσης, θεσπίζει μια διαδικασία έκδοσης άδειας για τέτοιες δραστηριότητες και προσδιορίζει ελάχιστες απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να καλύπτει κάθε άδεια, σε ό,τι κυρίως αφορά την απόρριψη ουσιών που ρυπαίνουν. Στόχος είναι η μη ρύπανση ή η ελαχιστοποίηση των ρύπων στον αέρα, το νερό και το έδαφος, καθώς και των αποβλήτων που προέρχονται από βιομηχανικές και γεωργικές εγκαταστάσεις με σκοπό να επιτευχθεί μια υψηλής στάθμης προστασία του περιβάλλοντος.

Η Οδηγία 2008/1/EK (η λεγόμενη "οδηγία IPPC"), που αντικαθιστά την οδηγία 96/61/EK, θεσπίζει την έκδοση άδειας για βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες υψηλού δυναμικού ρύπανσης. Για την έκδοση μιας τέτοιας άδειας προϋποτίθεται η τήρηση ορισμένων περιβαλλοντικών απαιτήσεων, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις να αναλαμβάνουν οι ίδιες την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης που ενδεχομένως θα προξενήσουν.

Η ολοκληρωμένη πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης αφορούν βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, νέες ή ήδη υπάρχουσες, υψηλού δυναμικού ρύπανσης, όπως ενεργειακές βιομηχανίες, παραγωγή και μεταποίηση μετάλλων, εξορυκτική βιομηχανία, χημική βιομηχανία, διαχείριση των αποβλήτων.

Περιβαλλοντικοί όροι που πρέπει να τηρούνται

Για να πάρει άδεια λειτουργίας, μια βιομηχανική ή γεωργική εγκατάσταση πρέπει να τηρεί ορισμένες θεμελιώδεις υποχρεώσεις αναφορικά κυρίως με:

- § τη χρησιμοποίηση όλων των αναγκαίων μέτρων καταπολέμησης της ρύπανσης και κυρίως την προσφυγή στις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (ώστε να προκύπτουν τα λιγότερα δυνατά απόβλητα, να χρησιμοποιούνται οι λιγότερο επικίνδυνες ουσίες, να είναι δυνατή η ανάκτηση και ανακύκλωση των εκπεμπόμενων ουσιών κ.λπ.)
- § την πρόληψη κάθε ρύπανσης μεγάλων διαστάσεων
- § την πρόληψη, ανακύκλωση ή διάθεση των αποβλήτων, με τις λιγότερο ρυπαντικές συνέπειες
- § την αποτελεσματική χρησιμοποίηση της ενέργειας
- § την πρόληψη των ατυχημάτων και τον περιορισμό των συνεπειών τους

§ την αποκατάσταση της τοποθεσίας μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων

Επιπλέον, η απόφαση για έγκριση άδειας περιέχει αριθμό συγκεκριμένων απαιτήσεων, οι κυριότερες μεταξύ των οποίων είναι:

- § οριακές τιμές εκπομπής ρύπων (εξαιρούνται τα αέρια που προξενούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου όταν εφαρμόζεται το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων)
- § ενδεχόμενα μέτρα για προστασία του εδάφους, του νερού και του αέρα
- § μέτρα διαχείρισης των αποβλήτων
- § μέτρα για εξαιρετικές περιστάσεις (διαρροές, δυσλειτουργίες, στιγμιαίες διακοπές ή οριστική παύση, κ.λπ.)
- § ελαχιστοποίηση της ρύπανσης σε μεγάλες αποστάσεις (διασυνοριακής ρύπανσης)
- § επιτήρηση της απόρριψης αποβλήτων
- § τέλος, κάθε άλλη ενδεδειγμένη απαίτηση

Προκειμένου για τον συντονισμό μεταξύ της διαδικασίας αδειοδότησης που προβλέπει η οδηγία και του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, άδεια που εγκρίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας δεν πρέπει να περιέχει οριακές τιμές εκπομπής αερίων που προξενούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου εάν τα τελευταία αποτελούν αντικείμενο του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής, και υπό τον όρο βέβαια ότι δεν υπάρχει πρόβλημα ρύπανσης σε τοπικό επίπεδο. Επιπλέον, οι αρμόδιες αρχές θα έχουν τη δυνατότητα να μην επιβάλουν μέτρα ενεργειακής αποτελεσματικότητας στις μονάδες καύσης.

Αίτηση αδειοδότησης: απαιτούμενες πληροφορίες και διαβούλευση

Οι αιτήσεις απευθύνονται στην αρμόδια αρχή του εκάστοτε κράτους μέλους, το οποίο και θα λάβει την απόφαση έγκρισης ή όχι της δραστηριότητας. Η απόφαση θα πρέπει κυρίως να περιλαμβάνει τις κάτωθι πληροφορίες:

- § περιγραφή της εγκατάστασης, περιεχόμενο και εύρος των δραστηριοτήτων, καθώς και σε τι κατάσταση βρίσκεται η τοποθεσία όπου θα αναπτυχθεί η εγκατάσταση
- § υλικά, ουσίες και ενέργεια που θα χρησιμοποιούνται ή θα παράγονται·
- § πηγές εκπομπών της εγκατάστασης, ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των προβλεπόμενων εκπομπών (σε έδαφος, νερό και αέρα) και περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών·
- § τεχνολογία και τεχνικές που αποσκοπούν σε πρόληψη ή μείωση των εκπομπών που προκύπτουν από την εγκατάσταση
- § μέτρα σχετικά με την πρόληψη και αξιοποίηση των αποβλήτων
- § προβλεπόμενα μέτρα παρακολούθησης των εκπομπών·
- § ενδεχόμενες λύσεις υποκατάστασης.

Στο πλαίσιο των κανόνων και πρακτικών που καλύπτουν την τήρηση του εμπορικού και βιομηχανικού απορρήτου, οι πληροφορίες αυτές πρέπει να τίθενται στη διάθεση των ενδιαφερόμενων μερών:

- § στη διάθεση των πολιτών, με τα ενδεδειγμένα μέσα (και ηλεκτρονικώς), παράλληλα με πληροφορίες που άπτονται κυρίως της διαδικασίας αδειοδότησης, της αρμόδιας αρχής στην οποία έχει ανατεθεί η έγκριση ή όχι του έργου και της δυνατότητας των πολιτών να συμμετέχουν στη διαδικασία αδειοδότησης·
- § στη διάθεση των λοιπών κρατών μελών, εάν πρόκειται για έργο που μπορεί να έχει διασυνοριακές επιπτώσεις· κάθε κράτος μέλος οφείλει να γνωστοποιεί τις πληροφορίες αυτές στα ενδιαφερόμενα μέρη στην επικράτειά του, για να τους δώσει τη δυνατότητα να διατυπώσουν γνώμη.

Πρέπει να προβλέπονται επαρκείς προθεσμίες, ώστε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη να έχουν τη δυνατότητα αντίδρασης. Κατά τη διαδικασία της έγκρισης, οι γνώμες που θα έχουν εκφραστεί πρέπει να συνεκτιμώνται.

Διοικητικά μέτρα και μέτρα ελέγχου

Η απόφαση έγκρισης ή μη του έργου, τα επιχειρήματα επί των οποίων βασίστηκε η απόφαση, καθώς και ενδεχόμενα μέτρα μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων του έργου τίθενται στη διάθεση των πολιτών και γνωστοποιούνται στα άλλα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη. Σύμφωνα με τη σχετική εθνική τους νομοθεσία, τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίζουν τη δυνατότητα των ενδιαφερόμενων μερών να προσβάλουν την απόφαση ενώπιον της δικαιοσύνης.

Τα κράτη μέλη είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο της συμμόρφωσης των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Επιτροπή, κράτη μέλη και ενδιαφερόμενοι βιομηχανικοί κλάδοι ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (που χρησιμεύουν ως βάση για τον καθορισμό οριακών τιμών εκπομπής) σε τακτική βάση. Εκθέσεις σχετικά με την εφαρμογή της οδηγίας συντάσσονται ανά τριετία.

Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ.° 166/2006, με τον οποίο τίθεται σε εφαρμογή ένα ευρωπαϊκό μητρώο έκλυσης και μεταφοράς ρύπων (MEMP), εναρμονίζει τους κανόνες σχετικά με την τακτική κοινοποίηση πληροφοριών σχετικά με τους ρύπους από τα κράτη μέλη προς την Επιτροπή.

5. οδηγία 2001/81/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2001 σχετικά με εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για ορισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους

Η παρούσα οδηγία εγγράφεται στο πλαίσιο της συνέχειας που πρέπει να δοθεί στην ανακοίνωση της Επιτροπής περί της στρατηγικής της για την καταπολέμηση της όξινης βροχής που είχε ως στόχο να καθοριστούν, για πρώτη φορά, εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για τέσσερις ρύπους: το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα οξειδία του αζώτου (NO_x), τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και την αμμωνία (NH₃), που ευθύνονται για τα φαινόμενα της οξίνισης, του ευτροφισμού και της δημιουργίας τροποσφαιρικού όζοντος (που συχνά αποκαλείται «νοσηρό όζον» και απαντά σε χαμηλό ύψος, κατ' αντιδιαστολή προς το στρατοσφαιρικό όζον), ανεξάρτητα των ρυπογόνων πηγών.

Η απόθεση οξεοποιητικών ρύπων (SO₂, NO_x και NH₃) στη βλάστηση, τα επιφανειακά ύδατα, το χώμα, τα κτίρια και τα μνημεία συνεπάγεται μείωση της αλκαλικότητας των λιμνών και ποταμών και σοβαρότατες επιπτώσεις στη βίοσφαιρα. Για παράδειγμα, η οξίνιση είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή πληθυσμών ψαριών

σε χιλιάδες λίμνες και ποταμούς στη Σκανδιναβία. Η οξίνιση καθιστά επίσης πολλά δάση λίαν ευπρόσβλητα από την ξηρασία, τις ασθένειες και τα επιβλαβή έντομα

Η διοχέτευση αζώτου στο έδαφος είναι καθοριστικής σημασίας για τη διατροφή των φυτών. Εντούτοις, οι ανάγκες των φυτών σε άζωτο ποικίλλουν. Η εναπόθεση αζωτούχων ουσιών όπως τα NO_x και NH_3 της ατμόσφαιρας επηρεάζει τα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα και προκαλεί μεταβολές στη βλάστηση και τη βιοποικιλότητα.

Τα προβλήματα της οξίνισης, του όζοντος της τροπόσφαιρας και του ευτροφισμού του εδάφους αποτελούν διαμεθοριακά φαινόμενα και κατά συνέπεια επιβάλλεται να αντιμετωπιστούν με συντονισμένη κοινοτική δράση.

Η παρούσα οδηγία προβλέπει την καθιέρωση ανωτάτων ορίων εκπομπών σε εθνικό επίπεδο, το αργότερο μέχρι το τέλος του 2010 για τις εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO_2), οξειδίων του αζώτου (NO_x), πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και αμμωνίας (NH_3). Τα εν λόγω ανώτατα όρια παρατίθενται στο πίνακα 5.1.(ως παράρτημα I της οδηγίας).

Τα ανώτατα όρια εκπομπών στοχεύουν στην επίτευξη των ακόλουθων βασικών ενδιάμεσων περιβαλλοντικών στόχων:

Οι ζώνες στις οποίες παρουσιάζεται απόθεση όξινων ρύπων σε κρίσιμα επίπεδα, θα μειωθούν τουλάχιστον κατά 50% σε σχέση με το 1990.

Οι συγκεντρώσεις όζοντος στο έδαφος που ξεπερνούν το κρίσιμο επίπεδο για την ανθρώπινη υγεία θα μειωθούν κατά δύο τρίτα σε σχέση με το 1990. Ορίζεται επίσης ένα απόλυτο όριο. Η υπέρβαση της κατευθυντήριας τιμής δεν θα σημειώνεται περισσότερες από 20 ημέρες τον χρόνο.

Οι συγκεντρώσεις όζοντος στο έδαφος που υπερβαίνουν το κρίσιμο επίπεδο για τις καλλιέργειες και την ημιφυσική χλωρίδα θα μειωθούν κατά ένα τρίτο σε σχέση με το 1990. Ορίζεται και πάλι ένα απόλυτο όριο.

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να είχαν εκπονήσει προγράμματα σταδιακής μείωσης των εθνικών εκπομπών τους ετησίως πριν την 1η Οκτωβρίου 2002. Εάν κριθεί αναγκαίο, τα προγράμματα θα έχουν αναθεωρηθεί και θα έχουν ενημερωθεί πριν το 2006. Θα τεθούν στη διάθεση του κοινού και των ενδιαφερομένων οργανισμών και θα διαβιβασθούν στην Επιτροπή.

Επιπλέον, τα κράτη μέλη καλούνται να ετοιμάζουν και να ενημερώνουν ετησίως τα μητρώα απογραφής των εκπομπών και τις προβλέψεις, σε εθνικό επίπεδο, των εκπομπών SO_2 , NO_x , VOC και NH_3 . Οι εν λόγω απογραφές και προβλέψεις κοινοποιούνται κάθε χρόνο, το αργότερο μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου, στην Επιτροπή και στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος.

Η Επιτροπή υποχρεούται να συντάξει έκθεση (το 2004, το 2008 και το 2012) για το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο σχετικά με τις προόδους που συντελέστηκαν για την επίτευξη των ανωτάτων ορίων, των ενδιάμεσων περιβαλλοντικών στόχων και των μακροπρόθεσμων στόχων της παρούσας οδηγίας.

Οι εκθέσεις αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν οικονομική αξιολόγηση σχετικά με την αποδοτικότητα, τις δαπάνες και τα πλεονεκτήματα, τις επιπτώσεις στην ανταγωνιστικότητα και τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες για έκαστο κράτος μέλος από την εφαρμογή των εθνικών ανωτάτων ορίων εκπομπών.

Τα κράτη μέλη και η Επιτροπή συνεργάζονται με τρίτες χώρες και τους ενδιαφερόμενους διεθνείς οργανισμούς προκειμένου να ανταλλάξουν πληροφορίες και να σημειωθεί πρόοδος στην έρευνα για την μείωση των SO_2 , NO_x , VOC και NH_3 (Πίνακας 5.1)

Η Επιτροπή συντάσσει έκθεση για το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο σχετικά με την συμβολή των εκπομπών, οι οποίες προέρχονται από τη διεθνή ναυσιπλοΐα και τα αεροσκάφη, στην οξίνιση, τον ευτροφισμό και την δημιουργία

όζοντος στο έδαφος, εντός της Κοινότητας. Γνωστοποιεί επίσης τα μέτρα που θα μπορούσαν να ληφθούν προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές των εν λόγω τομέων.

Πίνακας 5.1: Ανώτατα όρια εκπομπών των SO₂, NO_x, VOC και NH₃ (www.ypeka.gr)

Εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για SO₂, NO_x, ΠΟΕ και NH₃ που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2010 ⁽¹⁾

Χώρα	SO ₂ kt	NO _x κτ	ΠΟΕ kt	NH ₃ kt
Αυστρία	39	103	159	66
Βέλγιο	99	176	139	74
Δανία	55	127	85	69
Φινλανδία	110	170	130	31
Γαλλία	375	810	1 050	780
Γερμανία	520	1 051	995	550
Ελλάδα	523	344	261	73
Ιρλανδία	42	65	55	116
Ιταλία	475	990	1 159	419
Λουξεμβούργο	4	11	9	7
Κάτω Χώρες	50	260	185	128
Πορτογαλία	160	250	180	90
Ισπανία	746	847	662	353
Σουηδία	67	148	241	57
Ηνωμένο Βασίλειο	585	1 167	1 200	297
EK 15	3 850	6 519	6 510	3 110

6. Το πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ (Σουηδία)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε το Πρωτόκολλο για την καταπολέμηση της οξίνισης, του ευτροφισμού και του τροποσφαιρικού όζοντος στο Γκέτεμποργκ (Σουηδία) στις 30 Νοεμβρίου 1999.

Το πρωτόκολλο που καθορίζει ανώτατα όρια εκπομπών για το 2010 για τέσσερις ρύπους: θείο, NO_x, VOCs και την αμμωνία. Τα ανώτατα αυτά όρια διαμορφώθηκαν κατόπιν διαπραγματεύσεων με βάση τις επιστημονικές αξιολογήσεις των επιπτώσεων της ρύπανσης και των εναλλακτικών δυνατοτήτων καταπολέμησής τους. Χώρες, των οποίων οι εκπομπές έχουν πιο σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον ή την υγεία των ανθρώπων θα πρέπει να καταβάλουν τις μεγαλύτερες περικοπές. Μόλις το πρωτόκολλο εφαρμοστεί πλήρως, οι εκπομπές Θείου στην Ευρώπη θα πρέπει να μειωθούν κατά τουλάχιστον 63%, οι εκπομπές του NO_x κατά 41%, οι εκπομπές της VOC κατά 40% και οι εκπομπές αμμωνίας κατά 17% σε σύγκριση με το 1990.

Το πρωτόκολλο προβλέπει επίσης χαμηλές οριακές τιμές για ειδικές πηγές εκπομπών ρύπων (όπως π.χ. μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής) και απαιτείται εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για την διατήρηση των εκπομπών κάτω από τα συγκεκριμένα όρια. Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από προϊόντα όπως οι βαφές και τα αερολύματα πρέπει επίσης να μειωθούν. Τέλος, οι αγρότες θα πρέπει να λάβουν ειδικά μέτρα για τον έλεγχο των

εκπομπών αμμωνίας. Προβλέπεται εφαρμογή ευρείας κλίμακας τεχνικών καταπολέμησης και οικονομικών μηχανισμών για τον περιορισμό των εκπομπών στους σχετικούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορών.

Έχει υπολογιστεί ότι από τη στιγμή που εφαρμοσθεί πλήρως το Πρωτόκολλο, οι περιοχές στην Ευρώπη με υπερβολικά επίπεδα οξίνισης θα περιοριστούν από 93 εκατομμύρια εκτάρια το 1990 σε 15 εκατομμύρια εκτάρια. Στις περιοχές με υπερβολικά επίπεδα ευτροφισμού θα περιοριστούν από 165 εκατομμύρια εκτάρια το 1990 έως 108.000.000 εκτάρια. Ο αριθμός των ημερών που σημειώνονται υπερβολικά επίπεδα όζοντος θα μειωθεί κατά το ήμισυ. Κατά συνέπεια, εκτιμάται ότι η απώλεια ετών ζωής ως αποτέλεσμα των χρόνιων επιπτώσεων της έκθεσης του όζοντος θα είναι το 2010 περίπου 2.300.000 κατώτερη σε σχέση με το 1990, και θα υπάρχουν περίπου 47.500 λιγότεροι των πρόωρων θανάτων που προέρχονται από το όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια στον αέρα. Η έκθεση της βλάστησης σε υπερβολικά επίπεδα όζοντος θα μειωθεί κατά 44% σε σχέση με το 1990.

5.2.2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ

Στη Ελλάδα ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ10), διοξείδιο του αζώτου, όζον, μονοξειδίο του άνθρακα, βενζόλιο, μόλυβδος, αρσενικό, κάδμιο, υδράργυρο και βενζο(α)πυρένιο, σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων.

Οι οδηγίες που έχουν εκδοθεί μέχρι σήμερα και αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι:

- § Εναρμόνιση της Οδηγίας 1996/62/ΕΚ για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- § Εναρμόνιση της Οδηγίας 1999/30/ΕΚ για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ125/Α/ 5-6-02).
- § Εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/69/ΕΚ για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405Β/27.2.05).
- § Εναρμόνιση της Οδηγίας 2002/3/ΕΚ σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).
- § Εναρμόνιση της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07).
- § Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, η οποία συσσωματώνει την 96/62/ΕΚ και τις τρεις θυγατρικές της (1999/30/ΕΚ, 2000/69/ΕΚ και 2002/3/ΕΚ), όπως και την απόφαση 97/101/ΕΚ για την καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή

πληροφοριών και δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μεμονωμένους σταθμούς και δίκτυα.

§ Σύμφωνα με την ΚΥΑ 34/30.05.2002 (ΦΕΚ 125^Α/05-06-2002) δίνονται οι οριακές και κατευθυντήριες τιμές (πίνακας 5.2) ποιότητας της ατμόσφαιρας (=εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας) σε διοξείδιο του θείου , διοξείδιο του αζώτου και οξειδίων του αζώτου , σωματιδίων .

Πίνακας 5.2: Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου , διοξείδιο του αζώτου και οξειδίων του αζώτου ,και αιωρούμενων σωματιδίων .

ΚΥΑ 34/30.5.2002 (ΦΕΚ 125Α/5-6-2002)"οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας ατμόσφαιρας"	Περίοδος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέσου όρου	Οριακή τιμή SO ₂		Περίοδος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέσου όρου	Οριακή τιμή NO _x (ως NO ₂)		Περίοδος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέσου όρου	Οριακή τιμή αιωρούμενων σωματιδίων (PM ₁₀)
Ωριαία οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	1 ώρα	350 μg/m ³	Ωριαία οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	1 ώρα	200 μg/m ³	24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	1 ώρα	50 μg/m ³
Ημερήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	125 μg/m ³	Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	40 μg/m ³	Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	40 μg/m ³
οριακή τιμή για την προστασία των οικοσυστημάτων	χειμώνας (1 Οκτωβρίου έως 31 Μαρτίου)	20 μg/m ³	οριακή τιμή για την προστασία της βλάστησης	Ημερολογιακό έτος	30μg/m ³			

5.2.3. ΣΧΕΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΟΡΙΑ ΡΥΠΩΝ-ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

Τυπικά όρια σύμφωνα με την νομοθεσία για τους αέριους ρύπους είναι: ΦΕΚ 293Α/8.10.81 (Π.Δ. 1180/29.9.81)

Επιτρεπόμενα όρια στα σημεία εκπομπής των ρύπων και πριν της αναμίξεως των με τον ατμοσφαιρικό αέρα :

- Καπνός Ringelmann = < 1.
- Στερεά εν αιωρήσει εκπεμπόμενα = < 100 mg/Nm³.

ΦΕΚ 135Α/28.7.87 (Π.Υ.Σ. 99/10.7.87)

Οριακή τιμή στην ατμόσφαιρα

- $SO_2 = < 250 \mu g/m^3$ αν τα αιωρούμενα σωματίδια είναι $> 150 \mu g/m^3$.
- $SO_2 = < 350 \mu g/m^3$ αν τα αιωρούμενα σωματίδια είναι $= < 150 \mu g/m^3$.
- Αιωρούμενα σωματίδια $= < 250 \mu g/m^3$.

ΦΕΚ 52Α/22.3.88 (Π.Υ.Σ. 25/18.3.88)

Οριακή τιμή στην ατμόσφαιρα :

- $NO_2 = < 200 \mu g/m^3$.

ΦΕΚ 264Β/15.4.93 (Κ.Υ.Α. 11294/5.4.93)

Για λέβητες σε λειτουργία με $> = 50\%$ της ονομαστικής ισχύος των :

- Δείκτης αιθάλης Bacharach $= < 3$ με καύσιμο μαζούτ
- Δείκτης αιθάλης Bacharach $= < 1$ με καύσιμο αέριο
- $CO_2 > = 10\% vol.$ ή $O_2 = < 7.5\% vol.$

ISO 14001 : 2004 και Κανονισμός 761/2000/ΕΟΚ (EMAS II) - Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης

Τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ΣΠΔ) έχουν ως **στόχο** :

- Τη Συμμόρφωση της Επιχείρησης με την Ισχύουσα για αυτή Νομοθεσία
- Την Ελαχιστοποίηση των Αρνητικών Επιπτώσεων στο Περιβάλλον, από τη Λειτουργία των Επιχειρήσεων
- Τη Διαρκή Βελτίωση των Τεχνικών που χρησιμοποιούνται
- Τη Μείωση της Κατανάλωσης Ενέργειας
- Τη Μείωση της Κατανάλωσης Φυσικών Πόρων

Τα **οφέλη**, που προκύπτουν από την υιοθέτηση ενός Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

(α) Στα οφέλη που απολαμβάνει η ίδια η επιχείρηση:

- Μείωση Κόστους
- Αύξηση Πωλήσεων - Απόκτηση Ανταγωνιστικού Πλεονεκτήματος
- Αναβάθμιση - Κινητοποίηση Ανθρώπινου Δυναμικού
- Βελτίωση Οργάνωσης και Λειτουργίας της Επιχείρησης
- Εξοικονόμηση Ενέργειας
- Εξοικονόμηση Φυσικών Πόρων

(β) Στα οφέλη, που απολαμβάνει η κοινωνία και το περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη σύγχρονη εποχή το πετρέλαιο εξακολουθεί να είναι μια από τις σημαντικότερες πηγές ενέργειας, γι' αυτό και πολλές χώρες επιδιώκουν την εύρεση κοιτασμάτων Αργού πετρελαίου και εξορύσσουν τον "Μαύρο χρυσό", μέσα από διάνοιξη γεωτρήσεων. Το ορυκτό που αντλείται από τις γεωτρήσεις, θα πρέπει να υποστεί επεξεργασία προκειμένου να έρθει στην απαραίτητη μορφή, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλές εφαρμογές. Η κυριότερη διεργασία του Αργού πετρελαίου, ονομάζεται Διύλιση και πραγματοποιείται στις σύγχρονες Βιομηχανικές μονάδες που διυλίζουν το πετρέλαιο, τα Διυλιστήρια. Στις μονάδες των διυλιστηρίων παράγονται τα λιπαντικά.

Συμπεραίνουμε πως, θα ήταν αδύνατη η λειτουργία ενός διυλιστηρίου χωρίς το απαραίτητο , τεχνικά καταρτισμένο προσωπικό, χωρίς τη χρήση του Μηχανολογικού εξοπλισμού, χωρίς την Ανάπτυξη της Τεχνολογίας Διύλισης και χωρίς την εύρεση καινοτομιών από Ερευνητές και Μηχανικούς. Είναι απαραίτητη λοιπόν για τη λειτουργία ενός διυλιστηρίου η χρήση εξοπλισμού όπως είναι οι : Αντλίες, Συμπιεστές, Ατμοστρόβιλους, Αεριοστρόβιλοι, Λέβητες, Φούρνοι, Εναλλάκτες Θερμότητας κ.τ.λ.

Στη βιομηχανία, τα Απόβλητα προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία και από άλλους τομείς δραστηριότητας σε αυτή. Αυτά πρέπει να διατεθούν σε κάποιο φυσικό αποδέκτη που μπορεί να είναι είτε επιφανειακά νερά (θάλασσα), είτε στο έδαφος, είτε να αποθηκευτούν προσωρινά εντός της βιομηχανικής εγκατάστασης. Θα πρέπει λοιπόν να δώσουμε έμφαση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του διυλιστηρίου και να βρούμε τρόπους Αντιρύπανσης.

Η συνεχής παρακολούθηση και ο περιορισμός των αποβλήτων στην πηγή τους, είναι ο βέλτιστος περιβαλλοντικός τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να πιστοποιούνται κατά κάποιο τρόπο ISO, το οποίο θα καθορίζει την περιβαλλοντική πολιτική λαμβάνοντας υπ' όψιν τη νομοθεσία και τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ:

Η ύπαρξη διυλιστηρίων είναι αναγκαία για την διαχείριση του πετρελαίου, εφόσον αυτή γίνεται υπό σωστή διαχείριση των αποβλήτων. Ο Μηχανολογικός εξοπλισμός του διυλιστηρίου είναι επίσης απαραίτητος, για την ορθή λειτουργία των μονάδων διύλισης , όσο και η εκπαίδευση του προσωπικού του διυλιστηρίου επάνω σ' αυτόν τον εξοπλισμό, που σημαίνει ασφάλεια, μείωση κόστους συντήρησης και ακίνδυνη λειτουργία διυλιστηρίου .

6.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ-ΑΡΘΡΑ-ΜΕΛΕΤΕΣ

1. Κοκκώνης Σ., & Νικολού Π., & Στέφα Ε., & Γκίνης Α., Motor oil (ΕΛΛΑΣ)- Διυλιστήρια Κορίνθου Α.Ε (2010), Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο. Σελ.226, Αθήνα .
2. Allenby, B. R./ Graedel, T. E(2009). *Βιομηχανική Οικολογία*. Κατσαντώνης Ιωάννης. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
3. Παπασταμόπουλος Ι., Σαράντα χρόνια ΕΛΔΑ Ελληνικά διυλιστήρια Ασπρόπυργου.(1997) Αθήνα: Εκδόσεις Καπόν.
4. Sonia Shah (1999). *Η ιστορία του πετρελαίου*. Αθήνα: Εκδόσεις Άγρα
5. Σιδερού- Καραγιανίδου Ειρήνη, Αχίλιας Δ. και Μπικιάρης Δ. (2010), *Καύσιμα- Λιπαντικά*. Αθήνα: Εκδόσεις ΖΗΤΗ ΠΕΛΑΓΙΑ & ΣΙΑ Ο.
6. Ευαγγελία Στέφα (2010). *Ανάκτηση θείου με την μέθοδο και CLAUS επεξεργασία των απαερίων της –εφαρμογή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών*. Αθήνα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
7. Addison, H. (1995) *Centrifugal and other Rotodynamic Pumps*, 2nd edn , Chapman & Hall , London.
8. Σόλων Ζαρκανίτης, Ph.D (2006). *Crude oil Refining Process Simulation*. Σπάτα, Εκδόσεις ZION.
9. Balje, O.E. (1981) *Turbomachines*, J Wiley , New York.
10. Καζάζης Φ., *Περιβαλλοντικές δηλώσεις 2010 (Ιούλιος 2010)*, Αθήνα , Εκδόσεις EMAS.
11. Tr. Albanis., (2009). *Pollution and Environmental Protection Technologies*. Tziolas Publisher, pp. 420.
12. Ιωάννης Σ. Γιαννάκης, Ανθούλλα Κρουστάλλη. *Βασικές αρχές στροβιλομηχανών*. Πάτρα, (2005).
13. Horlock, J.H. (1958) *Axial Flow Compressors*, Butterworth, London.
14. Δρ. Διονύσιος Παναγιωτάρας (2010). *Αντιρρυπαντική Τεχνολογία και Σύγχρονες απαιτήσεις* . Πάτρα.

15. Α. Ανδρεαδάκης, Μ. Πανταζίδου, Α. Σταθόπουλος (2008). *Περιβαλλοντική Τεχνολογία*, σελ.380. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
16. Stepanof, A.J. (1957) *Centrifugal and Axial Flow Pumps*, John Wiley , New York.
17. Ι.Καρβέλης, Α.Μπαλντούκας ,Α. Ντασκαγιάννη (2007). *Στοιχεία Μηχανών Σχέδιο* .Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια,σελ.359. Εκδόσεις: Ο.Ε.Δ.Β.
18. Kearton, W.J. (1958) *Steam Turbine Theory and Practice*, 7th edn, Pitman, London.
19. Stenning, A.M. (1953) *Design of Turbines for High Efficiency Low Power Output Applications*, DACL report 79, MIT.
20. Νανούσης Δ., Χρήστος Β. Σταμούτσος (2009). *Βασικές Αρχές Στροβιλομηχανών*. Εκδόσεις ΙΩΝ. Αθήνα.
21. Γ.Φ.Δανιήλ (1954). *Κινητήριες Μηχανές ΙΙ* ,σελ.340 , Αθήνα, Εκδόσεις: Ίδρυμα Ευγενίδου.
22. Jamieson, A.W.H. (1955) *Gas Turbine Principles and Practice* (ed. R. Cox), Newnes , London, Chap.9.
23. Λαζάρου Ε.Λαζαρίδη (1985). *Μηχανουργική Τεχνολογία* ,σελ.445 ,Αθήνα , Εκδόσεις: Ίδρυμα Ευγενίδου.
24. Guy, H.L. (1939) *Some Research on Steam Turbine Nozzle Efficiencies*. J.Inst. Civil Eng., 13,91.
25. Χατζηνίκος Τ. (2005), *Ατμολέβητες- Ατμοστρόβιλοι*. Τ.Ε.Ι.Λ , σελ.164, Λάρισα.
26. Gaffert G.A. (1952) , *Steam Power Stations* ,4 εκδ., Mc Graw Hill, New York.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ:

1. www.moh.gr
2. www.veltitech.com
3. www.marcopumps.gr
4. www.elpe.gr
5. www.ypeka.gr
6. www.Asprofos.gr
7. www.grundfos.com
8. www.engineering.catalysis.gr
9. www.energia.gr
10. www.seepe.gr
11. www.athenshydrodynamic.gr
12. www.minerv.gr
13. www.upatras.gr
14. www.teipat.gr
15. www.wikimedia.org
16. www.petrol-group.com
17. www.searchpetroleum.net
18. www.offshore-technology.com
19. www.chromalloy.com
20. www.alstom.com
21. www.turbocare.com
22. www.chinamachines.en.made-in-china.com
23. www.bartassociates.com
24. www.apiheattransfer.com
25. www.greenpeace.org
26. www.furnacemanager.com